

**І.І. Ревенко, М.В. Брагінець, В.С. Хмельовський, В.І. Ребенко,
О.О. Заболотько, С.Є. Потапова, О.М. Ачкевич, В.В. Радчук**

МАШИНИ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ТВАРИННИЦТВА

Підручник

КИЇВ-2018

УДК 636.002.5 (075.8)

ББК 40.729

Р 32

Рекомендовано Вченою радою Національного університету біоресурсів і природокористування України як підручник для студентів вищих навчальних закладів
(протокол № 4 від 28.11.2018р.)

Рецензенти:

Братішко В. В. — доктор технічних наук, старший науковий співробітник, головний науковий співробітник відділу біотехнічних систем у тваринництві та заготівлі кормів ННЦ “ІМЕСГ”;

Тарельник В.Б. — доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри технічного сервісу Сумського НАУ;

Несвідомін В.М. — доктор технічних наук, професор кафедри нарисної геометрії, комп'ютерної графіки і дизайну Національного університету біоресурсів і природокористування України;

І. І. Ревенко, М. В. Брагінець, В.С. Хмельовський, В. І. Ребенко, О.О. Заболотько, С.Є. Потапова, О.М. Ачкевич, В.В. Радчук

Р 32 **Машини та обладнання для тваринництва: Підручник.** – К.: ЦП «Компринт», – 2018. –567 с.

ISBN ____

Підручник підготовлено відповідно до навчальної програми однойменного курсу для спеціальностей «Агроінженерія» та «Галузеве машинобудування» вищих навчальних закладів освіти. Висвітлені питання будови, принципу дії, класифікації та оцінки, а також основи теорії і методики розрахунку машин та обладнання тваринницьких підприємств.

ББК 40.729

ISBN 978-966-351-189-4 © І. І. Ревенко, М. В. Брагінець, В.С. Хмельовський,
В. І. Ребенко, О.О. Заболотько, С.Є. Потапова, О.М. Ачкевич, В.В. Радчук, 2018

© Видавництво ЦП „Компринт”, 2018

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА	11

Розділ 1	КОРМОПРИГОТУВАННЯ	
1	Основи технології кормоприготування	
1.1	Загальні положення	16
1.2	Види кормової сировини	17
1.3	Класифікація способів підготовки кормів до згодовування та їх значення	19
1.4	Поняття про технологію та основні схеми кормоприготування.	22
2	Очищення кормів	
2.1	Зоотехнічні вимоги	24
2.2	Аналіз і оцінка способів та засобів очищення	25
2.3	Коренебульбомийки	27
2.3.1	Вимоги до машин	27
2.3.2	Типи і оцінка	27
2.3.3	Технологічний розрахунок	31
2.3.3.1	Лопатеві та барабанні мийки	31
2.3.3.2	Дискова відцентрова мийка	33
2.3.4.3	Гвинтові або шнекові мийки	35
3	Подрібнення кормів	
3.1	Основи теорії подрібнення	39
3.1.1	Суть та зоотехнічні вимоги	39
3.1.2	Контроль (оцінка) якості	41
3.1.2.1	Мета і показники якості продуктів подрібнення	41
3.1.2.2	Вибір маси наважки (проби)	42
3.1.2.3	Розрахунок показників якості	44
3.1.3	Ступінь подрібнення. Утворення нових поверхонь при подрібненні	44
3.1.4	Аналіз способів подрібнення	47
3.1.5	Затрати енергії	50
3.1.6	Типи і загальна оцінка подрібнювачів	55
3.2	Теорія різання	59

3.2.1	Способи різання	59
3.2.2	Визначення основних кутів та умови защемлення матеріалу при різанні	62
3.2.3	Зусилля різання	66
3.2.4	Види різання лезом	67
3.2.5	Класифікація різальних апаратів	69
3.3	Машини для подрібнення коренебульбоплодів	71
3.3.1	Основні вимоги до коренерізок	71
3.3.2	Типи і оцінка машин	71
3.3.3	Розрахунок основних параметрів коренерізок	74
3.4	Машини для подрібнення стеблових кормів	80
3.4.1	Вимоги до подрібнювачів	80
3.4.2	Загальна будова подрібнювачів	80
3.4.3	Живильні механізми	82
3.4.4	Ножові подрібнювальні апарати	86
3.4.4.1	Типи і оцінка	86
3.4.4.2	Визначення параметрів різального апарата барабанного типу	87
3.4.4.3	Аналіз і розрахунок апаратів дискового типу	89
3.4.5	Пастоприготувачі	96
3.4.5.1	Особливості будови	96
3.4.5.2	Розрахунок основних параметрів	97
3.4.6	Штифтові подрібнювачі	99
3.4.6.1	Особливості конструкції і роботи	99
3.4.6.2	Визначення параметрів	100
3.5	Молоткові подрібнювачі	102
3.5.1	Будова та принцип дії	102
3.5.2	Класифікація і оцінка	103
3.5.3	Раціональні принципи розробки молоткових дробарок	107
3.5.4	Визначення основних параметрів	109
3.5.4.1	Живильник	109
3.5.4.2	Робоча камера і молотковий барабан	111
3.5.4.3	Молотки	116
3.5.4.4	Аналіз фактора швидкості молотків	118
3.5.4.5	Енергетичний розрахунок	122

3.5.5	Зрівноваження ротора молоткової дробарки та розміщення молотків на ньому	124
3.5.5.1	Суть і значення балансування ротора	124
3.5.5.2	Методика балансування	125
3.5.5.3	Схеми розміщення молотків	126
3.6	Вальцеві станки	131
3.6.1	Типи станків	131
3.6.2	Аналіз умов роботи і визначення діаметра вальців	131
3.6.3	Вплив параметрів вальцевої дробарки на процес подрібнення .	133
3.6.3	Продуктивність вальцевих станків та енергомісткість процесу	135
4	Приготування кормових сумішок	
4.1	Види кормових сумішок та вимоги до їх приготування	137
4.2	Дозування компонентів	140
4.2.1	Способи дозування і типи дозаторів	140
4.2.2	Технологічний розрахунок	147
4.3	Змішування	153
4.3.1	Основи теорії	153
4.3.2	Класифікація і оцінка змішувачів	155
4.3.3	Розрахунок основних параметрів	160
4.4	Фактори, що впливають на ефективність приготування кормових сумішок	162
5	Пресування кормів	
5.1	Суть і значення пресування кормів	165
5.2	Способи та умови пресування	167
5.3	Типи і оцінка пресувального обладнання	170
5.4	Технологічний розрахунок обладнання	173
6	Кормоприготувальні цехи та агрегати	
6.1	Класифікація кормоприготувальних об'єктів	175
6.2	Вимоги до кормоцехів та раціональні принципи компоновки їх обладнання	179
6.3	Вимоги до кормоприготувальних агрегатів та раціональні схеми підготовки кормів до згодовування	182
6.4	Технологічний розрахунок обладнання	186

Розділ 2	УТРИМАННЯ ТВАРИН І ДОГЛЯД ЗА НИМИ	
7	Стійлове та кліткове обладнання	
7.1	Вимоги до тваринницьких приміщень, їх обладнання та огоро- жуючих конструкцій	189
7.2	Утримання великої рогатої худоби	190
7.3	Утримання свиней	201
7.4	Утримання овець	206
7.5	Утримання птиці	209
8	Формування мікроклімату у тваринницьких приміщеннях	
8.1	Значення мікроклімату, зоотехнічні та санітарно-гігієнічні вимоги	214
8.2	Розрахунок повітрообміну	217
8.3	Системи та основні схеми повітрообміну	223
8.4	Системи та основні схеми опалювання	227
8.5	Конструктивні елементи і технічні засоби повітрообміну	229
8.5.1	Самопливна вентиляція	229
8.5.2	Примусова вентиляція	231
8.5.3	Кондиціювання повітря	234
8.5.4	Очищення повітря	238
8.5.5	Комбіновані засоби	239
8.6	Освітлення приміщень	240
9	Водопостачання ферм та напування тварин і птиці	
9.1	Значення механізації водопостачання та напування	243
9.2	Системи водопостачання і їх структура	244
9.3	Джерела водопостачання і водозабірні пристрої	246
9.4	Вимоги до води та способи поліпшення її якості	249
9.5	Водопідіймальні станції і машини	252
9.6	Водонапірні споруди та установки з гідроаккумулятором	258
9.7	Зовнішня і внутрішня водопровідні мережі	261
9.8	Засоби напування тварин і птиці	264
9.8.1	Класифікація напувалок	264
9.8.2	Будова та принцип дії напувалок	265

9.8.2.1	Напувалки з примусовим (важільним) приводом	265
9.8.2.2	Напувалки з поплавковим регулятором	267
9.8.2.3	Напувалки вакуумного типу	270
9.9	Особливості водопостачання пасовищ	271
9.10	Розрахунок механізованого водопостачання	272
9.10.1	Витрати води	273
9.10.2	Водопровідна мережа	273
9.10.3	Гідравлічний тиск	275
9.10.4	Вибір водопідіймального обладнання	277
9.10.5	Водонапірна споруда	279
9.10.6	Вибір та визначення кількості напувалок	284
9.10.7	Пункти напування тварин на пасовищах	284
10	Роздавання кормів	
10.1	Значення механізації і зоотехнічні вимоги	286
10.2	Типи сховищ кормів та їх будова	287
10.2.1	Зберігання силосу	288
10.2.2	Зберігання грубих кормів	293
10.2.3	Зберігання коренебульбоплодів	294
10.2.4	Зберігання концкормів	296
10.3	Технологічні схеми механізованих ліній доставки і роздавання кормів	296
10.4	Засоби завантаження кормів	298
10.4.1	Класифікація обладнання	298
10.4.2	Будова і принцип дії обладнання	300
10.5	Засоби роздавання кормів	304
10.5.1	Класифікація і оцінка роздавачів	304
10.5.2	Стаціонарні кормороздавачі	308
10.5.3	Мобільні кормороздавачі	315
10.5.4	Координатні роздавачі	319
10.5.5	Розрахунок параметрів технологічного процесу і засобів роздавання кормів	321
10.5.5.1	Норма видачі	321
10.5.5.2	Об'єм бункера	322
10.5.5.3	Продуктивність агрегата	322
10.5.5.4	Основні параметри роздавачів	323

10.5.5.5	Загальна потужність приводу	330
11	Прибирання та утилізація гною	
11.1	Загальні відомості	332
11.2	Значення механізації та основні вимоги	334
11.3	Характеристика гною і підстилки	336
11.4	Основні технології видалення та утилізації гною	338
11.5	Класифікація і загальна оцінка технічних систем та засобів механізації	342
11.6	Внесення підстилки	343
11.7	Прибирання та видалення гною з приміщень	345
11.7.1	Мобільні засоби	346
11.7.2	Стационарні механічні засоби	349
11.7.3	Гідравлічні системи	359
11.7.4	Розрахунок параметрів гідравлічних систем	364
11.8	Транспортування гною у гноєсховища	368
11.9	Зберігання гною	375
11.10	Утилізація гною	377
11.10.1	Основні схеми переробки гною та напрями його використання	377
11.10.2	Біоконверсійні комплекси для утилізації гною та інших органічних відходів	378
11.10.3	Технологічне обладнання для переробки рідкого гною	387
11.10.4	Технологічні розрахунки ліній переробки гною	390
12	Ветеринарно-санітарні роботи	
12.1	Види робіт та основні вимоги до них	392
12.2	Засоби механізації	396
12.2.1	Загальна характеристика машин і обладнання	396
12.2.2	Будова та принцип дії	398
12.3	Технологічний розрахунок обладнання	411
12.3.1	Установки для купання овець	411
12.3.2	Пересувні дезінфекційні установки	412
Розділ 3	ОДЕРЖАННЯ ТА ПЕРВИННА ОБРОБКА ПРОДУКЦІЇ	
13	Доїння сільськогосподарських тварин	
13.1	Фізіологічні аспекти	413

13.2	Способи доїння, їх оцінки	415
13.3	Основні вимоги та правила машинного доїння	416
13.4	Загальна будова доїльної машини	418
13.5	Доїльні апарати	419
13.5.1	Класифікація і оцінка	419
13.5.2	Структура і призначення елементів	424
13.5.3	Будова та принцип дії	427
13.5.4	Визначення параметрів	439
13.6	Уніфіковані елементи доїльних машин	442
13.6.1	Вакуумні установки	442
13.6.2	Обладнання для збирання і транспортування молока	455
13.6.3	Засоби обліку молока	455
13.7	Доїльні установки та агрегати	459
13.7.1	Типи і загальна оцінка	459
13.7.2	Будова і організація доїння	464
13.8	Основи розрахунку процесу доїння та елементів доїльних машин	479
13.8.1	Технологічний розрахунок процесу доїння	479
13.8.2	Розрахунок витрати повітря доїльним апаратом і доїльною установкою	481
13.8.3	Розрахунок основних параметрів ротаційного вакуумного насоса	482
13.8.4	Розрахунок параметрів вакуумного регулятора клапанного типу	484
14	Первинна обробка молока	
14.1	Значення і вимоги до первинної обробки	486
14.2	Технологічні схеми і способи первинної обробки	487
14.3	Машини та обладнання	489
14.3.1	Типи і загальна оцінка	489
14.3.1.1	Очищення молока	489
14.3.1.2	Охолодження молока	491
14.3.1.3	Пастеризація молока	496
14.3.1.4	Сепарація молока	498
14.3.2	Будова і принцип дії	499
14.4	Елементи теорії і розрахунку	510
14.4.1	Молочні фільтри	510

14.4.2	Теплообмінні процеси і апарати	510
14.4.2.1	Обґрунтування вибору напрямку потоків	511
14.4.2.2	Час виходу на задану температуру в апаратах з постійною температурою поверхні теплообміну	512
14.4.2.3	Визначення площі теплообміну в апаратах зі змінною температурою поверхні	514
14.4.2.4	Розрахунок параметрів рекуператора тепла	517
14.4.3	Сепаратори молока	518
14.4.3.1	Способи і принципи розділення молока на фракції .	518
14.4.3.2	Принцип розділення молока на фракції в барабані сепаратора	520
14.4.3.3	Визначення параметрів барабана сепаратора	521
14.4.3.4	Об'єм грязьового простору і час безперервної роботи сепаратора-очисника	523
14.4.3.5	Критична швидкість барабана	524
14.4.3.6	Споживана потужність	526
15	Стрижка овець, класифікування і пакування вовни	
15.1	Значення механізації стрижки та зоотехнічні вимоги	527
15.2	Способи стрижки та їх оцінка	528
15.3	Машини та обладнання	531
15.3.1	Загальна будова	531
15.3.2	Стригальні агрегати	532
15.3.3	Обладнання для транспортування і класифікування вовни	537
15.3.4	Обладнання для пресування вовни	539
15.4	Основи теорії і розрахунку	541
15.4.1	Стригальні машинки	541
15.4.2	Технологічний процес стрижки	547
16	Обробка і сортування яєць та курчат	
16.1	Способи та лінії товарної обробки яєць	550
16.2	Способи і обладнання для сортування та пакування яєць	557
16.3	Розрахунок елементів обладнання	559
16.3.1	Скатні поверхні	559
16.3.2	Визначення параметрів яєць	562
	Література	565

ПЕРЕДМОВА

Тваринництво – це дуже важлива галузь не лише сільськогосподарського виробництва, а й народного господарства держави в цілому, в першу чергу тому, що забезпечує населення країни такими важливими продуктами харчування як молоко, м'ясо, яйця. Крім того, ця галузь постачає промисловість деякими видами сировини. Оскільки вказані потреби зростають, то необхідно здійснювати й постійний розвиток галузі тваринництва. Він можливий лише за умови прискорення науково-технічного прогресу, який, в свою чергу, потребує широко-масштабного технологічного і технічного переоснащення виробництва, завершення комплексної механізації його на основі використання високоефективних комплектів машин та обладнання.

Тваринництво як сільськогосподарська галузь за організаційно-економічною структурою та технологічними особливостями наближається до промислового виробництва – цілорічні виробничі процеси, чітка ритмічність роботи, визначений заздалегідь розпорядок дня на тваринницькому підприємстві, постійний штат обслуговуючого персоналу, стаціонарне обладнання, до того ж переважно електрифіковане. Все це свідчить про великі потенційні можливості галузі, ефективність якої повинна зростати в міру розширення промислових методів виробництва.

В організації і технології виробництва тваринницької продукції відбуваються суттєві зміни. Так, завдяки механізації та автоматизації створюються передумови для значного зменшення затрат праці на виробництво, зберігання й приготування кормів, догляд за тваринами, одержання і первинну обробку продукції. Зростання рівня технічного оснащення тваринницьких підприємств сприяє також впровадженню результатів наукових розробок і передового досвіду, реалізації заходів, що забезпечують істотне підвищення продуктивності тварин та якості вироблюваної продукції, високу технологічну і економічну ефективність виробництва.

Поряд із кількісним збільшенням машин та обладнання для тваринництва помітно змінюється й їхній технічний рівень. Це переважно високопродуктивні машини та агрегати, часто комбіновані або універсальні установки, здатні виконувати цілий комплекс основних, допоміжних і транспортно-перевалочних операцій. Значна їх частина оснащена засобами автоматичного контролю та управління і може працювати в запрограмованому режимі, враховуючи при цьому особливості тварин, що обслуговуються, стан навколишнього середовища та іншу специфіку експлуатації складних біотехнічних систем тваринництва.

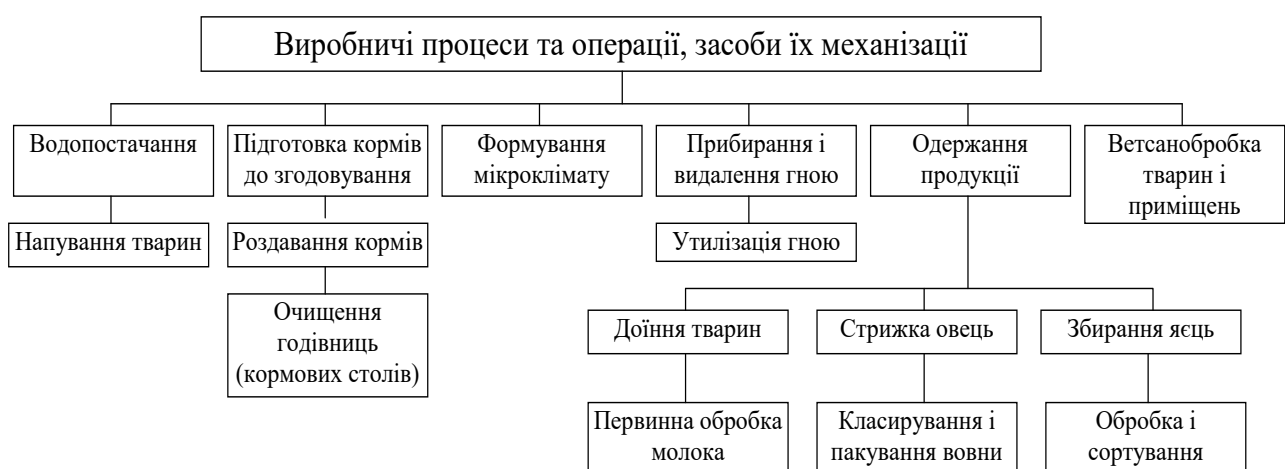
Організаційна перебудова і відповідне технічне переоснащення тваринницьких підприємств потребують удосконалення технологічного обладнання, підвищення якості машин і механізмів, їх надійності та довговічності. У процесі розробки нових і модернізації існуючих засобів механізації їх продуктивність необхідно узгоджувати з потребами тваринницьких підприємств нових організаційних форм, а також між собою для зручності використання їх у механізованих і автоматизованих поточних технологічних лініях.

Сучасні тенденції розвитку тваринництва спричинили потребу впровадження системи раціональних принципів виробництва, появу нових функціональних його особливостей, які полягають в тому, що комплекти машин та обладнання формують відповідно до технологій утримання тварин, виробництва й зберігання кормів, включаючи засоби механізації транспортно-перевалочних і допоміжних робіт, а також засоби автоматизованого контролю та управління технологічними процесами.

Стосовно механізації малих тваринницьких підприємств особливої важливості набуває необхідність підвищення економічності машин та обладнання, здешевлення їх проектування і виробництва, використання стандартних та уніфікованих вузлів і деталей, зниження маси і зменшення габаритів машини, потужності привода. Такий підхід сприятиме підвищенню якості сільськогосподарської техніки, інтенсифікації виробничих процесів і зниженню собівартості продукції тваринництва. Вирішення перелічених завдань і вимог можливе лише на основі спеціальних знань.

Дисципліна „Машини та обладнання для тваринництва” є однією з профільюючих, які забезпечують формування комплексу необхідних знань та вмінь у процесі підготовки фахівців зі спеціальностей „Агроінженерія” та «Галузеве машинобудування» у аграрних вищих навчальних закладах. Поряд з тим, – це базова дисципліна серед дисциплін циклу „Механізація тваринництва”.

Всі машини та обладнання розрізняються за призначенням відповідно до структури виробничих процесів і операцій при виробництві продукції тваринництва (рис.).



Структура виробничих процесів тваринництва, класифікація машин та обладнання для їх механізації за призначенням

Метою вивчення дисципліни є набуття знань про будову, принципи роботи, основи теорії і методи розрахунку машин та обладнання для тваринництва з урахуванням агрозоотехнічних, санітарно-ветеринарних, екологічних та техніко-економічних вимог і умов їх роботи.

Як результат вивчення дисципліни студенти повинні:

- знати будову, робочі процеси і регулювання наявних машин та обладнання, варіанти технічних рішень, що можуть бути застосовані для виконання механізованих операцій, методи обґрунтування і розрахунку параметрів технологій та визначення конструктивних параметрів і режимів роботи машин, критерії оцінювання ефективності роботи фермської техніки, принципи ресурсозбереження, головні напрямки і тенденції розвитку механізації тваринництва;

- уміти самостійно освоювати конструкції і робочі процеси нової фермської техніки, обґрунтовувати ресурсозберігаючі конструктивно-функціональні схеми удосконалених та нових технічних рішень, виконувати розрахунки їх робочих органів, вузлів, механізмів і машин загалом для механізації виробничих процесів у тваринництві, здійснювати технологічне налагоджування машин і обладнання на заданий режим роботи.

Дисципліна ґрунтується на знаннях загальнотехнічних дисциплін, зокрема „Теоретичної механіки”, „Механіки матеріалів і конструкцій”, „Взаємозамінності та стандартизації”, „Гідравліки”, „Технології машинобудування”, „Підйомно-транспортних машин”, „Сільськогосподарських машин”, а також „Основ технології виробництва продукції рослинництва і тваринництва”.

В свою чергу, знання цієї дисципліни необхідні для подальшого засвоєння курсів „Машиновикористання у тваринництві”, „Основи охорони праці”, „Надійності сільськогосподарської техніки”, „Електроприводу та засобів автоматизації”, „Інженерного менеджменту”, „САПР”, „Дизайну і ергономіки” та деяких інших.

Певний вклад у формування та розвиток вказаної дисципліни внесли професори М.Г.Сомініч, Б.І.Вагін, О.П.Галкін, В.Г.Коба, Г.М.Кукта, С.В.Мельников, В.Ф.Некрашевич, О.О.Омельченко, В.М.Побєдінський, А.І.Фененко, Б.П.Шабельник, доценти В.М.Синявський, А.А.Яворський, автори даного підручника та інші.

При поданні матеріалу в підручнику автори дотримуються системного підходу, посилаються на результати новітніх досліджень і передового досвіду світової практики експлуатації фермської техніки.

Системність охоплює комплекс питань і методів їх вивчення від простих (призначення, будова, регулювання) до складних (класифікація, аналіз впливу факторів на ефективність та якість роботи) і навіть проблемних (питання, на які відсутні прямі відповіді в літературі, але їх підказують запрограмовані варіанти). Це дозволяє користуватися підручником на різних рівнях підготовки спеціалістів.

У викладеному матеріалі прийнята термінологія, яка характеризує загальні поняття базових об’єктів вивчення.

Відповідно до класичного визначення (тобто не стосовно ЕОМ) **машина** – це сукупність елементів (частин), що забезпечують і здійснюють необхідні доцільні дії (рухи) для перетворення одного виду енергії в інший і виконання заданої роботи. Машини поділяють на *енергетичні* (двигуни, генератори), *технологічні* (споживають відповідну енергію для виконання певних робіт), а також *транспортно-перевантажувальні*. **Обладнання** – це набір елементів певного призначення або додаткові пристрої до машин, не оснащені самостійним приводом, наприклад: стійлове (станкове, кліткове) обладнання для утримання тварин або птиці, засоби їх напування, начіпне оснащення (бульдозер, ківш) до трактора тощо. Машини призначені для заміни фізичної праці людини, а обладнання полегшує цю працю або розширює функціональні можливості машин.

Машина складається з таких структурних елементів (частин): *виконавчого апарата* (робочого органу чи органів), їх *приводу*, *передаточних ланок* (механізмів) та *контрольно-керуючих пристроїв*.

Механізм машини – це сукупність ланок деталей, що передають або перетворюють ті чи інші дії чи рухи; **апарат** – окремий пристрій або прилад машини, що безпосередньо виконує певну операцію.

Залежно від рівня комплектації машини бувають:

- *прості*, в практиці галузі тваринництва їх часто називають установками, що здатні виконувати переважно якесь одне завдання (наприклад, доїння тварин, видалення гною, роздавання кормів);
- *складні* або *комбіновані агрегати*, тобто поєднання двох або більше різнотипних простих машин (установок), які діють спільно і виконують різні технологічні операції в межах єдиного виробничого процесу (наприклад, доїння корів і первинна обробка молока, приготування і роздавання кормів).

Підручник підготували: професори І. І. Ревенко (передмова, розділи 1, 3); М.В. Брагінець (розділи 12, 15), доценти В.С. Хмельовський (розділи 4, 6, 10), О.О. Заболотько (розділи 13, 14), В. І. Ребенко (розділи 7, 8), С.Є. Потапова (розділ 2, 16), О.М. Ачкевич (розділи 5, 11), асистент В.В. Радчук (розділ 9).

1. ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЇ КОРМОПРИГОТУВАННЯ

1.1. Загальні положення

Основою ефективного розвитку галузі тваринництва є повноцінна годівля, яка забезпечується, в першу чергу, виробництвом достатньої кількості кормів, зниженням втрат їх поживності при заготівлі і зберіганні, а також правильною підготовкою до згодовування.

Поряд з тим головними факторами повноцінної годівлі є: повний набір незамінних поживних речовин, своєчасне і оптимально узгоджене в кількісному відношенні надходження їх в організм тварин. Для достатньо повного задоволення потреб тварин у поживних речовинах їх раціони, згідно даних наукових досліджень, повинні бути збалансованими приблизно за 20-ти чітко нормованими показниками для великої рогатої худоби і 50–80-ти показниками для свиней та птиці. Кількість показників, що контролюються, зростає у міру підвищення рівня інтенсифікації тваринництва.

Співвідношення різних за поживністю та фізико-механічними властивостями кормових компонентів, що входять до складу раціону, характеризує тип годівлі. Вибір останнього диктується необхідністю забезпечення тварин відповідною кількістю поживних речовин та фізіологічними особливостями їх травлення. Тому слід підкреслити ще одну умову раціонального використання кормів: вони повинні бути узгодженими не тільки за кількісним, але і за якісним відношенням. Тобто корми доцільно згодовувати у такому вигляді, в якому їх поживні речовини будуть легко доступними і засвоюватимуться організмом тварин з максимальною ефективністю.

1.2. Види кормової сировини

Перелік сировини, що застосовується у сучасному тваринництві на корм худобі та птиці, дуже широкий (рис. 1.1). Проте основу кормових раціонів становлять корми рослинного походження.

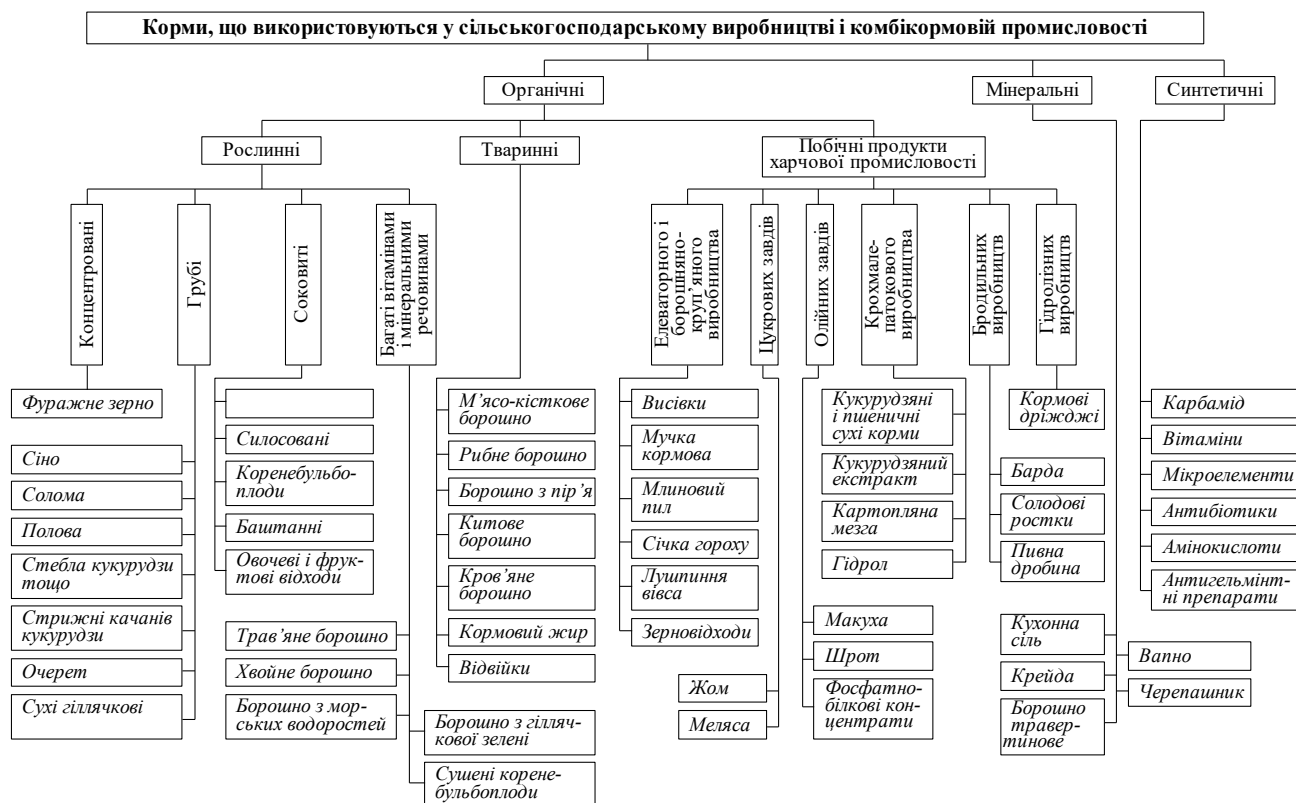


Рис. 1.1. Класифікація кормів за походженням та видовими ознаками

Так, комбікорми промислового виробництва на 82–98 % складаються з інгредієнтів рослинної сировини, у тому числі 50–85 % – це фуражне зерно. Приблизно 3–10 % становлять компоненти тваринного походження і близько 1–9 % – мінеральні та синтетичні речовини. Безпосередньо у господарствах широке використання знаходять соковиті корми (табл. 1.1). На спеціалізованих тваринницьких комплексах та фермах з високим рівнем індустріалізації відмічається тенденція до збільшення у раціонах питомої ваги концентрованих кормів.

Таблиця 1.1 – Орієнтовний склад кормових сумішок для свиней та великої рогатої худоби

Види кормів	Співвідношення кормів, %, у раціонах			
	великої рогатої худоби		свиней	
	за поживністю	за масою	за поживністю	за масою
Концентровані	15–42	77–14	40–80	20–55
Соковиті	40–70	78–83	15–40	24–76
Грубі	12–20	12–16	3–5	2–10
Інші	4–6	1–2	3–10	4–6

У свинарстві та птахівництві за поживністю їх доля досягає 62–88 %, а в молочному скотарстві – 44–60 %.

Таким чином, у кормових раціонах безумовно переважають рослинні корми. Отже, кормоприготування зводиться до переробки рослинної сировини і змішування її компонентів з деякими іншими, що включаються до кормових раціонів лише як добавки. Виходячи з цього, далі під кормовими матеріалами відносно процесів їх обробки розумітимемо саме рослинні корми. Проте і вони також відзначаються широкою різноманітністю і характеризуються цілим рядом ознак. Основними з них є:

- органи рослин, що використовуються на корм (наприклад, стебла та листя, зерно, корене- та бульбоплоди);
- вид сільськогосподарської культури;
- фаза вегетації та спосіб заготівлі.

За хімічним складом, поживністю та фізіологічною дією на тварин корми рослинного походження поділяють на дві великі групи – *об'ємисті* і *концентровані*. Перші містять у 1 кг не більше 0,5 кг перетравних речовин, а за загальною поживністю не перевищують 0,65 кг кормових одиниць. Вони мають багато води (соковиті та водянисті) або клітковини (грубі). До соковитих належать зелені та силосовані корми і коренебульбоплоди. Водянисті корми – це відходи підприємств харчової промисловості (крохмальної, цукрової, бродильної).

Концентровані корми в 1 кг містять більше 0,5 кг перетравних поживних речовин. До них належать у першу чергу зернові корми, а також відходи борошномельно-елеваторних та олійно-екстракційних виробництв, висушені відходи крохмальних, цукрових і бродильних підприємств.

Якість кормів приготовлених до згодовування, визначається кількістю поживних, тобто цінних для організму тварин речовин, а також наявністю чи відсутністю в них баластних, некорисних, а іноді навіть шкідливих включень. Останні погіршують якість корму, можуть спричинити травмування чи отруєння тварин, знижують ефективність роботи і можуть бути причиною несправностей технологічного обладнання.

Розглянуті та деякі інші ознаки обумовлюють технологічність та фізико-механічні властивості кормових матеріалів при їх переробці у процесі підготовки до згодовування.

1.3. Класифікація способів підготовки кормів до згодовування та їх значення

Процес кормоприготування може включати ряд технологічних заходів (рис. 1.2), різних за своєю природою та цілеспрямованістю.

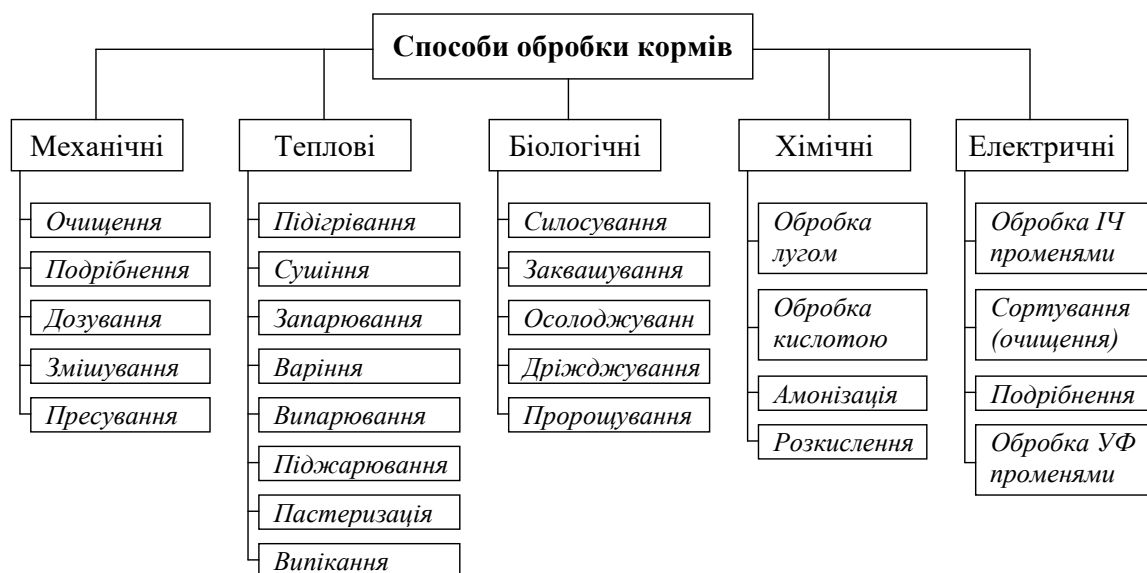


Рис. 1.2. Класифікація способів обробки кормової сировини в процесі підготовки до згодовування

Ефективність застосування того чи іншого технологічного заходу у процесі кормоприготування може проявлятися різними шляхами і переслідувати як окремі цілі, так і цілий їх комплекс. В основному вони зводяться до наступного.

1. Розширюється і спрощується можливість використання тієї чи іншої сировини для годівлі і цим самим збільшується набір компонентів для різних видів тварин, зміцнюється кормова база галузі. Після відповідної обробки (наприклад, подрібнення) в раціони свиней та птиці можна включати стеблові (сухі у вигляді сінного чи трав'яного борошна, а зелені – у вигляді дрібної січки або пасти), крупнокускові (макуха, коренеплоди, баштанні) та деякі інші корми.

2. Збільшується і покращується поїдання кормів. Наприклад, тварини погано поїдають непідготовлену солому (не більше 2–3 кг з розрахунку на голову великої рогатої худоби), а її втрати при цьому досягають 20–30 %. Після відповідної підготовки (подрібнення, теплової або хімічної обробки тощо) солома поїдається майже повністю і у більшій кількості.

3. Підвищується і прискорюється перетравність кормів. Так, зернові корми, що мають високий вміст поживних речовин та добрі смакові якості, у більшості випадків виявляються малоефективними, якщо їх згодовувати без попередньої підготовки. Ціле сухе зерно тварини погано розжовують, тому значна кількість поживних речовин залишається неперетравленою і видаляється з організму разом із калом. Істотно підвищується і перетравність соломи після її гідролізу (роз-щеплення одеревілої речовини), наприклад шляхом хімічної обробки. При цьому попереднє подрібнення соломи прискорює процес хімічної обробки, підвищує її ефективність.

4. Скорочуються витрати енергії тварин на пережовування корму, запобігаються деякі захворювання тварин. Відомо, наприклад, що на пережовування 1 кг соломи тварина витрачає 625–840 Дж. Отже, економія енергії на пережовування рівноцінна додатковій продуктивності дії корму.

Встановлено, що поживна цінність 100 кг подрібненої на січку соломи зростає на 8–12 кормових одиниць, а подрібненої на борошно –

на 16–20, або майже вдвічі порівняно з натуральною. Виявлено також зниження витрат енергії і на перетравлення подрібнених кормів. А згодовування, наприклад, цілого зерна чи несвіжих кормів може спричинити шлункові захворювання у тварин.

5. Розширюється асортимент кормів, створюються умови для кормовиробництва та кормоприготування на промисловій основі і впровадження прогресивних технологій годівлі тварин. Відповідна обробка кормової сировини дозволяє готувати кормові сумішки, комбіновані та повнораціонні корми. Перетравність же кормів в організмі тварин у значній мірі залежить від повноцінності і збалансованості годівлі. При надмірному, але погано збалансованому раціоні до 35-40 % його поживних речовин не засвоюється. У той же час приготування повно-цінних кормових сумішок дозволяє значно зменшити витрати більш дорогих (концентрованих) і збільшити споживання відносно дешевих

(грубих, відходи деяких виробництв) кормів, підвищує ефективність всіх компонентів раціону.

Поряд із традиційним використанням соковитих, грубих та концентрованих кормів в останні роки набули розповсюдження сінажно-концентратний тип годівлі, приготування вітамінного борошна, брикетування та гранулювання кормів.

З підвищенням рівня інтенсифікації тваринництва спостерігається тенденція до переходу від багатокомпонентних раціонів на монокорми з додаванням необхідних добавок. Технологія приготування монокорму така. Рослини скошуються у стадії бутонізації – початку цвітіння трав або молочно-воскової стиглості зерна, тобто коли вони мають найбільш високий вміст поживних речовин. Після цього висушують в сушильному агрегаті і подрібнюють на борошно або січку, а потім збагачують білковими, мінеральними та біологічно активними речовинами і гранулюють чи брикетують. Перехід від багатокомпонентних раціонів до ущільнених монокормів має такі переваги:

- дозволяє суміщати кормовиробництво і підготовку кормів до згодовування в одному процесі, здійснюючи заготівлю кормів у заздалегідь сплановані оптимальні строки і незалежно від погодних умов;
- забезпечує суттєве збільшення виходу поживних речовин з одиниці площі посіву і знижує їх втрати у процесі зберігання;
- спрощує рішення питань механізації та автоматизації приготування, зберігання і роздавання кормів; дозволяє на всьому шляху від поля до годівниці, тобто починаючи зі збирання і закінчуючи годів-лею, механізувати всі процеси і операції;
- не потребує різнотипних сховищ та технічних засобів.

Таким чином, відносно до процесів кормоприготування можливі два підходи. П е р ш и й – коли відповідна підготовка є обов’язковою, щоб забезпечити саму можливість використанні тієї чи іншої сировини як корму, тобто для перетворення потенційного корму на дійсний. Д р у г и й – коли підготовка доцільна в технологічному та економічному відношеннях, оскільки сприяє раціональному і ефективнішому використанню кормів, супроводжується збільшенням виходу продукції тваринництва при тих же запасах кормів і площах, зайнятих під кормові культури.

Якщо враховувати масштаби розвитку тваринництва, а також той факт, що в сучасному виробництві тваринницької продукції доля затрат, пов’язаних з кормами, у загальному балансі собівартості цієї продукції перевищує 40–45 % (молочнотоварне виробництво), а на промислових комплексах досягає 70–80 % (наприклад, свинарство, птахівництво), то обидва названі підходи – розширення кормових ресурсів і підвищення їх ефективності – є дуже важливими і постійно актуальними.

1.4. Поняття про технологію та основні схеми кормоприготування

Зображена на рис. 1.2 загальна класифікація свідчить про досить широкі можливості вибору технологічних заходів підготовки кормів до згодовування. Проте далеко не всі з них часто чи навіть взагалі застосовують в практиці кормоприготування через, наприклад,

недостатню ефективність чи економічну недоцільність, складність технології та технічного оснащення тощо.

Вибір технології кормоприготування обумовлюється наявними кормовими ресурсами та їх якістю, видом та віком тварин, прийнятим (заданим) типом годівлі. При цьому *технологія кормоприготування* в широкому розумінні цього визначення – це структура і послідовність способів та заходів обробки кормової сировини, мета яких одержати готові до згодовування корми.

Стосовно конкретних видів кормів багаторічним досвідом визначені раціональні технологічні заходи. Деякі з них є обов'язковими для більшості видів кормової сировини. Це – очищення та подрібнення. Крім того, для реалізації найбільш ефективних технологій годівлі тварин (кормовими сумішками) доцільними є також операції дозування та змішування, а в окремих випадках також теплова і хімічна обробка та деякі інші.

На рис. 1.3 зображені технологічні схеми підготовки до згодовування базових видів кормів, найпоширеніших у виробничій практиці.

Таким чином, процес кормоприготування полягає у виконанні технологічних операцій, спрямованих на надання сировині, що обробляється, нових властивостей. А машини, що виконують такі операції, називаються технологічним обладнанням. Крім технологічного обладнання, у процесі кормоприготування для переміщення об'єкту обробки від машини до машини чи його перевантаження використовується і допоміжне обладнання, яке забезпечує потоковість і безперервність, усуває ручну працю в процесі кормоприготування.

2. ОЧИЩЕННЯ КОРМІВ

2.1. Зоотехнічні вимоги

Якість кормів визначається кількістю поживних, тобто цінних для годівлі речовин, а також вмістом у них баластних, некорисних чи іноді навіть шкідливих включень.

За своєю природою домішки можуть бути органічні (насіння бур'янів, отруйних рослин та ін.) і неорганічні (пісок, каміння, металеві частки тощо). Вони погіршують якість корму, травмують чи отруюють (порушують травлення) тварин, знижують ефективність роботи, спричиняють несправності технологічного обладнання.



Рис. 1.3. Найпоширеніші технологічні схеми підготовки до згодовування кормових компонентів і приготування сумішок

Очищення кормів полягає у відокремленні та видаленні з них сторонніх включень. Після очищення кормової сировини допустимий ступінь забруднення залежить від виду кормів, а також характеру включень та їх можливих наслідків. Так, домішки землі не повинні

перевищувати 1–2 %, піску – 0,3–1 %, металеві домішки розміром до 2 мм з незагостреними краями – 30 мг на 1 кг корму, насіння отруйних трав – 0,25 %. Залишковий ступінь забруднення оцінюють дослідним шляхом і визначають відношенням:

$$\delta_3 = \frac{G - G_{\text{ч}}}{G_{\text{ч}}} 100\%,$$

де δ_3 – фактичний ступінь забруднення продукту, %; G – маса порції продукту, для якого визначають забрудненість, кг; $G_{\text{ч}}$ – маса цієї ж порції після дбайливого очищення (миття) вручну, кг.

2.2. Аналіз і оцінка способів та засобів очищення

Сторонні домішки можна відокремлювати від корму за принципом сухого очищення та миття. Ряд варіантів сухого очищення за допомогою решітних пристроїв, трієрів, у потоці повітря та деякі інші використовуються для забезпечення післязбиральної обробки продукції і вивчаються в курсі „Сільськогосподарські машини”.

У процесі кормоприготування сухих кормових компонентів очищення здійснюється від феромагнітних домішок за допомогою магнітних сепараторів, від немагнітних мінеральних та деяких інших включень – на інерційних каменевідокремлювачах. Коренебульбоплоди очищають переважно у спеціальних машинах – мийках.

Магнітні сепаратори оснащені постійними чи електричними магнітами. При проходженні тонкого шару оброблюваного матеріалу в магнітному полі магнітні домішки затримуються на поверхні магніту. Блоки постійних магнітів відзначаються простотою конструкції та обслуговування. Їх можна встановлювати в технологічних лініях кормоприготування як самостійне обладнання (магнітні колонки) або у складі інших машин (наприклад, під похилим розвантажувальним лотком бункера, над чи під транспортером) на шляху переміщення шару оброблюваного корму.

На великих комбікормових підприємствах знайшли застосування електромагнітні сепаратори, які характеризуються більшою потуж-

ністю магнітного поля. Конструктивно вони бувають барабанного типу, стрічкові, віброкоткові тощо.

Якість очищення залежить від рівномірності, товщини та швидкості переміщення шару сировини, її виду, а також потужності магнітного поля і характеру металоманітних домішок. Ефект від очищення знаходиться у прямій залежності від потужності магнітного поля, підвищується при зменшенні товщини оброблюваного шару, оскільки сила протягування магнітів різко знижується у міру віддалення від їх полюсів. При одній і тій же товщині шару продукту і постійній силі притягування магніту якість очищення зростає зі зменшенням швидкості переміщення шару.

Таким чином, для якісного очищення від феромагнітних домішок кормову сировину необхідно направляти на магніти тонким рівномірним шаром при відносно невеликій швидкості його руху. Останнє досягається за умови, коли кут нахилу скатної поверхні перевищує кут зовнішнього тертя сировини на $3\text{--}5^\circ$. Товщина шару продукту в зоні магнітного поля допускається до 10 мм для зернових і до 7 мм для борошноподібних компонентів. Борошно обволікає металеві частки і вони гірше притягуються магнітом.

Під дією рухомого шару продукту феромагнітні домішки зміщуються у виступи між полюсами магнітів, де і затримуються. Ці домішки при технічному обслуговуванні обладнання періодично видаляються. Недоліком магнітних сепараторів є те, що вони відокремлюють лише металоманітні домішки і потребують ручного видалення цих домішок.

Каменевідокремлювачі застосовують для очищення кормів від мінеральних та деяких інших домішок, які за розміром близькі до розмірів кормових часток, але відрізняються від них питомою вагою.

Дія такого обладнання ґрунтується на принципі різниці сил інерції та гравітації. Конструктивно ці пристрої можуть бути у вигляді транспортера-кидалки, гладенького валка або валка-щітки, ванни з водою (при очищенні коренебульбоплодів). Каміння та інші важкі домішки осідають на дно, легкі частки (стебла, листя тощо) плавають зверху ванни, а коренебульбоплоди знаходяться в підвішеному стані і забираються на подальшу обробку із середніх шарів води.

Коренебульбомийки призначені для очищення від землі і піску корене- та бульбоплодів у результаті їх тертя між собою і по робочих органах машини. При цьому вода змиває і видаляє відокремлені частки забруднення. Із засобів очищення сировини саме коренебульбомийки є спеціалізованими машинами фермського призначення. Тому ці машини розглянемо окремо.

2.3. Коренебульбомийки

2.3.1. Вимоги до машин

Процес та технічні засоби для миття коренебульбоплодів повинні задовольняти таким вимогам:

- універсальність стосовно можливості обробки різних видів і сортів сировини (картопля, буряки, морква та ін);
- можливість регулювання якості очищення (час обробки, подача води, інтенсивність дії робочих органів тощо) з метою забезпечення обробки сировини з різною ступінню забруднення, а також наявність пристроїв для відділення важких включень (каміння, метал), що особливо необхідно для регіонів із засміченими камінням полями;
- економічність щодо витрат води і енергії;
- можливість механізації завантаження вихідної сировини та розвантаження помитих коренебульбоплодів;
- зручність та можливість механізованого очищення і видалення мулу, забрудненої води та різних включень;
- простота конструкції і технічного обслуговування, надійність та довговічність експлуатації машини.

2.3.2. Типи і оцінка

Машини для очищення коренебульбоплодів розрізняють за призначенням, організацією робочого процесу і конструктивними особливостями.

За призначенням мийки можуть бути спеціальні та універсальні. Перший варіант зустрічається рідко, використовується для очищення тільки одного із видів сировини (в першу чергу картоплі). Від універсального варіанта (який забезпечує обробку всіх видів коренебульбоплодів) спеціальна мийка відрізняється розмірами робочих органів чи камери (діаметр).

За організацією робочого процесу мийки бувають *п е р і о д и ч н о ї* (порційні) та *б е з п е р е р в н о ї* (потоківі) дії.

Весь робочий цикл мийки складається з таких операцій (етапів, рис. 2.1.): дозована подача вихідної сировини в камеру обробки – очищення її до заданого рівня якості – роздільне видалення помитого продукту, а також домішок і забрудненої води з робочої камери. У разі порційної обробки (періодичної дії) вказані операції виконуються послідовно і з розривом у часі. Тобто, певна порція забруднених корене- або бульбоплодів спочатку завантажується в мийку. Після цього протягом відповідного часу, достатнього для якісного очищення, здійснюється обробка цієї порції сировини. Потім помиті коренебульбоплоди видаляються з машини і наступний робочий цикл повторюється з новою порцією сировини.

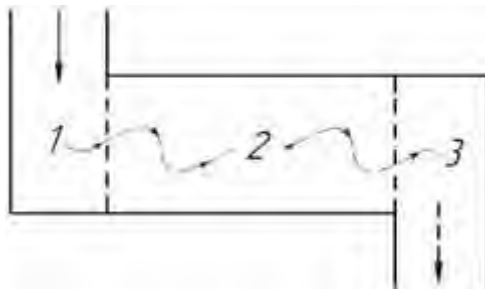


Рис. 2.1. Структурно-організаційна схема робочого процесу мийки:
1 – зона завантаження; 2 – зона очищення; 3 – зона видалення очищених коренебульбоплодів

У випадку потокової (безперервної) дії названі структури і операції процесу очищення відбуваються одночасно: забруднені коренебульбоплоди сталим потоком безперервно завантажуються у ванну мийки, проходять зону очищення і помиті, знову ж таким безперервним потоком розвантажуються. При цьому необхідно узгоджу-

вати подачу з виходом, щоб виключити завал робочої камери або холосту чи малопродуктивну роботу машини.

Порційні мийки мають ширші можливості керування якістю мийки (часом обробки), але поступаються перед потоковими за питомими показниками енерго- та металомісткості. У практиці кормоприготування поширені переважно мийки безперервної дії, які в ряді випадків можна використовувати і в порційному режимі. Регулюючи тривалість миття, можна зовсім перекрити вихід продукту (перекривши при цьому і подачу забруднених коренебульбоплодів) або обробляти лише зафіксовану порцію.

За конструктивними ознаками мийки поділяються (рис. 2.2) на *лопатеві* (кулачні), *барабанні*, *відцентрові* (дискові), *гвинтові* (шнекові) та *вібраційні*.

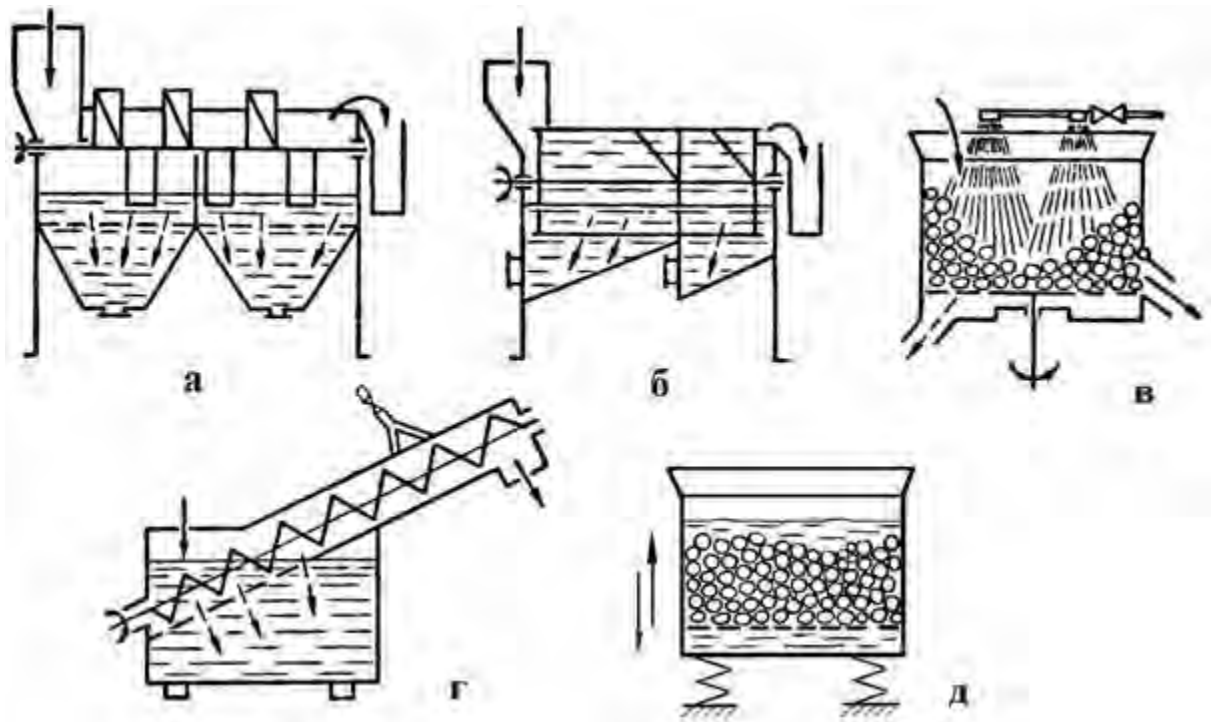


Рис. 2.2. Типи коренебульбомийок: а – кулачна (лопатева); б – барабанна; в – відцентрова (дискова); г – шнекова (гвинтова); д - вібраційна

Лопатева мийка – це заповнена водою ванна з решіткою, в якій обертається вал-мішалка. На валу за схемою гвинтової лінії встановлені лопаті (кулаки). Спереду (за ходом продукту) є завантажувальний лоток, з протилежного кінця на валу – ковшові викидачі, під якими розміщений уловлювач каміння та інших важких включень. Ванна

оснащена люками для видалення домішок. Така машина проста за конструкцією та в експлуатації, надійна в роботі. Проте принцип дії мийки (сила тяжіння продукту повинна переважати над відцентровою силою) обумовлює її тихохідність. Це, в свою чергу, спричинює відносно низьку продуктивність машини і ускладнює трансмісію.

Барабанна мийка – за будовою, принципом дії та оцінкою подібна до попередньої (лопатевої). Конструктивно відрізняється робочий орган – пластинчастий барабан, що обертається у ванні з водою. Крім того, машину барабанного типу можна використовувати також для сухого очищення коренебульбоплодів.

Дискова відцентрова мийка являє собою вертикальну циліндричну камеру, на дні якої обертається диск. Зверху над камерою є розбризкувач води, а в стінці камери – розвантажувальне вікно із заслінкою. Регулювання положення заслінки (ступенем відкриття розвантажувального вікна) змінюють тривалість і якість миття продукту. Якість миття залежить також від подачі води крізь зрошувач.

Мийка дуже проста, надійна і довговічна в експлуатації, забезпечує високу якість миття, відзначається малою метало- і енергомісткістю. Основний її недолік – не забезпечує відокремлення важких включень (наприклад, каміння, металу).

Гвинтова мийка суміщає операції очищення коренебульбоплодів (від домішок землі, піску та важких включень) і транспортування їх на подальшу обробку. В цьому її основна перевага порівняно з попередніми машинами. Робочий орган машини – шнек, розміщений у вертикальній чи похилій (під кутом 30–45° до горизонту) трубі (див. рис. 2.2) із розбризкувачем води та розвантажувальною горловиною. Внизу ванни знаходиться пристрій для видалення важких домішок (наприклад, у вигляді приямка-уловлювача чи диска-викидача).

Гвинтова мийка проста за конструкцією і в експлуатації, надійна і довговічна в роботі. Недоліками її є недостатні можливості регулювання якості миття (тільки зміною подачі води на розбризкування), підвищені метало- та енергомісткості процесу.

Вібраційний варіант мийки за будовою може бути подібним, наприклад, до барабанної з тією відмінністю, що робоча камера не обер-

тається, а здійснює коливальні (повздовжні, вертикальні та комбіновані) рухи. Для видалення помитих коренеплодів можна використати розвантажувальні лопаті встановлені на валу, що обертається, порівнянні з лопатевими та барабанними мийками. В цьому разі завдяки вібрації процес очищення проходить значно інтенсивніше, створюються передумови підвищення продуктивності машини і зниження питомих енергозатрат. Недоліком же машин такого типу є зниження надійності та довговічності конструкції, що особливо суттєво для машин високопродуктивних з великою коливальною масою. В практиці кормоприготування приклади реалізації вібраційного принципу мийки відсутні.

2.3.3. Технологічний розрахунок

2.3.3.1. Лопатеві та барабанні мийки

Продуктивність цих машин обумовлюється пропускною здатністю розвантажувальних ковшів і визначається за рівнянням:

$$Q = \sum V_k \beta \gamma n, \quad (2.1)$$

де Q – подача, кг/с; $\sum V_k$ – сумарний об'єм ковшів, що вивантажують помиті коренебульбоплоди з робочої камери, м³; β – коефіцієнт заповнення ковшів (0,7–0,9); γ – об'ємна маса продукту (коренеплодів 560–670 кг/м³, картоплі 650–730 кг/м³); n – частота обертання робочого органа, с⁻¹.

Частота обертання робочого органа (барабана, лопатевого вала) повинна бути такою, щоб відцентрові сили не змогли утримувати коренебульбоплоди від падіння під дією сили тяжіння (рис. 2.3), що відповідає такій умові:

$$m\omega^2 R < mg, \quad \omega = \sqrt{g/R}$$

або

$$n < \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{R}}, \quad (2.2)$$

де m – маса корене- або бульбоплоду, кг; ω – кутова швидкість обертання робочого органу, рад/с; n – критична частота обертання, с⁻¹; R – радіус робочої камери, м; g – прискорення сили тяжіння, м/с².

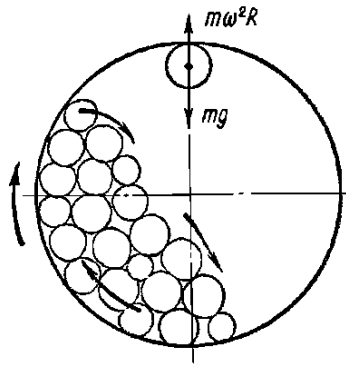


Рис. 2.3. Схема до визначення критичної частоти обертання робочого органу барабанної та лопатевої мийок

Щоб коренебульбоплоди перебували переважно у воді, рекомендується приймати частоту обертання робочого органу на рівні 0,5–0,7 критичної величини, тобто:

$$n = \frac{0,5 - 0,7}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{R}} \quad (2.3)$$

або з урахуванням значень π та g

$$n = (0,25 - 0,35) \sqrt{\frac{1}{R}}. \quad (2.3, a)$$

Відповідно до заданої чи розрахункової продуктивності мийки визначають діаметр робочої камери D , м:

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi g_{oc} \beta_m \gamma}}, \quad (2.4)$$

де g_{oc} – швидкість переміщення продукту вздовж камери мийки (0,01–0,2 м/с); β_m – коефіцієнт заповнення робочої камери продуктом (0,4–0,6).

Довжину робочої камери L , м, розраховують з умови часу перебування коренебульбоплодів у цій камері, достатнього для їх якісного миття:

$$L = \frac{Q t_m}{\beta_m \gamma \pi R^2} \quad (2.5)$$

або

$$L = g_{oc} t_m, \quad (2.6)$$

де t_m – тривалість миття коренебульбоплодів (300–480 с).

Потужність привода мийки N_m , кВт, знаходять за рівнянням:

$$N_m = \frac{\mu Q L}{\eta}, \quad (2.7)$$

де μ – дослідний коефіцієнт, який залежить від фізико-механічних властивостей коренебульбоплодів (0,2–0,3); η – ККД передачі.

2.3.3.2. Дискосва відцентрова мийка

Загальний об'єм робочої камери V , м³, визначають залежно від заданої продуктивності мийки:

$$V = \frac{Q t_m}{\beta_m \gamma}. \quad (2.8)$$

Для дискосвих мийок необхідна тривалість миття становить $t_m = 60\text{--}90$ с, а коефіцієнт заповнення робочої камери – $\beta_m = 0,3\text{--}0,4$.

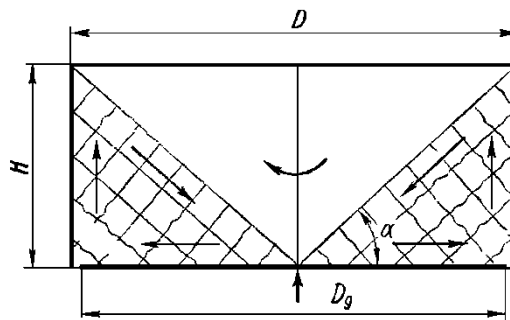


Рис. 2.4. Визначення співвідношення розмірів робочої камери дискосвої мийки

З іншого боку, об'єм камери циліндричної форми становить:

$$V = \frac{\pi D^2}{4} H. \quad (2.9)$$

У процесі роботи дискосвої мийки в результаті дії відцентрових сил коренебульбоплоди формують тіло обертання у вигляді вирви (рис. 2.4). При цьому кут нахилу конуса близький до кута природнього укусу продукту ψ_k . Останній для коренебульбоплодів знаходиться в межах 33–50°, для картоплі 25–27°. Виходячи з цього і щоб виключити викидання коренебульбоплодів з камери мийки, можна рекомендувати таке співвідношення її розмірів:

$$H = 0,5D.$$

Тоді

$$D = \sqrt[3]{\frac{8Qt_M}{\pi \beta_M \gamma}}, \quad (2.10)$$

а діаметр диска:

$$D_d = D - (0,01 - 0,02).$$

Частоту обертання диска визначають з умови забезпечення переміщення продукту від центру до стінки камери мийки (рис. 2.9), тобто:

$$m\omega^2 r > f mg.$$

Звідси

$$\omega > \sqrt{f g / r}$$

або

$$n > \sqrt{\frac{f g}{r}}, \quad (2.11)$$

де m – маса корене- або бульбоплоду, кг; ω і n – кутова швидкість, рад/с, та частота обертання диска, с^{-1} ; f – коефіцієнт зовнішнього тертя продукту; g – прискорення сили тяжіння, м/с^2 ; r – мінімальна відстань від центра обертання, з якої починається стабільне переміщення продукту під дією відцентрової сили, м.

Радіус r можна передбачити конструктивно, наприклад, встановивши розподільний конус в центрі диска (рис. 2.5), або прийняти при розрахунках величину його на рівні середнього розміру (еквівалентний діаметр) коренебульбоплодів, що обробляються.

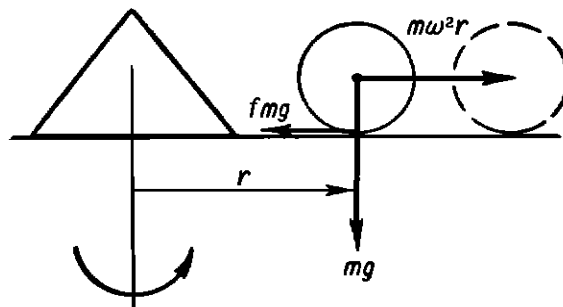


Рис. 2.5. Схема сил, що діють на коренебульбоплоди при обертанні диска мийки

За дослідними даними приблизно 2/3 загальної кількості продукту, що знаходиться в камері мийки, приводиться в інтенсивний рух, а решта має незначну колову швидкість при скочуванні по конусу вниз.

Потужність, кВт, привода відцентрової мийки N_M наближено можна описати рівнянням:

$$N_M = \frac{Q f t_M n R k}{240}, \quad (2.12)$$

де R – радіус мийного диска, м; k – коефіцієнт, що враховує обертальний рух коренебульбоплодів (0,3–0,4).

2.3.3.3. Гвинтові або шнекові мийки

Відповідно до заданої продуктивності Q мийки та часу t_B відмочання коренебульбоплодів визначають загальний об'єм її ванни V_B :

$$V_B = \frac{Q t_B}{\gamma \beta_B}, \quad (2.13)$$

де γ – питома маса продукту, кг/м³; β_B – коефіцієнт заповнення ванни коренебульбоплодами (0,7–0,8).

Параметри шнека розраховують із рівняння його пропускної здатності:

$$Q = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} S n \gamma k_{ш}, \quad (2.14)$$

де D – діаметр труби шнека. Приймають, орієнтуючись на розміри коренебульбоплодів з такою умовою, щоб крупні об'єкти обробки змогли вільно пройти крізь трубу шнека (рекомендується 0,4–0,5 м); d – діаметр вала шнека ($0,2D$), у нових варіантах шнекових мийок застосовується безвальний шнек у зоні його труби, що сприяє проходженню крізь шнек навіть крупних кормових буряків. У такому разі $d = 0$; S – крок гвинта. З умови проходження крупних буряків чи інших коренеплодів доцільно приймати $S = D$; $k_{ш}$ – коефіцієнт, що враховує ступінь заповнення шнека коренебульбоплодами і знаходиться в межах $k_{ш} = 0,1–0,4$. Значення цього коефіцієнта зменшується в міру наближення шнека до вертикального положення.

Наведене рівняння розв'язують відносно частоти обертання шнека:

$$n = \frac{4Q}{\pi(D^2 - d^2) S \gamma k_{ш}}. \quad (2.15)$$

З іншого боку, частота обертання шнека повинна задовольняти умові переміщення об'єкту обробки в осьовому напрямку шнека, тобто вверх. На основі аналізу траєкторії переміщення матеріалу у гвинтовому конвеєрі, проведеного М.К. Штуковим, для визначення критичної частоти обертання шнека можна рекомендувати вираз:

$$n_{\text{кр}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g[\operatorname{tg}(\alpha + \varphi) \sin \beta - f_2 \cos \beta]}{f_2 R_{\text{ш}}}}, \quad (2.16)$$

де $n_{\text{кр}}$ – критична (мінімальна) частота обертання, при якій матеріал не матиме осьового переміщення, с^{-1} ; α – кут підймання гвинтової поверхні, град; φ – кут тертя матеріалу по гвинтовій поверхні, град; β – кут нахилу шнека, град; f_2 – коефіцієнт тертя матеріалу по кожуху шнека; $R_{\text{ш}}$ – радіус шнека, м.

Для вертикального шнека рівняння (2.16) матиме вираз:

$$n_{\text{кр}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g \operatorname{tg}(\alpha + \varphi)}{f_2 R_{\text{ш}}}}. \quad (2.17)$$

Довжину шнека в зоні миття $L_{\text{м}}$ (рис. 2.6) розраховують як шлях переміщення коренебульбоплодів за час їх інтенсивної обробки (перетирання і обмивання):

$$L_{\text{м}} = S n t_{\text{м}}. \quad (2.18)$$

Для шнекових мийок рекомендується $t_{\text{м}} = 20\text{--}30 \text{ с}$.

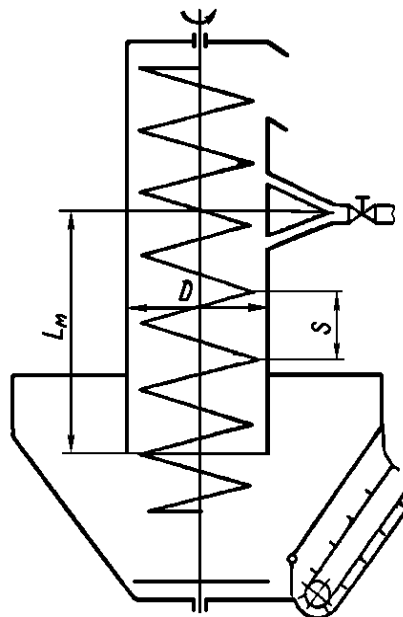


Рис. 2.6. Визначення параметрів шнека

Потужність привода N , Вт, гвинтової мийки визначається за формулою:

$$N = \frac{\mu_1 (N_1 + N_2)}{\eta}, \quad (2.19)$$

де N_1 – потужність, що споживається на подолання тертя продукту по трубці шнека, Вт:

$$N_1 = F_T \mathcal{Q}_0;$$

F_T – сила тертя, Н. Оскільки продукт притискається до труби в результаті відцентрової сили, то сила тертя становить:

$$F_T = f G \omega^2 R_{\text{ш}};$$

$\mathcal{Q}_0$ – осьова швидкість переміщення продукту по трубці, м/с; G – маса продукту, що знаходиться в трубці шнека, кг:

$$G = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} L_{\text{ш}} \gamma k_{\text{ш}};$$

$L_{\text{ш}}$ – загальна довжина шнека, м;

N_2 – потужність, що споживається на піднімання продукту, Вт:

$$N_2 = Q H g;$$

H – висота піднімання продукту, м; μ_1 – коефіцієнт, що враховує взаємне переміщення і перетирання продукту. Для забруднених коренебульбоплодів, що знаходяться у воді, становить 1,5–1,7;

η – ККД трансмісії.

Слід відмітити, що наближений розрахунок потужності привода мийок можна здійснювати, користуючись даними питомої енергомісткості аналогічних машин за рівнянням:

$$N_{\text{пр}} = Q_p q_e, \quad (2.20)$$

де Q_p – розрахункова продуктивність машини, т/год; $N_{\text{пр}}$ – загальна потужність привода, кВт; q_e – питома енергомісткість однотипної машини, кВт год/т.

Аналіз технічних даних ефективності роботи відомих зразків мийок коренебульбоплодів показує, що їх питома енергомісткість знаходиться у межах 0,1–0,5 кВт год/т. Причому дискові мийки – це

найбільш економічні машини, а гвинтові характеризуються порівняно високою енергомісткістю.

За питомими показниками визначаються також і витрати води на миття коренебульбоплодів:

$$Q_v = Q_p q_v, \quad (2.21)$$

де Q_v – подача води, кг/с; q_v – витрати води на миття 1 кг продукту, кг (табл. 2.1).

Подача води Q_v є основним показником для розрахунку діаметра водопроводу і розбризкувачів, методика яких розглядається у курсі „Гідравліка”.

Таблиця 2.1 – Питомі витрати енергії та води на обробку коренебульбоплодів (за техніко-економічними даними виробничих зразків машин)

Мийка	Питома енерго- місткість, кВт·год/т	Питомі витрати води, кг/кг
Лопатева (кулачна)	0,2–0,4	0,1–0,4
Барабанна	0,2–0,4	0,1–0,4
Дискова (відцентрова)	0,1–0,2	0,15–0,3
Гвинтова	0,3–0,5	0,15–0,4

3. ПОДРІБНЕННЯ КОРМІВ

3.1. Основи теорії подрібнення

3.1.1. Суть та зоотехнічні вимоги

Подрібнення – це процес руйнування перероблюваного матеріалу з метою зменшення розміру його часток (кусків) до розмірів, необхідних для ефективного використання продуктів, що при цьому одержують. Таким чином, процес подрібнення має дві суті: *фізичну* – руйнування, як порушення цілісності матеріалу; *технологічну* – одержати при цьому продукт з оптимальним розміром часток.

Оптимальний розмір кормових часток встановлюється науково обґрунтованими зоотехнічними рекомендаціями і залежить від біологічного виду та віку тварин і птиці, а також від виду кормової сировини і характеру використання кормів (згодовування роздільне чи в складі кормових сумішок, в розсипному стані чи у вигляді брикетів або гранул).

Встановлено, що технологічні показники (наприклад, вихід продукції, витрати кормів на одиницю продукції тощо) мають екстремальну залежність від розміру кормових часток (рис. 3.1):

$$\Phi = aM^b e^{cM}, \quad (3.1)$$

де Φ – технологічний показник, що вивчається; M – середній розмір кормових часток (модуль), мм; a , b , c – постійні величини; e – основа натурального логарифму.

При цьому нерівномірне подрібнення кормів приносить технологічні й економічні втрати $\Delta\Phi$, величина яких порційна дисперсії σ^2 фракційного складу продуктів подрібнення:

$$\Delta\Phi = rMe^{cM} \left(1 + \frac{U}{M} + \frac{\Pi}{M^2} \right) \sigma^2, \quad (3.2)$$

де

$$r = \frac{ac^2}{2}; \quad ; \quad U = \frac{2b}{c}; \quad \Pi = \frac{b(b-1)}{c^2}.$$

Надмірне подрібнення супроводжується збільшенням виходу пиловидної фракції при переробці сухих та виділенням соку із соковитих кормів. Це призводить до підвищення втрат продукту, його поживних речовин. Пиловидні частки, крім того, погано змочуються слиною і поїдаються тваринами; вони утворюють грудочки, що важко засвоюються організмом. З цих позицій цілком закономірне зниження технологічної ефективності надмірно подрібнених кормів. Пил шкідливий для людей і тварин, оскільки забиває їх шляхи дихання. Зі зростанням пилоутворення знижується довговічність машин, підвищуються витрати на їх експлуатацію і удосконалення системи пиловловлювання. Нарешті, надмірне подрібнення саме по собі завжди пов'язане з додатковими витратами енергії, праці та засобів.

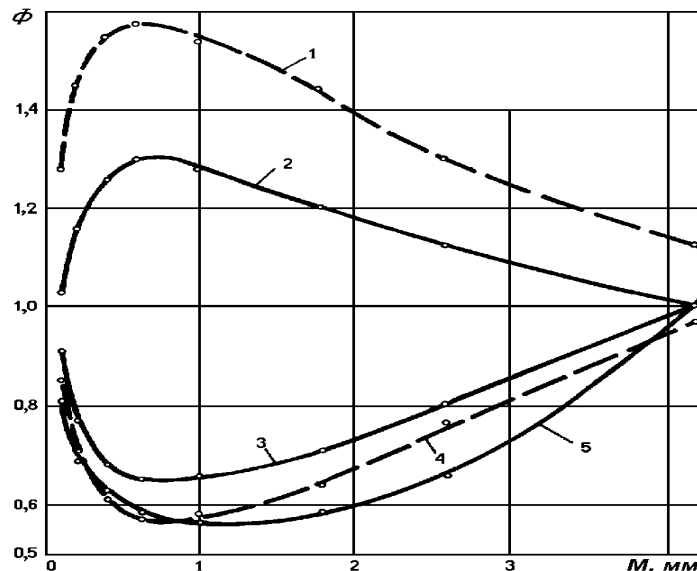


Рис. 3.1. Відносна ефективність використання кормів на прикладі відгодівлі свиней залежно від розміру (M) часток комбікормів (---) та дерті ячменю (-----): 1 і 2 – добовий приріст; 3 і 4 – витрати кормів на одиницю приросту; 5 – тривалість відгодівлі

Нормативними документами передбачені три ступені помелу концентрованих (зернових) кормів: дрібний (середній розмір часток $M = 0,2\text{--}1,0$ мм), середній ($1,0\text{--}1,8$) та крупний ($1,8\text{--}2,6$ мм).

Доведено, що готувати комбікорми для свиней необхідно з інгредієнтів дрібного помелу, а для великої рогатої худоби і птиці –

середнього та крупного. Грубі корми для свиней слід переробляти на частки розміром 1–2 мм, для великої рогатої худоби – на січку довжиною 30–50 мм при роздільному згодовуванні і 10–15 мм у складі кормових сумішок. Коренебульбоплоди перед згодовуванням рекомендується подрібнювати для великої рогатої худоби на стружку товщиною 10–15 мм, а для свиней – на частки розміром 5–10 мм.

Існують ще деякі додаткові технічні умови оцінка якості подрібнення кормів. Зокрема, незалежно від кінцевого розміру часток при подрібненні сухих кормів небажаним є утворення пиловидних фракцій (згідно вимог машиновипробувальних організацій вона не повинна перевищувати 20 %, а в разі переробки соковитих кормів – вихід м'язги та виділення соку. Обмежується також наявність цілих зерен у помелі фуражного зерна. Їх не повинно бути більше 6 зерен (0,3–0,5 %) в 100 г продукту. На комбікормових підприємствах взагалі контроль якості помелу здійснюють тільки за кількістю залишків на решетах класифікатора з розміром отворів 3 і 5 мм, що дозволяє обмежувати лише максимальний розмір часток продукту.

3.1.2. Контроль (оцінка) якості

3.1.2.1. Мета і показники якості продуктів подрібнення

Оцінка якості подрібнення кормів здійснюється з метою:

- обґрунтування оптимальних (раціональних) параметрів робочих органів та режимів роботи машин, що виконують даний технологічний процес (подрібнення кормів);
- розробки рекомендацій щодо постановки машин до серійного виробництва або прийняття рішення про закупівлю техніки закордонного виробництва за результатами державних випробувань відповідних машин та обладнання на машиновипробувальних станціях;
- визначення напрямків ефективного використання подрібнених кормів у тваринництві.

Повна якісна характеристика продуктів подрібнення кормових матеріалів включає такі показники: *фракційний склад*, *середній розмір часток* (модуль **M**), *середньоквадратичне відхилення* (дисперсія σ^2) та *ступінь нерівномірності* (коефіцієнт варіації **v**).

Результати аналізу свідчать, що зниження коефіцієнта варіації фракційного складу при подрібненні кормів на кожні 10 % рівноцінне за технологічною ефективністю економії або додатковому виробництву 1–3 % кормів.

У зв'язку з цим доречно згадати одну загальновідому істину, що для народного господарства добиватися економії сировини і матеріалів за рахунок удосконалення переробних технологій значно вигідніше, ніж додатково виробляти таку ж кількість сировини. Це положення повною мірою можна віднести до кормоприготування і, зокрема, до подрібнення кормової сировини.

Висока якість подрібнення кормів забезпечується комплексом заходів, пов'язаних з удосконаленням машин-подрібнювачів, підвищенням вимог до керування процесом і контролю продуктів подрібнення.

При цьому слід виділити такі основні критерії та вимоги якісного подрібнення кормів:

- середньозважений розмір кормових часток має відповідати науково обґрунтованим зоотехнічним вимогам;
- коефіцієнт варіації фракційного складу продуктів подрібнення не повинен перевищувати 45–65 %. Верхня межа рекомендується для випадків переробки грубих кормів, дрібного та середнього помелів зерна; нижня – крупного помелу концкормів.

3.1.2.2. Вибір маси наважки (проби)

Для отримання достовірних даних при оцінці якості подрібнення кормів важливе значення має вибір наважки (проби). Чим вища потрібна точність оцінки, тим більшою повинна бути і маса проби. У випадку, коли розмір проби дорівнює масі всієї подрібненої сировини, точність визначення якісних показників фракційного складу буде найвищою. Проте надмірне збільшення маси проби недоцільне з

практичного боку, оскільки пов'язане з необхідністю обробки великої кількості продуктів подрібнення, що супроводжується зростанням витрат праці, енергії тощо.

Аналіз стандартів на методи випробувань різних машин, рекомендованих для цього методик та результатів проведених досліджень подрібнення кормів свідчать, що розмір наважки коливається в широких межах (100–1000 г.)

Відповідно до методичних рекомендацій державних стандартів ряду країн (Україна, Росія, Німеччина, Чехія) для визначення гранулометричного складу сипких кормових сумішок розмір наважки вибирається рівним 100 г.

Відібрана наважка повинна бути розділена на фракції. Існують різні методи розділення подрібненого матеріалу за фракційним складом: ситовий (решітний), мікроскопічний, в потоці повітря, вздовж трієра, фотографування, вручну.

При ручному розділенні проби фракції продуктів подрібнення лаборанти вимірюють за допомогою відповідного вимірювального інструменту (лінійки, штангенциркуль, мікромір тощо). Проте цей метод трудомісткий і не забезпечує високої точності оцінки.

Для оцінки розмірних характеристик фракційного складу продуктів подрібнення фуражного зерна та інших сухих сипких матеріалів найбільшого розповсюдження набув метод просіювання проб на решітному класифікаторі (рис. 3.2.).

Модуль помелу (M) визначаємо за рівнянням:

$$M = \frac{0,1P_0 + 0,6P_{0,2} + 1,5P_1 + 2,5P_2 + 3,5P_3}{N}, \quad (3.3)$$

де P_0 – маса (г) залишку на дні коробки, г; $P_{0,1}$; P_1 ; P_2 ; P_3 – маса (г) фракцій на решетах з отворами відповідно 0,2; 1; 2, 3 мм; 0,1; 0,6; 1,5; 2,5; 3,5 – коефіцієнти, які характеризують середній розмір часток кожного залишку, мм. Визначаються як середня величина розміру отворів решіт над і під відповідною фракцією; N – загальна маса наважки, г.

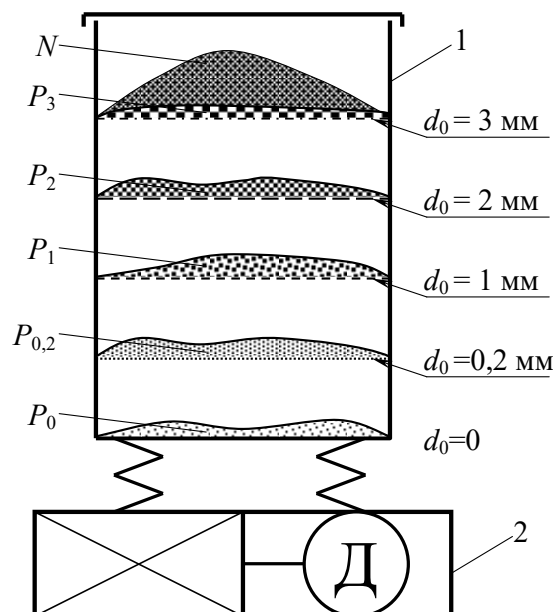


Рис. 3.2. Схема решітного класифікатора: 1 – набір решіт, мм; 2 – вібраційний пристрій; N – загальна маса наважки, г; P_0 ; $P_{0,2}$; P_1 ; P_2 ; P_3 – маса фракцій (г) на решеті з відповідним розміром отворів (d_0), г

3.1.2.3. Розрахунок показників якості

Коефіцієнт варіації (ν) фракційного складу продуктів подрібнення становить:

$$\nu = \frac{\sigma}{M} 100, \quad (3.4)$$

де σ – середнє квадратичне відхилення, мм:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (l_i - M)^2 P_i}{N(n-1)}}, \quad (3.5)$$

l_i – середній розмір часток кожного залишку. Для приведених вище фракцій відповідно 0,1; 0,6; 1,5; 2,5; 3,5 мм; n – кількість фракцій (залишків).

3.1.3. Ступінь подрібнення. Утворення нових поверхонь при подрібненні

У процесі подрібнення відбувається зменшення розміру часток перероблюваного матеріалу. Показник кратності зменшення їх крупності – це *ступінь подрібнення* λ матеріалу. Він визначається як

відношення середніх розмірів часток вихідної сировини D і кінцевого продукту d :

$$\lambda = \frac{D}{d}. \quad (3.6)$$

В міру зменшення крупності часток матеріалу при його подрібненні збільшується кількість новоутворених часток, розширюється відкрита поверхня матеріалу.

Якщо площа поверхні до подрібнення S_n становила:

$$S_n = 6D^2, \quad (3.7)$$

тоді з рис. 3.3 неважко пересвідчитись, що після скорочення крупності часток до розміру:

$$d = \frac{D}{\lambda}, \quad (3.8)$$

їх кількість z збільшиться до

$$z = \lambda^3, \quad (3.9)$$

а площа поверхні матеріалу:

$$S_k = 6d^2 \lambda^3. \quad (3.10)$$

Тобто площа поверхні матеріалу у процесі його подрібнення зростає у тій мірі, в якій відбувається зменшення крупності його часток. Отже, *ступінь подрібнення* – це також і показник прирощення (розширення) площі поверхні матеріалу:

$$\lambda = \frac{S_k}{S_n}. \quad (3.11)$$

Звідси ще одне визначення: *подрібнення* – це процес утворення нових поверхонь або збільшення площі поверхні перероблюваного матеріалу.

Прирощення поверхні при подрібненні одного куска матеріалу:

$$\Delta S_1 = S_k - S_n \quad (3.12)$$

або з урахуванням (3.7) – (3.10)

$$\Delta S_1 = 6D^2(\lambda - 1). \quad (3.13)$$

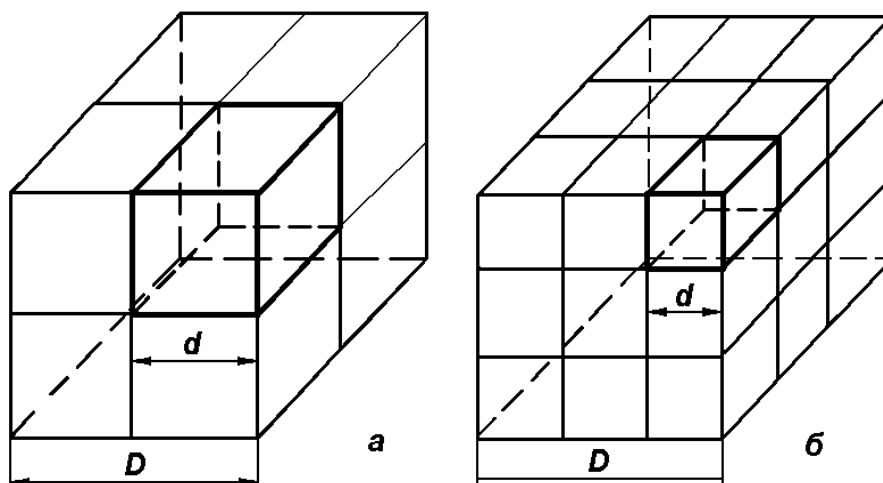


Рис. 3.3. Схема до скорочення крупності часток і утворення нових поверхонь у процесі подрібнення матеріалу: $a - \lambda = 2$; $b - \lambda = 3$

У разі подрібнення G кг матеріалу, густина якого γ (кг/м³) при середньому розмірі вихідних часток $D_{\text{сер.}}$, кількість $z_{\text{ч}}$ останніх:

$$z_{\text{ч}} = \frac{G}{\gamma D_{\text{сер.}}^3}. \quad (3.14)$$

Тоді загальне прирощення поверхні матеріалу у результаті подрібнення:

$$\Delta S = 6D_{\text{сер.}}^2 z_{\text{ч}} (\lambda - 1) = \frac{6G}{\gamma D_{\text{сер.}}} (\lambda - 1). \quad (3.15)$$

Підвищення економічної ефективності використання кормів за рахунок їх подрібнення обумовлюється зростанням площі поверхні кормових часток. Поживні речовини засвоюються організмом тварини лише в розчиненому стані. А інтенсивність і повнота розчинення залежить від площі контакту шлункових соків з кормовими частками.

Для розрахунків ступеня подрібнення матеріалу і площ поверхні сировини, кінцевого та новоутвореного продукту за формулами (3.6); (3.7); (3.10) і (3.13) необхідно знати лінійні розміри часток до і після подрібнення. Незалежно від дійсної форми за лінійний розмір часток приймається їх середньозважений розмір (модуль), що визначається рівнянням (3.3).

3.1.4. Аналіз способів подрібнення

Відомі різні способи силового впливу на матеріал, що переробляється. Найпоширеніші механічні способи подрібнення, які відзначаються простотою, надійністю і високою продуктивністю обладнання. В окремих випадках застосовують подрібнення, яке ґрунтується на електророзрядній (електровибуховій, електрогідравлічній), ультра-звуковій, кавітаційній (утворення порожнин всередині рідини під час руху відносно інших тіл), декомпресійній дії на матеріал, шляхом швидкої зміни високих та низьких температур і навіть світловими променями від квантового генератора. Так, ультразвуком і світловими променями можна обробляти матеріали, які дуже важко піддаються звичайним механічним заходам. Проте ці та деякі інші механічні способи у більшості випадків пов'язані з необхідністю використання відносно складного обладнання і є низькопродуктивними та енергомісткими.

У разі механічної силової дії характер напружень, що виникають у перероблюваному матеріалі, обумовлюється видом та інтенсивністю навантажень, які спрямовані на матеріал і спричиняють в ньому ці напруження. І ті й інші визначаються формою та розмірами, положенням і швидкістю переміщення відносно перероблюваного матеріалу тих тіл, які передають навантаження на цей матеріал. У практиці такі тіла називаються інструментом, робочим або виконавчим органом; стосовно подрібнення – це робочі органи.

За особливостями взаємодії між робочими органами і перероблюваним матеріалом слід виділити такі *основні способи подрібнення*: роздавлювання, перетирання, розбивання і різання. Загальна суть їх не залежить від характеристик матеріалу, що переробляється. Проте реакція останнього на силові дії при цьому може бути різною. Проаналізуємо основні закономірності кожного із відзначених способів і виділимо найраціональніші можливості їх використання.

Роздавлювання (рис. 3.4, а). Під дією нормальних статичних зусиль N матеріал піддається двобічному стисканню. У ньому виникають внутрішні напруження стискання (у напрямку дії зусиль) та

розтягування (у напрямках, перпендикулярних до перших). Якщо внутрішні напруження перевищують межу міцності матеріалу, він деформується у всьому об'ємі і руйнується. Крихкі матеріали при цьому розсипаються (кришаться) на окремі частки, а в'язкопластичні сплющуються, ніби розтікаються в боки.

Перетирання (рис. 3.4, б). У цьому випадку під дією відносно незначних нормальних зусиль N перероблюваний матеріал притискається до робочої поверхні або затискується між двома поверхнями, а потім дотичні зусилля T руйнують його, зміщуючи одні частинки матеріалу відносно інших. У разі перетирання матеріал у більшості випадків також піддається об'ємному деформуванню.

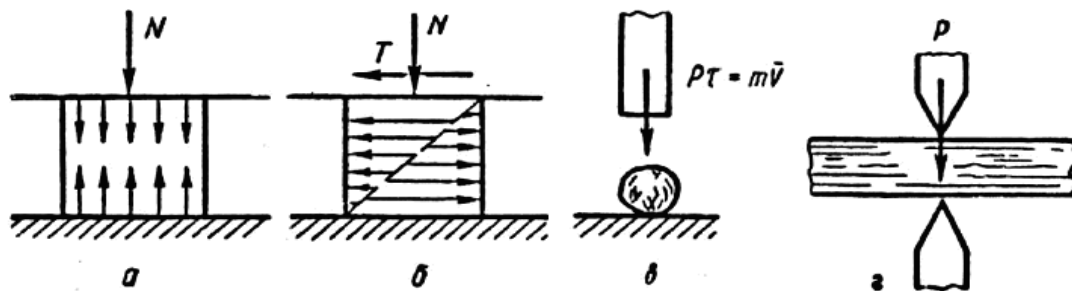


Рис. 3.4. Основні способи подрібнення:

a – роздавлювання; $б$ – перетирання; $в$ – розбивання; $г$ – різання

Розбивання (рис. 3.4, в). Руйнування матеріалу відбувається в результаті динамічного навантаження протягом дуже короткого відрізка часу. Розрізняють зосереджений удар, коли зусилля діє на обмежену ділянку поверхні перероблюваного матеріалу (розміри ударника помітно менші за розміри куса, що руйнується), та розподілений, якщо матеріал піддається деформуванню повністю або ж у великому об'ємі. У першому випадку руйнування матеріалу настає в місцях або площинах локалізації навантаження і концентрації напружень в результаті розколювання, розривання на частинки. При розподіленому ударі явища нагадують процес роздавлювання, але прискорений у багато разів.

При **різанні** (рис. 3.4, г) перероблюваний матеріал піддається локальному деформуванню в результаті зусиль, що передаються

кромкою (вершина двогранного кута) ножа. Завдяки цій особливості різання є найекономічнішим за витратами енергії спосіб подрібнення, особливо в разі переробки матеріалів, що відзначаються пружністю та еластичністю.

Інші можливі способи подрібнення за принципом механічної силової дії на перероблюваний матеріал можуть являти собою різновид одного з чотирьох основних способів або який-небудь їх комбінований варіант. Наприклад, розколювання дією клину – це різновид різання, а розколювання шляхом стискування – роздавлювання; розламування – це роздавлювання на не суцільній (двоопорній) основі; розпилювання – різання з перетиранням.

Таким чином, незалежно від способу силової дії безпосереднє руйнування настає від розтягуючих та дотичних напружень у тому випадку, якщо вони перевищують місцеву міцність матеріалу. При цьому дотичні напруження порушують внутрішні зв'язки речовини шляхом зсуву, а розтягуючі ведуть до розривання зв'язків. Деякі вчені зсув також розглядають як особливий випадок непрямого розтягування.

Проте в жодному з розглянутих вище способів подрібнення не здійснюється безпосереднє розтягування перероблюваного матеріалу. В практиці подрібнення розривні напруження в матеріалі звичайно виникають більш складним шляхом від нормальних (стискування) та дотичних зусиль. І цілком закономірно, що чим складніший механізм перетворення прикладених зусиль в елементарні руйнівні напруження в перероблюваному матеріалі, тим нижче енергетичний коефіцієнт корисної дії прийнятого способу подрібнення.

Із опору матеріалів відомо, що міцність їх залежить не тільки від величини, але й від характеру напруженого стану. Наприклад, багато твердих ізотропних тіл витримують без руйнування дію навіть дуже високого однакового всебічного навантаження, якщо воно спрямоване на ущільнення матеріалу. Проте ті ж тіла часто руйнуються при значно менших напруженнях розтягування або зсуву. Звідси виходить, що для різних матеріалів не в однаковій мірі підходить, а іноді і не підходить той чи інший спосіб подрібнення.

Крім того, різні способи силової дії (подрібнення) стосовно до одного й того ж матеріалу забезпечують неоднакові характерні форми часток і фракційний склад продукту. Так, дуже тонке подрібнення (до пиловидного стану) простіше здійснювати шляхом розтирання, дещо складніше – в результаті розбивання з підпорою чи роздавлюванням. Різання та вільні удари забезпечують відносно крупне подрібнення з малим утворенням пиловидної фракції. Причому подрібнення високошвидкісними ударами дозволяє одержувати рівномірні-ший фракційний склад продукту, ніж за допомогою ударів, що наносяться з низькою швидкістю або в результаті статичного руйнування.

3.1.5. Затрати енергії

Енергомісткість процесу подрібнення залежить від багатьох факторів: фізико-механічних властивостей (міцність, крихкість, однорідність і вологість перероблюваного матеріалу, розмір та форма кусків); способів подрібнення; стану робочих органів машини тощо.

Тому аналітичним шляхом встановити залежність між витратами енергії на подрібнення, фізико-механічними властивостями перероблюваного матеріалу та результатами процесу можна лише у загальному вигляді. Дослідженнями в цьому напрямку почали займатися давно.

У 1867 р. Німецький вчений П. Ріттінгер висунув гіпотезу, згідно з якою робота A , що витрачається на подрібнення матеріалу, пропорційна величині новоутвореної поверхнею ΔS :

$$A = f_S \Delta S, \quad (3.16)$$

де f_S – коефіцієнт пропорційності.

Пізніше ця гіпотеза була названа першим законом подрібнення або законом поверхонь. З урахуванням залежності (3.15) рівняння Ріттінгера має вигляд:

$$A_3 = \frac{f_1 G}{\gamma D_{\text{сер}}} (\lambda - 1), \quad (3.17)$$

при

$$f_1 = 6 f_S.$$

Отже, згідно із законом Ріттінгера робота, яку потрібно затратити на подрібнення, обумовлюється визначеними вихідними параметрами (кількість перероблюваного матеріалу G , його властивостями γ та $D_{\text{сер.}}$, результатом процесу λ). Значно складніше визначити коефіцієнт пропорційності f_1 між зазначеною роботою і новоутвореною поверхнею ΔS .

Крім того, з попереднього аналізу видно, що залежно від вибору способу подрібнення в більшій чи меншій мірі матимуть місце об'ємно-просторові супутні явища (наприклад, деформація матеріалу без утворення нових поверхонь, нагрівання і переміщення). Закон Ріттінгера не враховує енергозатрати, пов'язані з такими явищами. Вказане безумовно знижує практичне значення формули (3.17).

На основі закону подібності (робота, необхідна для зміни форми подібних і однорідних тіл, пропорційна об'ємам або масам цих тіл)

$$\frac{A_1}{A_2} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{G_1}{G_2}$$

у 1874 р. російський професор В.Л. Кірпічов запропонував залежність:

$$A = f_V V . \quad (3.18)$$

У цих рівняннях: V_1 і V_2 об'єми тіл; G_1 і G_2 - маси тіл; f_V – коефіцієнт пропорційності; V – об'єм тіла, що деформується.

До такого ж висновку у 1885 р. прийшов і німецький вчений Ф. Кік, виходячи з теорії пружності, за якою

$$A_{\text{д}} = \frac{\sigma^2}{2E} V ,$$

де σ – напруженість матеріалу, що виникає при його деформації; E – модуль пружності.

Залежність (3.18) названа другим законом подрібнення або законом об'ємів (закон Кірпічова-Кіка).

Згідно з цим законом, для подрібнення одного куска необхідно затратити роботу:

$$A = f_V D^3 . \quad (3.19)$$

Враховуючи кількість часток при переробленні G кг матеріалу за рівнянням (3.14), загальна робота подрібнення:

$$A_3 = \frac{f_V G}{\gamma} . \quad (3.20)$$

Подальший аналіз виявив, що закон Ріттинґера не враховує затрати енергії на об'ємно-просторові явища у матеріалі та з матеріалом (зокрема пружні деформації). Він більше відповідає процесам подрібнення, при яких переважає інтенсивне утворення нових поверхонь. Закон же Кірпічова-Кіка визначає роботу пружних деформацій незалежно від обсягу новоутвореної поверхні.

Таким чином, розглянуті закони ніби доповнюють один одного. Саме з цих міркувань у 1940 р. російський вчений П.А. Ребіндер запропонував комбіновану формулу роботи подрібнення:

$$A = kV_D + \alpha \Delta S \quad (3.21)$$

або

$$A = A_V + A_S , \quad (3.21, a)$$

де k , α – коефіцієнти пропорційності; V_D – деформований об'єм тіла; A_V – робота, що витрачається на об'ємно-просторові деформування матеріалу; A_S – утворення нових поверхонь.

Тобто, робота при подрібненні затрачається на деформації у перероблюваному матеріалі і на утворення нових його поверхонь.

Такий же підхід – об'єднання двох законів (поверхонь та об'ємів) – застосував німецький вчений Ф.Бонд. Згідно з його гіпотезою, сформульованою у 1951 р. і названою ним третім законом, робота подрібнення матеріалу залежить від початкової $D_{\text{сер.}}$ та кінцевої $d_{\text{сер.}}$ крупності і дорівнює:

$$A = f_B G \left(\frac{1}{\sqrt{d_{\text{сер.}}}} - \frac{1}{\sqrt{D_{\text{сер.}}}} \right) , \quad (3.22)$$

де f_B – коефіцієнт пропорційності.

Слід відзначити, що розглянуті вирази роботи дозволяють здійснювати якісні дослідження і порівняльні розрахунки з метою виявлення відносних енергозатрат на подрібнення. Проте ці формули

не набули поширення при кількісних розрахунках через відсутність надійних методик визначення коефіцієнтів пропорційності.

Виходячи з формули Ребіндера (третій закон подрібнення), С.В.Мельников (1952 р.) запропонував емпіричне рівняння для визначення роботи на подрібнення при таких допущеннях.

1. Розширення зачаткових і утворення нових мікротріщин у межах пружних деформацій аж до початку текучості матеріалу не береться до уваги, а приймається, що вся робота при цьому витрачається тільки на деформацію. Згідно закону Кірпічова-Кіка ця робота пропорційна деформованому об'єму:

$$A_V = C_V \lg \lambda^3, \quad (3.23)$$

де C_V – постійний коефіцієнт, що має розмірність питомої роботи, кДж/кг, пружних деформацій при вибраному методі механічного навантаження.

2. В інтервалі від межі текучості до руйнування матеріалу робота подрібнення затрачається на утворення нових поверхонь (у тому числі і в процесі розвитку пластичних деформацій). За законом Ріттінгера цю частину роботи можна виразити:

$$A_S = C_S (\lambda - 1), \quad (3.24)$$

де C_S – постійний коефіцієнт, що має розмірність і фізичну суть питомої роботи, кДж/кг, утворення нових поверхонь при подрібненні 1 кг матеріалу.

Тоді основний закон подрібнення має вигляд:

$$A_T = C_V \lg \lambda^3 + C_S (\lambda - 1); \quad (3.25)$$

$$A_{\text{под}} = C_{\text{пр}} (C_V \lg \lambda^3 + C_S (\lambda - 1)), \quad (3.26)$$

де A_T – теоретична величина роботи, що затрачається при подрібненні матеріалу, кДж/кг; $A_{\text{под}}$ – повні (розрахункові) затрати роботи на подрібнення, кДж/кг; $C_{\text{пр}}$ – дослідний коефіцієнт, що враховує вплив способу подрібнення, конструктивні особливості машини, змінні характеристики матеріалу (вологість, в'язкість тощо).

У статистичному плані коефіцієнт $C_{\text{пр}}$ відображає відношення фактичного обсягу роботи, що має місце в дослідах або в умовах виробничої експлуатації подрібнювачів, до теоретичного значення за формулою (3.25).

Формулу (3.26) можна спростити до такого виду:

$$A_{\text{под}} = C_1 \lg \lambda^3 + C_2 (\lambda - 1), \quad (3.27)$$

що дасть можливість визначити коефіцієнти C_1 та C_2 за результатами виробничих випробувань подрібнювачів будь-яких типів і користуватись величиною $A_{\text{под}}$ як критерієм енергомісткості при порівняльній оцінці машин, їх конструктивних параметрів або режимів роботи.

Таблиця 3.1 – **Характеристика фуражного зерна** (за даними С.В.Мельникова)

Культура	Густина γ , кг/м ³	Еквівалентний діаметр D_e , мм	Коефіцієнти		
			$C_{\text{пр}}$	C_V , кДж/кг	C_S , кДж/кг
Ячмінь	1300	4,2	$1,2 \pm 0,3$	8,5	7,5
Овес(без плівок)	1350	3,7	$5,0 \pm 1,5$	2,34	1,96
Жито	1280	3,3	$1,45 \pm 0,35$	8,4	6,4
Пшениця	1360	3,8	—	4,6	8,15
Горох	1360	6,3	—	10,7	3,65

Таблиця 3.2 – **Значення коефіцієнтів C_V і C_S для стеблових кормів при їх статичному різанні, кДж/кг** (за даними С.В.Мельникова)

Матеріал		C_V	C_S
Сіно:	люцерни	0,23	2,3
	конюшини	0,11	1,1
	різнотрав'я	0,24	2,4
Солома:	ячменю	0,12	1,3
	жита	0,12	1,2
Трава свіжоскошена:	люцерни	0,20	2,0
	конюшини	0,10	1,1
	різнотрав'я	0,19	1,9

Формула (3.27) є більш універсальною, дозволяє з позицій теорії оцінювати ефективність способів (роздавлювання, розтирання, розбивання, різання) і варіантів (одно-, двостадійне) подрібнення будь-яких матеріалів.

Дослідні значення коефіцієнтів для фуражного зерна подано у табл. 3.1, а для стеблових кормів – у табл. 3.2 і 3.3.

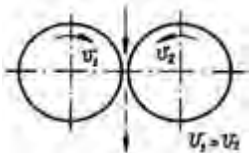
Таблиця 3.3 – Значення коефіцієнтів для стеблових кормів C_1 та C_2 , кДж/кг (за експериментальними даними І.І. Ревенка)

Перероблюваний матеріал	Подрібнення різанням		Подрібнення у молотковому апараті	
	C_1	C_2	C_1	C_2
Сіно конюшини	0,16	0,99	4,8–7,4	0,73–0,85
Сіно люпинове	0,12	0,97	6,8–10,9	0,56–0,7

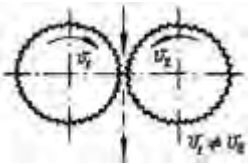
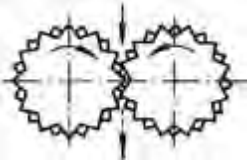
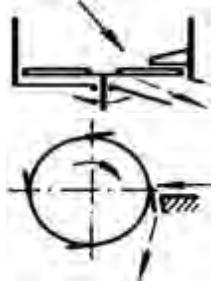
3.1.6. Типи і загальна оцінка подрібнювачів

Для переробки кормової сировини застосовують різні варіанти подрібнювачів. Вони відрізняються (табл. 3.4) між собою можливостями використання, конструктивно-технологічними ознаками, техніко-економічними показниками тощо.

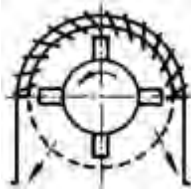
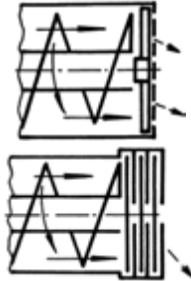
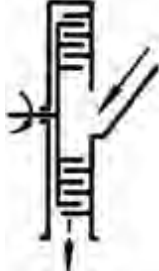
Таблиця 3.4 – Основні типи і загальна оцінка машин для подрібнення кормової сировини

Тип машини	Конструктивно технологічні ознаки і схеми	Позитивні ознаки	Недоліки	Напрямки використання
1	2	3	4	5
Плющилки	Роздавлювання матеріалу між двома поверхнями 	Простота конструкції і обслуговування, надійність в експлуатації	Обмежена область використання. Погано переробляє сухе зерно	Для одержання пластівців із зволоженого зерна. При плющенні трави з метою прискорення сушіння

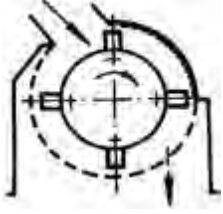
Продовження таблиці 3.4

1	2	3	4	5
Вальцеві дробарки	Розрізання рифленими поверхнями, сколювання та роздавлювання 	Забезпечує високу рівномірність продуктів подрібнення з незначним виходом пиловидної фракції	Обмежена область використання. Недовговічність робочих поверхонь, складність відновлення їх робото-здатності	Для переробки сухого зерна та подрібнення гранул на крупку
Зубчасті дробарки	Роздавлювання та розламування 		Вузька спеціалізація. Не забезпечує кінцевої крупності продукту	Для попереднього подрібнення крупно кускових кормів (наприклад, макуха, качани кукурудзи, мінеральна сировина)
Жорнові млини	Роздавлювання і перетирання 	Відносно тихохідні, що дає можливість вітрового чи водяного приводу	Складність конструкції і обслуговування. Нерівномірний продукт з високим виходом пиловидної фракції. Висока енергомісткість. Вузька спеціалізація	Для переробки сухого зерна
Ножові подрібнювачі	Розділення сировини на частки різанням 	Простота конструкції, низька енергомісткість, рівномірне подрібнення	Низька надійність і довговічність робочих органів, складність обслуговування. Не забезпечують тонкого подрібнення	Соломосилосорізки, подрібнювачі коренебульбоплодів

Продовження таблиці 3.4

1	2	3	4	5
Ножові млини	Різання, розбивання і перетирання 	Забезпечують високий ступінь подрібнення сухих кормів	Скляність конструкції і обслуговування, низька надійність і довговічність. Обмежене використання	Для переробки концентрованих та грубих кормів
Пасто- при- готувачі	Різання за прин- ципом пуансона, роздавлювання, перетирання 	Забезпечують високий ступінь подрібнення соковитих кормів	Висока енерго- місткість, низька якість подрібнення. Низька надійність і довговічність робочих органів, складність обслугову- вання.	Для переробки соковитих кормів
Дезінте- ратори і дисмем- братори	Розбивання та перетирання 	Простота конструкції. Високий ступінь подрібнення	Низька експлу- атаційна надійність, складність обслуговування. Нерівномірне подрібнення з підвищеним пилоутворен- ням, висока енергомісткість	Для подрібнення сухих кормів і мінеральних добавок
Роторні дробарки	Розбивання та перетирання 	Простота конструкції і обслуговування	Нерівномірне подрібнення з підвищеним пилоутво- ренням, висока енергомісткість	Для подрібнення сухих кормів і мінеральних добавок

Продовження таблиці 3.4

1	2	3	4	5
Дискові відцентрові дробарки	Розбивання 	Простота конструкції і обслуговування, висока експлуатаційна надійність, низька металоємкість	Обмежена область використання, складність керування якістю подрібнення	Для переробки сухих крихких матеріалів (зерно, мінеральні добавки)
Молоткові дробарки	Розбивання з перетиранням і сколюванням 	Простота конструкції і обслуговування, висока експлуатаційна надійність, низька металоємкість. Широка універсальність	Нерівномірне подрібнення з підвищеним пилоутворенням при переробці сухих і мезги – соковитих кормів, підвищена енергоємкість	Універсальні

При порівнянні і оцінці технічних засобів подрібнення кормів важливе значення має їхня техніко-економічна характеристика, у якій найбільш інформативними і об'єктивними є енергетичні показники. Найчастіше при цьому користуються показником питомої енергоємності (відношення споживаної потужності до продуктивності). Проте такий показник не враховує якісної оцінки продуктів подрібнення.

С.В.Мельников запропонував оцінювати енергоємність процесу E_n , кДж/кг, залежно від досягнутого ступеня подрібнення λ матеріалу:

$$E_n = \frac{N_{\text{под}}}{Q\lambda}, \quad (3.28)$$

де $N_{\text{под}}$ – потужність, що споживається на подрібнення, кВт; Q – продуктивність, кг/с.

Але й така енергетична оцінка дається без урахування рівномірності фракційного складу продуктів подрібнення і, отже, не повністю задовольняє умові досягнення максимальної технологічної ефективності використання кормів.

Виходячи з останньої умови при комплексній оцінці та порівнянні варіантів, енергомісткість процесу і засобів подрібнення пропонуємо визначати з урахуванням рівномірності фракційного складу кінцевого продукту так:

– у загальному випадку

$$E_k = \frac{N_{\text{под}}}{Q\lambda \left(1 - \frac{\nu}{100}\right)}; \quad (3.29)$$

– при однаковій крупності продукту і нормованому значенні коефіцієнта варіації його фракційного складу:

$$E_p = \frac{N_{\text{под}} \nu}{Q\lambda \nu_n}, \quad (3.29, a)$$

де E_k – енергомісткість процесу з урахуванням досягнутих ступеня подрібнення матеріалу і рівномірності продукту, кДж/кг; E_p – енергомісткість процесу з урахуванням відповідності рівномірності продуктів подрібнення нормативним вимогам, кДж/кг; ν і ν_n – фактичне і нормативне значення коефіцієнтів варіації фракційного складу подрібнених кормів, %.

3.2. Теорія різання

3.2.1. Способи різання

За загальними закономірностями різання – це один із способів подрібнення матеріалів. Разом з тим різання має і свої особливості. Зважаючи на це, деякі питання теорії різання доцільно розглянути окремо.

За особливостями взаємодії між робочим органом і перероблюваним матеріалом виділяють *три способи різання* (рис. 3.5): пуансоном, клином (різцем) та лезом.

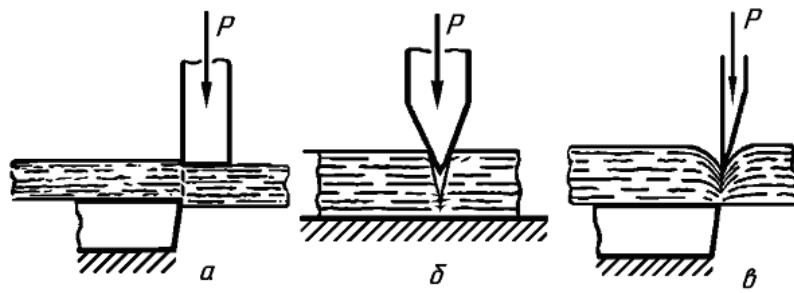


Рис. 3.5. Способи різання: *а* – пуансоном; *б* – клином (різцем); *в* – лезом

У результаті дії *пуансона* на матеріал передаються дотичні зусилля, що концентруються у напрямку окремих площин – площин зсуву. Руйнування відбувається шляхом зміщення одних часток матеріалу відносно інших. *Клин*, що проникає в перероблюваний матеріал, діє на нього своїми гранями. Руйнування при цьому здійснюється в результаті розривних зусиль, які виникають і поширюються у матеріалі попереду кромки клина. *Лезо* ж діє на матеріал саме своєю кромкою (вершина двогранного кута), що спричиняє виникнення в матеріалі стискувальних (від нормальних зусиль) та дотичних (у разі наявності і таких зусиль) напружень. Ці напруження і призводять до деформування та розділення матеріалу на частки.

Не завжди взаємодію між робочими органами і перероблюваним матеріалом при різанні можна характеризувати одним способом. Наприклад, при різанні лезом, яке має відповідну товщину, відносно великого (товстого) шматка фаски, тобто заточені бокові грані робочого органу, що проникають за лезом в утворену ним прорізь в перероблюваному матеріалі, можуть додатково діяти як грані клина. Ступінь цього впливу залежить від кута загострення робочого органу та коефіцієнта тертя його на поверхні зрізу перероблюваного матеріалу.

У разі ж різання клином на початковому етапі матеріал може розділятися дією різальної кромки робочого органу і, таким чином, відповідати терміну різання лезом. І лише після деякого входження робочого органу в матеріал зусилля на нього почнуть передаватися гранями клина. Проте загальні закономірності різання в першому

прикладі визначатимуться не дією бокових граней, а саме лезом; у другому випадку – не самою кромкою, а боковими гранями клина.

На відміну від інших способів подрібнення (роздавлювання, перетирання, розбивання) різання – це процес, яким найкраще керувати. У цьому випадку точнішим терміном є не руйнування матеріалу, яке переважно відбувається за випадковими напрямками, а розділення його на частини. Останнє здійснюється у площинах концентрованого прикладання зусиль і обумовлюється в першу чергу геометрією робочих органів та напрямком їх переміщення по відношенню до перероблюваного матеріалу. Залежно від цього форму та розміри часток, що одержуються при різанні, можна навіть задавати заздалегідь.

Процес різання має ще одну особливість – перероблюваний матеріал піддається тільки локальній деформації, яка виникає в зоні все тих же площин концентрованого докладання зусиль. У цих відношеннях, тобто щодо можливості керувати процесом та локалізації деформування, до різання наближається хіба що зосереджений цілеспрямований удар.

Проте і серед способів різання найменшим обсягом деформування перероблюваного матеріалу відзначається різання лезом. Пуансон же своєю лобовою поверхнею діє дещо подібно до роздавлювання, що значно збільшує долю деформованого матеріалу.

Таким чином, силові дії робочих органів через різальну кромку, тобто лінійним навантаженням, відзначаються максимальними концентрацією і локалізацією напружень у перероблюваному матеріалі, спричиняють у ньому деформацію в меншому об'ємі порівняно з передачею зусиль через робочі поверхні (лобова, бокова, грані). Оскільки будь-яка деформація матеріалу пов'язана з подоланням його внутрішнього опору і супроводжується відповідними енергозатратами, то різання лезом – це найменш енергомісткий процес подрібнення.

3.2.2. Визначення основних кутів та умови защемлення матеріалу при різанні

Робочі органи різального апарата (рис. 3.6) – це ніж та протирізальний елемент (пластина). Передня (з боку перероблюваного матеріалу) грань робочого органу та його фаска утворюють кут заточування (загострення) α , а вершина цього двогранного кута на ножі являє собою лезо або *робочу кромку ножа*.

Від величини цього кута (гостроти робочих органів) у значній мірі залежить енергомісткість процесу і довговічність робочих органів. Причому на ці показники гострота робочих органів має протилежний вплив. Так, зусилля різання знаходиться в прямій залежності від кута заточування, а роботоздатність (довговічність) ножа, протирізального елемента – в протилежній.

Для усунення тертя шару перероблюваного матеріалу в процесі різання, що зростатиме в міру збільшення товщини шару та швидкості його подачі, передню грань від кромки ножа дещо відхиляють у протилежний бік від подачі сировини. Таким чином, між передньою гранню ножа та площиною зрізання матеріалу (площина, паралельна напрямку руху ножа і проходить через його лезо – рис. 3.6) утворюється кут встановлення γ або *передній кут*.

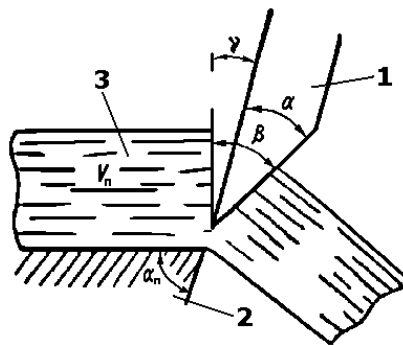


Рис. 3.6. Схема до визначення кутів α , γ та β :

1 – ніж, 2 – протирізальний елемент, 3 – перероблюваний матеріал

Величина його визначається співвідношенням швидкостей подачі перероблюваного матеріалу v_n та переміщення ножа v_p . Щоб повністю

усунути тертя перероблюваного матеріалу по передній грані, необхідно дотримуватися умови (рис. 3.7):

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{v_{\Pi}}{v_p} . \quad (3.30)$$

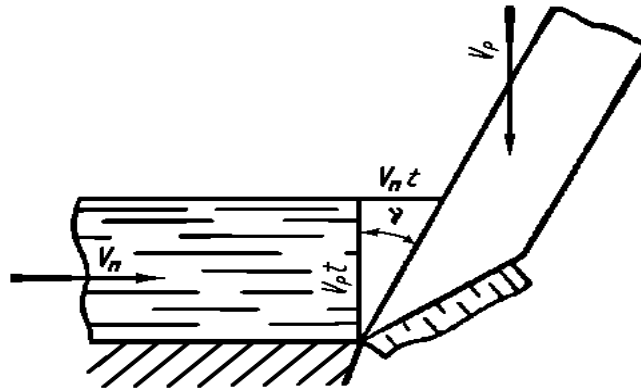


Рис. 3.7. До розрахунку кута γ

Кути заточування та встановлення ножа в сумі створюють кут різання β (див. рис. 3.6.):

$$\beta = \alpha + \gamma . \quad (3.31)$$

Саме кут β становить робочу гостроту ножа як клина, що деформує і розділяє матеріал на частки. Отже, від величини цього кута і залежать опір матеріалу проникненню в нього вказаного клина, а також зусилля різання.

Це ми розглянули кути, розміщені у поздовжній площині різального апарата. У площині ж зрізу, тобто перпендикулярній до першої, необхідно охарактеризувати кути защемлення χ та ковзання τ (рис. 3.8).

Кут защемлення χ – це кут між лезом ножа та протирізальною пластиною. Щоб відбулося перерізання перероблюваного матеріалу, його потрібно зафіксувати (защемити, затиснути) між ножем та протирізальною пластиною. Розглянемо, за яких умов здійснюється защемлення матеріалу в різальному апараті.

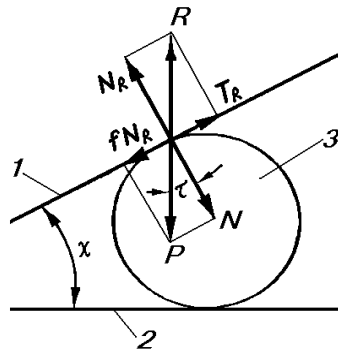


Рис. 3.8. Схема кутів χ і τ : 1 – лезо ножа; 2 – протирізальна пластина; 3 - перероблюваний матеріал

При дії ножа на перероблюваний матеріал із зусиллям P виникає реакція матеріалу R (рис. 3.9). Розкладемо цю реакцію в координатах вздовж леза ножа та по нормалі до нього. Одержимо дотичну T_R і нормальну N_R сили. Перша з них намагається вивести матеріал з-під ножа, а друга спричиняє виникнення тертя між матеріалом та лезом і цим протидіє виводу. Тепер очевидно, що умовою защемлення (затискання) матеріалу буде:

$$f N_R \geq T_R. \quad (3.32)$$

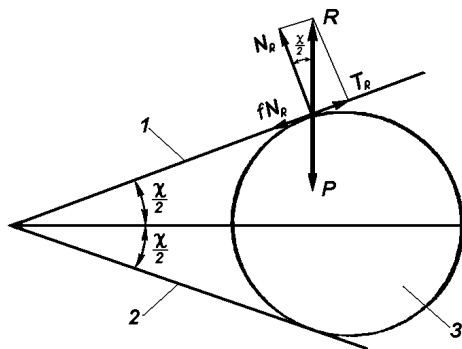


**Рис. 3.9. Визначення умови защемлення матеріалу:
1 – ніж; 2 – протирізальний елемент; 3 – перероблюваний матеріал**

Проте

$$N_R = R \cos \frac{\chi}{2}, \quad T_R = R \sin \frac{\chi}{2}.$$

Тоді

$$f \geq \operatorname{tg} \frac{\chi}{2}. \quad (3.33)$$

Оскільки коефіцієнт тертя f – це тангенс кута тертя φ , то умовою защемлення матеріалу між лезами ножа та проти різальною пластиною буде:

$$\chi \leq 2\varphi. \quad (3.34)$$

Якщо значення коефіцієнтів тертя матеріалу з ножом і протирізальною пластиною будуть неоднаковими, то умова (3.34) набуде виразу:

$$\chi \leq \varphi_1 + \varphi_2, \quad (3.35)$$

де φ_1 – кут тертя між матеріалом і ножом; φ_2 – кут тертя між матеріалом і протирізальним елементом.

Рівняння (3.34) і (3.35) свідчать, що перероблюваний матеріал затискуватиметься різальною парою при умові, коли кут защемлення не перевищує суми двох кутів тертя цього матеріалу по лезах ножа та протирізального елемента.

Нарешті, ще один кут має місце в процесі різання, – це кут ковзання τ (рис. 3.10). Він утворюється між напрямком сили дії ножа на перероблюваний матеріал (сила різання P) та її нормальною N складовою. Стосовно конструктивних елементів різального апарата – це кут між радіус-вектором (плече прикладання сили P) та лезом ножа.

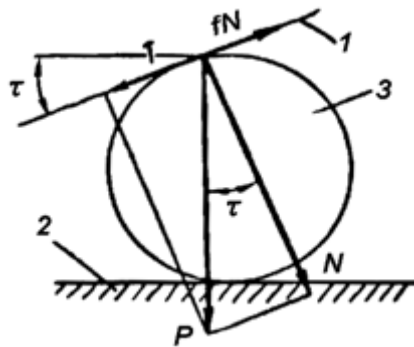


Рис. 3.10. Визначення умови ковзного різання:

1 – ніж; 2 – протирізальний елемент; 3 – перероблюваний матеріал

Величина кута ковзання залежить від співвідношення дотичної T та нормальної N складових сили різання:

$$\operatorname{tg} \tau = \frac{T}{N} = K. \quad (3.36)$$

Наведений вираз K прийнято називати *коефіцієнтом ковзання*. Кут τ та коефіцієнт K ковзання відіграють виключно важливу роль у процесі різання, про що буде описано нижче.

3.2.3. Зусилля різання

Спочатку розглянемо саму суть робочого процесу різання матеріалу лезом. Процес різання ножом шару матеріалу (рис. 3.11) складається з попереднього ущільнення і власне різання як розділення сировини на частки заданої довжини. Дія з боку ножа із силою P_p , здатною перерізати матеріал, визначається з рівняння:

$$P_p = R_{кр} + f N_{п} + f N_{ф} \cos \alpha , \quad (3.37)$$

де $R_{кр}$ – критичний опір матеріалу різанню, Н; $fN_{п}$ – сила тертя, обумовлена боковим тиском $N_{п}$ передньої грані ножа на матеріал, Н; $fN_{ф}$ – сила тертя, обумовлена тиском $N_{ф}$ фаски ножа на матеріал, Н.

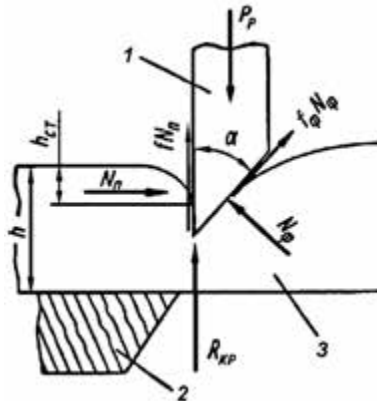


Рис. 3.11. Визначення зусилля різання: 1 – ніж; 2 – протирізальна пластина; 3 – перероблюваний матеріал

Найбільше значення з трьох складових рівняння (3.37) має критичний опір матеріалу різанню. Його величину професор Н.Ю. Резнік рекомендує визначати за формулою:

$$R_{кр} = \delta \Delta l \sigma_p , \quad (3.38)$$

де δ – товщина (гострота) леза, мкм; Δl – довжина активної частини ножа, м (залежить від ширини шару перероблюваного матеріалу); σ_p – нормальне (контактне) руйнівне напруження, що виникає в матеріалі при перерізанні, Па.

Відповідно до рівнянь (3.37) та (3.38) сила різання залежить від фізико-механічних властивостей (f , σ_p) перероблюваного матеріалу, гостроти δ леза і активної довжини Δl ножа, що безпосередньо здійснює процес перерізання. Отже, керувати силою різання можна вибором кута заточування (гостротою леза) ножа, а також шириною шару перероблюваного матеріалу.

3.2.4. Види різання лезом

Для різання виключне значення мають нормальний тиск ножа на перероблюваний матеріал, боковий (ковзний) рух ножа по матеріалу, кінематична трансформація кута заточування. Всі вони обумовлюються величиною кута ковзання τ , залежно від якої розрізняються три види різання (за класифікацією акад. В.А. Желіговського) лезом та, в деякій мірі, і клином, а саме: *нормальне (рубання)*, *похиле* та *ковзне*.

Перший вид різання відбувається за рахунок дії лише нормального зусилля (радіус-вектор спрямований вздовж леза ножа, а сила перпендикулярна до леза і повністю стає нормальним тиском. Кут ковзання $\tau = 0$). Відбувається *нормальне різання* за принципом “рубання”. Це найбільш незрівноважений (динамічний) вид різання, що супроводжується значною деформацією перероблюваного матеріалу. Останнє явище потребує додаткових енергетичних витрат.

За другим варіантом різання здійснюється при величині кута ковзання у межах:

$$0 < \tau \leq \varphi.$$

У цьому разі, крім нормальної сили, виникає дотична (бокова) сила (рис. 3.12). За величиною переважає перша і різання відбувається нормальним тиском, але при цьому ніби зменшується (трансформується) кут заточування α ножа. З рис. 3.12 можна пересвідчитись, що співвідношення між нормальним α та трансформованим α' кутами заточування ножа залежить від величини кута ковзання:

$$\operatorname{tg} \alpha' = \operatorname{tg} \alpha \cos \tau. \quad (3.39)$$

За рахунок трансформації кута заточування підвищується гострота леза ножа у напрямку його входження в матеріал, що перерізається. Це явище спричиняє зменшення бокового тиску матеріалу і сили опору матеріалу перерізанню відповідно до рівняння (3.38). Як результат, забезпечується різання при меншому загальному зусиллі. Розглянутий варіант характеризує другий вид – *похиле різання*.

Для ілюстрації третього виду – *ковзного різання* – розглянемо характер дії ножа на перероблюваний матеріал (див. рис. 3.12, б). Бокова (тангенціальна) сила T спричиняє ковзний рух ножа по матеріалу. У протидію цьому рухові виникає сила тертя fN між лезом ножа та перероблюваним матеріалом. Очевидно, що ковзний рух ножа по матеріалу буде можливим за умови:

$$T > fN. \quad (3.40)$$

Враховуючи, що

$$T = P \sin \tau, \text{ а } N = P \cos \tau,$$

одержимо:

$$\operatorname{tg} \tau > f \text{ або } \tau > \varphi. \quad (3.41)$$

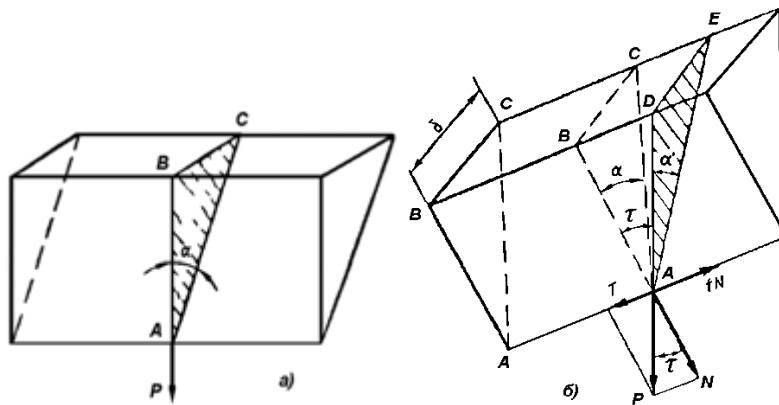


Рис. 3.12. Визначення трансформації кута заточування ножа залежно від величини кута τ : а – різання рубання ($\tau=0$); б – різання при $\tau > 0$ (похиле та ковзне)

Отже, ковзне різання відбувається у тих випадках, коли кут ковзання перевищує величину кута тертя між лезом ножа і

перероблюваним матеріалом. Академік В.П. Горячкін відзначив, що відносний рух ножа забезпечує перепилуючу дію мікровиступів леза, які можна бачити під мікроскопом навіть на лезі бритви. Роль нормального зусилля N зводиться при ковзному різанні лише до того, щоб притискати ніж до матеріалу. Крім того, при ковзному різанні, відповідно до залежності (3.39), також має місце явище трансформації кута заточування (ще в більшій мірі, ніж при похилому різанні).

Таким чином, у випадку ковзного різання перепилуюча дія леза і значна трансформація кута заточування сприяють розділенню перероблюваного матеріалу на частки практично без його деформації, а також істотному зниженню зусилля різання. Це найекономічніший за енергозатратами спосіб різання, який дає дуже чистий зріз.

3.2.5. Класифікація різальних апаратів

Узагальнення і систематизацію відомих конструктивно-технологічних схем різальних апаратів виконав Н.Ю. Резник.

Розроблена ним класифікація апаратів базується на таких ознаках: характер руху леза та його взаємодії з перероблюваним матеріалом, конструктивні особливості робочих органів. З деякими нашими корективами класифікація різальних апаратів подана на рис. 3.13.

Аналізуючи наведену класифікацію, слід відзначити, що в кормоприготуванні поширені дискові та барабанні різальні апарати з обертальним рухом. Їх переваги: висока продуктивність завдяки швидкохідності, зрівноважена робота, широкі можливості регулювання розміру часток продуктів подрібнення, відносна простота конструкції та експлуатації.

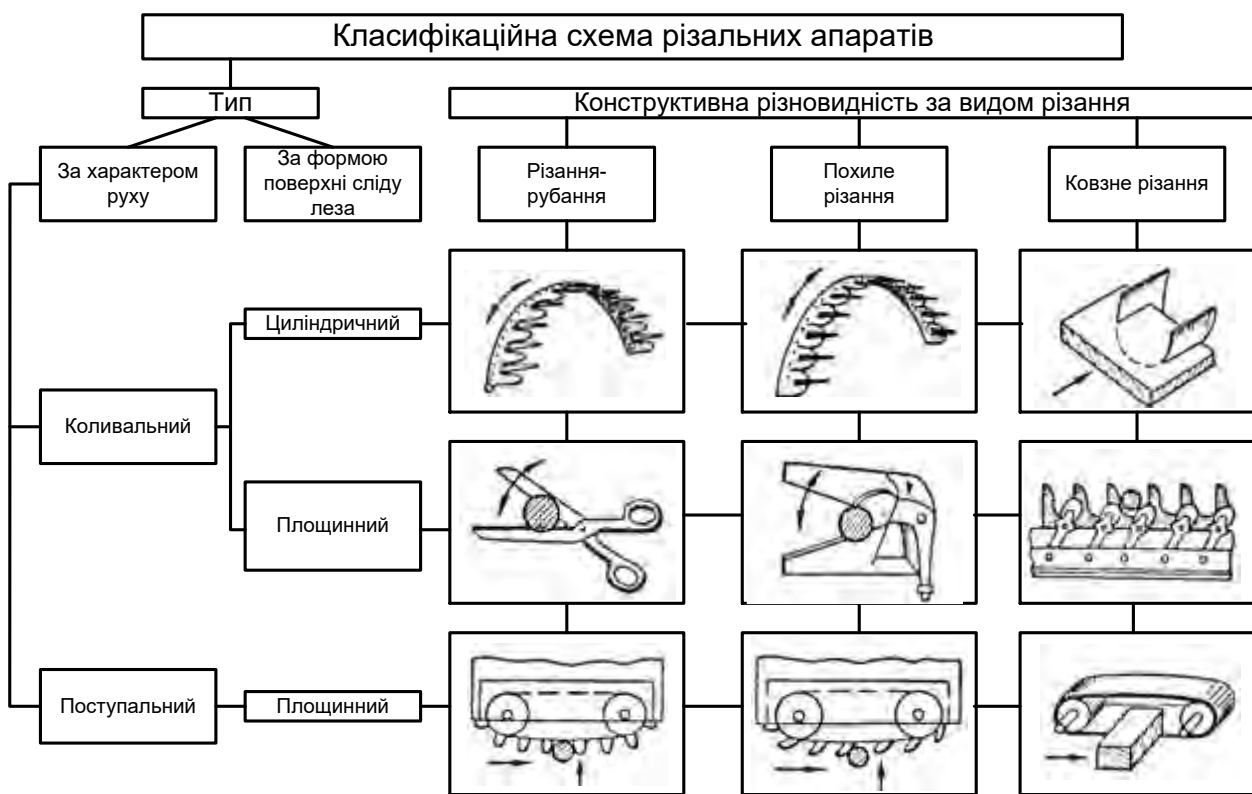


Рис. 3.13. Класифікація різальних апаратів

3.3. Машини для подрібнення коренебульбоплодів

3.3.1. Основні вимоги до коренерізок

Подрібнювачі коренебульбоплодів повинні:

- забезпечувати якість подрібнення відповідно до зоотехнічних рекомендацій, тобто до такого стану продукту (щодо крупності і рівномірності фракційного складу), при якому коренебульбоплоди можна використати на корм з найбільшою ефективністю;
- бути універсальними, здатними переробляти всі види корене- та бульбоплодів і мати можливість регулювання крупності продукту в межах, достатніх для згодовування всім групам споживачів цих кормів;
- мати достатньо високу продуктивність, щоб за 1–2 год. Переробляти таку кількість коренебульбоплодів, яка необхідна для разового споживання;
- бути економічними за енергомісткістю;
- добре узгоджуватись із можливостями механізованого завантаження сировини і виведення готового продукту, а також автоматизації процесу кормоприготування;
- мати просту конструкцію, бути надійними і зручними в експлуатації.

3.3.2. Типи і оцінка машин

Для подрібнення коренебульбоплодів використовують машини, які відрізняються за призначенням, принципом подрібнення, конструктивними особливостями. За призначенням це можуть бути спеціальні машини (лише для переробки коренебульбоплодів та подібних їм за властивостями кормів), універсальні (здатні переробляти й інші види кормової сировини) і комбіновані (подрібнення суміщають із виконанням інших операцій, наприклад, зі змішуванням).

Спеціальні подрібнювачі безумовно мають кращі показники якості переробки та енергомісткості процесу порівняно з універсальними і

комбінованими машинами, оскільки перші в більшій мірі узгоджені з властивостями коренебульбоплодів, вимогами до подрібнення.

За конструкцією робочих органів і характером взаємодії з перероблюваним матеріалом до цієї групи машин належать:

- ножові подрібнювачі, в яких переробка коренебульбоплодів відбувається за принципом різання (коренерізки);
- лускоподібні, або терткові, які зішкрібають стружку (коренетерки);
- молоткові та штифтові, що розбивають коренебульбоплоди на частки;
- комбіновані, наприклад, шнеково-ножові, в яких подрібнення здійснюється в результаті поєднання руйнівних факторів (роздавлювання з різанням, різання з перетиранням) — пастоприготувачі.

Найкращу якість продукту (з малим виділенням соку та утворенням м'язги) при менших витратах енергії забезпечують *коренерізки*. Дещо поступаються їм коренетерки. Вказані переваги визначили спеціалізацію машин і обумовили найбільш широке використання, особливо коренерізок, для подрібнення коренебульбоплодів, баштанових та деяких інших кормів. Коренерізки відзначаються також простотою конструкції, швидкохідністю і високою продуктивністю. Мають широкі можливості регулювання розміру часток продукту (величиною вильоту леза ножа відносно опорної поверхні, частотою обертання робочого органу тощо). Застосування реккатерів (дек) з цією ж метою супроводжується появою фактора перетирання, який спричиняє утворення м'язги, виділення соку і збільшення енергомісткості процесу.

Коренетерки вимогливіші до стану сировини, ніж коренерізки, особливо стосовно забруднення бадиллям, гичкою та іншими домішками, що в значній мірі стримує їх використання.

Молоткові та штифтові подрібнювачі, а також *пастоприготувачі* — це універсальні машини, які значно поступаються перед спеціальними щодо якості та енергомісткості і будуть розглянуті окремо.

За конструктивними ознаками коренерізки бувають (рис. 3.14): дискові (з горизонтальним та вертикальним валами), барабанні і циліндричні (відцентрові). Ефективність (продуктивність, енергомісткість) технологічного процесу вказаних машин перш за все залежить від рівня коефіцієнта використання ножів K_n . Його величина пропорційно впливає на пропускну здатність різального апарата (продуктивність машин). У цьому відношенні коренерізки можна проранжувати таким чином: горизонтально-дискові ($K_n = 0,7-0,8$), вертикально-дискові та відцентрові ($K_n = 0,3-0,4$) і барабанні ($K_n = 0,1-0,15$).

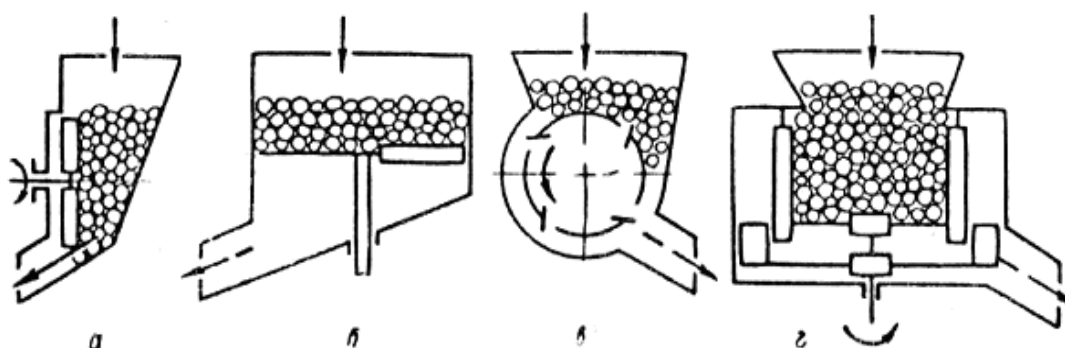


Рис. 3.14. Типи коренерізок: *а* – вертикально-дискова; *б* – горизонтально-дискова; *в* – барабанна; *г* – відцентрова (циліндрична)

Оскільки інші критерії та вимоги стосовно розглянутих типів коренерізок знаходяться приблизно на однаковому рівні, переваги за величиною коефіцієнта використання ножів забезпечують перспективність горизонтально-дисковому та відцентровому варіантам. При цьому слід відзначити, що горизонтально-дисковий варіант завдяки простоті конструкції і зручності в експлуатації знайшов широке застосування на тваринницьких підприємствах АПК. Відцентрові ж коренерізки за рахунок можливості використання великої кількості ножів у камері подрібнювання здатні забезпечувати дуже високу продуктивність, що сприяло їх поширенню у переробній промисловості, зокрема на цукрових заводах.

3.3.3. Розрахунок основних параметрів коренерізок

Основними параметрами коренерізки є розміри робочої камери (діаметр, висота чи довжина), кількість і розміри (довжина) ножів, частота обертання робочого органу, тривалість перебування корене-бульбоплодів у камері.

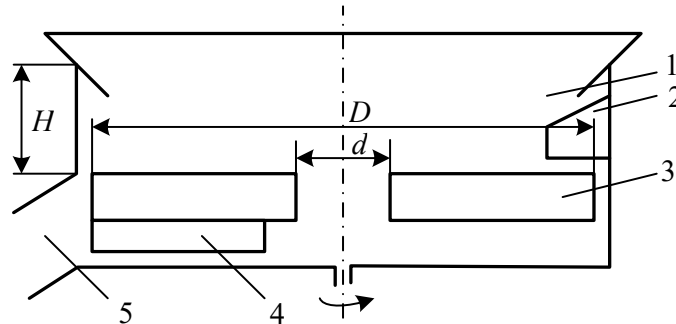


Рис. 3.15. Схема до визначення параметрів горизонтально-дискової коренерізки: 1 – робоча камера; 2 – протирізальний елемент; 3 – диск з ножами; 4 – пристрій для видалення продукту; 5 – розвантажувальний лотік

Дискова коренерізка (рис. 3.15). Пропускна здатність (продуктивність) Q різального апарата визначається рівнянням:

$$Q = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} bzn\gamma K_H, \quad (3.42)$$

де D і d – діаметри диска відповідно по зовнішніх і внутрішніх кінцях ножів, м, з конструктивних міркувань рекомендується $d = 0,2D$; b – товщина стружки (шматочків), що зрізається ножами, м, вибирається відповідно до зоотехнічних вимог; z – кількість ножів; n – частота обертання диска, с^{-1} ; γ – об’ємна маса коренебульбоплодів, $\gamma = 0,6\text{--}0,8$ кг/м^3 ; K_H – коефіцієнт використання ножів.

При цьому довжина ножа:

$$l_H = \frac{D - d}{2}. \quad (3.43)$$

Частоту обертання диска визначають за умови, щоб швидкість подачі v_n сировини до ножів дорівнювала швидкості v_b відведення

продукту при розрізанні коренебульбоплодів на шматочки або стружку заданої товщини b (рис. 3.20), тобто:

$$v_{\Pi} = v_B . \quad (3.44)$$

Оскільки швидкість гравітаційної подачі коренебульбоплодів змінюється від нуля до величини:

$$v_{\Pi} = \sqrt{2gb},$$

то середня швидкість подачі:

$$v_{\Pi} = \frac{1}{2} \sqrt{2gb}, \quad (3.45)$$

де v_k – швидкість вільного падіння у кінці висоти, що дорівнює товщині стружки b , м/с; g – прискорення сили тяжіння, м/с².

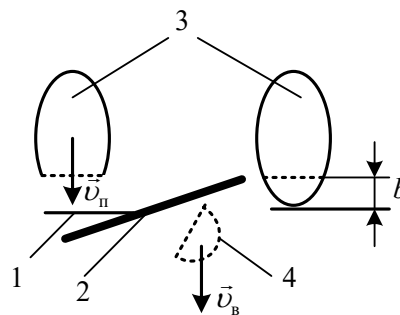


Рис. 3.16. Схема до визначення оптимальної частоти обертання диска коренерізки: 1 – диск; 2 – ніж; 3 – вихідна сировина; 4 – частка продукту

Швидкість відведення v_B залежить від кількості ножів та частоти їх обертання:

$$v_B = bzn . \quad (3.46)$$

Тоді оптимальна частота обертання диска:

$$n = \frac{1}{z} \sqrt{\frac{g}{2b}} . \quad (3.47)$$

З наведеного аналізу можна зробити такі висновки:

- якщо частота обертання диска буде меншою за розрахункову, то коренебульбоплоди опускатимуться на диск раніше за початок розрізання ножем і потрібно затратити додаткову енергію на подолання тертя коренебульбоплодів по диску;

- у разі надмірної частоти обертання диска не досягатиметься задана товщина шматочків продукту;

– при дотриманні умови оптимального кінематичного режиму коренерізки крупність продукту (товщини шматочків b) залежить не тільки і не стільки від величини виходу леза ножа над поверхнею диска, скільки від частоти обертання та кількості ножів.

Кількість ножів на диску може бути в межах від одного до чотирьох. Збільшення їх кількості призведе до віддалення внутрішніх кінців від центра камери і зниження ефективності використання робочого простору камери.

Отже, при заданій продуктивності коренерізки діаметр диска з урахуванням умови (3.47) становить:

$$D = \sqrt{\frac{0,94Q}{\gamma K_H \sqrt{gb}}}. \quad (3.48)$$

При малих розрахункових значеннях D розмір камери слід приймати не менше розміру перероблюваних коренеплодів.

Необхідний об'єм робочої камери V залежить від продуктивності коренерізки і часу τ перебування сировини у камері:

$$V = \frac{Q\tau}{\beta\gamma} = \frac{\pi D_K^2}{4} H, \quad (3.49)$$

де β – коефіцієнт заповнення камери (0,8–0,95); D_K – діаметр робочої камери, м ($D_K = D + 2\Delta R$); H – висота камери, м; ΔR – радіальний зазор між диском і стінкою камери (0,005–0,01 м).

Необхідний час перебування сировини у камері різання визначається умовами завантаження. При рівномірній механізованій подачі достатньо підтримувати в камері подрібнювання запас коренебульбоплодів на 10–20 с роботи машини ($\tau = 10 - 20$ с).

Тоді достатня висота камери:

$$H = \frac{4Q\tau}{\pi D_K^2 \beta \gamma}. \quad (3.50)$$

Слід зазначити, що раціональні розміри камери відповідають умові $H=D$.

Потужність привода N коренерізки визначається з формули:

$$N = Qq, \quad (3.51)$$

де q – загальна питома енергомiсткiсть. Залежно вiд крупностi продукту $q = 0,8 - 4,4$ кДж/кг (табл. 3.5).

Таблиця 3.5 – **Питомi витрати енергiї на подрiбнення корене-бульбоплодiв**

Подрiбнювач	Питома енергомiсткiсть, кДж/кг	Подрiбнювач	Питома енергомiсткiсть, кДж/кг
Коренерiзка:		Пастоприготувач	2,5 – 3,3
дискова	0,8 – 1,3	Штифтовий	3,6 – 4,4
вiдцентрова	0,9 – 1,4	Молотковий	3,5 – 4,2
Коренетерка	1,1 – 1,5		

Вiдцентрова коренерiзка (рис. 3.17). Об'єм її робочої камери визначається рiвнянням (3.49). Тодi:

$$D_k = \sqrt{\frac{4Q\tau}{\pi\beta\gamma}} \text{ м}, \quad (3.52)$$

де β – коефiцiєнт заповнення камери коренебульбоплодами. Для вiдцентрових коренерiзок $\beta = 0,3 - 0,45$, а висоту камери вибирають близьку до максимального розмiру коренебульбоплодiв ($H = 0,2 - 0,3$ м).

Рiзальний апарат машин такого типу має пропускну здатнiсть:

$$Q = \pi D_k l_n b z n \gamma K_n, \quad (3.53)$$

де l_n – довжина ножа, м, приймається на 2–3 мм меншою висоти камери; b – товщина шматочкiв продукту, м; z – кiлькiсть ножiв; n – частота обертання крилатки, с^{-1} ; γ – об'ємна маса коренебульбоплодiв, $\text{кг}/\text{м}^3$; K_n – коефiцiєнт використання ножiв за висотою (0,6–0,8).

Для визначення частоти обертання крилатки розглянемо умови перемiщення коренебульбоплодiв у напрямку ножiв. При перемiщеннi коренебульбоплодiв по диску вздовж лопатi крилатки на них дiятимуть такi сили (рис. 3.18): mg – сила тяжiння; $m\omega^2 R$ – вiдцентрова сила; $2m\omega\vartheta_n$ – сила Корiолiса, а також сили тертя по диску fmg та лопатi $2f m\omega\vartheta_n$.

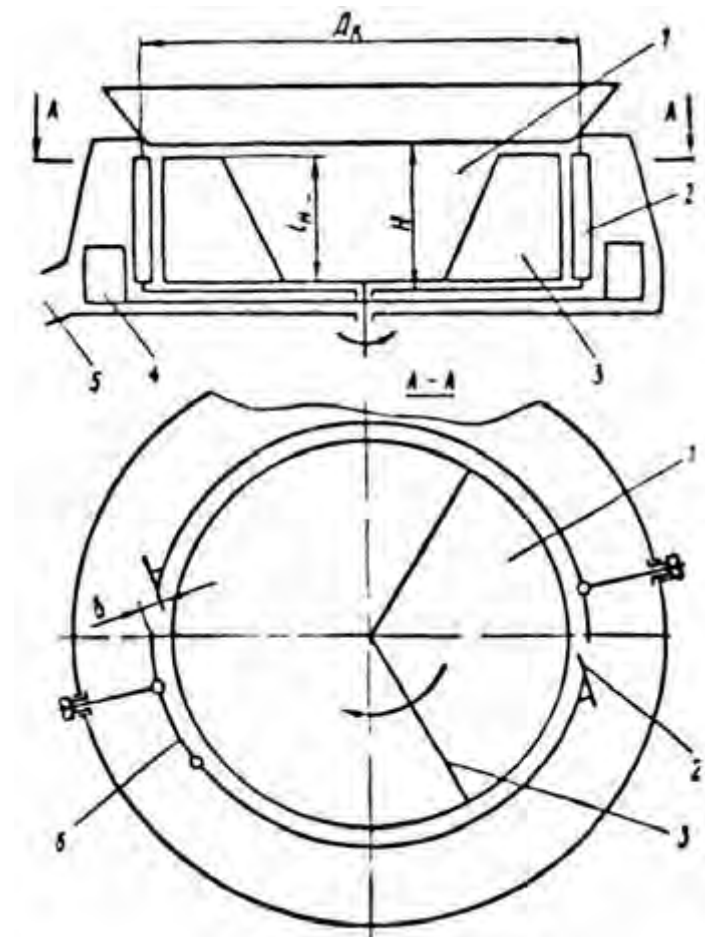


Рис. 3.16. Конструктивна схема відцентрової (циліндричної) коренерізки: 1 – робоча камера; 2 – ножі; 3 – крилатка; 4 – пристрій для видалення продукту; 5 – розвантажувальний лотік; 6 – пристрій регулювання крупності продукту

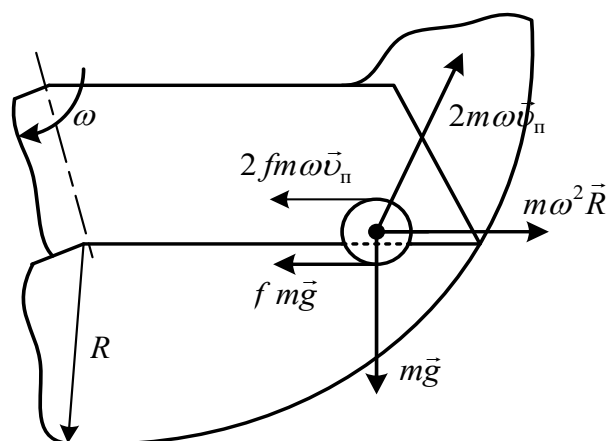


Рис. 3.18. Схема сил, що діють на коренеплід, який обертається з крилаткою: 1 – диск; 2 – лопать; 3 – коренеплід

Переміщення коренебульбоплодів можливе, якщо відцентрова сила більша за суму сил тертя:

$$m\omega^2 R > fmg + 2f m\omega v_n, \quad (3.54)$$

де m – маса корене- або бульбоплоду, кг; ω – кутова швидкість крилатки, рад/с; R – радіус камери різання, м; f – коефіцієнт тертя коренебульбоплодів по диску та лопаті; g – прискорення вільного падіння, м/с²; v_n – швидкість подачі сировини до ножів, м/с. Остання повинна бути рівною швидкості відведення продукту в результаті розрізання коренебульбоплодів на шматочки заданої товщини:

$$v_n = bzn.$$

Мінімально допустима частота обертання крилатки за умови рівності виразу (3.54):

$$n_{\min} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{fg}{\pi(\pi R - fbz)}}. \quad (3.55)$$

При визначенні діаметра камери за рівнянням (3.52), а частоти обертання крилатки за (3.55) задана продуктивність коренерізки забезпечується при кількості ножів:

$$z = \frac{Q}{\pi D_K l_{\text{н}} b n \gamma K_{\text{н}}}. \quad (3.56)$$

Можна також прийняти кількість ножів (2 і більше) у камері різання, а потім, користуючись рівнянням пропускної здатності (3.53), визначити необхідну частоту обертання крилатки:

$$n = \frac{Q}{\pi D_K l_{\text{н}} b z \gamma K_{\text{н}}}, \text{ с}^{-1} \quad (3.57)$$

за умови, що ця величина перевищуватиме значення $n_{\min}$. При цьому слід також пам'ятати, що значне перевищення $n_{\min}$ призведе до зростання енергозатрат на подолання опору тертя коренебульбоплодів, що передчасно вступили в контакт із циліндричною поверхнею робочої камери.

Розмір часток продуктів подрібнення в циліндричній коренерізці регулюють величиною зазору δ (див. рис. 3.21), а при оптимальному кінематичному режимі він залежить від кількості ножів і частоти обертання крилатки.

3.4. Машини для подрібнення стеблових кормів

3.4.1. Вимоги до подрібнювачів

Машини цієї групи часто в однаковій мірі придатні до подрібнення як грубих, так і зелених кормів, тоді їх називають соломосилосорізки. Іноді ж існують і вузькоспеціальні машини, призначені для переробки тільки одного із видів сировини. Подрібнювачі стеблових кормів повинні задовольняти таким вимогам:

- універсальність щодо можливості переробки різних видів грубих кормів та зеленої маси;
- можливість регулювання розміру (довжини) часток продукту в межах, відповідно до зоотехнічних вимог (від 2 до 50 мм);
- здатність (особливо при переробці грубих кормів) перетирати та розщепляти стебла вздовж волокон, тобто перетворювати різку з жорсткими гострими краями у м'яку січку;
- наявність пристроїв для видалення важких включень (метал, каміння, грудки землі тощо);
- висока ступінь механізації завантажування сировини та видалення продуктів подрібнення;
- простота конструкції та технічного обслуговування, надійність і довговічність в експлуатації.

3.4.2. Загальна будова подрібнювачів

Для переробки стеблових (грубі, зелені, силосовані) кормів використовують спеціальні подрібнювачі з ножовими (соломосилосорізки, пастопріготувачі) або штифтовими (дезінтегратори, дісmembратори) робочими органами, а також універсальні молоткові.

Подрібнювач включає такі основні елементи (рис. 3.19): живильник, що складається з подавального конвеєра та пресувального механізму; виконавчий або подрібнювальний апарат, який має активні

та пасивні робочі органи; розвантажувальний пристрій (пневматичний або механічний транспортер чи звичайна скатна поверхня).

У машинах для переробки грубих кормів на січку застосовують ножові або штифтові подрібнювальні апарати, а переробку зелених, силосованих та деяких інших кормів на січку чи пасту здійснюють ножовими і комбінованими (ножово-рекаттерними) подрібнювачами.

Порівнюючи ножові та штифтові подрібнювачі відносно переробки грубих кормів, слід зазначити, що перші, принцип дії яких полягає в розрізанні матеріалу на частки, споживають у 2–2,5 рази менше енергії на переробку тієї ж кількості корму, ніж штифтові. Але штифтові апарати забезпечують кращу якість переробки. Вони не лише скорочують довжину часток, але й розщеплюють стебла вздовж волокон, перетирають їх і роблять січку м'якою. Після такої переробки грубі корми легше змочуються, наприклад, слиною, хімреагентами чи іншими рідинами, інтенсивніше піддаються різним технологічним заходам (тепловій і хімічній обробці тощо), краще поїдаються тваринами, повніше засвоюються в їх організмі. Для відновлення високоефективної роботоздатності ножі та протиризальні елементи соломосилосорізок рекомендується заточувати після переробки відповідно 4–6 та 18–25 т кормів. У зв'язку з цим істотно ускладнюється експлуатація цих машин, підвищуються витрати на їх технічне обслуговування.

З іншого боку, у разі переробки кормів з високим вмістом вологи (соковитих) саме різальні апарати, як найбільш економічні за енерговитратами, спричиняють мінімальні виділення соку та утворення м'язги, допускають найменші втрати поживних речовин. Поєднання принципів різання з іншими руйнівними факторами (різання з перетиранням – ножово-рекаттерний подрібнювач, різання з роздавлюванням – пастоприготувачі) забезпечує високий ступінь подрібнення соковитих кормів при помітно менших енерговитратах та виділенні соку порівняно з варіантами, де відсутній фактор різання (наприклад, штифтові чи молоткові подрібнювачі).

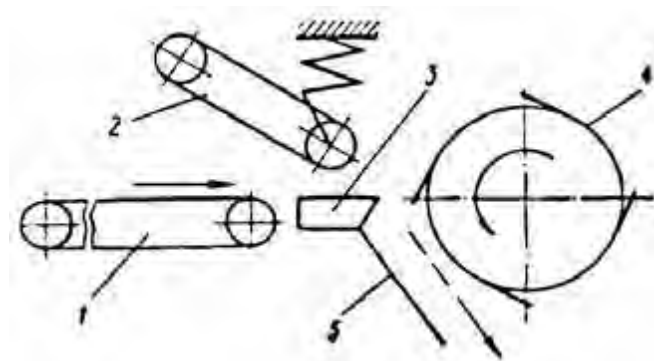


Рис. 3.19. Загальна будова подрібнювача стеблових кормів (соломосилосорізки): 1 – завантажувальний конвеєр, 2 – пресувальний механізм; 3 – протиризальний елемент; 4 – ножовий апарат; 5 – розвантажувальний пристрій

В цій главі ми розглянемо лише спеціальні подрібнювачі (соломосилосорізки) з ножовими робочими органами. Проте основні їх конструктивно-технологічні елементи зустрічаються і в структурі інших машин та агрегатів. Так, живильник є складовим елементом молоткових, штифтових, подрібнювачів, пастопріготувача та ін. Різальні апарати також входять до складу універсальних і комбінованих машин.

3.4.3. Живильні механізми

Типи і оцінка. Живильний механізм подрібнювача стеблових кормів повинен по можливості рівномірно подавати перероблювальну сировину до виконавчого апарата і забезпечувати ущільнення (пресування) шару, що подається, безпосередньо перед подрібненням. Стеблові корми – це досить пухкі матеріали з низькою об’ємною масою. Тому попереднє їх ущільнення має істотне значення для конструювання подрібнювача і самого технологічного процесу. У результаті попереднього ущільнення перероблюваного шару товщина останнього зменшується, що, в свою чергу, сприяє компактності різального апарата. Крім того, пресувальний механізм усуває чи в значній мірі скорочує дію попереднього ущільнення з боку різального

апарата і цим полегшує і підвищує ефективність подрібнення стеблових матеріалів.

Отже, основні вимоги до живильника – це стабільна подача і надійне ущільнення перероблюваного шару. При цьому важливо, щоб пресувальний механізм підводив шар перероблюваного матеріалу в ущільненому стані якнайближче до різального апарата. Відомі різні конструктивні рішення пресувальних механізмів (рис. 3.20).

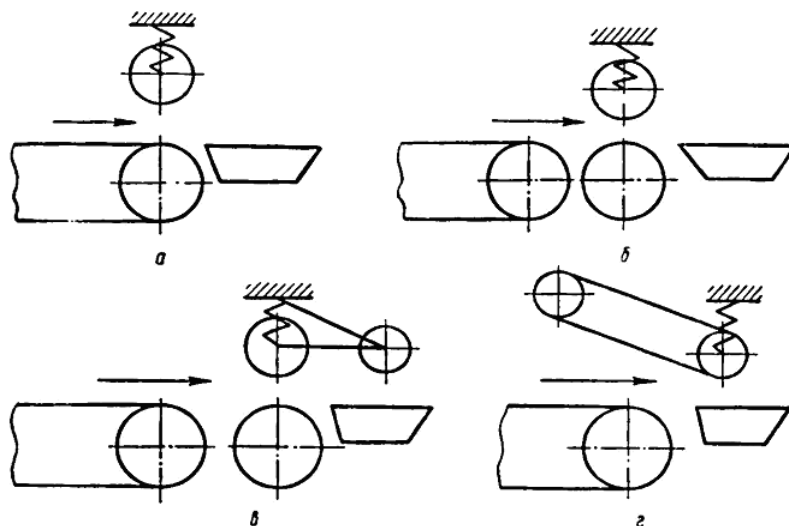


Рис. 3.20. Типи пресувальних механізмів: а – одновальцевий; б – двовальцевий; в – тривальцевий; г – з похилим транспортером

Досконалішими є пресувальні механізми (рис. 3.20, в та г). Вони мають довший контакт із шаром матеріалу, що подається, і забезпечують максимальне ущільнення над протирізальним елементом, тобто безпосередньо перед подрібнюванням. Проте ці пресувальні механізми споживають більше енергії, оскільки тривалий їх контакт з оброблюваним шаром пов'язаний з відповідним подоланням опору з боку шару матеріалу.

Теорія і розрахунок. Ці питання розглянемо на прикладі пресувального механізму з похилим транспортером.

На шар оброблюваного матеріалу, що подається і має вихідну товщину A (рис. 3.25), з боку пресувального транспортера діє нормальне зусилля N , від якого в процесі руху механізму виникає сила тертя fN . Розкладемо вказані сили на осі вздовж заданого напрямку руху шару та нормальну до нього. У результаті одержимо:

$$N \cos \alpha + f N \sin \alpha , \quad (3.58)$$

отже, обумовлюють кратність зменшення товщини шару.

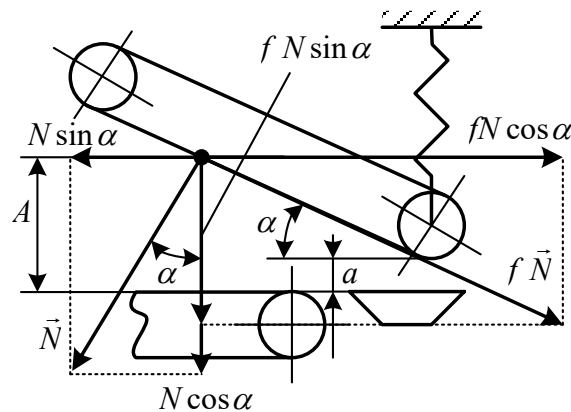


Рис. 3.21. Визначення умови затягування оброблюваного шару пресувальним механізмом

Умова переміщення оброблюваного шару в заданому напрямку:

$$f N \cos \alpha > N \sin \alpha , \quad (3.59)$$

де f – коефіцієнт тертя між перероблюваним матеріалом і пресувальним транспортером; α – кут нахилу пресувального транспортера.

Таким чином, шар матеріалу, що подається, затягуватиметься пресувальним механізмом, а значить, і ущільнюватиметься під дією сил згідно з (3.58) за умови:

$$\operatorname{tg} \alpha < f \quad \text{або} \quad (3.60)$$

$$\alpha < \varphi, \quad (3.60, a)$$

де φ – кут тертя.

Виходячи з наведеної умови (3.60, a), що кут нахилу пресувального транспортера не повинен перевищувати значення кута тертя, визначимо необхідну довжину цього транспортера. З рис. 3.26 видно: для того, щоб пресувальний транспортер зміг захопити вихідний шар товщиною A і ущільнити його до товщини a , він повинен мати довжину:

$$l_{\text{тр}} = \frac{A - a}{\sin \alpha} . \quad (3.61)$$

Розміри горловини, а також параметри (товщина, ширина) шару оброблюваного матеріалу визначаються заданою продуктивністю подрібнювача:

$$Q = abv_{\text{п}}\gamma_{\text{ущ}} = Abv_{\text{п}}\gamma. \quad (3.62)$$

Звідси

$$Ab = \frac{Q}{v_{\text{п}}\gamma} \text{ або} \quad (3.63)$$

$$ab = \frac{Q}{v_{\text{п}}\gamma_{\text{ущ}}}, \quad (3.64)$$

де Q – розрахункова подача живильника, кг/с; $v_{\text{п}}$ – швидкість подачі перероблюваного шару (транспортера живильника), м/с. Узгоджується зі швидкістю відведення продукту в результаті розрізання на частки заданої довжини (буде розглянуте нижче); γ і $\gamma_{\text{ущ}}$ – об’ємна маса відповідно вихідного та ущільненого матеріалу.

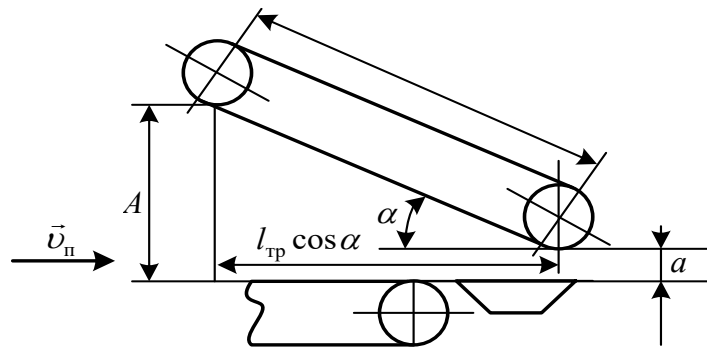


Рис. 3.22. Визначення довжини пресувального транспортера

Так, для грубих свіжо складених кормів $\gamma = 28 - 42$ кг/м³, для злежаних або подрібнених – у 1,5–2 рази більше.

Рациональне співвідношення висоти і ширини горловини становить: $a = (0,25 \dots 0,4)b$. Щоб забезпечити ефективність подальшого процесу різання в результаті попереднього пресування, рекомендується збільшувати щільність, наприклад, грубих кормів у 3–4 рази.

3.4.4. Ножові подрібнювальні апарати

3.4.4.1. Типи і оцінка

У соломосилосорізках використовуються два типи подрібнювальних апаратів: барабанний та дисковий. Крім того, різальні апарати відрізняються формою леза ножа. Вона може бути прямолінійною та криволінійною. Форма леза ножа та схема розміщення ножів визначають вид та динамічні умови різання, характер навантаження (крутного моменту) на валу апарата і енергомісткість технологічного процесу.

Барабанний різальний апарат має рівновеликі значення кутів защемлення та ковзання (рис. 3.23, а). Виходячи з умови (див. 3.2.2), що кут защемлення не повинен перевищувати величини двох кутів тертя ($\chi \leq 2\varphi$), і враховуючи досить широкі межі коливання кутів тертя для різних видів кормових матеріалів, в різальних апаратах барабанного типу практично не можна реалізувати ковзне різання.

В раціональних рішеннях дискових різальних апаратів кут ковзання може значно перевищувати кут защемлення (рис. 3.23, б). Завдяки цьому різальні апарати дискового типу здатні забезпечити ефективніше ковзне різання і мінімальні затрати на подрібнення.

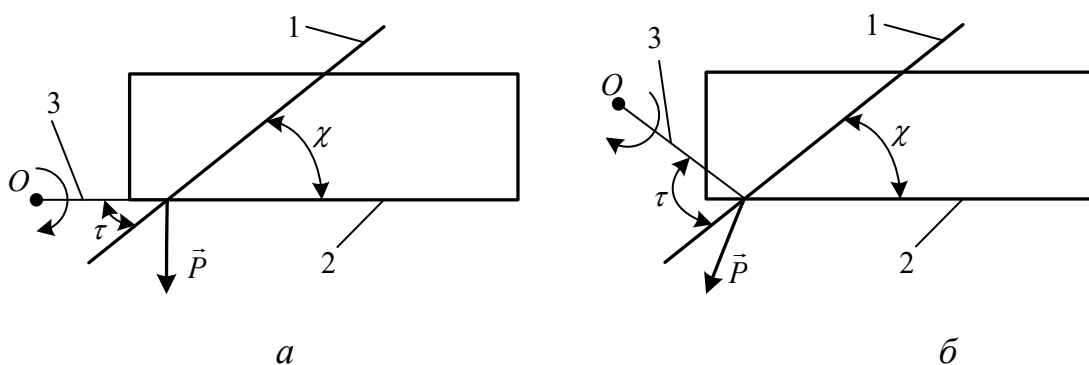


Рис. 3.23. До порівняльної оцінки кутів χ і τ в різальних апаратах барабанного (а) і дискового (б) типу:

1 – ніж; 2 – протирізальна пластина; 3 – радіус-вектор

3.4.4.2. Визначення параметрів різального апарата барабанного типу

Основні параметри барабанного різального апарата (рис. 3.24) – це діаметр барабана D_6 , кількість ножів z на ньому, частота n його обертання, а також координата h , що визначає положення осі обертання барабана відносно живильної горловини (протиризальної пластини).

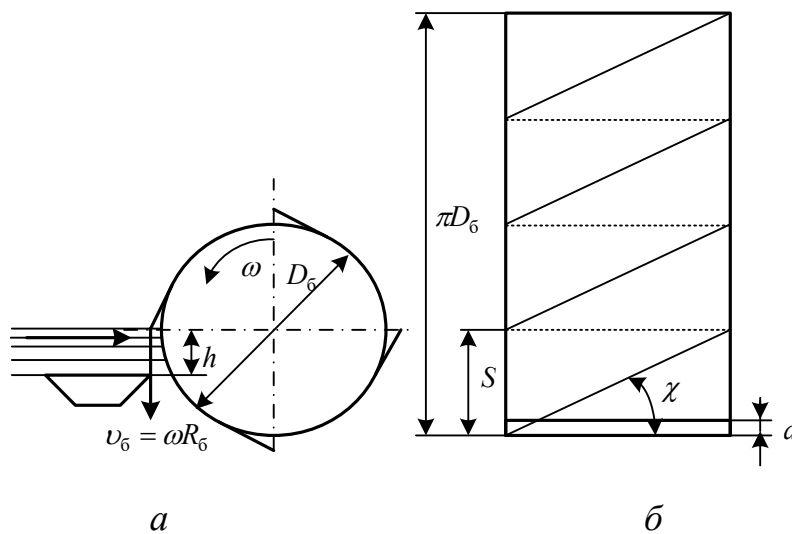


Рис. 3.24. Схема до визначення основних параметрів різального апарата (а) та розгортки барабана (б)

Ножі на барабані можна розміщувати за двома схемами. За першою схемою леза ножів спрямовані вздовж твірної (паралельні осі обертання). Це забезпечує різання за принципом „рубання”. При цьому робота подрібнювача характеризується різко динамічними умовами з ударно-пульсуючим навантаженням на валу машини, високою енергомісткістю процесу.

Частіше застосовують іншу схему, за якою леза ножів утворюють спіральні (гвинтові) лінії. Оскільки в барабанних різальних апаратах кут ковзання дорівнює куту защемлення і обидва вони постійні ($\tau = \chi = \text{const}$), а також постійне плече прикладання робочого зусилля (радіус барабана R_6), то в разі спіралеподібних лез ножів можна досягти рівномірного навантаження на барабан. Для цього потрібно,

щоб сумарна довжина лез, що одночасно приймають участь у різанні, була постійною на всьому шляху обертання барабана. Цього можна досягти, якщо ножі встановлювати на барабані так, щоб в міру виходу з перероблюваного шару (в межах площини горловини) одного з ножів пропорційно за довжиною леза входив в нього наступний. Довжина дуги розгортки барабана, що припадає на лезо одного ножа (крок гвинтової лінії S) становить (рис. 3.24, б):

$$S = R_6 \varphi = \frac{\pi D_6 \delta}{z} = b \operatorname{tg} \chi, \quad (3.65)$$

де R_6 – радіус барабана, м; φ – кут обхвату ножа, рад.

Звідси

$$D_6 = \frac{bz}{\pi} \operatorname{tg} \chi. \quad (3.66)$$

З міркувань зручності балансування кількість ножів на барабані рекомендується вибирати парною.

Розміщення (вертикальна координата h) горловини відносно осі обертання обумовлюється співвідношенням швидкості подачі v_{Π} перероблюваного шару і лінійною швидкістю лез ножів барабана v_6 , а також товщиною шару (висота горловини a). При подачі перероблюваного матеріалу в квадраті I (рис. 3.28, а) ножі протидіятимуть надходженню матеріалу в барабан, що порушує процес різання. Якщо ж ножі зустрічаються з перероблюваним шаром у квадраті II, то леза ножів сприятимуть проходженню матеріалу в барабан, забезпечуючи ефективні умови роботи різального апарата.

У зв'язку з відміченими явищами в різальних апаратах такого типу живильну горловину доцільно розміщувати нижче осі обертання барабана, робити невеликої висоти і матеріал подавати тонким шаром, а координату h розміщення протирізальної пластини Н.Ю. Резник рекомендує визначати за формулою:

$$h = R_6 \frac{v_{\Pi}}{v_6} + a. \quad (3.67)$$

Кількість ножів та частота обертання різального апарата узгоджуються зі швидкістю подачі і визначаються заданою

продуктивністю (див. рівняння 3.62). При цьому потрібно дотримуватися умови:

$$v_{\pi} = v_b = l_p z n_{\zeta}, \quad (3.68)$$

де v_b – швидкість відведення перероблюваного шару в результаті розрізання його на частки заданої довжини, м/с; l_p – задана довжина січки, м; z – кількість ножів; n_{ζ} – частота обертання різального апарата (барабана), с^{-1} .

Частота обертання барабана, у свою чергу, обумовлюється раціональною швидкістю різання:

$$n_{\zeta} = \frac{v_{\zeta}}{2\pi R_{\zeta}}. \quad (3.69)$$

За даними досліджень швидкість різання рекомендується в межах $v_{\zeta} = 20 - 25$ м/с.

Отже, в барабанних апаратах відносно просто досягти рівномірного навантаження на валу, що дозволяє обходитися без зрівноважувального маховика. Проте спіралеподібна форма ножів спричиняє помітне осьове зусилля на вал, тому виготовлення і експлуатація (заточування) ножів ускладнюється. Необхідність подавати матеріал тонким шаром обмежує продуктивність машини.

3.4.4.3. Аналіз і розрахунок різального апарата дискового типу

Раціональна схема різального апарата повинна забезпечувати защемлення матеріалу по всій ширині горловини (довжині леза ножа), рівномірне навантаження на валу машини та мінімальну енергомісткість процесу подрібнення. Ці умови є визначальними під час вибору і розрахунку параметрів різального апарата. Для дискового варіанту основними з них є (рис. 3.25): координати (горизонтальна s і вертикальна h) розміщення центра обертання ножів відносно горловини, форма леза ножа і величина радіус-векторів на початку $r_{\min}$ та в кінці $r_{\max}$ різання.

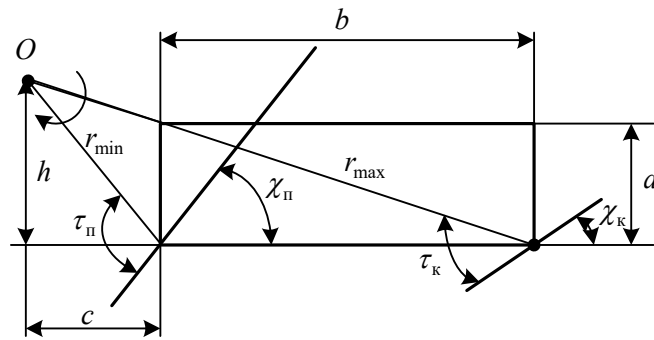


Рис. 3.25. Основні параметри дискового різального апарата

Визначення координат c і h . Положення центра обертання ножів відносно горловини (вертикальна координата h) обумовлюється співвідношення кутів защемлення χ та ковзання τ . З рис. 3.26 легко переконатися, що: у разі розміщення центра O над протирізальною пластиною ($h > 0$) величина кута τ перевищує значення кута χ ; при $h = 0$ (на одному рівні з протирізальною пластиною) $\tau = \chi$; якщо ж центр обертання знаходиться нижче рівня протирізальної пластини ($h < 0$), кут τ буде менший кута χ . Отже, при дотриманні умови защемлення перероблюваного матеріалу між ножом і протирізальною пластиною ($\chi \leq 2\varphi$) максимальних значень кута ковзання і ефективності ковзного різання можна досягти лише при виборі раціонального центра обертання відносно протирізальної пластини:

$$h > 0. \quad (3.70)$$

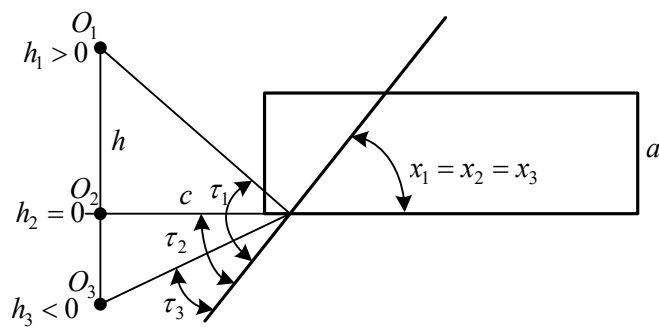


Рис. 3.26. Обґрунтування координат центра обертання дискового апарата

Враховуючи це за рис. 3.29 складемо систему рівнянь:

$$\begin{cases} h = c \operatorname{tg}(\tau_{\text{п}} - \chi_{\text{п}}); \\ h = (c + b) \operatorname{tg}(\tau_{\text{к}} - \chi_{\text{к}}), \end{cases} \quad (3.71)$$

де τ_{Π} і τ_{κ} кут ковзання на початку та в кінці різання; χ_{Π} і χ_{κ} – відповідні значення кута защемлення.

Із системи (3.71) маємо:

$$c = \frac{b \operatorname{tg}(\tau_{\Pi} - \tau_{\kappa})}{\operatorname{tg}(\tau_{\Pi} - \chi_{\Pi}) - \operatorname{tg}(\tau_{\kappa} - \chi_{\kappa})} . \quad (3.72)$$

За виявленими раціональними граничними значеннями кутів τ і χ для початку та кінця різання, можна знайти координати центра обертання c і h , а також величини радіус-векторів:

$$\begin{cases} r_{\min} = \sqrt{h^2 + c^2} \\ r_{\max} = \sqrt{h^2 + (c + b)^2} \end{cases} . \quad (3.73)$$

Обґрунтування форми леза ножа. Саме від форми леза ножа залежить: буде чи не буде постійним навантаження на валу машини.

Момент різання, як відомо, становить:

$$M = Pr, \quad (3.74)$$

де P – зусилля різання, Н; r – радіус-вектор (плече прикладання сили P), м.

У дискових апаратах радіус-вектор є величиною непостійною: поступово зростає від початку до кінця різання. Для забезпечення постійного навантаження на всьому шляху різання від початку до кінця горловини ($M = Pr = \text{const}$) необхідно, щоб зусилля P зменшувалось пропорційно зростанню r . Впливати на величину зусилля P можна:

- зміною величини відрізків l_i леза ножа, що беруть участь у перерізанні матеріалу, або площі F_i шару матеріалу, що пере-різається, за рівновеликі кути провертання ножа. Зрозуміло, що між величинами l_i , F_i та зусиллям P_i існує пряма залежність;
- зміною кута ковзання, що спричиняє величину трансформації кута заточування ножа, а також ефективність ковзної дії останнього. При чому між кутом τ і зусиллям P існує протилежна закономірність.

З цих позицій і проаналізуємо можливі форми леза ножа дискового типу. Найпростіша у конструктивному відношенні прямолінійна форма леза ні в якій мірі не може забезпечити рівномірного заван-

таження від початку до кінця горловини, оскільки (рис. 3.27) при повертанні ножа на рівновеликі кути:

$$\begin{aligned}\Theta_1 &= \Theta_2 = \dots = \Theta_n; \\ l_1 &< l_2 < \dots < l_n; \\ F_1 &< F_2 < \dots < F_n; \\ \tau_1 &> \tau_2 > \dots > \tau_n.\end{aligned}$$

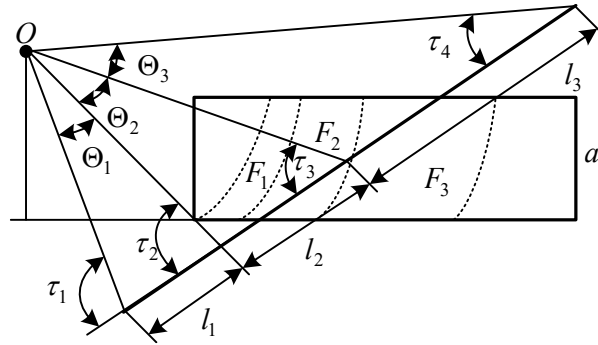


Рис. 3.27. До аналізу форми леза ножа дискового барабана

У результаті цього у міру збільшення радіус-вектора зростає зусилля різання, що призводить до різкого зростання моменту різання, тобто:

$$\begin{aligned}r_1 &< r_2 < \dots < r_n; \\ P_1 &< P_2 < \dots < P_n; \\ M_1 &<< M_2 << \dots << M_n.\end{aligned}$$

Форма леза ножа по дузі спіралі Архімеда має властивість зберігати постійними величини l_i , F_i , τ_i , а також P_i , що при зміні радіус-вектора веде до менш інтенсивного, проте зростання навантаження:

$$M_1 < M_2 < \dots < M_n.$$

Оптимальною формою леза ножа є дуга логарифмічної спіралі, при якій:

$$\begin{aligned}\Theta_1 &= \Theta_2 = \dots = \Theta_n; \\ l_1 &> l_2 > \dots > l_n; \\ F_1 &> F_2 > \dots > F_n; \\ \tau_1 &< \tau_2 < \dots < \tau_n; \\ r_1 &< r_2 < \dots < r_n; \\ P_1 &> P_2 > \dots > P_n.\end{aligned}$$

Причому зусилля P зменшується у тій же мірі, з якою зростає радіус-вектор r і як результат:

$$M_i = P_i r_i = \text{const} . \quad (3.75)$$

Саме таку форму леза мають, наприклад, хірургічні інструменти (скальпель), для яких дуже важливо звести до мінімуму деформацію матеріалу під час різання. Проте оптимальна форма леза ножа по дузі логарифмічної спіралі є досить складною і її практично неможливо зберегти в процесі експлуатації кормоподрібнювачів (при заточуванні ножів). У зв'язку з цим в практиці конструювання машин для кормоприготування перевага надається дисковим апаратам з раціональною формою леза ножа, якою є відрізок дуги ексцентричного кола. Тобто лезо ножа має постійний радіус кривизни, але центри O' радіуса леза ножа і його обертання O зміщені між собою на величину ексцентриситету e (рис. 3.28).

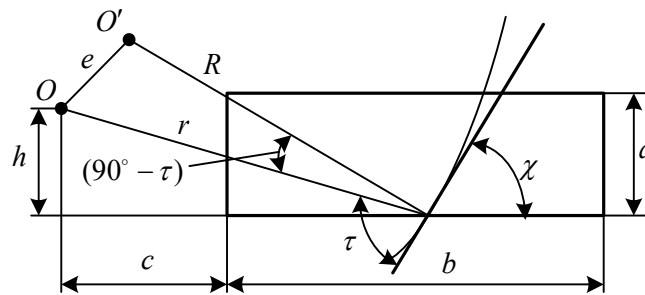


Рис. 3.28. Визначення параметрів e та R

Визначення параметрів і методика побудови. Крім уже проаналізованих загальних параметрів дискового різального апарата (c , h , $r_{\min}$, $r_{\max}$), для варіанту з формою леза ножа по дузі ексцентричного кола слід ще розрахувати величини ексцентриситету e та радіуса R кривої леза ножа. Їх можна знайти за системою рівнянь ексцентричного кола для випадків початку та кінця різання:

$$\begin{cases} e^2 = R^2 + r_{\min}^2 - 2Rr_{\min} \cos(\hat{R}, r_{\min}); \\ e^2 = R^2 + r_{\max}^2 - 2Rr_{\max} \cos(\hat{R}, r_{\max}). \end{cases} \quad (3.76)$$

Приймаючи до уваги, що кут між радіусами R та r дорівнює $(90 - \tau)$, а $\cos(90 - \tau) = \sin \tau$, із системи (3.76) матимемо:

$$R = \frac{r_{\max}^2 - r_{\min}^2}{2(r_{\max} \sin \tau_{\max} - r_{\min} \sin \tau_{\min})}. \quad (3.77)$$

До цього додамо, що згідно з дослідними даними висока ефективність процесу різання досягається раціональним співвідношенням параметрів дискового апарата під час зміни кутів защемлення та ковзання в межах:

$$\chi_{\min} = 20 - 25^\circ; \tau_{\min} = 35 - 40^\circ;$$

$$\chi_{\max} = 45 - 50^\circ; \tau_{\max} = 55 - 60^\circ,$$

а їх різниця

$$\tau_{\min} - \chi_{\min} = 15 - 20^\circ, \tau_{\max} - \chi_{\max} = 5 - 10^\circ.$$

Після визначення всіх необхідних параметрів будують схему різального апарата дискового типу, ножі якого мають форму дуги ексцентричного кола. Будують схему у масштабі 1:1 (це дозволяє, наприклад, виготовляти штамп ножа) у такій послідовності (рис. 3.29):

- наносять розміри горловини, а потім від її початку відкладають координати c та h і знаходять положення центра O обертання ножа;
- з центра O проводять три концентричних кола: одне – радіусом e ; друге, що проходить через найближчий до центра O кут горловини (її початок); третє – через найдавший кут (кінець) горловини;
- розхилом циркуля, що дорівнює величині радіуса R , наприклад, з найближчого до центра O кута горловини роблять засічку на колі радіуса e і таким чином знаходять миттєве положення центра O' кривої ножа відповідно до моменту, коли ніж почне вступати в контакт з перероблюваним матеріалом;
- з центра O' розхилом циркуля, який дорівнює R , проводять дугу в межах пересічень з колами, що проходять через кути початку та кінця горловини. Цей відрізок дуги і є робочою довжиною леза ножа.

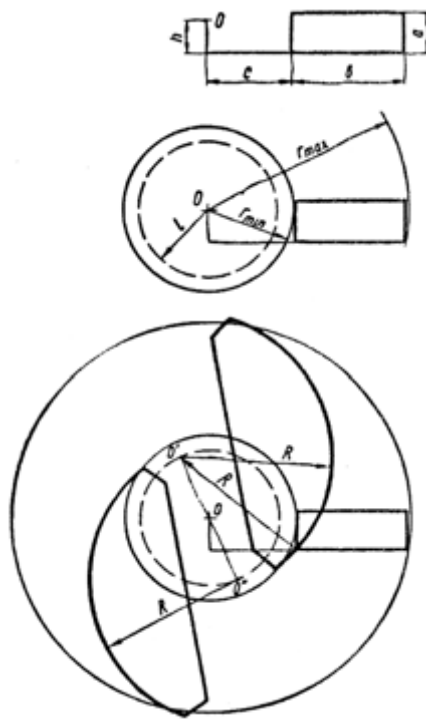


Рис. 3.29. Схема побудови дискового різального апарата, що має форму леза ножа у вигляді дуги ексцентричного кола

Для запасу перекриття (враховуючи знос від заточування ножа в процесі експлуатації) з обох кінців додають по 20–40 мм довжини леза (дещо більше на початку різання). Ширину ножа визначають з конструктивних міркувань, враховуючи особливості кріплення ножа до крилатки, спосіб регулювання кута установки (переднього) тощо.

Щоб спроектувати другий ніж, потрібно на колі радіусом e протилежно O' відкласти положення центра O'' його леза і з цього центра радіусом R провести дугу в тих же межах перетинів з колами, що проходять через кути початку та кінця горловини. Аналогічним чином можна спроектувати апарат з чотирма чи іншою кількістю ножів, поділяючи при цьому коло радіусом e рівномірно і знаходячи відповідну кількість центрів їх кривизни.

Потужність, споживана при різанні, залежить від фізико-механічних властивостей перероблюваного матеріалу, швидкості різання (частота обертання барабана) та довжини леза ножа (ножів), що одночасно перетинає горловину. Загальне зусилля різання P визначають за формулою:

$$P = p_{\pi} L_p, \quad (3.78)$$

де p_n – питоме зусилля, для грубих кормів становить 14–20 кН/м, а для зелених – приблизно на порядок нижче; L_p – довжина леза, що одночасно перетинає горловину і знаходиться у контакті з перероблюваним матеріалом, м:

$$L_p = \frac{a}{\sin \chi}.$$

Тоді потужність, що споживається на різання, становить:

$$N_p = P v_6, \quad (3.79)$$

де v_6 – швидкість леза ножа (барабана), м/с.

3.4.5. Пастоприготувачі

3.4.5.1. Особливості будови

Пастоприготувач складається з живильно-пресувального механізму та подрібнювального апарата. Подача сировини з поступовим ущільненням здійснюється шнеком, крок гвинтової поверхні якого зменшується у напрямку до подрібнювального апарата. Цим і досягається ущільнення перероблюваного матеріалу.

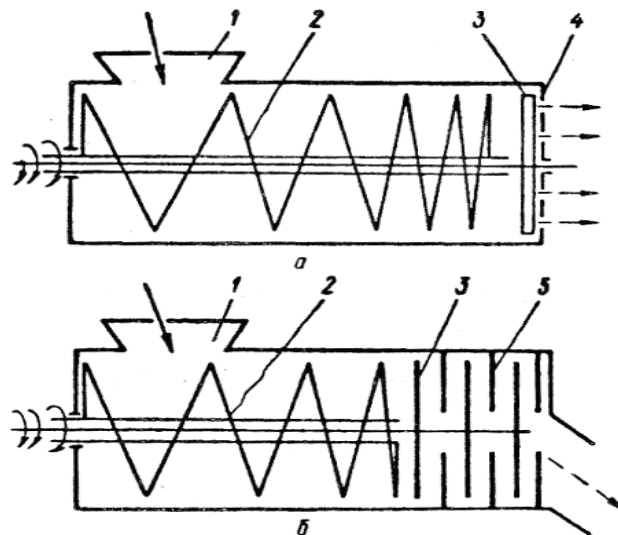


Рис. 3.30. Конструктивно-функціональні схеми пастоприготувачів:
a – одноножевий з рекаттером (решіткою); ***б*** – з багатодисковим різальним апаратом; 1 – завантажувальна горловина; 2 – шнек; 3 – ніж (активний); 4 – решітка (рекаттер); 5 – протирізальні елементи

Пастоприготувачі бувають одно-, дво- або багатоступінчасті. Прикладом одноступінчастого може бути пастоприготувач з активним ножом та решіткою (рекаттером), яка регулює крупність і одночасно є проти-різальною частиною (рис. 3.30, *а*). У багатоступінчастому пастоприготувачі (рис. 3.30, *б*) матеріал послідовно переробляється рядом робочих органів (наприклад, набором активних і пасивних ножів). І в цьому випадку розмір часток продукту визначається, перш за все, встановленою кількістю подрібнювальних робочих органів.

3.4.5.2. Розрахунок основних параметрів

Пропускна здатність подрібнювального апарата визначається подачею живильного шнека за формулою:

$$Q = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} S_{\text{ш}} n_{\text{ш}} \gamma_{\text{ущ}} \beta, \quad (3.80)$$

де D – діаметр шнека, м; d – діаметр вала шнека, м; $S_{\text{ш}}$ – крок гвинтової поверхні шнека у зоні ущільнення (безпосередньо перед різальним апаратом), м; $n_{\text{ш}}$ – частота обертання шнека, с^{-1} ; $\gamma_{\text{ущ}}$ – об’ємна маса ущільненого матеріалу, кг/м^3 . Для стеблових кормів зростає в 3–4 рази порівняно з об’ємною масою вихідної сировини; β – коефіцієнт використання (заповнення) робочого простору шнека, $\beta = 0,9 - 0,95$.

Для ефективного використання подрібнювальної (різальної) здатності ножів і можливості концентричного розміщення валів (шнека та різального апарата) рекомендується приймати

$$d = (0,3 \dots 0,4) D.$$

Крок гвинтової поверхні шнека залежить від кута її підймання. У зоні пресування величину цього кута доцільно витримувати в межах $\alpha_{\text{ш}} = 10 - 20^\circ$. Тоді

$$S_{\text{ш}} = \pi D \operatorname{tg} \alpha_{\text{ш}}. \quad (3.81)$$

Частота обертання шнека визначається з умови, щоб швидкість подачі сировини дорівнювала швидкості відведення продукту в результаті розрізання матеріалу на частки заданої довжини, тобто:

$$S_{\text{ш}} n_{\text{ш}} = l_p z_{\text{н}} n_p, \quad (3.82)$$

де l_p – задана довжина часток корму, м; $z_{\text{н}}$ – кількість робочих лез встановлених ножів; n_p – частота обертання вала різального апарата.

Для підвищення подрібнювальної здатності пастоприготувача, не збільшуючи діаметра камери різання, частоту обертання його різального апарата підвищують в 10–12 разів проти частоти обертання шнека. З тією ж метою в одноступінчастих варіантах доцільно збільшувати до конструктивно можливих меж площу живого перерізу решітки (рекаттера).

З рівняння (3.82) видно, що кількість ножів (лез) та частота їх обертання узгоджуються між собою і залежать від заданої крупності продукту:

$$z_{\text{н}} = \frac{S_{\text{ш}} n_{\text{ш}}}{l_p n_p}. \quad (3.83)$$

Приймаючи до уваги викладені положення та рекомендації, а також задану продуктивність пастоприготувача, визначають необхідний діаметр шнека:

$$D = 1,2 \sqrt{\frac{Q}{l_p z_{\text{н}} n_p \gamma_{\text{ущ}} \beta}} \quad \text{або} \quad (3.84)$$

$$D = 1,2 \sqrt{\frac{Q}{S_{\text{ш}} n_{\text{ш}} \gamma_{\text{ущ}} \beta}}. \quad (3.85)$$

Потужність $N_{\text{под}}$ (кВт), що споживається на переробку матеріалу в подрібнювальному апараті, визначається за формулою:

$$N_{\text{под}} = Q \cdot q_{\text{под}},$$

де $q_{\text{под}}$ – питома енергомісткість, кДж/кг. Залежить від виду перероблюваного матеріалу та ступеня його подрібнення. Для зелених та силосованих кормів у разі переробки їх на частки розміром $l_p = 3\text{--}8$ мм, $q_{\text{под}} = 8\text{--}10$ кДж/кг.

3.4.6. Штифтові подрібнювачі

3.4.6.1. Особливості конструкції і роботи

Подрібнювальний апарат штифтового подрібнювача складається з камери, робоча поверхня якої утворена концентрично розміщеними рядами нерухомих штифтів та ротора (дисмембратор). На роторі, в свою чергу, встановлені концентричними рядами рухомі штифти та розвантажувальні лопатки. Рухомі штифти в процесі роботи переміщуються в зазорах між рядами нерухомих штифтів камери.

Варіант подрібнювача коли штифти розміщені концентричними рядами на двох роторах, що обертаються назустріч один одному, називається дезінтегратор. В цьому випадку швидкості дії (ударів) робочих органів підвищуються:

$$v_y = v_1 + v_2,$$

де v_y – швидкість удару штифта по перероблюваному матеріалу, v_1 і v_2 – лінійна швидкість штифта відповідно одного і другого роторів, що мають зустрічний рух.

Завдяки цьому процес подрібнення відбувається інтенсивніше. Проте таке технічне рішення має значно складнішу конструкцію, особливо приводу.

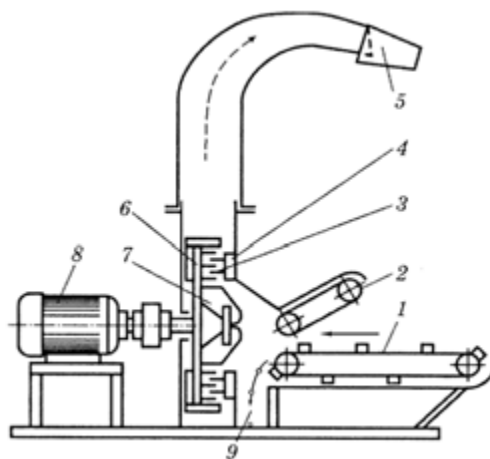


Рис. 3.31. Конструктивно-функціональна схема подрібнювача:

1 – горизонтальний транспортер; 2 – похилий транспортер; 3 – штифти; 4 – нерухомий диск; 5 – дефлектор; 6 – рухомий диск; 7 – лопаті вентилятора; 8 – електропривод; 9 – уловлювач важких включень

Подрібнення відбувається в результаті розбивання, розривання і перетирання стебел соломи (сіна), які розділяються на частки впоперек і розщеплюються вздовж волокон.

Одержана після такої обробки січка має широко розвинуту поверхню, легко змочується слиною, розчинами або парою, добре поїдається тваринами. Проте, в разі підвищення вологості, стеблові матеріали втрачають крихкість, важче піддаються розриванню та перетиранню, тому ефективність роботи подрібнювача різко знижується. У випадку вологості сировини більше 25–28 % подрібнювач взагалі втрачає здатність переробляти корми, оскільки стебла намотуються на штифти і апарат забивається. Розмір часток продукту знаходиться в межах 10–70 мм.

3.4.6.2. Визначення параметрів

Пропонуємо свій спосіб визначення параметрів. За аналогією з машинами ударної дії (наприклад, молоткові подрібнювачі) продуктивність Q , кг/с штифтового апарата можна виразити через питому пропускну здатність $Q_{\text{пит}}$, кг/с·м²:

$$Q = Q_{\text{пит}} D_1 L, \quad (3.86)$$

де D_1 і L – діаметр та ширина подрібнювальної камери (рис. 3.32), м.

На основі аналізу конструктивних параметрів і даних випробувань подрібнювача грубих кормів із штифтовим апаратом можна рекомендувати $Q_{\text{пит}} = 12\text{--}20$ кг/с·м². Відношення розмірів робочої камери:

$$K = \frac{D_1}{L}, \quad (3.87)$$

доцільно вибирати K в межах 6–10.

Тоді з (3.86):

$$D_1 = \sqrt{\frac{KQ}{Q_{\text{пит}}}}. \quad (3.88)$$

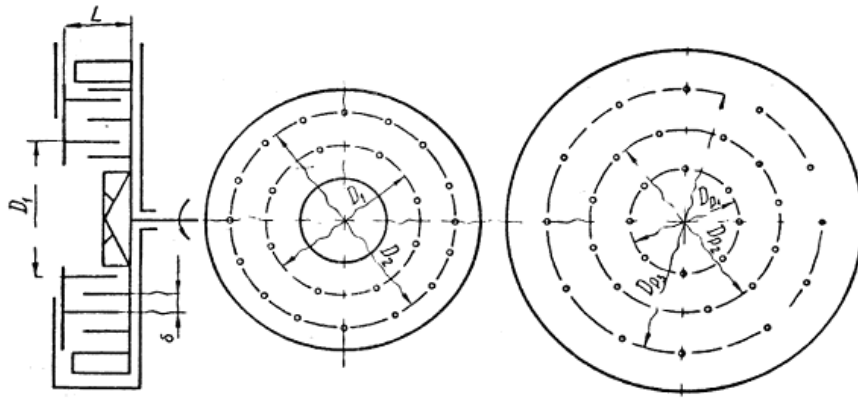


Рис. 3.32. Визначення розміщення штифтів: а – подібнювальний апарат; б – схема розміщення нерухомих штифтів; в – схема розміщення штифтів на роторі

Оскільки штифти ротора переміщуються між рядами нерухомих штифтів боковини камери, а їх взаємодія зі стеблами перероблюваного матеріалу відбувається за схемою двоопорного навантаження, відстань між сусідніми рядами штифтів δ (рухомих та нерухомих) слід узгоджувати із заданою крупністю продукту:

$$\delta \approx l_c,$$

де l_c – середня довжина січки, м. Обумовлюється зоотехнічними вимогами.

Відповідно до цієї умови відстань між сусідніми рядами рухомих (на роторі) чи нерухомих (на боковому диску) штифтів дорівнюватиме:

$$\frac{D_2 - D_1}{2} = \frac{D_{p2} - D_{p1}}{2} = \frac{D_{p3} - D_{p2}}{2} = 2\delta, \quad (3.89)$$

де D_1 і D_2 – діаметр камери відповідно по першому та другому рядах штифтів, м; D_{p1} , D_{p2} , D_{p3} – діаметр ротора відповідно по першому, другому та третьому рядах штифтів, м.

Кількість штифтів на роторі визначають залежно від заданої крупності продукту, виходячи з умови, що швидкість подачі v_n матеріалу в зону переробки

$$v_{\Pi} = \omega R = \pi D n$$

і дорівнює швидкості його видалення v_v в результаті подрібнення на частки заданої довжини l_c :

$$v_B = l_c z n.$$

Звідси

$$z = \frac{\pi D}{l_c}, \quad (3.90)$$

де z – загальна кількість рухомих штифтів; ω і n – колова швидкість та частота обертання ротора; D – середній діаметр робочої камери, м.

Штифти на роторі можна розміщувати в один, два чи кілька концентричних рядів. Якщо рухомих штифтів більше одного, тоді кількість рядів нерухомих штифтів приймають:

$$i_n = i_p - 1$$

де i_n – кількість рядів нерухомих штифтів; i_p – кількість рядів рухомих штифтів.

При цьому нерухомі штифти розміщуються між рухомими (рис. 3.32). Щоб інтенсивно зростав ступінь подрібнення перероблюваного матеріалу, кількість штифтів у рядах на роторі збільшують від середини до периферії, а в рядах нерухомих штифтів їх кількість приймають як середню величину від кількості рухомих штифтів перед і за ними.

Потужність привода $N_{пр}$ (кВт) ротора можна визначати через питому енергомісткість процесу:

$$N_{пр} = Q q.$$

За даними випробувань штифтових подрібнювачів, їх питома енергомісткість знаходиться в межах $q = 6 - 12$ кВт · год/т.

3.5. Молоткові подрібнювачі

3.5.1. Будова та принцип дії

Молоткові подрібнювачі – це машини ударної дії, які мають такі позитивні ознаки: широка універсальність, простота конструкції і експлуатації, висока надійність у роботі, компактність будови, швидкохідність робочих органів, що спрощує трансмісію (дозволяє безпосередньо з'єднувати вал барабана з валом електродвигуна) і обумовлює високу продуктивність, пристосованість до автоматизації

керування технологічним процесом. Завдяки цьому вони поширені в багатьох галузях народного господарства.

Молоткові подрібнювачі різного призначення і різних конструктивних рішень набули значного розповсюдження в сільському господарстві і комбікормовій промисловості. Крім широкої номенклатури і типорозмірів самостійних подрібнювачів як складові технологічні елементи молоткові апарати часто входять також до структури комбінованих агрегатів для приготування кормових сумішок, комбікормових цехів і агрегатів та ін. Проте комбіновані агрегати будуть розглянуті окремо у відповідних главах підручника, а в цій главі обмежимося деякими типовими зразками молоткових подрібнювачів (дробарок) як самостійних машин.

3.5.2. Класифікація і оцінка

За призначенням молоткові подрібнювачі можна поділити на три групи:

- спеціальні, що переробляють конкретні види кормової сировини, близькі між собою за фізико-механічними властивостями, умовами завантаження, а також регулюванням якості та характеристиками продукту. До них відносяться, наприклад, дробарка для подрібнення зерна, мінеральних добавок тощо;
- універсальні – можуть переробляти матеріали, що суттєво розрізняються за своїми властивостями (наприклад, сипкі та стеблові, сухі і вологі або соковиті) і характеристиками продуктів подрібнення (борошно, січка, паста), а отже і умовами подачі сировини, видалення продуктів подрібнення;
- комбіновані, що суміщають власне подрібнення з іншими технологічними процесами. Частіше за все це можуть бути, наприклад, подрібнювачі-змішувачі.

За конструктивним виконанням молоткові подрібнювачі бувають (рис 3.48) відкритого і закритого типів, з периферійною і центральною (осьовою) подачами сировини в робочу камеру, з пристроєм для попереднього деформування або подрібнення сировини і без нього, з

горизонтальним і вертикальним розміщенням барабана, із шарнірно підвішеними робочими органами (молотки) на барабані та з жорстким їх кріпленням, з циліндричними і боковими решетами, а також без решітні, з вихровою камерою або без неї. Розрізняються подрібнювачі і за кількістю барабанів (бувають одно- та двобарабанні), організацією повітряного потоку (замкнута, напівзамкнута та відкрита-системи циркуляції повітря), видаленням продуктів подрібнення (пневмо- або механічним транспортером, самопливом тощо).

Узагальнення матеріалів науково-технічної інформації, а також порівняльний аналіз техніко-економічних показників та ознак кращих зразків вітчизняних і зарубіжних подрібнювачів дають змогу сформулювати основні принципи розробки раціональних конструктивно-технологічних схем молоткових подрібнювачів і рекомендації щодо їх ефективного використання.

Так, універсальні та комбіновані машини, на перший погляд, мають суттєві переваги над спеціальними, оскільки здатні забезпечувати ширше коло робіт і, цим самим, скорочують потреби в номенклатурі машин. Проте їх економічна ефективність і, що головне, якість роботи не завжди рівнозначні і часто поступаються відповідним показникам спеціальних машин іншого типу. Виходячи з цього слід зазначити, що молоткові подрібнювачі доцільно застосовувати переважно для переробки сухих кормів (фуражного зерна, стеблових матеріалів тощо). До того ж додамо, що для подрібнення, наприклад, грубих кормів на борошно з метою їх використання в раціонах свиней чи птиці взагалі практично немає іншого вибору, крім молоткових подрібнювачів.

При розробці конструктивно-технологічної схеми молоткових подрібнювачів одним з першочергових питань є вибір способу подачі вихідного матеріалу в робочу камеру.

Порівняння способів подачі сировини в робочу камеру свідчить, що:

- центральна подача в більшій мірі сприяє затягуванню сировини в камеру подрібнювання і дозволяє збільшити площу сепарувальної поверхні (до 360° кута обхвату камери);

- периферійна подача відзначається рівномірнішим розподілом навантаження по ширині подрібнювальної камери, що зумовлює рівномірніше навантаження і спрацювання робочих органів і в кінцевому підсумку підвищення їх довговічності; високою ефективністю первинних ударів молотків; більшою рівномірністю гранулометричного складу продукту і вищим ступенем подрібнення перероблюваного матеріалу; кращою організацією і рівномірністю повітряного режиму в робочій камері та зарешітному просторі; меншими енергозатратами на вентиляційну дію молоткового барабана; можливостями переробки стеблових та шматкових матеріалів без попереднього різання, а також конструювання подрібнювачів відкритого типу (безрешітних, комбінованих).

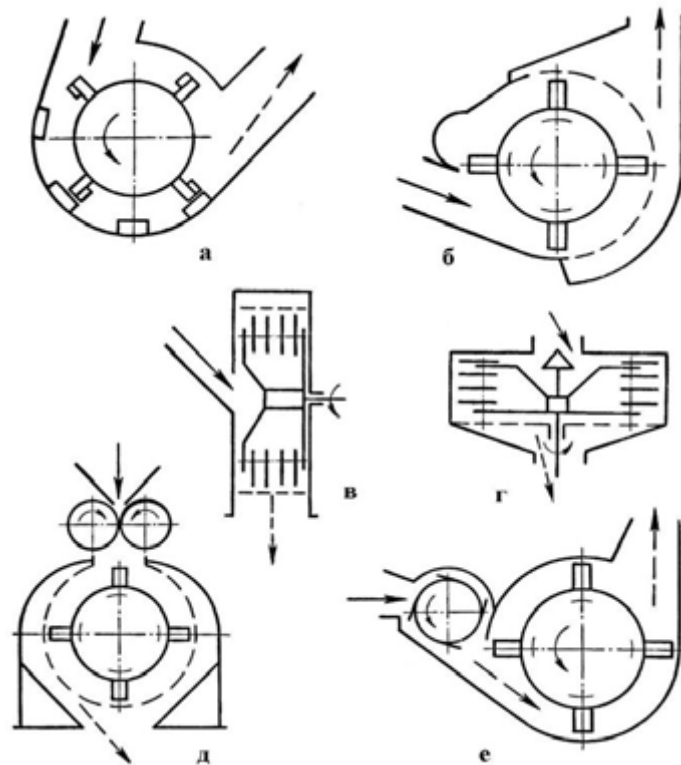


Рис. 3.48. Типи молоткових подрібнювачів: а, е – відкритого типу; б, в, г, д – закритого типу; а, б, д, е –периферійна подача; в, г – центральна подача; д, е – з пристроєм для попередньої обробки сировини; а, б, в, д, е – з горизонтальним розміщенням барабана; г – з верти-кальним розміщенням барабана; б – з вихровою камерою; а – з жорстким кріпленням робочих органів; б, в, г, д, е – з шарнірними молотками; а, е – безрешітні; б, в, д – з циліндричними решетами; г – з боковим решетом

Відкритий варіант виконання робочої камери (вільний вихід продуктів з камери в кінці зони переробки) порівняно із закритим (вихід продукту з камери здійснюється крізь сепарувальну поверхню) відзначається більшою продуктивністю і меншими енерго- та металомісткістю процесу, проте поступається йому щодо якості подрібнення. Зокрема, при однаковій крупності продукти подрібнення мають значно гіршу рівномірність фракційного складу. Крім того, відкритий варіант не забезпечує переробку на борошно грубих кормів. Відкрите виконання робочої камери, в свою чергу, передбачає прямоточний і рециркуляційний варіанти переробки кормів. У першому випадку продукти переробки не проходять класифікації (розділення на фракції); у другому – після проміжної класифікації недоподрібнені фракції продукту повертаються на повторну переробку. Останнє в певній мірі поліпшує рівномірність подрібнення кормів, але помітно ускладнює технологічний процес.

Пристрої для попередньої обробки сировини застосовуються в першу чергу для зниження енергомісткості процесу подрібнення, в тому разі, якщо на попередньому етапі використовують раціональніший спосіб обробки (наприклад, різання) порівняно з подрібненням молотками. В ряді випадків ці пристрої сприяють подачі сировини в робочу камеру, а отже, і переробці наприклад стеблових або крупно шматкових матеріалів. Але такий варіант значно ускладнює технологічний процес переробки і конструкцію обладнання.

Шарнірне підвішування молотків значно збільшує їх надійність і довговічність, усуває можливість заклинювання. У разі периферійної подачі вихрові камери чи інші пристрої перед завантажувальною горловиною (за ходом обертання молоткового барабана) організують повітряний режим і цим самим полегшують надходження сировини в робочу камеру, запобігають зворотному руху матеріалу в завантажувальній горловині, підвищують ефективність ударної дії молотків, сприяють просіюванню продукту крізь решітну поверхню.

3.5.3. Раціональні принципи розробки молоткових дробарок

При розробці конструктивно-функціональної схеми молоткового подрібнювача для переробки сухих кормів на борошно слід дотримуватися таких раціональних ознак (принципів):

- застосовувати периферійну подачу сировини, за якої простір подрібнювальної камери і робочі органи (молотки, решета) завантажені рівномірніше і використовуються повноцінніше, в результаті чого підвищується ефективність технологічного процесу і довговічність самої машини;
- віддавати перевагу решітним (в закритому чи комбінованому виконанні робочої камери), які забезпечують значно кращу якість (рівномірність фракційного складу) продуктів подрібнення, а в закритому варіанті – ще й можливість переробки стеблових кормів на борошно;
- розміщувати завантажувальну горловину зверху робочої камери, біля її вертикальної осі симетрії. В цьому разі гравітаційні сили сприятимуть надходженню вихідного матеріалу не тільки до камери подрібнення, а й під робочі органи. Експериментальні дані підтверджують, що верхня (вертикальна чи близька до неї) подача сировини є найбільш раціональною щодо ефективності подрібнення, забезпечує максимальну руйнівну дію первинних ударів молотків у момент надходження матеріалу в робочу камеру. Дані швидкісної кінозйомки технологічного процесу свідчать, що ефективність первинних ударів найвища при переробці крупностеблових та кускових кормів;
- передбачати заходи й рішення, які сприяли б рівномірному розподілу навантаження по ширині робочої камери. Щоб знизити осьове зміщення перероблюваного шару від середини до бокових стінок і підвищити рівномірність використання робочого простору камери подрібнення, доцільно: зменшувати бокові зазори між молотками і стінками камери; розміщувати робочі органи на барабані за раціональними схемами, при яких утворюються гвинтові поверхні, що симетрично сходяться на середині барабана; знижувати щільність

робочих органів на барабані (відношення загальної товщини молотків до ширини камери подрібнення); збільшувати діаметр проміжних дисків молоткового барабана;

- для підвищення пропускної здатності дробарки і рівномірності фракційного складу продуктів подрібнення (завдяки їх своєчасному видаленню з робочої камери) необхідно збільшувати загальну площу сепаруючих поверхонь, зокрема, за рахунок кута α_p обхвату робочої камери решетом. Дані експериментальних досліджень показують, що незалежно від способу подачі сировини в камеру подрібнення та виду перероблюваного матеріалу із збільшенням α_p продуктивність дробарки зростає, а енергоємність процесу зменшується. В результаті цього при рівних швидкостях молотків незначно підвищується крупність продукту, а в міру їх збільшення помітно знижується інтенсивність зміни модуля помелу;

- передбачати перед завантажувальною горловиною (за ходом обертання молоткового барабана) вихрові, або відбиваючі пристрої, що підсилюють радіальні потоки повітря в робочій камері і цим сприяють інтенсифікації технологічного процесу;

- організовувати вихід продуктів подрібнення із-за решітного простору в кінці (за ходом обертання молоткового барабана) решітної поверхні, розміщуючи вивантажувальний патрубок унизу зарешітного простору: при обертанні молоткового барабана за годинниковою стрілкою – в третій четверті, а в протилежному напрямку – в четвертій. При цьому як у робочій камері, так і в зарешітному просторі не буде зустрічних потоків, а гравітаційні сили запобігатимуть осіданню продукту в зарешітному просторі і сприятимуть його видаленню;

- забезпечувати наскрізне вентилявання зарешітного простору, передбачаючи на початку його (тобто в зоні, найбільш віддаленій від вивантажувального патрубку) пристрій для надходження повітря, що створює сприятливі умови для сепарації продуктів подрібнення, запобігає заторам у зарешітному просторі. Для продування останнього доцільно використовувати відпрацьоване повітря з циклона, що дає змогу, крім того, здійснити замкнутий цикл руху повітря в дробарках з периферійною подачею.

Як приклад на рис. 3.49 показана конструктивно-технологічна схема молоткової кормодробарки, в якій враховані наведені раціональні принципи.

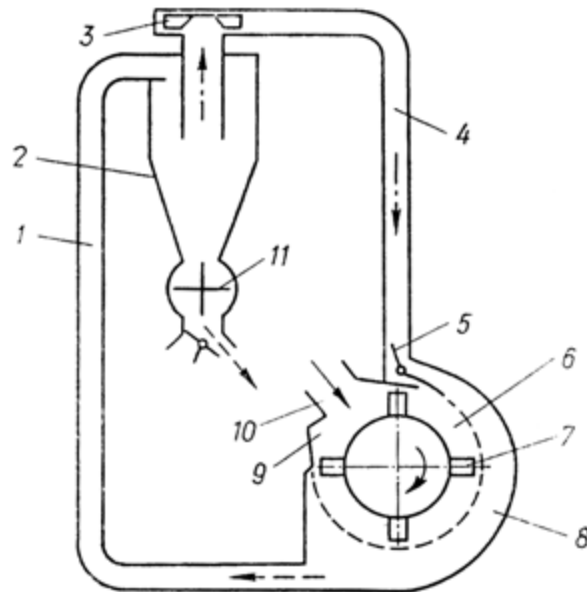


Рис. 3.49. Раціональна конструктивно-технологічна схема молоткової кормодробарки:

1 – трубопровід для відведення продуктів подрібнення; 2 – циклон; 3 – вентилятор; 4 – зворотний трубопровід; 5 – регулювальна заслінка; 6 – камера подрібнення; 7 – молотковий барабан; 8 – зарешітний простір; 9 – вихрова камера; 10 – завантажувальна горловина; 11 – шлюзовий затвор

3.5.4. Визначення основних параметрів

3.5.4.1. Живильник

Подача живильника узгоджується з пропускною здатністю (продуктивністю) Q подрібнювача і описується рівнянням:

$$Q = \varepsilon abv_{\text{п}}\gamma, \quad (3.92)$$

де ε – коефіцієнт, що враховує ступінь заповнення завантажувальної горловини і можливу нерівномірність шару сировини, що подається в робочу камеру, $\varepsilon = 0,85$; a, b – розміри (висота і ширина) завантажувальної горловини, м; $v_{\text{п}}$ – швидкість подачі сировини, м/с; γ – об’ємна щільність перероблюваного матеріалу, кг/м³.

Для бункерного живильника сипких матеріалів самопливна подача можлива у випадку нахилу стінок під кутом α , більшим за кут зовнішнього тертя φ перероблюваного матеріалу, тобто:

$$\alpha > \varphi.$$

У цьому разі рівняння руху матеріалу по похилій стінці бункера визначається за принципом Даламбера (рис. 3.50):

$$mg \sin \alpha - f mg \cos \alpha = m \frac{dv}{dt},$$

де m – маса тіла; g – прискорення сили тяжіння; f – коефіцієнт тертя матеріалу по стінці бункера; v – швидкість переміщення матеріалу; t – час.

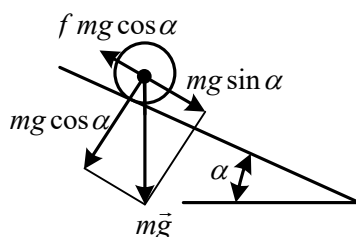


Рис. 3.50. Схема сил, що діють на сировину при її переміщенні похилою стінкою бункера-живильника

Звідси можна визначити швидкість руху матеріалу, яка у загальному вигляді матиме вигляд:

$$v = g \cos \alpha (\operatorname{tg} \alpha - f) t + c,$$

де c – постійна інтегрування.

Для початкового моменту $t = 0$, $v = 0$, постійна $c = 0$. Тоді:

$$v = gt (\operatorname{tg} \alpha - f) \cos \alpha. \quad (3.93)$$

Залежно від розміщення завантажувального бункера відносно камери подрібнювання швидкість переміщення v матеріалу по похилій стінці бункера може:

- збігатися за напрямком із швидкістю подачі v_{Π} сировини в робочу камеру (за умови, коли похила стінка бункера перпендикулярна до площини завантажувальної горловини). Тоді:

$$v_{\Pi} = v;$$

- утворювати певний кут β відносно швидкості подачі v_{π} (коли похила стінка бункера розміщена під кутом β до площини завантажувальної горловини камери подрібнення). Тоді

$$v_{\pi} = v \cos \beta.$$

Таким чином, швидкість самопливної подачі перероблюваного матеріалу в камеру подрібнення обумовлюється його властивостями (коефіцієнтом та кутом зовнішнього тертя), а також розміщенням бункера-живильника відносно камери (кут β). У цьому випадку робочий переріз горловини ($a \cdot b$) при заданій продуктивності подрібнювача становить:

$$ab = \frac{Q}{\varepsilon v_i \gamma}. \quad (3.94)$$

У разі периферійної подачі ширину завантажувальної горловини приймають рівною ширині робочої камери L , а за формулою (3.94) визначають мінімально допустиму висоту горловини.

3.5.4.2. Робоча камера і молотковий барабан

Розміри робочої камери (діаметр D та ширину L) визначають через питому подачу Q' залежно від заданої продуктивності молоткового подрібнювача Q :

$$D = \sqrt{\frac{KQ}{Q'}}, \quad (3.95)$$

де K – відношення діаметра до ширини камери:

$$K = \frac{D}{L}.$$

Це відношення в першу чергу залежить від способу подачі (центральної, периферійної) сировини в камеру подрібнення. У подрібнювачах з периферійною подачею, де сировина відносно рівномірно розподіляється по ширині робочої камери, рекомендується вибирати $K = 0,8-1,5$. Такий подрібнювач має молотковий барабан і за класифікацією С.В. Мельникова відноситься до першого типу (рис. 3.51), що має істотні динамічні переваги. Завдяки цьому осьовий

момент інерції барабана відносно невеликий. Він порівняно легко піддається динамічному зрівноваженню, оскільки має майже рівновісний еліпсоїд інерції, близький за формулою до кулі, і для такого барабана достатньо забезпечити лише статичне зрівноваження. Проте в конструктивному відношенні барабани першого типу є більш металомісткими.

Під час центральної подачі перероблюваний матеріал розподіляється дуже нерівномірно по ширині камери (рис. 3.52). Тому рекомендується приймати $K = 4-7$. У таких подрібнювачах використовуються барабани другого типу. Пакети молотків віддалені від осі обертання барабана на значну відстань, що спричиняє збільшення осьових моментів інерції. Такі барабани мають двовісні еліпсоїди інерції, сплюснуті у площині обертання. У конструктивному відношенні такі барабани менш металомісткі, але потребують ретельного балансування.

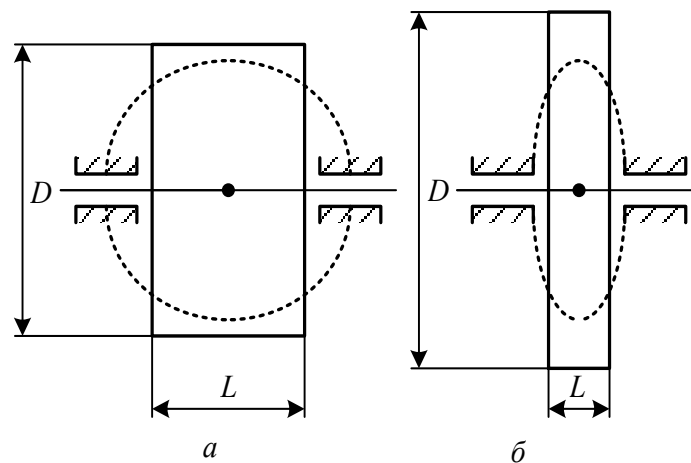


Рис. 3.51. Типи барабанів молоткових дробарок: *a* – першого типу (зрівноважений); *б* – другого типу (не зрівноважений)

Питома подача Q' , кг/с м², молоткового подрібнювача закритого типу – величина, пропорційна довжині l_p або куту обхвату α_p решітної поверхні робочої камери, сівкості J цієї поверхні та щільності $\gamma_{ш}$ перероблюваного шару; обернено пропорційна діаметру D робочої камери:

$$Q' = \begin{cases} \frac{l_p}{D} I \gamma_{ш}; \\ \pi I \alpha_{ш} \gamma_c; \\ \frac{\pi \alpha_p}{360} I \gamma_{ш}, \end{cases} \quad (3.96)$$

де $\alpha_{ш}$ – коефіцієнт пропорційності (відношення швидкості перероблюваного шару до швидкості молотків). За експериментальними даними при переробці фуражного зерна $\alpha_{ш} = 0,3–0,5$, при подрібненні грубих кормів $\alpha_{ш} = 0,2–0,4$; γ_c – об’ємна щільність перероблюваного матеріалу.

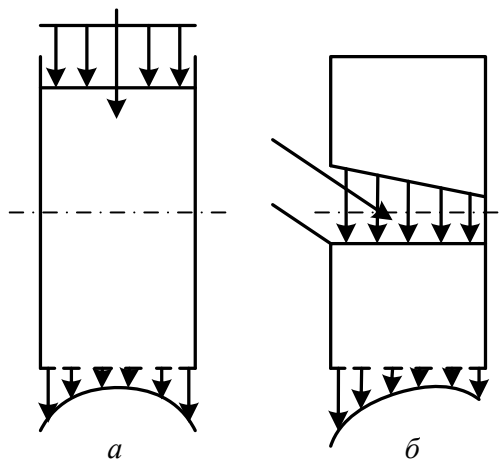


Рис. 3.52. Діаграми розподілу сировини та продуктів подрібнення по ширині робочої камери дробарки при периферійній (а) та центральній (б) подачах

У свою чергу параметр J має фізичну суть швидкості, характеризує інтенсивність просівання продуктів крізь решітну поверхню і описується рівнянням:

$$J = (1 - f_p) d_o^2 i_o v_r (1 - 0,215 \cos \psi), \quad (3.97)$$

де f_p – коефіцієнт, що характеризує умови сепарації продукту, тобто враховує опір середовища і самої решітної поверхні просіванню часток, ступінь заповнення площі живого перерізу сепарувальної поверхні. За нашими даними, для фуражного зерна $f_p = 0,997–0,998$, для грубих кормів $f_p = 0,98–0,99$; d_o – діаметр отворів решітної поверхні, м; i_o – кількість отворів на одиниці площини решітної поверхні, $1/\text{м}^2$; v_r – радіальна складова швидкості перероблюваного шару, м/с:

$$v_r = v_a \cos \psi,$$

де v_a – абсолютна швидкість переміщення продукту в зоні решітної поверхні. Для визначення середнього значення можна користуватися відношенням:

$$v_a = \alpha_{\text{ш}} v_{\text{м}},$$

де $v_{\text{м}}$ – робоча швидкість молотків, м/с; ψ – кут між напрямком v_a і радіусом робочої камери. При $v_{\text{м}} = 60 - 100$ м/с кут $\psi = 80 - 85^\circ$.

Щільність перероблюваного шару $\gamma_{\text{ш}}$, що знаходиться в камері подрібнення, залежить від щільності вихідного матеріалу γ_0 та кута обхвату α_p робочої камери решітною поверхнею:

$$\gamma_{\text{ш}} = \frac{360}{\alpha_p} \alpha_{\text{ш}} \gamma_c. \quad (3.98)$$

Аналіз техніко економічних показників молоткових дробарок свідчить, що в сучасних машинах питома подача знаходиться в межах: $Q' = 2 - 5$ кг/с м² при подрібненні фуражного зерна і $Q' = 0,5 - 2$ кг/с · м² при переробці грубих кормів.

Відповідно до розмірів камери подрібнення визначають діаметр D_6 і довжину L_6 барабана: (рис. 3.53):

$$D_6 = D - 2\Delta R;$$

$$L_6 = L - 2\Delta L,$$

де ΔR – величина радіального зазору між кільцями молотків і поверхнею робочої камери; ΔL – величина бокових зазорів від площини крайніх молотків до стінок камери.

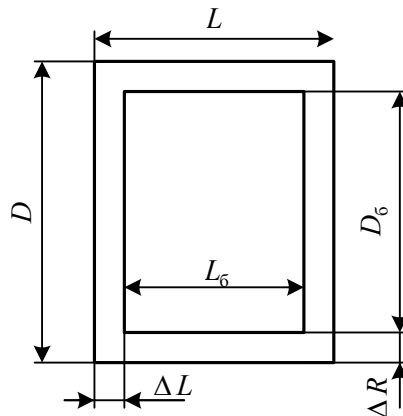


Рис. 3.53. До визначення розмірів молоткового барабана

Для підвищення інтенсивності подрібнення радіальні зазори у зоні дек доцільно зводити до мінімуму $\Delta R_{\min}$, який визначається умовою безпечної роботи (кінці молотків не повинні торкатися поверхні камери):

$$\Delta R_{\min} = \left(\sqrt{l_1^2 + \frac{b_M^2}{4}} - l_1 \right) + e_0,$$

де l_1 – відстань від осі підвісу до кінця молотка; b_M – ширина молотка; e_0 – допуск на неточність розмірів (для прямокутних молотків без ступінчастих кінців $e_0 = 1-2$ мм, із ступінчастими кінцями $e_0 = 0$).

У зоні решітної поверхні раціональна величина радіального зазору з умови підвищення пропускної здатності цієї поверхні (поліпшення умов просівання продукту) рекомендується в межах: $\Delta R = 8 - 20$ мм. Бокові зазори необхідно зводити до конструктивно можливого мінімуму (2–5 мм), щоб зменшити нагромадження перероблюваного шару біля бокових стінок камери.

Робоча поверхня камери подрібнення складається з дек та решіт. Функції цих конструктивних елементів у технологічному процесі неоднакові. Якщо деки націлені тільки на максимальне подрібнення матеріалу, то решітна поверхня повинна забезпечити своєчасне видалення кінцевого продукту з робочої камери і сприяти переробці матеріалу. Оскільки в закритих варіантах подрібнювачів на максимально ефективному рівні підвищення швидкості молотків продуктивність установки обумовлюється пропускною здатністю сепарувальної поверхні, то згідно з рівнянням (3.96) кут обхвату камери решітною поверхнею завжди доцільно збільшувати до конструктивно можливих меж.

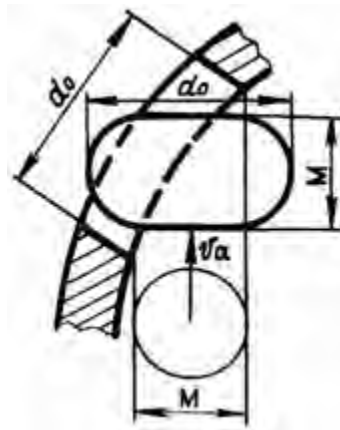


Рис. 3.54. Схема до просіювання продукту і визначення розміру отворів решета

Розмір отворів решітної поверхні визначають відповідно до заданої крупності продукту M (рис. 3.54):

$$d_0 = \frac{M}{\beta_p}, \quad (3.99)$$

де β_p – коефіцієнт пропорційності:

$$\beta_p = \cos \psi.$$

3.5.4.3. Молотки

Розміри молотка визначають на основі теорії ексцентричного удару, виходячи з умови, щоб реакція від ударних імпульсів не передавалася на вісь підвісу молотка. При цьому допускається, що удари наносяться зовнішнім кінцем молотка, а центр удару знаходиться на перетині повздовжньої осі молотка з його зовнішньою гранню. Тоді для суміщення центра коливання молотка з центром удару необхідно, щоб:

$$\rho^2 = cl_1, \quad (3.100)$$

тобто квадрат радіуса інерції ρ молотка відносно осі підвісу дорівнював добутку відстаней від цієї осі до центра маси c та до кінця l_1 молотка.

Відстань c для пластинчастих молотків прямокутної форми з одним отвором діаметром d визначається за формулою:

$$c = \frac{a_M^2 + b_M^2}{6a_M}, \quad (3.101)$$

а для молотків з двома отворами –

$$c = \sqrt{\frac{A^2}{4} + B} - \frac{A}{2}, \quad (3.102)$$

де a_M, b_M – відповідно довжина та ширина молотка, м;

$$A = \frac{a_M^2 b_M}{\pi d^2} - \frac{a_M}{2}; \quad B = \frac{a_M b_M (a_M^2 + b_M^2)}{6\pi d^2} - \frac{d^2}{4}.$$

На основі викладених умов одержані розрахункові формули для визначення розмірів молотків (рис. 3.55):

$$\left. \begin{aligned} l_1 &= \frac{4}{9} R_{\Pi} = 0,154 D_6; \\ R_{\Pi} &= 0,346 D_6; \\ a_M &= 1,5 l_1 \approx 0,23 D_6; \\ b_M &= (0,4 \dots 0,5) a_M \approx 0,1 D_6. \end{aligned} \right\} \quad (3.103)$$

Діаметр отворів під вісь підвісу (палець) та кількість несучих дисків (опор для пальця) розраховують з умов міцності. В існуючих машинах сільськогосподарського призначення цей діаметр дорівнює 18–20 мм.

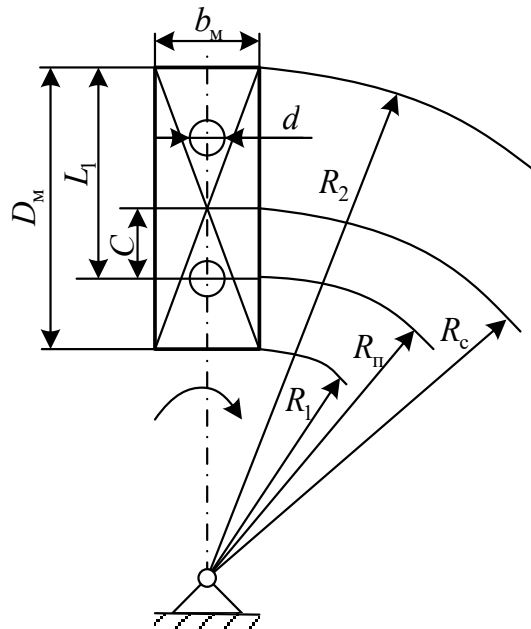


Рис. 3.55. Схема до визначення параметрів молотків і молоткового барабана: R_1 – радіус барабана до початку молотків; R_2 – радіус барабана по кінцях молотків, $R_2 = \frac{1}{2} D_6$; R_c – радіус барабана по центрах маси молотків

3.5.4.4. Аналіз фактора швидкості молотків

Швидкість молотків – це основний параметр, що обумовлює ефективність руйнування матеріалу в процесі його переробки. Через значну складність механіки подрібнення матеріалів у молотковій дробарці, широку різноманітність фізико-механічних властивостей сировини та конструктивно-технологічних факторів, що впливають на процес подрібнення, спроби одержати одну загальну і достовірну формулу для визначення робочої швидкості молотків не дали придатного для практичного застосування результату.

На основі теорії контактних напружень Герца академік В.П. Горячкін рекомендував розраховувати руйнівну швидкість v_p при повздовжньому ударі за формулою:

$$v_p = \frac{\sigma_p c_0}{E}, \quad (3.104)$$

де σ_p – границя міцності матеріалу, МПа; c_0 – швидкість поширення пружних хвиль, м/с; E – модуль пружності МПа.

Ця формула враховує тільки фізико-механічні властивості матеріалу і розглядає напружений його стан лише в межах пружних явищ. Розрахована таким чином руйнівна швидкість дає результат, який у 8–15 разів менше значень робочих швидкостей молотків сучасних подрібнювачів.

Можна визначати руйнівну швидкість удару з рівняння імпульсу сили:

$$v_p = \frac{P \Delta t}{m}, \quad (3.105)$$

де v_p – руйнівна швидкість удару, м/с:

$$v_p = v_m \pm v_n;$$

v_m – швидкість молотків, м/с; v_n – швидкість перероблюваної частки (по якій наноситься удар молотком), м/с. Знак (+) приймається у разі зустрічного руху, знак (–) – у разі удару навздогін; P – руйнівна сила удару, Н; Δt – тривалість удару, с; m – маса частки, кг.

Проте і ця формула дає результат, який у 1,5–2 рази знижує швидкість проти фактичного рівня швидкості молотків сучасних дробарок. Крім того, формули (3.106) та (3.107) визначають лише руйнівну швидкість молотків і зовсім не враховують якісних показників цього руйнування.

Глибше відбиває процес деформування матеріалу формула С.В.Мельникова для руйнівної швидкості v_p удару:

$$v_p = \sqrt{\frac{k_d \sigma_p \ln \frac{l_3}{x_1}}{\gamma}}, \quad (3.106)$$

де k_d – коефіцієнт динамічності; l_3 – довжина зерна, м; x_1 – довжина недеформованих часток (що залишилися після удару), м; γ – щільність зерна, кг/м³.

За С.В. Мельниковим така швидкість молотка достатня для руйнування зерна в результаті одного вільного удару. Проте механізм переробки матеріалу у молоткових подрібнювачах (особливо закритого типу) значно складніша. Подрібнення відбувається в результаті багатократної ударної дії робочих органів (молотки, деки, решета), часток перероблюваного матеріалу між собою, а також інтенсивного перетирання. Всіх цих факторів не враховує жодна з відомих формул. Завдання ускладнюється ще й тим, що потрібно визначати не просто швидкість, достатню для руйнування перероблюваного матеріалу, а саме оптимальну швидкість молотків.

Рішення такої задачі охоплює комплекс технологічних, технічних і економічних показників: якість подрібнення, продуктивність і енергомісткість процесу, надійність і довговічність обладнання. Тому єдиним шляхом для вибору раціональної швидкості молотків залишаються дані експериментальних досліджень та виробничого досвіду. Їх узагальнення дозволяє виділити в динаміці технологічного процесу молоткової дробарки три характерних періоди (рис. 3.56):

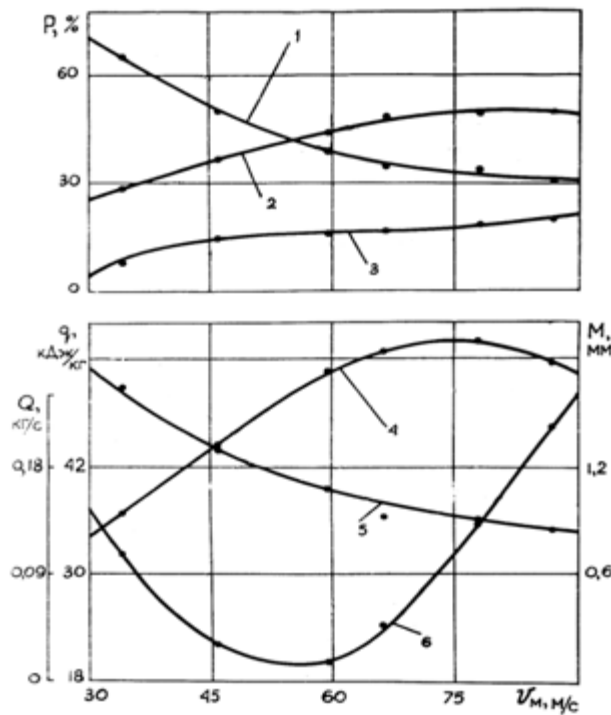


Рис. 3.56. Характер зміни показників ефективності та якості подрібнення кормів дробаркою залежно від швидкості молотків:

1 – вихід (p) фракцій заданого розміру; 2 – вихід недостатньо подрібнених часток; 3 – вихід надмірно подрібненої (пилоподібної) фракції; 4 – продуктивність машини Q ; 5 – середній розмір часток (модуль помелу M) продуктів подрібнення; 6 – питома енергомісткість процесу (q)

• *п о ч а т к о в и й*, який відповідає зміні швидкості молотків до того моменту, коли питома енергомісткість процесу досягне мінімального значення. Зростання швидкості на цьому етапі супроводжується посиленням подрібнювальної здатності, в зв'язку з чим інтенсивно підвищуються продуктивність установки і ступінь подрібнення матеріалу. Зменшується величина перероблюваного шару (при постійній продуктивності) через скорочення часу перебування матеріалу в робочій камері, що, в свою чергу, позначається на зниженні енергомісткості процесу. Швидкість переміщення перероблюваного шару зростає пропорційно зміні швидкості молотків. Проте перша протягом цього періоду знаходиться на такому рівні, який не знижує інтенсивності просівання продукту крізь решітну поверхню. Пропускна здатність її перевищує подрібнювальну здатність дробарки і продуктивність процесу змінюється прямо пропорційно швидкості молотків;

- *р о б о ч и й*, який відповідає зміні швидкості молотків в межах від моменту мінімального значення енергомісткості процесу до моменту максимальної продуктивності установки. На відміну від початкового періоду, при якому продуктивність дробарки обмежується її подрібнювальною здатністю, протягом робочого періоду продуктивність обумовлюється пропускною здатністю сепарувальної поверхні. Як подрібнювальна, так і пропускна здатність в межах цього періоду зростають із підвищенням швидкості молотків. Проте інтенсивність зміни пропускної здатності поступово знижується і в кінці цього періоду остання досягає певного максимального значення. Така тенденція обумовлюється тим, що висока швидкість переміщення перероблюваного шару по решітній поверхні обмежує її просівальну можливість. З цієї причини поступово збільшуються величина перероблюваного шару та час перебування матеріалу в камері подрібнення. Довше переміщення в робочій камері і, в результаті цього, додаткове подрібнення матеріалу спричиняють зростання енергомісткості процесу;

- *к р и т и ч н и й*, який відповідає підвищенню швидкості молотків після досягнення максимальної продуктивності установки, яка після певного моменту стабілізації починає знижуватись. Це означає, що при достатньо високій швидкості переміщення перероблюваного шару погіршуються умови просівання продукту крізь решітну поверхню. Витрати енергії на збільшення швидкості молотків на цьому етапі не дають і поліпшення якості подрібнення. Незначне зниження модуля помелу спричиняється зростанням пилоутворення, оскільки довша циркуляція матеріалу в робочій камері веде до надмірного перетирання продукту.

Академік В.П. Горячкін відзначав, що при підвищенні робочих швидкостей можна досягти збільшення продуктивності, поліпшення якості роботи, зменшення маси конструкції машини внаслідок більшого насичення цієї маси енергією, а також зрівноваження руху машини. Але це підвищення швидкості не повинне перевищувати деякої межі, пов'язаної з негативними явищами як технологічного, так і енергетичного порядків, що супроводять збільшення швидкості. Негативними явищами технологічного порядку є вплив швидкості руху перероблюваного шару

по решітній поверхні на інтенсивність просівання продукту, а також зростання виходу неякісної пиловидної фракції. Негативні явища енергетичного плану полягають у тому, що із підвищенням швидкості молоткового барабана особливо різко (за законом кубічної параболі) підвищуються витрати енергії холостого ходу.

Таким чином, для подрібнювачів закритого типу раціональна швидкість молотків знаходиться в межах робочого періоду, а ефективне підвищення її обмежується максимальною пропускною здатністю решітної поверхні. Узагальнення наукових даних дозволяє зробити висновок, що для подрібнювачів сухих кормів (фуражне зерно, стеблові) такою межею є швидкість молотків на рівні $v_m = 70 - 80$ м/с. Причому ця межа практично не залежить від виду, а отже і фізико-механічних властивостей перероблюваного матеріалу. Це вказує на те, що при значній складності розрахунку руйнівної швидкості за вище наведеними формулами вони все ж таки не забезпечують достовірних результатів.

У разі відкритого виконання робочої камери усувається обмежувальна роль решета. Продуктивність залежить тільки від подрібнювальної здатності установки. У такому випадку вибір швидкості молотків можна здійснювати, наприклад, виходячи з умови забезпечення заданого розміру часток продуктів подрібнення, а можлива межа збільшення швидкості визначається рівнем технічної досконалості конструкції і встановленою потужністю привода.

На основі раціональної швидкості молотків визначають частоту обертання барабана:

$$n = \frac{v_m}{\pi D_6}. \quad (3.107)$$

3.5.4.5. Енергетичний розрахунок

У процесі роботи дробарки потужність привода споживається на подрібнення N_{Π} матеріалу і на холостий хід N_x молоткового барабана:

$$N = N_{\Pi} + N_x, \quad (3.108)$$

де N – загальна споживана потужність, Вт.

Перша складова рівняння (3.108) залежить від продуктивності установки та питомої роботи $A_{\text{под}}$ подрібнення, що розглядається раніше (див. формулу 3.27).

Для молоткових і роторних подрібнювачів, що відзначаються швидкохідністю робочих органів, характерною ознакою є сильна вентиляційна дія барабана, на яку затрачається до 40-60 % від загальної споживаної потужності. Нераціональна конструкція барабана чи необґрунтоване підвищення частоти його обертання можуть призвести до ще більшого і різкого зростання цієї частки енерговитрат. У зв'язку з цим доцільно детальніше проаналізувати рівняння балансу потужності привода установки.

Потужність холостого ходу в основному споживається на вентиляційну дію $N_{\text{в}}$ молоткового барабана і лише деяка частка (не більше 10–20%) на подолання опорів тертя $N_{\text{т}}$:

$$N_{\text{х}} = N_{\text{в}} + N_{\text{т}} = (1,1 \dots 1,2) N_{\text{в}}. \quad (3.109)$$

При конкретних параметрах молоткового барабана $N_{\text{в}}$ можна описати таким виразом:

$$N_{\text{в}} = (A_{\text{л}} F_{\text{м}} R_{\text{с}}^3 \xi + B_{\text{л}} F_{\text{вт}} R_{\text{п}}^3) \omega^3 \gamma_{\text{п}}, \quad (3.110)$$

де $A_{\text{л}}$ та $B_{\text{л}}$ – коефіцієнти лобового опору відповідно молотків та розпірних втулок. За експериментальними даними: $A_{\text{л}} = 0,55 \text{--} 0,65$; $B_{\text{л}} = 0,08 \text{--} 0,1$; $F_{\text{м}}$ – лобова площа молотків, м²:

$$F_{\text{м}} = a_{\text{м}} \delta z;$$

$$F_{\text{вт}} \text{ – лобова площа розпірних втулок, м}^2:$$

$$F_{\text{вт}} = [L_{\text{б}} i_{\text{п}} - (\delta z + \sum L_{\text{д}})] d_{\text{вт}};$$

$d_{\text{вт}}$ – діаметр розпірної втулки, м; $\gamma_{\text{п}}$ – щільність повітря, кг/м³;
 ω – колова швидкість барабана, рад/с;

$$\omega = \frac{\omega}{R_2};$$

R_2 – радіус барабана по зовнішніх кінцях молотків (див. рис. 3.54), м; $R_{\text{с}}$ – радіус по центрах ваги молотків, м:

$$R_{\text{с}} = \frac{R_1 + R_2}{2};$$

R_1 – радіус барабана по внутрішніх кінцях молотків, м; ξ – коефіцієнт, що враховує вплив довжини молотка на його лобовий опір:

$$\xi = 1 + \left(\frac{a_m}{2R_c} \right)^2;$$

R_p – радіус барабана по осях підвісу молотків, м.

3.5.5. Зрівноваження ротора молоткової дробарки та розміщення молотків на ньому

3.5.5.1. Суть і значення балансування ротора

При збиранні роторів кормопереробних машин, зокрема дробарок, на заводах-виготовлювачах здійснюється їх статичне та динамічне балансування.

Балансування ротора полягає в рівномірному розміщенні власної маси незалежно від кута провертання з тим, щоб центр його маси знаходився на осі обертання ротора. При такій умові підшипники, на які спирається ротор, та цапфи його валу не будуть мати вібраційного навантаження, надійність і довговічність їх роботи і самої машини підвищуються.

У процесі експлуатації відбувається нерівномірний розподіл матеріалу по ширині камери дробарки і різна інтенсивність спрацювання молотків як на окремих осях підвісу, так і на різних ділянках ширини камери. Нерівномірне спрацювання молотків, крім характеру розподілу матеріалу, може бути обумовлене також неоднаковою твердістю загартованої зони різних молотків. При цьому молотки з меншою твердістю зношуються швидше.

Нерівномірність спрацювання молотків на діаметрально протилежних осях спричиняє статичну незрівноваженість ротора, а вздовж ротора – динамічну. Зважаючи на високу частоту обертання ротора (близько 50 c^{-1}) порушення збалансованості різко збільшує його вібрацію, яка через диски та вал передається на підшипникові вузли, корпус дробарки і раму. Все це призводить до обриву дисків в місцях розміщення осей підвісу, поломок валу, інтенсивного

зношування підшипників, зрізування болтових з'єднань, появи тріщин, а в подальшому і руйнування корпусів підшипників, бункера, корпусу та рами дробарки. В результаті зменшується надійність, знижується довговічність роботи дробарки, погіршуються умови безпеки праці.

3.5.5.2. Методика балансування

Динамічне балансування роторів здійснюється лише на заводах-виготовлювачах та спеціалізованих ремонтних підприємствах, оскільки для цього потрібні відповідні балансувальні машини.

В умовах експлуатації дробарок виконується лише статичне балансування.

При цьому особливого значення набуває зрівноваження ротора в разі заміни молотків та пальців, яке виконується в господарствах безпосередньо на місці роботи машини. Нові молотки можуть різнитись між собою за масою до 10...15 г, що для пакетів молотків, розміщених на різних осях підвісу, може дати в сумі дисбаланс до 150–200 г. Тому довільний набір молотків не допустимий, оскільки може привести до швидкого виходу машини з ладу.

Статичне балансування проводять в два етапи: зрівноваження ротора без молотків, пальців і розпірних втулок; підбір рівновеликих за масою для діаметрально протилежних осей підвісу пакетів молотків, втулок та пальців. У справних, добре змащених підшипниках перевірку зрівноваженості при знятих молотках, пальцях та осях можна проводити не знімаючи ротора з дробарки шляхом повертання і нанесення міток при зупинці. В зрівноваженому роторі ці мітки кожен раз не повинні співпадати.

Для більш точного зрівноваження ротор слід зняти з дробарки, розібрати підшипникові вузли, вийняти пальці, молотки, втулки і встановити його на спеціальний стенд точно в горизонтальному положенні. При цьому цапфи посадочними місцями під підшипники повинні розміщуватись на опорних ножах. Якщо при багаторазовому повертанні ротора мітки, нанесені на диски, співпадають, то

рівноваги ротора добиваються зняттям металу з боку, де є надмірна маса, чи додаванням маси з легшого боку.

Наступним етапом статичного балансування є підбір для протилежних осей підвісу однакових за масою пальців, комплектів молотків та розпірних втулок.

3.5.5.3. Схеми розміщення молотків

Ефективність роботи молоткових кормодробарок в значній мірі залежить від того, наскільки повноцінно використовується робочий простір подрібнювальної камери.

Між тим відомо, що в цих машинах перероблюваний матеріал розподіляється по ширині робочої камери досить нерівномірно: зони біля бокових стінок є найбільш навантаженими, а в середніх зонах спостерігається різке зменшення товщини шару. Причинами такого явища є гальмівна дія нерухомих стінок подрібнювальної камери, а також потужний повітряний потік, який створюється молотковим ротором, що обертається з високою частотою і роздуває перероблюваний шар від середини до бокових стінок камери.

Нерівномірний розподіл перероблюваного матеріалу по ширині камери подрібнювання спричиняє:

- неповноцінне і нерівномірне використання робочого простору камери, чим зменшуються можливості підвищення продуктивності дробарки;
- нерівномірний гранулометричний склад продуктів подрібнення по ширині камери, в результаті чого погіршується якість (рівно-мірність) кінцевого продукту в цілому;
- нерівномірне спрацювання робочих органів вздовж ротора, що порушує його балансування, знижує довговічність робочих органів і самої машини.

З урахуванням зазначених негативних явищ, а також характеру розподілу перероблюваного матеріалу по ширині камери подрібнювання дуже важливим питанням є обґрунтування раціональної схеми розміщення молотків на роторі.

Основні відомі схеми розміщення молотків на роторі наведено на рис. 3.57.

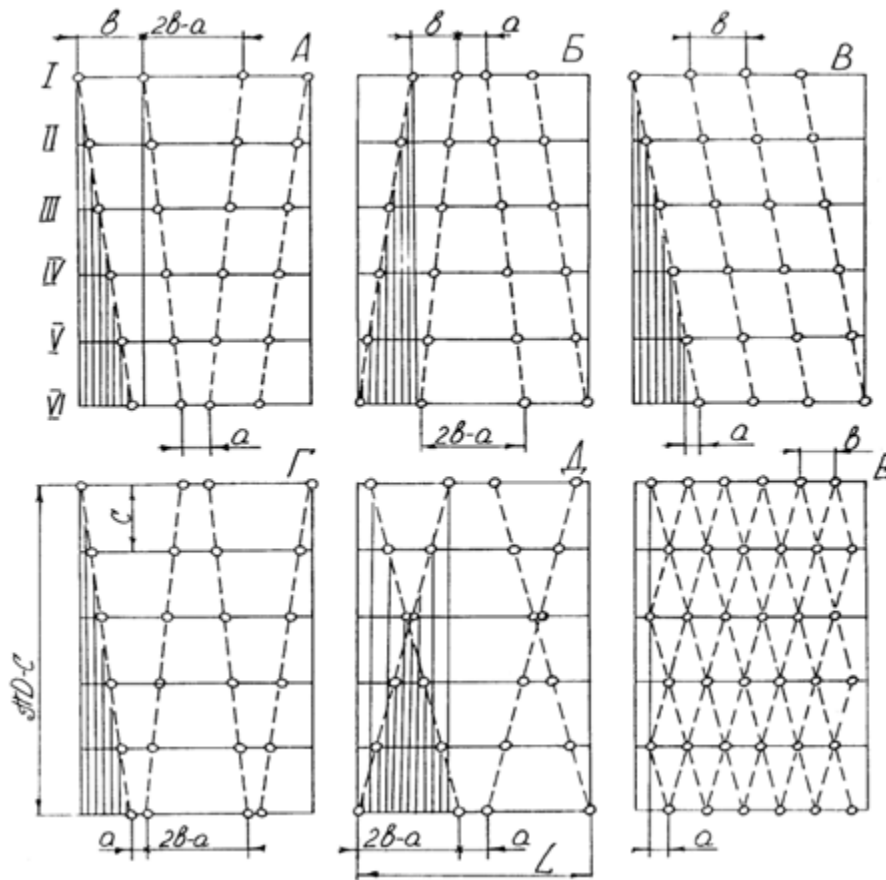


Рис. 3.57. Варіанти схем розміщення молотків на роторі дробарки:
А – за гвинтовими лініями, що сходяться; **Б** – за гвинтовими лініями, що розходяться; **В** – за односторонніми гвинтовими лініями;
Г – зигзагоподібна; **Д** – у шаховому порядку при умові, коли по одному сліду проходить один молоток; **Е** – у шаховому порядку в разі, коли по одному сліду проходять два, три чи більше молотків

Експериментальними дослідженнями (табл. 3.6) виявлено характер впливу схеми розміщення молотків на роторі на рівномірність розподілу навантаження і виходу готового продукту по ширині подрібнювальної камери.

Дані таблиці 3.6 свідчать, що в дробарках з периферійною подачею сировини найкращий показник коефіцієнта варіації відповідає розміщенню молотків за гвинтовими лініями, що сходяться.

Таблиця 3.6 – Показники нерівномірності виходу продукту по ширині робочої камери дробарки залежно від схеми розміщення молотків на роторі

Схема розміщення молотків	Середньо-квадратичне відхилення, г/мм	Коефіцієнт варіації, %
У шаховому порядку	1,44	25,3
За односторонньою гвинтовою лінією	1,62	28,4
За гвинтовими лініями, що розходяться	1,79	31,3
За гвинтовими лініями, що сходяться	1,15	20,2

На рис. 3.58 наведено схему розміщення молотків на роторі дробарки.

Перш ніж приступити до підбирання комплектів і встановлення молотків на роторі необхідно виконати відповідні розрахунки.

Залежно від ширини робочої камери L , товщини δ і щільності розміщення K_r молотків, товщини l несучих дисків та їх кількості n визначають необхідну загальну кількість молотків z :

$$z = \frac{K_r(l - nl)}{\delta}. \quad (3.111)$$

Після цього визначають кількість молотків, які встановлюють на кожній осі підвісу z_1 :

$$z_1 = \frac{z}{i_0}, \quad (3.112)$$

де i_0 – число осей підвісу.

Щоб не виникли додаткові динамічні реакції від зміщення центру ваги системи при відносному переміщенні молотків число осей їх підвісу рекомендується приймати кратне чотирьом.

Дослідженнями встановлено, що при подрібнюванні зернових і стеблових (грубих) кормів раціональна щільність розміщення молотків на дробильному роторі відповідає значенню коефіцієнта $K_r = 0,5$ – $1,0$. При $K < 0,5$ частки матеріалу, що перероблюється, рідко потрапляють під удари молотків, а при $K_r > 1$ посилюється перетирання

продукту. Обидва ці явища знижують ефективність роботи молоткової дробарки. Крім того із збільшенням щільності молотків зростає площа їх лобової поверхні, а отже, і опір повітря ротору при його обертанні. На подолання цього опору витрачається значна кількість енергії (до 40–60% загальної споживаної потужності приводу машини).



Рис. 3.58. Схема розміщення молотків дробарки (цифрами позначена довжина розпірних втулок, а зліва - номери осей підвісу молотків)

Зменшення кількості осей підвісу (пальців) погіршує умови рівноваги ротора, а збільшення – підвищує його масу і затрати енергії на подолання опору повітря в зв'язку із збільшенням лобової поверхні розпірних втулок. Виходячи з цього, на роторі дробарок звичайно встановлюють (залежно від його діаметра) 4 або 8 пальців.

При виборі товщини молотків слід виходити з таких міркувань. Зменшення її при умові $K_r = \text{const}$ супроводжується зниженням енергозатрат на подрібнювання матеріалу, а також на подолання опору повітря при обертанні ротора. Проте в цьому разі підвищуються спрацювання молотків та експлуатаційні витрати на їх заміну або перестановку. Тому в сільськогосподарському виробництві, де завантаження дробарок відносно незначне, доцільно використовувати тонкі ($\delta = 2-5$ мм) молотки, а на підприємствах комбікормової промисловості дещо товщі ($\delta = 6...8$ мм і навіть більше).

На кожній осі підвісу слід розміщувати однакову кількість молотків. При цьому комплекти молотків та розпірних втулок, що встановлюються на діаметрально протилежних осях, повинні бути рівними між собою за масою, а самі осі підвісу треба розміщувати симетрично відносно осі обертання ротора і рівномірно по колу ротора. Якщо згідно (3.112) одержуємо не ціле число молотків, його необхідно підкоректувати, після чого дещо зміниться фактичне значення коефіцієнта щільності K_r .

Для визначення відстаней між молотками на осях підвісу розраховують крок гвинтової лінії v :

$$v = \frac{L - nl}{z_1} \quad (3.113)$$

та відстань між сусідніми слідами молотків a :

$$a = \frac{v}{i_0} \text{ або} \quad (3.114)$$

$$a = \frac{L - (\delta z + nl)}{z} + \delta. \quad (3.115)$$

Під час розміщення молотків на барабані необхідно виконувати три умови:

- зберігати рівновагу барабана. Для цього всі осі підвісу молотків розміщувати на однаковій відстані від осі обертання барабана і рівномірно по колу. Маса всіх або діаметрально протилежних пакетів (палець, комплект молотків та розмірних втулок) повинні бути рівними між собою;

- рівномірно перекривати молотками робочий простір по ширині камери подрібнювання. Для цього вибирати схему розміщення молотків за гвинтовими лініями або у шаховому порядку (див. рис. 3.57)

- сприяти вирівнюванню навантаження по ширині робочої камери, для чого розміщувати молотки на барабані із зміщенням, утворюючи гвинтові поверхні, що сходяться (рис. 3.57, *a*): симетрично у центрі (камери, по довжині барабана) – у разі периферійної подачі; на відстані $2/3$ довжини барабана за ходом надходження сировини в робочу камеру – в разі центральної подачі.

3.6. Вальцеві станки

3.6.1. Типи станків

Для переробки фуражного зерна, крім молоткових дробарок, можна використовувати також вальцеві станки. За призначенням вони бувають двох типів: плющилки і дробарки.

Плющилки мають гладенькі вальці, що обертаються назустріч з однаковою швидкістю робочих поверхонь. Ці поверхні діють на зерно за принципом лінійної деформації (стискання), в результаті чого одержується продукт у вигляді пластівців. Плющилки добре переробляють свіжозібране зерно підвищеної вологості. Сухе зерно перед плющенням доцільно зволожувати, а ще краще – піддавати вологотермічній обробці.

Вальці дробарок можуть бути як з рифленими (нарізними), так і з гладенькими поверхнями, що мають різні лінійні швидкості. Під час їх роботи руйнування зерна відбувається переважно в результаті зсуву (різання) з елементами стискання. Продукти подрібнення характеризуються високою рівномірністю. У зв'язку з відсутністю фактору перетирання в технологічному процесі вихід пиловидної фракції зводиться до мінімуму. Вальцеві дробарки добре переробляють сухе зерно, яке не відзначається високими в'язко-пластичними властивостями.

У конструктивному плані вальцеві станки розрізняються за кількістю пар вальців – з одною або двома парами; зустрічаються також одновальцеві (вальце-декові) установки, в яких замість другого вальця встановлена дека.

3.6.2. Аналіз умов роботи і визначення діаметра вальців

Стабільність режиму роботи вальців і задана товщина пластівців обумовлюються співвідношенням розмірів самих вальців та часток перероблюваного матеріалу, а також величиною зазора Δ між вальцями.

Розглянемо умови проходження часток зерна між вальцями, які розміщені горизонтально, мають однакові діаметри, гладеньку поверхню і обертаються з однаковою частотою. У точках дотику з вальцями зерно своєю вагою тисне на їх поверхню (рис. 3.59) спричиняючи зустрічну реакцію R з боку поверхні вальця. Кут, що утворюється між напрямком сили R та горизонталлю, називають кутом захоплення α_3 . При обертанні вальців між ними і зерном в точці дотику виникає сила тертя fR . Якщо обидві сили (реакцію R на тиск та силу тертя fR) розкласти на горизонтальні та вертикальні складові, то матимемо:

$$R \cos \alpha_3 + fR \sin \alpha_3 = N \quad (3.115)$$

це зусилля, що спричиняє лінійну деформацію матеріалу; $fR \cos \alpha_3$ – зусилля, що зтягує частку у зазор між вальцями, та $R \sin \alpha_3$ – зусилля, що протидіє цьому зтягуванню.

Умовою зтягування, а отже, і плющення перероблюваного матеріалу буде:

$$fR \cos \alpha_3 > R \sin \alpha_3.$$

Звідси:

$$f > \operatorname{tg} \alpha_3. \quad (3.116)$$

Оскільки

$$f = \operatorname{tg} \varphi,$$

то умовою зтягування буде:

$$\alpha_3 < \varphi, \quad (3.117)$$

де f і φ – відповідно коефіцієнт та кут зовнішнього тертя зерна по поверхні вальця.

Виходячи з умови, що кут зтягування повинен бути менший кута тертя, і визначають мінімально допустимий діаметр D пресувальних вальців.

З рис. 3.59. видно, що:

$$\frac{d - \Delta}{2} = \frac{1}{2}(D - D \cos \alpha_3)$$

або

$$D = \frac{d - \Delta}{1 - \cos \alpha_3}, \quad (3.118)$$

де d – розмір часток перероблюваного матеріалу (наприклад, еквівалентний діаметр зерна); Δ – величина зазора між пресувальними вальцями, встановлюється залежно від заданої товщини пластівців:

$$\Delta = (0,85 \dots 0,9)b;$$

b – товщина пластівців.

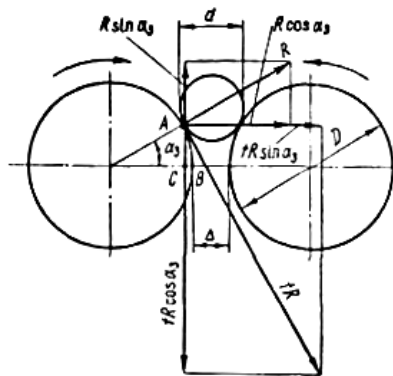


Рис. 3.59. Схема проходження матеріалу між плоскими вальцями

3.6.3. Вплив параметрів вальцевої дробарки на процес подрібнення

Рифлі нарізних вальців характеризуються формою профілю, нахилом та кількістю на одиницю довжини кола вальця. У поперечному перерізі рифлі мають дві нерівні бокові грані (рис. 3.60) вузьку – робочу або грань вістря та широку – грань спинки. Ці грані утворюють між собою кут загострення ρ рифлів, що знаходиться у межах від 90 до 110° і складається з кута леза ($\alpha = 20\text{--}40^\circ$) та кута спинки ($\beta = 60\text{--}80^\circ$). Нижній кут рифлі Θ не повинен бути меншим 85° . Якщо кут Θ гостріший, то в заглибленнях може затримуватись продукт і рифлі поступово забиватимуться ним. Рифлі на вальцях нарізають, а самі вальці встановлюють таким чином, щоб вістря одного вальця рухались назустріч (рис. 3.61) вістрям другого. Тоді, крім деформацій зсуву та стискання, забезпечується розрізання часток перероблюваного матеріалу.

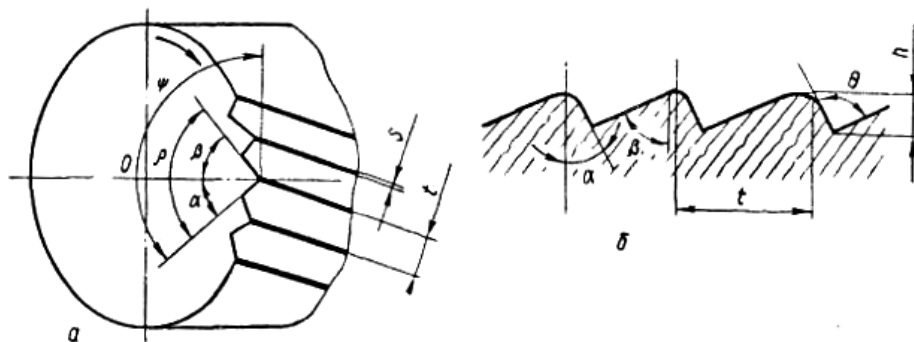


Рис. 3.60. Форма (а) та профіль (б) рифлів вальця

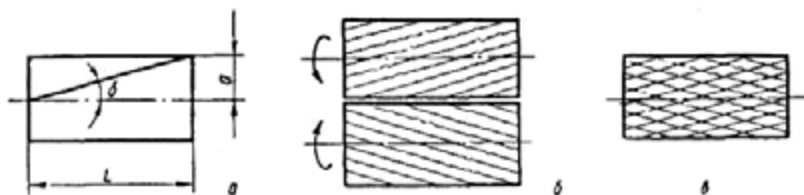


Рис. 3.61. Схема нахилу рифлів (а, б) та сітка їх дії (в) на матеріал

Для зберігання циліндричної форми після нарізання рифлів на їх вершині залишається фаска шириною $S = 0,1-0,2$ мм. Крок t рифлів по колу та їх висота h знаходяться у співвідношенні:

$$h = \frac{1}{2} t \sin 2\rho. \quad (3.119)$$

Рифлі на валках нарізають за гвинтовою лінією, щоб усунути нерівномірність навантаження і вібрацію вальців. При цьому кут нахилу δ гвинтової лінії до твірної циліндра слід приймати з такої умови (рис. 3.61): при зустрічі рифлі двох вальців утворюють кут χ защемлення:

$$2\varphi \geq \chi = 2\delta,$$

де φ – кут тертя матеріалу по грані рифлі.

Отже, кут δ не повинен перевищувати кута тертя.

Шлях, протягом якого вальці обробляють матеріал, – це довжина дуги AB від точки дотику до проходу крізь робочий зазор Δ на лінії центрів OO_1 вальців (рис. 3.62). Якщо з деяким допущенням прийняти довжину дуги AB рівною довжині її хорди l , тоді з подібності трикутників OAB та ABC матимемо:

$$\sin \alpha_3 = \frac{d - \Delta}{2l} = \frac{2l}{D}.$$

Звідси:

$$l = \frac{1}{2} \sqrt{D(d - \Delta)}. \quad (3.120)$$

Довжиною шляху обробки частки матеріалу обумовлюється кількість дій z_d на неї рифлів, що визначається за формулою, запропонованою проф. В. А. Козьміним:

$$z_d = \ln_p (k - 1). \quad (3.121)$$

де n_p – число рифлів на одиниці довжини по колу вальця – величина, зворотна кроку t рифлів ($n_p = l/t$); k – диференціал швидкості (відношення колової швидкості v_b швидкохідного вальця до швидкості v_m тихохідного).

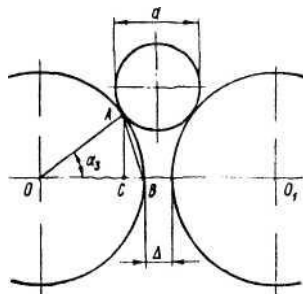


Рис. 3.62. Схема до визначення шляху обробки матеріалу

Для нарізних вальців $k=1,5-2,5$, для гладеньких $k=1,25-1,5$.

Відповідно до залежностей (3.120) та (3.121) кількість руйнівних дій рифлів, а отже, і інтенсивність матеріалу залежать від діаметра вальців, зазору між ними, диференціалу їх швидкості та геометричних параметрів самих рифлів. Якщо потрібна висока ступінь подрібнення, то використовують вальці з більшим діаметром і підвищують диференціал їх швидкостей. У випадку користування одними й тими ж вальцями крупність подрібнення залежить тільки від диференціалу k та робочого зазору Δ .

3.6.4. Продуктивність вальцевих станків та енергомісткість процесу

Продуктивність однієї пари вальців визначається пропускною здатністю робочого зазору:

$$Q = L \Delta v_n \gamma \varepsilon, \quad (3.122)$$

де L – довжина вальців, м; v_n – середня швидкість подачі зерна в зоні подрібнення, м/с:

$$v_n = \frac{v_o + v_m}{2};$$

γ – об’ємна маса продукту, кг/м³; ε – коефіцієнт, що враховує ступінь заповнення матеріалом робочого зазору, а також можливе ковзання продукту.

При переробці фуражного зерна $\varepsilon = 0,1-0,3$.

Швидкість робочої поверхні швидкохідного вальця в станках для переробки зернофуражу знаходиться у межах 5–10 м/с, а тихохідного – 2–7 м/с. Слід відмітити дещо нелогічну закономірність із практики конструювання вальцьових станків: установки з меншим діаметром вальців мають більшу колову швидкість. При цьому скорочується шлях (див. залежність 3.120) і час обробки матеріалу, руйнування його набуває динамічнішого ударного характеру.

Потужність, споживану на переробку матеріалу, орієнтовно можна визначати як залежно від довжини вальців, так і через питому енергомісткість процесу:

$$N = N' L \quad (3.123)$$

або

$$N = Q q, \quad (3.124)$$

де N' – потужність, віднесена до одиниці довжини вальців.

В існуючих варіантах $N' = 15-24$ кВт/м; q – питома енергомісткість. Для дробарок $q = 6-7$ кВт·год/т, для плющилок 3–5 кВт·год/т.

Експериментальними дослідженнями виявлено, що при зношуванні рифлів за висотою пропорційно знижується продуктивність установки і збільшується питома енергомісткість процесу.

4. ПРИГОТУВАННЯ КОРМОВИХ СУМІШОК

4.1. Види кормових сумішок та вимоги до їх приготування

Для годівлі тварин і птиці у господарствах України застосовують такі види кормів:

- фуражне зерно (кукурудзи, ячменю, гороху, сої тощо);
- стеблові корми (сіно, сінаж, солома, зелена трава);
- коренебульбоплоди і баштанні (буряки, картопля, гарбузи);
- побічні продукти та відходи харчової цукрової, спиртової, пивоварної промисловостей (жом, меляса, барда тощо);
- різні балансуєчі кормові добавки (білкові, мінеральні, вітамінні).

Залежно від біологічного виду і віку, виробничого спрямування тварин та планової їх продуктивності із вказаних кормів складають раціони. При цьому корми раціонів можуть згодовуватись як окремо, в натуральному вигляді з обмеженою кількістю компонентів, так і у вигляді кормових сумішок.

Залежно від типу годівлі і наявності кормових ресурсів у господарствах кормосумішки бувають: сухі, в тому числі комбікорми (вологість до 20 %), зволожені (20–40 %), вологі (40–60 %), напіврідкі (60–80 %) і рідкі (більше 80 %).

Усім видам тварин і птиці фуражне зерно згодовують у складі сухих сумішок – комбінованих кормів, які готуються за спеціальними рецептами. Виключення щодо вологості можуть становити комбікорми поточної потреби, виготовлені з консервованого зерна кукурудзи – зерно-стрижневої сумішки.

Основними компонентами комбікормів є зернові (кукурудза, ячмінь, овес, пшениця) і зернобобові (горох, вика, соя), а також відповідно до призначення білково-вітамінно-мінеральні добавки (БВД), які вводяться в дозі від 5 до 15 % за масою. Загальні вимоги до комбікормів: вологість не більше 10 %, перетравного протеїну не менше 25 %, сирової клітковини не більше 8 %, піску не більше 0,5 %, металевих включень не більше 25 мг/кг, нерівномірність змішування не більше 10 % (при частці контрольного компонента в пробі 1 %).

У випадку включення до складу БВД трав'яного борошна допускається збільшення клітковини до 0,25 % на кожний процент введеного борошна, але в загальному не більше 11 %.

Відхилення від рецепту до загальної маси комбікорму для інгредієнтів, які входять в комбікорм у кількості більше 30 %, не повинні перевищувати $\pm 1,5$ %, від 10 до 30 % – $\pm 1,0$ %; для інгредієнтів, що входять в кількості до 10 % – $\pm 0,5$ %, для кожного з видів мінерального корму в кількості менше 3 % – $\pm 0,1$ %.

Зволожені кормові сумішки для великої рогатої худоби та свиней застосовують при використанні консервованого зерна кукурудзи або плющеного зерна і введенні поживних розчинів. Це можуть бути також мішанки з концентрованих кормів і подрібнених коренеплодів або зелені для качок, гусей тощо. Вологі розсипні кормосумішки застосовують при силосно-коренеплодному, сінажно-силосному і жомовому типах годівлі корів і відгодівлі молодняку, коли в суміш вводять 3–5 і більше компонентів (подрібнені грубі корми і коренеплоди, силос або жом, поживні розчини тощо). Так, до раціону для дійних корів при силосно-коренеплодній годівлі входить приблизно до 30–35 % кукурудзяного силосу і коренеплодів (за масою), по 8–12 % грубих кормів та поживних розчинів, решта – комбікорми (половина останніх може бути згодована при доїнні).

Напіврідкі сумішки характерні при годівлі свиней – це 25–30 % комбікормів, 8–11 % трав'яного або вітамінно-сінного борошна, решта – коренебульбоплоди.

Зволожені та вологі кормові сумішки для тварин і птиці повинні бути свіжо приготовленими, не мати неприємного запаху. Сумішки, що включають подрібнені коренебульбоплоди, після приготування повинні роздаватись не пізніше, ніж через 1,5–2 год. У зимовий період розчини в кормосумішки добавляють підігрітими.

Особливістю приготування вологих кормових сумішок для великої рогатої худоби є переробка великих об'ємів грубих кормів, силосу і коренеплодів.

Готові кормові сумішки мають задовольняти діючим зоотехнічним вимогам (табл. 4.1).

Рідкі кормосумішки – це розчин комбикормів у воді в пропорції 1:3, різноманітні пійла, у тому числі і замітники молока.

Поживні розчини або воду вводять у складні суміші в кількості, необхідній для отримання заданої вологості сумішки. При цьому регулюють концентрацію введених в розчин поживних речовин і мікроелементів. У порційні змішувачі розчин подають відповідно до часу роботи насоса і його продуктивності. У змішувачі безперервної дії регулюють подачу розчину так, щоб забезпечити його співвідношення до інших компонентів в сумішці згідно заданого раціону годівлі.

Таблиця 4.1 – Зоотехнічні вимоги параметрів кормових сумішок

Назва показника	Допустима величина в сумішках	
	для великої рогатої худоби та овець	для свиней
Вологість, %	до 75	60–80
Рівномірність змішування, %, не менше	80	90
Допустимі відхилення (за масою) вмісту компонента у суміші, %:		
грубі, соковиті	± 10	± 10
концентровані	± 5	± 5
кормові дріжджі	± 2,5	± 2,5
рибні	—	± 5
молочні	± 5	± 5
поживні розчини	± 5	± 5
мінеральні добавки	± 5	± 5
харчові відходи	—	± 5

Усі кормові компоненти, що входять до складу кормових сумішок, повинні обов’язково подрібнюватись (попередньо або ж безпосередньо в процесі змішування). Кінцева крупність кормових часток залежить як від виду самого корму, так і від виду та віку тварин і птиці, тобто

споживачів приготовлюваних сумішок (табл. 4.2). При цьому стеблові корми рекомендується не лише подрібнювати до заданої довжини часток, а ще й розщеплювати уздовж волокон.

Таблиця 4.2 – **Крупність подрібнення кормів, мм**

Вид корму	Середній розмір часток* для:		
	корів	свиней	овець
Грубі (сіно, солома)	30–50	1–3	20–30
Силосовані і зелені	10–50	10–15	10–50
Коренеплоди	До 15	5–10	До 15
Зернові	1–1,6	0,2–0,9	1–1,6

*Кількість часток вказаного розміру у загальній масі корму повинна становити не менше 85 %.

Відповідно до зоотехнічних вимог нерівномірність подачі у змішувач для порції не повинна перевищувати для концентратів ± 5 %, для інших компонентів ± 10 %.

4.2. Дозування компонентів

4.2.1. Способи дозування і типи дозаторів

Дозування – це процес відмірювання і видачі кормових компонентів чи їх сумішок відповідно до заданих норм. Дозування кормів є невід’ємна операція в технологічних процесах приготування комбікормів і складних кормових добавок, сухих кормових сумішок при їх гранулюванні, вологих кормових сумішок безпосередньо на тваринницьких фермах, а також при роздаванні кормів тваринам.

При дозуванні кормів їх відмірювання (визначення дози) можна здійснювати за *масою* (вагою) і за *об’ємом*, а сам принцип дозування може бути *порційним* і *безперервним*. Відповідним чином класифікуються і дозуючі пристрої, вони бувають:

- за принципом відмірювання – *вагові* та *об’ємні*;
- за організацією виконання (принцип дії) – *порційні (періодичної дії)* та *потоківі (безперервної дії)*.

Вагове дозування дозволяє найбільш точно скласти рецепт заданого раціону і тому його широко застосовують під час складання сумішок у лініях приготування преміксів або білково-вітамінних добавок, порошоків замічника молока і комбікормів. Для такого типу дозаторів похибка не перевищує 1–3 %, тобто в межах похибки вагового пристрою.

В останні роки намітилась тенденція до використання вагового дозування при складанні вологих сумішок для свиней і великої рогатої худоби, зокрема при застосуванні автоматизованих ліній у свилярстві і бункерних змішувачів-кормороздавачів у скотарстві.

Вагове безперервне дозування за такої ж складності апаратури дещо поступається точністю порційному (до 3 %), що обумовило обмежене його застосування в лініях приготування кормів. В першу чергу це пов'язано з відсутністю надійних і простих за конструкцією вагових дозаторів безперервної дії. Наявні системи поступаються порційним, крім точності, і за економічними показниками. Враховуючи, що саме безперервне дозування дозволяє значно підвищити продуктивність всього комплексу обладнання при приготуванні різноманітних кормових сумішок, доцільно вести пошук і розробку досконаліших пристроїв для забезпечення вимірювання маси потоків, похибка яких не перевищуватиме похибки порційних дозаторів.

Перевагою потокового вагового дозування є ще те, що воно дає можливість повністю автоматизувати процес подачі компонентів кормових сумішок і забезпечити тим самим значне підвищення продуктивності праці при підготовці і роздачі кормів.

Об'ємне безперервне дозування широко застосовують у лініях переробки кормів при завантаженні подрібнювачів, у кормоцехах тваринницьких ферм і комплексів при складанні простих та повнораціонних вологих кормових сумішок. За певних умов об'ємне дозування можна застосовувати і в лініях приготування комбікормів.

Для приготування кормових сумішок, коли на змішування подається два і більше компонентів, застосовують вагове і об'ємне дозування, кожне з яких може бути як порційним, так і безперервним.

При порційному дозуванні відбирають кожну порцію корму визначеної ваги чи об'єму, що відповідає дозі, і подають їх для змішування в порційний змішувач. При безперервному ж дозуванні всі компоненти подають безперервними потоками у співвідношеннях, які відповідають структурі кормового раціону, і безперервно перемішують їх у потоці.

За призначенням і видом корму дозатори можна розділити на три основні групи:

- для сипких компонентів (рис. 4.1) – зерна, продуктів його переробки, комбікормів, мінеральних добавок тощо;
- для слабосипких зв'язних матеріалів (рис. 4.2) – подрібнених грубих кормів, силосу, сінажу і трав'яної січки;
- для рідких кормових добавок і поживних розчинів (рис. 4.3) – меляси з карбамідом, різноманітних солевих розчинів, які готуються в резервуарах спеціального обладнання з дозованою подачею за допомогою насосів або бачків постійного рівня (тиску) і пристроїв з каліброваними отворами – жиклерами і регульованими вентилями.

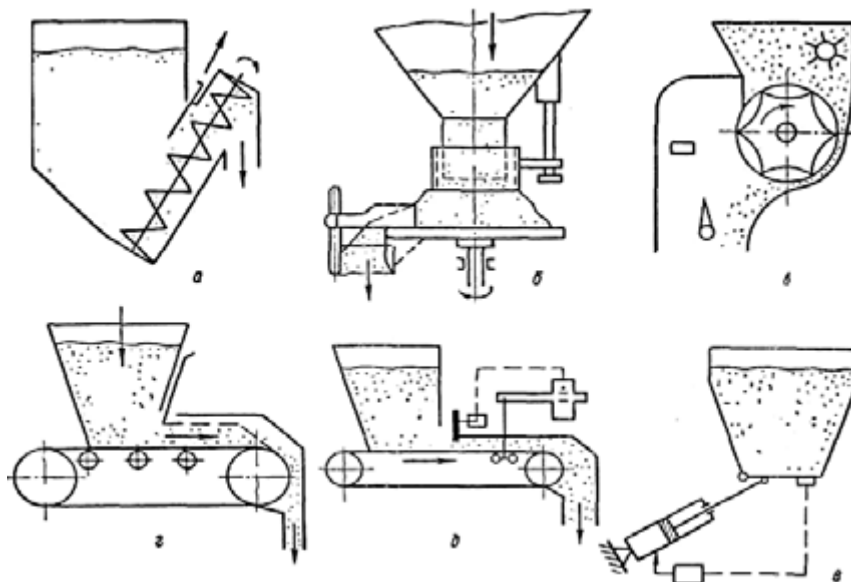


Рис. 4.1. Функціональні схеми дозаторів сипких матеріалів:
***а* – шнековий; *б* – дисковий; *в* – барабанний; *г, д* – стрічковий;**
***е* – порційний**

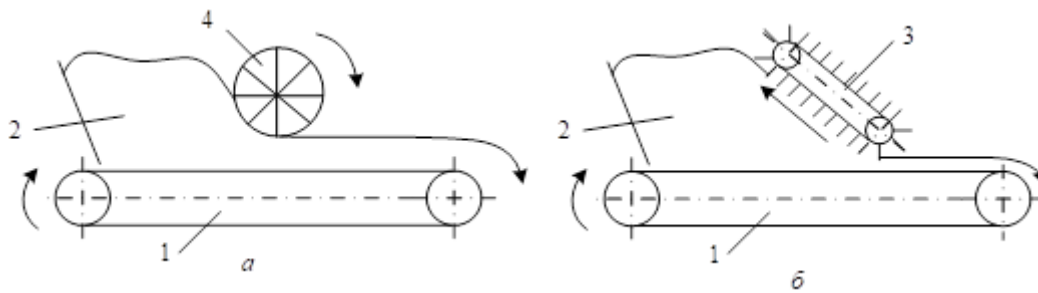


Рис. 4.2. Схеми дозаторів стеблових матеріалів: а – стрічково-бітерний; б – стрічково-скребковий; 1- транспортер; 2 – бункер; 3 – зчісувальний транспортер; 4 – бітер

Дозувальні пристрої можуть бути призначені для одного якогось матеріалу, наприклад, для завантаження подрібнювачів, подачі в сушарку безперервної дії, при роздаванні кормів. Тоді вони повинні відповідати вимогам до обладнання відповідного спеціального призначення.

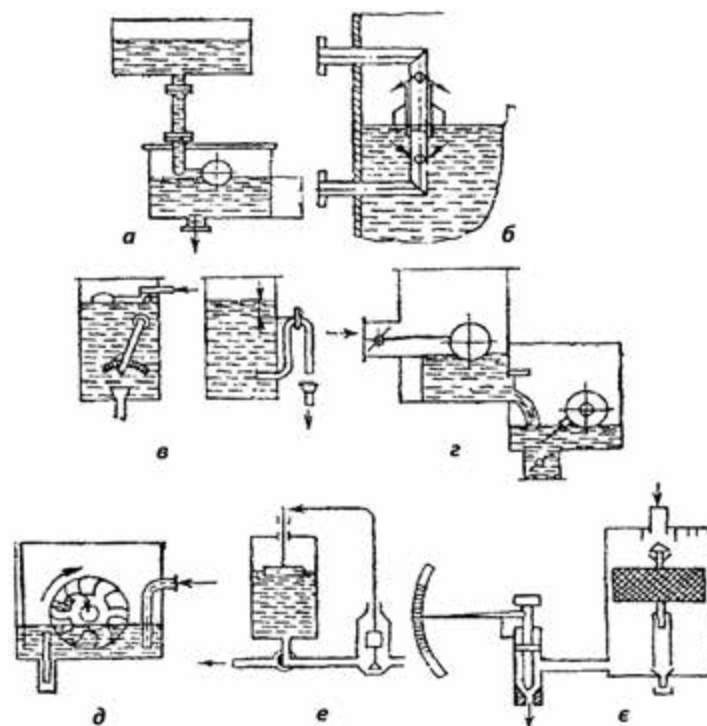


Рис. 4.3. Функціональні схеми дозуючих пристроїв рідин та розчинів: а-д, є – безперервної дії; е – періодичної дії; а – з поплавковим регулятором і напірним бачком; б – з однопоплавковим регулятором Смагіна; в – з однопоплавковим регулятором системи напірного бачка; г – з однопоплавковим регулятором; д – ковшовий; е – з електро-магнітним клапаном; є – мікродозатор

У дозаторів першої групи (див. рис. 4.1) робочі органи працюють разом з бункерами. Сипкі матеріали до них надходять під дією сили тяжіння. Досвід експлуатації цих бункерів показав, що над їх щілининими випускними отворами часто утворюються склепіння, продукт зависає, що є причиною припинення подачі. Щоб цього не трапилось, ширину випускного отвору визначають за формулою:

$$b \geq \left[\frac{\gamma}{2\tau(1 + \sin \varphi)} - \frac{1}{A} \right]^{-1}, \quad (4.1)$$

де τ – опір зсуву, Н/м²; φ – кут тертя продукту по стінках бункера; γ – об’ємна маса (щільність) продукту, кг/м³; A – довжина щілини, м.

З наведеної формули видно, що ширина щілини повинна бути більшою для матеріалів з меншою насипною щільністю, більшим опором зсуву і зменшується при зростанні довжини щілини. В окремих випадках для стабілізації подачі дрібнодисперсних матеріалів в наддозаторних бункерах встановлюють ворушилки або різноманітні механічні збуджувачі.

За конструктивним рішенням робочих органів дозувальні пристрої бувають: *бункерні, щілинні, тарілчасті, шнекові, стрічкові, скребкові, бітерні, коливальні (вібраційні)* тощо.

Широкою різновидністю відзначаються барабанні дозатори з лопатевими та секторними робочими органами (рис. 4.4), з постійним та змінним об’ємами. Їх встановлюють під випускними горловинами бункерів-накопичувачів.

Тарілчасті дозатори забезпечують стабільну і достатньо точну подачу сухих сипких матеріалів при невеликій продуктивності (0,1–0,7 т/год) і тому використовуються в лініях приготування білково-мінеральних добавок або в кормоцехах малої продуктивності (до 15 т/год).

Шнекові дозатори можуть забезпечувати більш потужні лінії, проте точність їх подачі обмежена.

Дозатори другої групи – це нагромаджувачі живильники, які пристосовані для слабо сипких зв’язних матеріалів. Вони забезпечують приймання з транспорту, нагромадження і регулювану

подачу силосу, сінажу, подрібненої соломи, сіна в лінії їх переробки або змішування з іншими кормами. Нагромаджувачі-живильники використовують і при заготівлі кормів, наприклад, для нагромадження і подачі подрібненої зеленої маси в сушильні агрегати, до пневмозавантажувачів сінажних башт або підв'яленої трав'яної січки у сховища для досушування на сіно.

Стеблові корми відносяться до слабо сипких, злежуваних і зв'язних матеріалів. Тому в нагромаджувачах-живильниках застосовують переважно активні робочі органи, конвеєрно-бітерні механізми різноманітного конструктивного виконання (див. рис. 4.2). Вони відрізняються між собою робочими органами конвеєрних пристроїв, конструкцією бітерів, їх кількістю і розміщенням, кутом нахилу живильників до горизонту і приймальною частиною.

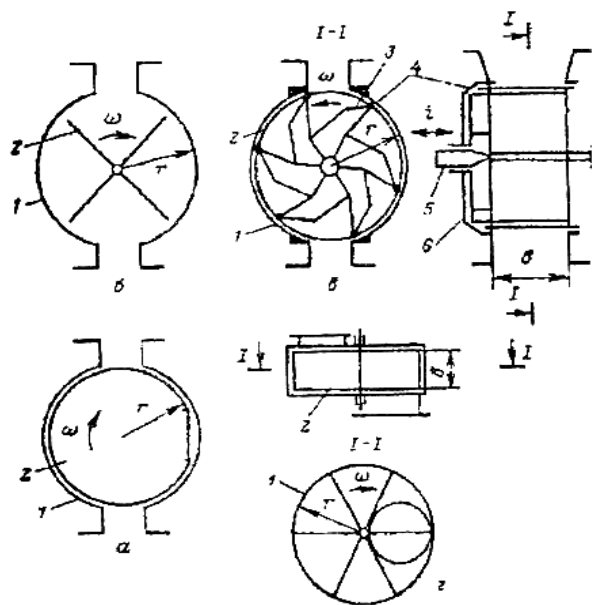


Рис. 4.4. Конструктивні схеми барабаних дозаторів з лопатевими (б, г) та секторними (а, в) робочими органами: 1 – корпус; 2 – ротор; 3 – поворотна лопать; 4 – кришка; 5 – регулювальний конус

У процесі роботи головний конвеєр переміщує кормовий моноліт до бітерів, що відокремлюють потік із продуктивністю, яка визначається швидкістю конвеєра. При цьому пропускна здатність бітерної системи повинна дещо перевищувати пропускну здатність головного конвеєра. Тільки в цьому випадку буде забезпечена

дозована видача зв'язних кормових матеріалів з допустимими відхиленнями. Для підвищення точності дозування стеблових кормів часто застосовують двостадійну систему, що складається з живильників-дозаторів бітерного типу і вирівнювального пристрою, який забезпечує згладжування потоку кормів і автоматичне керування роботою живильника.

Випробування нагромаджувачів-живильників стеблових кормів показали, що нерівномірність потоків кормів збільшується при подачі недостатньо подрібненого матеріалу (з більшим розміром часток), а також при меншій продуктивності.

Слід відмітити, що на рівномірність дозування стеблових кормів впливає цілий ряд факторів: рівномірність розподілу кормів у бункері як по площі, так і по висоті, характер руху корму під час подачі його до бітерів, величина частинок матеріалу, а також конструктивні і кінематичні параметри нагромаджувачів-живильників.

До третьої групи відносяться різноманітного типу дозатори-мірники, об'ємні лічильники і дозувальні насоси (див. рис. 4.3). У перших двох типах застосовується порційний спосіб дозування рідин і розчинів, внаслідок чого їх доцільно застосовувати в технологічних лініях зі змішувачами періодичної дії.

Дозатори-мірники виготовляють у вигляді завчасно вивіrenих за об'ємом циліндричних резервуарів з конічним дном. Правильність видачі доз контролюють за відповідними шкалами. Об'ємні лічильники застосовують для обліку рідини, яка проходить через них, за допомогою різних рухомих елементів (наприклад, поплавця). Похибка дозування не перевищує 1 %.

Дозувальні насоси використовують у технологічних лініях з безперервною подачею компонентів, у тому числі і рідини та розчинів. Деякі з принципових функціональних схем дозаторів зображені на рис. 4.3.

Для збагачення кормових сумішок мікродобавками у малих дозах (до 200 мг на 1 кг) застосовують мікродозатори. Дозування мікродобавок може проводитись сухим або вологим способом. Для

дозування сухих добавок застосовують тарілчасті мікродозатори. Мікроелементи повинні бути старанно подрібнені.

Дозування і змішування мікроелементів сухим способом здійснюється у дві стадії. Спочатку мікроелементи дозуються в наповнювач і змішуються з ним. Потім наповнювач з мікроелементами вводиться до складу комбікорму.

У випадках введення у комбікорм мікроелементів вологим способом останні розчиняють у гарячій воді і через рідинний мікродозатор подають до форсунок, розміщених над змішувачем. Розпилювання розчину відбувається повітрям, стиснутим до 0,39 МПа. На збагачення 1 т комбікорму витрачається 250–400 мл розчину. Перевага вологого способу над сухим полягає в тому, що крапельки розчину вбираються частинками комбікорму, забезпечуючи стабільність суміші під час її транспортування і зберігання.

4.2.2. Технологічний розрахунок

Загальні положення. У технологічних лініях кормоприготувальних цехів функції дозаторів, як правило, виконують робочі органи різноманітних розвантажувачів, бункерів і нагромаджувачів. Їх робочі органи розпушують кормові компоненти під час вивантаження і створюють потоки змінного перерізу $g(t)$ з неоднаковою насипною щільністю. Внаслідок цього потоки носять імовірний характер. За статистичними характеристиками $g(t)$ вказані потоки можна розділити на три основні види:

- зміна математичного чекання $g(t)$ носить періодичний характер, а продуктивність в часі залишається постійною (порційні дозатори);
- зміна $g(t)$ носить випадковий характер з коливанням високої частоти навколо середнього значення, продуктивність за часом залишається постійною (різноманітні живильники і дозатори безперервної дії);
- зміна $g(t)$ носить періодичний або випадковий характер, продуктивність коливається за часом з малою частотою (живильники безперервної дії).

Дозатори кормів, які забезпечують перші два види потоків, використовують при формуванні кормових сумішок як при порційному, так і при безперервному змішуванні; живильники з третім видом потоків непридатні для потокових ліній приготування кормосумішок і підлягають заміні або додатковому обладнанню пристроями, які будуть вирівнювати потік.

Під час подачі кормів у подрібнювач, змішувальний пристрій порційної або безперервної дії чи в накопичувальний ваговимірювальний бункер вихідні компоненти можуть завантажуватися живильниками або дозаторами як безпосередньо, так і через проміжний збірний транспортер.

До основних параметрів дозаторів відносяться подача, її рівномірність за певних умов дозування (вид матеріалу, його фракційний склад, вологість), геометричні розміри та кінематичні режими роботи.

Барабанні дозатори конструктивно можуть бути з циліндричними або гранованими барабанами і секторними.

Циліндричні, гладенькі і дрібнорифлені барабани застосовують для порошкових і дрібнозернистих матеріалів, грановані – для дрібно- і середньошматкових матеріалів. Вони забезпечують дозування матеріалів за рахунок сил тертя і зчеплення з поверхнею барабана. Швидкість по периферії робочої поверхні барабанів може знаходитись у межах від 0,025 до 1 м/с.

Величина подачі Q , кг/с, визначається за формулою:

$$Q = \pi D B h_m n \gamma \beta, \quad (4.2)$$

де D – діаметр барабана, м; B – ширина випускного отвору бункера (робоча довжина барабана), м; h_m – товщина шару матеріалу, який захоплюється барабаном, м; n – частота обертання барабана, с^{-1} ; γ – об'ємна маса кормового матеріалу, $\text{кг}/\text{м}^3$; β – коефіцієнт заповнення, приймають $\beta = 0,7 - 0,9$.

Величину подачі змінюють регулювальною засувкою, що обмежує величину шару вивантажувального матеріалу, або ж частотою обертання барабана.

Секторні барабани призначені для подачі і дозування порошковоподібних, зернистих і дрібношматкових матеріалів. Кількість матеріалу, що подається до них, визначається числом і об'ємом секторів, які являють собою чарунки визначеної геометричної форми або складаються з лопатей барабана.

Величина подачі секторного барабанного дозатора становить:

$$Q = FlZn \gamma \beta, \quad (4.3)$$

де F – площа поперечного перерізу сектора, м^2 ; l – робоча довжина барабана, м ; Z – число секторів або чарунок барабана.

Потужність приводу $N_{\text{пр}}$ (кВт) дозатора пропорційна його продуктивності:

$$N_{\text{пр}} = q_d Q, \quad (4.4)$$

де q_d – питома енергомісткість процесу дозування, $q_d = 0,36\text{--}1,8$ кДж/кг.

Шнекові дозатори можна встановлювати, горизонтально, похило і вертикально. Характеризуються вони стабільною подачею і надійністю виконання процесу дозування, але в процесі взаємодії їх робочих органів відбувається деяке доподрібнення (перетирання) матеріалу.

Величина подачі, Q , кг/с, шнекового дозатора визначається за виразом:

$$Q = 0,013[(D + 2\lambda)^2 - d^2] sn \gamma \beta \zeta, \quad (4.5)$$

де D – діаметр шнека, м ; d – діаметр вала гвинта, м ; λ – радіальний зазор між зовнішньою кромкою гвинта і внутрішньою поверхнею ко-жуха шнека, м ; s – крок шнека, м ; n – частота обертання шнека, с^{-1} , для рухомих матеріалів становить $0,66\text{--}1,3$ с^{-1} , для матеріалів зниженої рухомості $0,33\text{--}0,66$ с^{-1} ; β – коефіцієнт наповнення ($0,8\text{--}1$); ζ – коефіцієнт, який враховує зменшення величини подачі шнекового дозатора від кута нахилу ψ його до горизонту (при $\psi = 10, 20, 30, 40^\circ$ можна рекомендувати відповідно $\zeta = 0,8; 0,65; 0,58; 0,52$).

Крок гвинтової поверхні шнека приймають пропорційно його діаметру:

$$s = (0,8\text{--}1,2) D.$$

Подачу можна регулювати зміною частоти обертання шнека і регулювальними засувками у забірній частині.

Потужність, необхідна для привода шнека, визначається за формулою:

$$N = \frac{Q}{367 \cdot 10^3 \eta} (L_x \omega + H) K, \quad (4.6)$$

де L_x – горизонтальна проекція шляху переміщення, м; ω – коефіцієнт опору переміщення матеріалу в корпусі дозатора (для солі і соди становить 2,5, для вапна – 4); H – висота піднімання, м; K – коефіцієнт, що враховує втрати на тертя у підшипниках (1,1–1,2); η – коефіцієнт корисної дії привода.

Тарілчасті дозатори застосовують для подачі і дозування дрібнозернистих і сухих порошкових матеріалів. При відносно невеликій подачі вони забезпечують достатньо точне дозування.

Величина подачі дозатора залежить від об'єму матеріалу на диску, висоти скребка, його положення, частоти обертання n_p диска і визначається за формулою:

$$Q = V_{\text{ш}} n_p, \quad (4.7)$$

де $V_{\text{ш}}$ – об'єм матеріалу, який знімається за один оберт диска, м³.

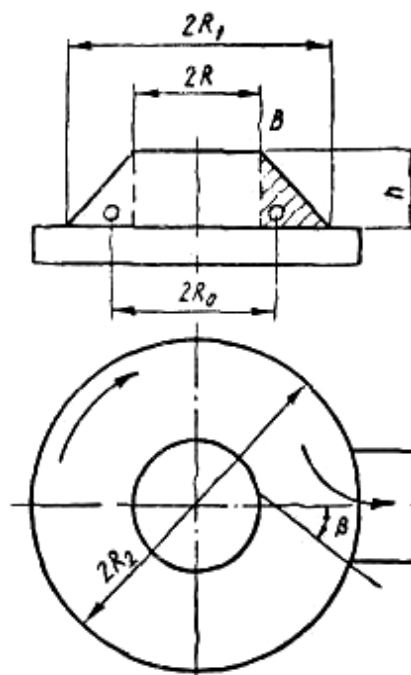


Рис. 4.5. Розрахункова схема тарілчастого дозатора

Максимальний об'єм матеріалу, що знімається за один оберт диска (рис. 4.5), дорівнює:

$$V_{\text{ш}} = 2\pi R_0 F, \quad (4.8)$$

де R_0 – відстань між центром тяжіння радіального перерізу кільця і віссю обертання, м:

$$R_0 = R + \frac{h}{3\operatorname{tg} \alpha_0}, \quad (4.9)$$

де R – радіус манжети, м; h – висота піднімання манжети над диском, м; α_0 – кут природного укосу матеріалу при русі, град; F – площа поперечного перерізу кільця, м²:

$$F = \frac{h^2}{2\operatorname{tg} \alpha_0}. \quad (4.10)$$

Підставляючи значення R_0 і F у формулу (4.8), після перетворень отримаємо:

$$V = \frac{\pi h^2 n}{\operatorname{tg} \alpha_0} \left(R + \frac{h}{3\operatorname{tg} \alpha_0} \right). \quad (4.11)$$

Гранична частота обертання диска визначається із умови, що відцентрова сила інерції менша сили тертя матеріалу по диску, тобто:

$$\frac{mv^2}{R_1} < f_1 mg, \quad (4.12)$$

де $v = 2\pi n R_1$ – колова швидкість диска біля основи матеріалу, м/с; R_1 – радіус основи конуса матеріалу, м; f_1 – коефіцієнт тертя матеріалу по диску в умовах руху; m – маса матеріалу, який обертається, кг.

Тоді гранична частота обертання, с⁻¹:

$$n < \sqrt{\frac{f_1 g}{4\pi^2 R_1}}. \quad (4.13)$$

Для тарілчастого дозатора наближено необхідну потужність привода визначають за формулою:

$$N = \frac{N_1}{\eta} (1 + f_2 \cos \beta) K, \quad (4.14)$$

де N_1 – потужність на валу диска для подолання опору тертя матеріалу, кВт; η – ККД приводного механізму; β – кут установки скребка до

площини перерізу кільця матеріалу, град; f_2 – коефіцієнт тертя матеріалу по скребку; K – коефіцієнт, який враховує інші опори (1,5–2,0).

Значення N_I визначаємо за формулою:

$$N_1 = \frac{P v_m}{10,2}, \quad (4.15)$$

де P – сила тертя, Н:

$$P = F s \rho f_1, \quad (4.16)$$

s – шлях переміщення матеріалу, м; ρ – об'ємна маса матеріалу, кг/м³; v_m – швидкість руху матеріалу, м/с:

$$v_m = 2\pi R_0 n. \quad (4.17)$$

Конвеєрно-бітерні дозатори призначенні для дозування слабосипких, злежаних і зв'язних матеріалів. Величина подачі Q , кг/с, таких дозаторів визначається за формулою:

$$Q = B v_{\pi} h_{\phi} \rho_0 K_c, \quad (4.18)$$

де B – робоча ширина бітера (бункера), м; h_{ϕ} – висота шару, що формується, м; ρ_0 – об'ємна маса корму, кг/м³; K_c – коефіцієнт, який характеризує стан кормової маси (для ущільнених кормів $K_c > 1$, для розпушених $K_c < 1$); v_{π} – швидкість подачі матеріалу, м/с.

Загальна потужність привода дозатора становить

$$N = N_{\text{пк}} + N_{\text{б}}, \quad (4.19)$$

де $N_{\text{пк}}$ – потужність на привод конвеєра, кВт; $N_{\text{б}}$ – потужність на привод бітерів, кВт.

Одержані показники параметрів і режимів за вищевказаними формулами є орієнтовними. Для їх уточнення необхідні випробовування дозаторів на конкретних кормових матеріалах.

4.3. Змішування

4.3.1. Основи теорії

Змішування – це процес перерозподілу кормових компонентів з тим, щоб вони були рівномірно розміщені у всьому об'ємі приготовленої сумішки. Без цього не можливо забезпечити рівноцінну і повноцінну годівлю тварин.

Аналіз кінетики процесу змішування (розвиток процесу в часі) вказує, що він проходить три етапи (рис. 4.6):

I – конвективне змішування, коли швидкість процесу майже не залежить від фізико-механічних властивостей змішуваних компонентів;

II – дифузійне змішування, при якому інтенсивність процесу дещо уповільнюється в результаті поступового перерозподілу частинок через новоутворені межі їх розподілу;

III – стан завершення змішування, коли процес знаходиться у зоні *ab*, де показники якості перерозподілу компонентів коливаються в певних межах цієї зони. Останнє залежить від розмірів змішуваних частинок, параметрів робочих органів змішувачів тощо. Подальше перемішування не покращує якості суміші, оскільки її показники досягли своєї межі (середньоквадратичне відхилення $\sigma \approx \sigma_a$) для даного конкретного варіанту (склад і стан компонентів, конструктивне рішення змішувача).

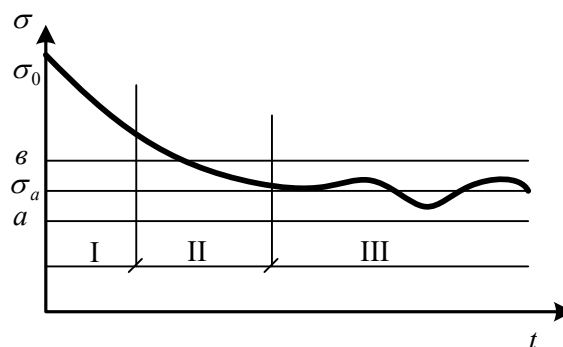


Рис. 4.6. Характер зміни σ залежно від тривалості змішування компонентів

Обсяг фактичного перемішування $V_{\text{фб}}$ у змішувачів безперервної дії – величина змінна, чисельно завжди менша об'єму змішувача і міст-

кості, яку займає корм у змішувачі ($V_{\text{фб}} < V$). Щоб пояснити фізичну суть цього, зробимо такий дослід. Спочатку в змішувач безперервної дії завантажують „білий” компонент 1, а потім, не перериваючи потоку, почнемо подавати „чорний” 2 (рис. 4.7).

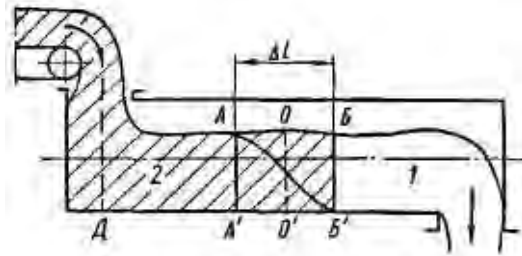


Рис. 4.7. Схема розподілу компонентів в змішувачі безперервної дії

При безперервній подачі компонента 2 створюються умови витіснення, а під дією робочих органів змішувача в зоні AB відбудеться перерозподіл частинок одного компонента в іншому, зона AB буде переміщуватись до вивантажувального вікна. До моменту вивантаження перемішування компонентів повинно бути завершено. Цим визначається необхідна довжина змішувача і тип робочого органу. Зона AB (тобто Δl) може змінюватись залежно від конструкції робочих органів, режимів змішування і фізико-механічних властивостей змішуваних компонентів. Однак малоймовірно, щоб при безперервній подачі компонента 2 частки компонента 1 могли б потрапити за межі площини AA' , наприклад, в зону D , розміщуючись за половиною робочої довжини змішувача. Довжина відрізка Δl обмежує об'єм фактичного перемішування для даного змішувача і складу суміші. Крива AB' вказує на концентрацію компонента 2 на початку перемішування.

З урахуванням довжини відрізка Δl для конкретного змішувача за поведінкою спеціально введеного контрольного компонента, площі поперечного перерізу корпусу змішувача F і коефіцієнта заповнення φ , можна підрахувати $V_{\text{фп}}$. Визначити $V_{\text{фб}}$ з деяким наближенням можна також за формулою:

$$V_{\text{фб}} = \frac{Q \Delta t_{\text{н}}}{\rho_{\text{с}}}, \quad (4.20)$$

де Q – продуктивність змішувача, кг/с; Δt_n – тривалість змішування (проміжок часу від появи контрольного компонента до максимальної його концентрації в суміші), с; ρ_c – об’ємна маса суміші, кг/м³.

Зоотехнічні вимоги до якості суміші залежно від виду і дози введення компонента можна встановлювати коефіцієнтами варіації ν_ϕ або відхилення σ_z будь-якого компонента у пробах. У першому випадку отримане значення коефіцієнта варіації ν_ϕ порівнюється із допустимим за зоотехнічними вимогами ν_d для типових сумішок ($\nu_\phi \leq \nu_d$) при відповідних масах проб (5, 100 і 300 г). За відсутності значень ν_d їх визначають дослідним шляхом для даної сумішки, додатково перемішуючи до 50 кг суміші, відібраної після випробуваного змішувача. Сумішку перемішують у лабораторному порційному змішувачі, пристосованого для даного виду сумішки.

Відхилення будь-якого компонента у вказаних пробах у готовій сумішці не повинно перевищувати 5 % за сухою речовиною.

4.3.2. Класифікація і оцінка змішувачів

Змішувачі кормів можна класифікувати за цілим рядом ознак. В першу чергу, за призначенням вони поділяються на:

- *спеціальні*, які залежно від стану і консистенції вихідних компонентів бувають для приготування сухих сипких, вологих, напіврідких та рідких сумішок;
- *універсальні*, що забезпечують приготування різних за станом і складом кормових сумішок;
- *комбіновані*, в яких змішування компонентів суміщається з виконанням інших технологічних процесів (наприклад, подрібнювач-змішувач, запарник-змішувач).

За організацією технологічного процесу (принципом дії) змішувачі бувають *порційні* (періодичної дії) та *потоківі* (безперервної дії).

Порційні змішувачі найпоширеніші. У них послідовно виконуються такі операції: завантаження кормів, змішування і

вивантаження готової кормосумішки. В такому організаційному підході до процесу змішування є одна суттєва технологічна перевага – можливість застосування вагового дозування, яке дозволяє готувати кормові сумішки з мінімальним відхиленням компонентів від заданої норми і автоматизувати формування сумішки відповідно до прийнятого раціону. Поряд з цим порційні змішувачі поступаються безперервним за питомими показниками енерго- і металомісткості.

У змішувачів безперервної дії всі три операції (завантаження, змішування і вивантаження готового продукту) здійснюються одночасно. Це порівняно з порційними при одних і тих же габаритах забезпечує вищу продуктивність, але висуває більш жорсткі вимоги до величини і рівномірності дозування вихідних компонентів. При комплектуванні змішувальних установок безперервної дії живильниками і дозаторами обов'язково потрібно узгоджувати їх за технічними характеристиками.

За конструкцією змішувачі (рис. 4.8) поділяються на *шнекові, лопатеві, барабанні, вібраційні, циркуляційні, комбіновані*. В цих змішувачах активним робочим органом може бути як сама камера змішування (наприклад, барабанні варіанти), так і розміщені в ній мішалки. Останні за конструктивним виконанням бувають (рис. 4.9): лопатеві, гвинтові (шнекові), скребкові, бітерні, турбінні, пропелерні тощо. У варіантах комбінованого типу (подрібнювач-змішувач) процес змішування, як правило, забезпечують подрібнювальні робочі органи (ножі, молотки, штифти).

За розміщенням робочого органу (камери) змішувачі можуть бути *горизонтальні, вертикальні та похилі*; за їх кількістю – *одновальні, двобальні і багатовальні*.

Конструкція робочого органу змішувачів залежить від фізико-механічних і технологічних властивостей змішуваних компонентів.

Лопатеві змішувачі призначені для змішування всіх видів кормів. Для приготування комбікорму із сухих зернових компонентів на валу встановлюють через рівні відстані гвинтові стрічки і радіальні лопаті. Для змішування ж запарених м'ятих бульбоплодів із сухими

концентрованими кормами і рідкими добавками збільшують кількість лопатей і відповідно зменшують поверхню гвинтових стрічок.

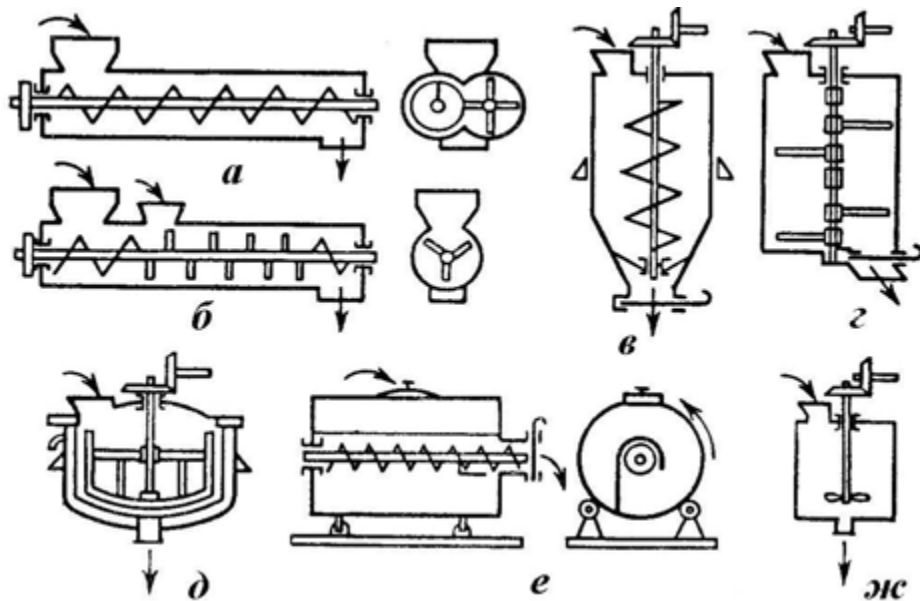


Рис. 4.8. Конструктивно-функціональні схеми змішувачів:
а, в – шнекові; *б, г, д* – лопатеві; *е* – барабанні; *ж* – пропелерні

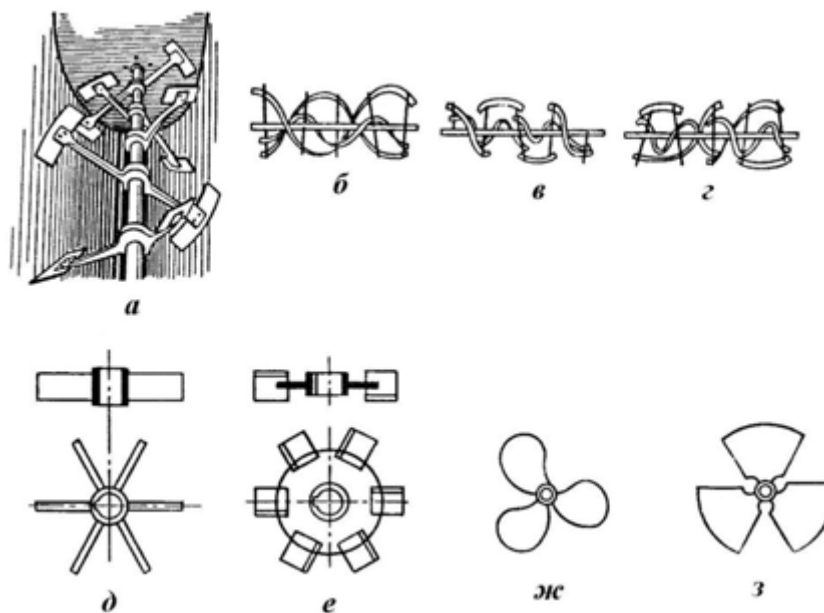


Рис. 4.9. Типи мішалок: *а* – лопатева; *б, в, г* – стрічково-шнекові;
д, е – турбінні; *ж, з* – пропелерні

Так, для приготування рідких кормів застосовують змішувачі з циркуляційними, пневматичними і механічними пристроями.

Для раціональнішого перемішування кормових матеріалів застосовують двовальні стрічково-гвинтові змішувачі. Серед них за універсальністю і можливістю керування процесом змішування, виділяється бітерно-гвинтовий. Особливістю його є наявність робочих органів двох типів – суцільного гвинта і лопатевого бітера, які обертаються в одному напрямку, причому зони їх обертання не перетинаються. Наявність окремого привода створює передумови для встановлення найбільш раціональних режимів роботи змішувача залежно від складу і фізико-механічних властивостей вихідних компонентів.

Попередньо підготовлені (подрібнені) кормові компоненти безперервним потоком подаються через завантажувальну горловину. Потрапляючи на гвинт, вони просуваються вздовж корпусу змішувача і відкидаються в зону дії бітера. Тут маса підхоплюється лопатями бітера і під дією відцентрової сили по внутрішній поверхні кришки змішувача повертається на гвинт, який подає її з новими порціями корму під лопаті бітера і так до вивантажувальної горловини. Інтенсивність процесу регулюють зміною кута нахилу змішувача до горизонту.

Для змішування компонентів з великою питомою вагою, стеблових кормів використовують тривальний шнековий змішувач. Це металевий бункер, який звужується донизу, із встановленими у ньому трьома шнеками (один внизу і два зверху). Нижній шнек подає кормову масу до середини бункера і витискує її вверх, два верхніх з навивкою, що розходиться, транспортують усю масу від середини до стінок бункера, де вона знову потрапляє під крайні витки нижнього шнека. Таким чином, створюються два контури змішування, які рухаються один назустріч одному і перерозподіляються у зонах контакту. Такий тип змішувачів добре працює при змішуванні подрібнених грубих кормів із силосом, жомом і кормовими добавками. Встановлено, що збільшення в суміші долі грубих кормів і довжини їх часток призводить до зростання показника нерівномірності, вимагає тривалішого перемішування компонентів для досягнення необхідної якості.

Лопатеві змішувачі відносяться до універсальних машин періодичної і безперервної дії. Призначені для перемішування рідких, сухих і зволожених кормових мас, а також стеблових кормових матеріалів. Вони мають одновальні і двовальні робочі органи. Конструктивно лопатеві змішувачі періодичної дії складаються з нерухомого корпуса, всередині якого на вертикальному або горизонтальному валу закріплені по гвинтовій лінії лопаті. Останні розміщують похило до напрямку руху. Для підвищення ефективності змішування на стінках корпуса встановлюють нерухомі лопаті.

Барабанні змішувачі у варіанті періодичної дії – це закритий з торців горизонтальний циліндр, який встановлений на опорних роликах або закріплений на валу і обертається. Вихідні компоненти завантажують через верхній люк, що закривається. У процесі обертання сила тертя корму по поверхні барабана захоплює нижній шар і піднімає його на деяку висоту. Звідси піднятий корм падає вниз і знову підхоплюється барабаном. Таке багаторазове перекидання забезпечує необхідну рівномірність змішування.

Для вивантаження готової сумішки в деяких змішувачах передбачено шнек із жолобом, в інших це здійснюється через завантажувальний люк із засувкою у торцевій стінці.

У барабанних змішувачах безперервної дії компоненти корму безперервно завантажуються з одного з відкритих торців барабана, переміщуються в ньому і поступово просуваються до протилежного кінця. Для регулювання ступеня змішування можна змінювати кут нахилу лопатей, розміщених на внутрішній поверхні, або всього барабана.

Пропелерні змішувачі придатні тільки для приготування поживних розчинів (пійл). Вони характеризуються простотою конструкції, компактністю, невеликою питомою витратою енергії та інтенсивністю перемішування.

4.3.3. Розрахунок основних параметрів

До основних параметрів змішувальних установок відносяться: геометричні розміри, які визначають технологічну (корисну) місткість змішувача; оптимальні режими робочих органів, їх розміщення; продуктивність та енергомісткість процесу.

Зважаючи на широку різноманітність конструктивних варіантів, розглянемо окремо методику визначення основних параметрів стосовно змішувачів окремо порційної і безперервної дії.

Продуктивність **змішувачів порційної дії** визначається за формулою:

$$Q = V\beta\gamma_{\text{см}} \frac{1}{T_{\text{ц}}}, \quad (4.21)$$

де V – об’єм камери змішування, м^3 ; β – коефіцієнт заповнення, $\beta = 0,7 - 0,8$; $\gamma_{\text{см}}$ – об’ємна маса сумішки, яка готується:

$$\gamma_{\text{см}} = \frac{m_1\gamma_1 + m_2\gamma_2 + \dots + m_n\gamma_n}{m_1 + m_2 + \dots + m_n}, \quad (4.22)$$

m_1, m_2, m_n – маси складових компонентів кормосумішки, кг ; $\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_n$ – об’ємні маси відповідних компонентів, $\text{кг}/\text{м}^3$; $T_{\text{ц}}$ – тривалість одного циклу приготування сумішки, с .

Загальний час циклу $T_{\text{ц}}$ включає в себе час на завантаження $t_{\text{зав}}$ всіх вихідних компонентів, тривалість змішування $t_{\text{зм}}$ та вивантаження $t_{\text{вив}}$ готової кормової сумішки:

$$T_{\text{ц}} = t_{\text{зав}} + t_{\text{зм}} + t_{\text{вив}}. \quad (4.23)$$

Час завантаження обумовлюється пропускною здатністю бункерів-живильників вихідних компонентів, а розвантаження – продуктивністю відповідних засобів. Тривалість же змішування залежить від виду приготавливаної кормової сумішки. Можна рекомендувати:

- $t_{\text{зм}} = 120 - 240$ с – для кормосумішок, компоненти яких легко перерозподіляються (сухі сипкі);
- $t_{\text{зм}} = 240 - 480$ с – при середній складності змішування;
- $t_{\text{зм}} = 480 - 900$ с і вище – для сумішок, які важко піддаються перерозподілу (у складі яких є липкі, грубостеблові компоненти тощо).

З рівняння продуктивності (4.21) і розраховують необхідну місткість робочої камери змішувача.

$$V = \frac{QT_{\Pi}}{\beta \gamma_c}, \quad (4.24)$$

а відповідно до вибраної форми визначають і конкретні її розміри.

Пропускна здатність змішувачів безперервної дії:

$$Q = F_{\Pi} \nu_0 \beta \gamma_{cm}, \quad (4.25)$$

де F_{Π} – площа поперечного перерізу змішувача, м^2 . У випадку одно-вального циліндричного з діаметром D становить $F_{\Pi} = \pi D^2/4$; ν_0 – швидкість осового переміщення потоку корму, $\nu_0 = 0,005 - 0,025$ м/с; β – коефіцієнт заповнення робочого об'єму, $\beta = 0,3 - 0,4$.

Мінімальна довжина зони змішування $L_{зм}$, яка забезпечує відповідну зоотехнічним вимогам якість, дорівнює (рис. 4.10):

$$L_{зм} = \nu_0 t_{зм}, \quad (4.26)$$

де $t_{зм}$ – час, необхідний для перемішування кормосумішки, с.

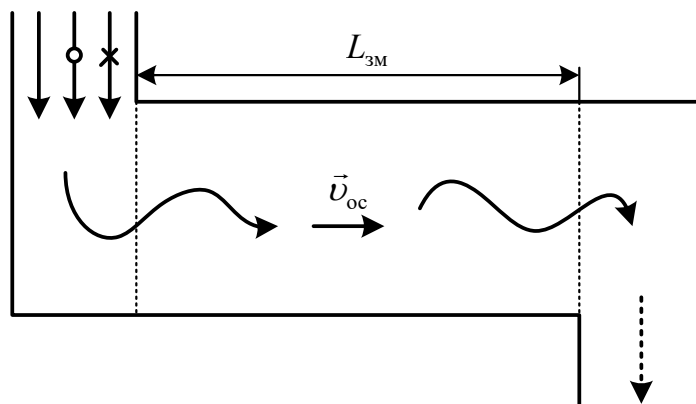


Рис. 4.10. До визначення довжини зони змішування в режимі безперервної дії

Наближений розрахунок потужності привода змішувачів як порційної, так і безперервної дії, можна здійснювати з показників питомої енергомісткості процесу, одержаних при виробничих випробуваннях обладнання аналогічного типу:

$$N_{пр} = Q q_e, \quad (4.27)$$

де Q – продуктивність відповідної машини, т/год; N_{np} – загальна потужність привода, кВт; q_e – питома енергомідкість. Відомі варіанти змішувачів кормів мають питому енергомідкість в межах $q_e = 0,5\text{--}1,5$ кВт·год/т.

4.4. Фактори, що впливають на ефективність приготування кормових сумішок

Ефективність приготування кормових сумішок оцінюється за такими показниками:

- точність і рівномірність дозування компонентів;
- рівномірність перерозподілу компонентів в складі сумішки (рівномірність змішування);
- питома енергомідкість процесу.

Рівень зазначених критеріїв оцінки ефективності залежить від багатьох факторів. Ці фактори умовно можна розділити на три групи:

- фізико-механічні властивості вихідних компонентів, зокрема, вологість, липкість, в'язкість, розмір часток, густина;
- технологічні (співвідношення компонентів, їх об'ємна маса та розмір часток; умови завантаження, тривалість змішування тощо);
- конструктивно-кінематичні (тип і кількість робочих органів, схема їх розміщення і швидкість та деякі інші).

Дотримання заданої рецептури кормів є основною вимогою до приготування сумішок. Проте коливання фізичних властивостей вихідних компонентів спричиняють коливання продуктивності дозаторів, а відповідно і відхилення від заданої структури кормосумішок.

Кормові компоненти, що характеризуються достатньою сипучістю, відносно зберігають об'ємну щільність, добре заповнюють робочі простори дозуючих пристроїв, не викликають ускладнень при розвантаженні, не злипаються і не утворюють склепінь. Причому, чим вищі сипучість та рівномірність фракційного складу кормових часток, тим вища і стабільніша продуктивність дозатора.

Слід відмітити, що процес змішування протікає швидше і стійкіше у випадку перемішування однорідних матеріалів. І навпаки, при змішуванні матеріалів з частками різних розмірів і неоднакових за щільністю процес протікає повільніше (етап II, див. рис. 4.6) і менш стабільно (етап III). Усе це вказує на те, що зі зменшенням середнього розміру змішуваних частинок якість змішування покращується, тобто для одержання рівномірнішої суміші необхідне відповідне подрібнення компонентів.

На якість змішування впливає також цілий ряд інших факторів. Чим ближчі у змішуваних компонентів фізико-механічні характеристики, тим ефективніше протікає процес їх змішування. Значна різниця у розмірах і щільності сприяє розділенню частинок. При змішуванні сухих компонентів з вологими зростання відносної вологості до 14–15 % сприяє підвищенню рівномірності суміші. Подальше збільшення вологості вимагає збільшення часу змішування.

Вплив кількості z та швидкості ω робочих органів, тривалості змішування t на рівномірність p має екстремальний характер (рис. 4.11).

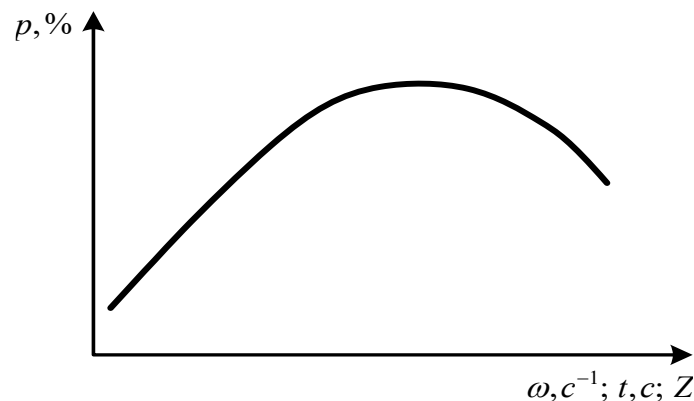


Рис. 4.11. Характер зміни рівномірності сумішки залежно від кількості і частоти обертання робочих органів та тривалості змішування компонентів

Після досягнення можливого для даних умов максимального значення показника рівномірності подальше збільшення швидкості робочих органів та часу перемішування веде до поступового розділення, наприклад, із-за різниці їх щільності, а надмірна кількість робочих органів може підсилити осьове зміщення корму. Крім того,

зростання зазначених факторів (Z , ω , t) безумовно супроводжується підвищенням енергозатрат, може спричинити додаткове подрібнення (перетирання) кормових часток.

До порушення точності дозування кормових компонентів ведуть:

- самосортування їх при заповненні бункерів над дозаторами, що веде до зміни об'ємної густини;
- різний ступінь ущільнення компонентів в бункерах-живильниках, а також робочих просторах дозуючих пристроїв, яка залежить від висоти їх заповнення;
- підвищена вологість компонентів, яка обумовлює їх злипанню та комкуванню;
- наявність в днищах і стінках дозуючих пристроїв виступів та інших перепон, які протидіють вільному виходу компонентів;
- неполадки бункерів-живильників та дозаторів.

Якість (рівномірність) змішування кормових компонентів зростає коли:

- розміри частки складових кормових компонентів не значно відрізняються між собою за розміром та густиною;
- кормові компоненти в складі сумішки близькі за співвідношенням.

5. ПРЕСУВАННЯ КОРМІВ

5.1. Суть і значення пресування кормів

Приготування пресованих кормів має свій початок від гранулювання. Воно походить від латинського слова *granulare* – зернина, зернятко і означає надання дрібним кормовим часткам зернистого стану. Отже пресування кормів – це процес зворотній їх подрібненню. Якщо при подрібненні метою є зменшення крупності часток, то при пресуванні – їх укрупнення до зернистого чи кускового стану.

Залежно від призначення і гранулометричного складу спрямований корм розділяють на гранули і брикети.

Гранули – це спресовані сипкі кормові компоненти до щільності 800–1300 кг/м³, розмір або діаметр яких становить до 25 мм.

Брикети – це спресовані трав'яна, солом'яна січка або кормові сумішки із включенням грубих кормів, які мають циліндричну чи будь-яку іншу форму (розміром більше 25 мм) і щільність 500–900 кг/м³. Державним стандартом щільність брикетів і гранул, призначених для наступної переробки або закладання на зберігання строком понад два місяці, встановлена в межах 700–1200 кг/м³, крихкість – не більше відповідно 12 і 15 %.

Величина гранул та брикетів залежить від виду та віку тварин і птиці. Відповідно до діючих вимог діаметр гранул для курчат повинен становити 2–3 мм, для дорослої птиці – 4–6, для молодняку свиней – до 10, для овець і телят – 5–7, для великої рогатої худоби – 14–20 мм. Діаметр брикетів для великої рогатої худоби 30–65 мм, розмір брикетів прямокутної форми 60×50 мм.

Порівняно з розсипними пресовані корми мають такі переваги:

- у результаті підвищення щільності зменшується їх об'єм і, завдяки цьому, скорочується потреба в тарі та місткості сховищ для зберігання, зростає ефективність використання транспортних засобів;
- скорочуються втрати кормів та їх поживної цінності в процесі транспортування, зберігання та роздавання;

- виключається вибіркове поїдання окремих кормових компонентів тваринами чи птицею.

Особливої уваги заслуговує пресування в гранули трав'яного борошна і зерно-трав'яних сумішей з включенням до 30–40 % соломи. Останні можуть використовуватись як основний корм на відгодівлі молодняку (з додаванням в раціон грубих кормів чи силосу) або ж як додатковий при згодовуванні зеленої маси влітку.

Треба мати на увазі, що при гранулюванні понад 20 % зернової суміші піддається желатинізації, що сприяє зниженню витрат зерна на виробництво молока і м'яса приблизно на 5–6 %.

Якість спресованих кормів визначається, в основному, їх складом, вологістю, зовнішнім виглядом (гладенька або шорстка поверхня), щільністю та міцністю на крихкість. Останнім часом набуває застосування методика визначення міцності гранул та брикетів за напругою руйнування. Крихкість, з одного боку, характеризує міцність спресованого матеріалу, з іншого ж, не враховує спроможності тварин споживати такий корм без попередньої підготовки (зволоження, руйнування). Дослідами встановлено, що допустима міцність гранул на роздавлювання для корів становить 1,25–1,4 МПа, для свиней – 0,60–0,62 МПа.

Необхідні вологість і температуру надають корму при підготуванні його до ущільнення. Цю операцію називають кондиціонуванням або нормалізацією матеріалу.

Окремий різновид пресування сумішок зернової сировини, карбаміду і бентоніту (у пропорції відповідно 70–75 %, 20–25 % і 5 %) з додатковим нагріванням, називається екструзією.

В прес-екструдері в результаті фрикційної дії його гвинта та тепла від електронагрівних елементів кормова суміш нагрівається до 150–160 °С і під тиском 1,8–2,0 МПа видавлюється крізь отвір головки (матриці). Вказані режими створюють умови “вибуху”, які супроводжуються зниженням вихідної вологості до 7–8 %. Продукт розпушується, зберігаючи в перерізі форму отвору матриці, а потім твердіє приблизно протягом години.

5.2. Способи та умови пресування

Пресування кормів можна здійснювати вологим і сухим способами. При вологому способі розсипні корми зволожують гарячою водою температурою 70–80 °С до відносної вологості 30–35 %. Після процесу пресування або скочування борошнистих кормів у кульки вологі гранули надходять на сушарки, де вони висушуються гарячим повітрям до вологості 12 %. Отримані таким способом гранули міцні і здатні протягом тривалого часу не розбухати у воді. Однак необхідність сушки гранул ускладнює їх виробництво і збільшує собівартість. Крім того, вихідні компоненти повинні мати дрібний помел.

Найпоширеніший сухий спосіб, який характеризується простотою технології та обладнання, високою продуктивністю і можливістю збереження введених в кормову сумішку вітамінів та антибіотиків. У цьому випадку процес гранулювання складається з трьох послідовних етапів: кондиціювання (нормалізація) матеріалу, тобто надання йому відповідної вологості і температури; пресування і формування гранул; охолодження і відокремлення крихти.

Для нормального протікання процесу гранулювання трав'яного борошна або комбікормових сумішок оптимальна вологість повинна бути 15–16 %, температура – 60–70 °С. При цьому досягаються найменші значення коефіцієнтів зовнішнього тертя, які знижуються зі збільшенням тиску. У даному випадку під дією зовнішніх сил збільшується пластична деформація часток, а витискувана волога відіграє роль мастила. Під дією пари при кондиціюванні комбікормова сумішка зволожується з 12–14 до 15–16 %, частки корму набувають відповідної в'язкості і пластичності, в процесі пресування маса нагрівається до 75–90 °С і відбувається часткова декстринізація крохмалю зерна. Процес гранулювання протікає ефективніше при дрібному помелі, оскільки при цьому коефіцієнти тертя менші, ніж при крупному.

Найсприятливіші умови для гранулювання комбікормів створюються у випадку обробки їх паром тиском 0,25–0,4 МПа (витрата 0,4–0,5 кг на 1 кг корму). Допустима обробка паром під тиском 0,07 МПа, однак продуктивність гранулятора і якість гранул знижуються.

Якщо вологість сировини більше 16 %, внутрішньокліткова волога робить частки пружними і вони гірше спресовуються. Тому експозиція зволоження перед пресуванням повинна бути менше часу проникнення води у матеріал, тобто набухання часток. Поверхнева волога сприяє кращому злипанню часток і їх ущільненню, особливо при кондиціюванні паром або за наявності пристроїв активного перерозподілу зволожуючого компонента.

Продуктивність пресгрануляторів залежить від ступеня помелу компонентів. Так, в разі ущільнення комбікорму із часток середнього помелу (розмір до 2 мм) продуктивність на 10–15 % вища, ніж при ущільненні комбікорму крупного помелу.

Дещо інша основа одержання брикетів зі стеблових матеріалів, оскільки дія сил молекулярного притягування при крупному подрібненні проявляється дуже мало. Кормова маса утримується в брикеті в основному за рахунок сил механічного зчеплення в результаті переплетення часток. У роботах проф. В. І. Особова відмічено, що у випадку брикетування стеблової маси з довжиною часток l менше діаметра камери D брикети не такі міцні, ніж у випадку $l > D$. Міцність брикетів залежить від тривалості релаксації напруження в зоні навантажень. У бобових, наприклад, період релаксації менший ніж у злакових. Це пояснює причину кращого брикетування бобових трав. У випадку нагрівання брикетованої маси до 70–80 °C період релаксації зменшується майже вдвічі.

Для нормального ущільнення кормів в гранули або брикети необхідне рівномірне стискання маси по всьому об'єму, що зумовлюється відповідним зв'язком між показником крихкості і їх розмірами. Цим і пояснюється складність одержання міцних гранул діаметром більше 20 мм. Крихкість гранул та брикетів зростає також зі збільшенням числа зрізів, часу їх охолодження і залежить від способу кондиціювання.

Під час ущільнення сумішок зі слабо спресовуваних компонентів (овес, ячмінь, кукурудза) для надання гранулам і брикетам необхідної міцності додають жир і в'язучі речовини (ВР), наприклад бентоніти, каолін (до 24 кг/т). Використання різноманітних ВР

дозволяє отримати міцні брикети меншої щільності ($500\text{--}600\text{ кг/м}^3$) і згодовувати їх тваринам без додаткової підготовки.

Як в'яжучі речовини можна застосовувати також мелясу, гідрол, крохмаль та інші. У Вологодському молочному інституті з цією метою застосовують екструдат суміші розмеленого зерна і карбаміду. Після виходу з екструдера екструдат надходить у кільцевий канал матриці штемпельного преса, де наноситься на поверхню спресованого брикета, який подається на охолодження. Товщина екструзійної плівки на поверхні брикета становить 2–3 мм, щільність брикетів $550\text{--}560\text{ кг/м}^3$, крихкість 5–6 % (щільність без оболонки при такій же крихкості з того ж матеріалу повинна бути не менше $800\text{--}1200\text{ кг/м}^3$). Експериментально встановлено, що застосування в'яжучих речовин на 20–40 % зменшує крихкість гранул та брикетів і, як правило, підвищує їх кормову цінність.

За даними німецьких спеціалістів, міцність гранул діаметром 13 мм із суміші 50 % солом'яного борошна і 50 % концентратів зростає на 2 % при додаванні до 2,5 % води, на 12 % при введенні 4–6 % меляси. При подальшому збільшенні частки води і меляси міцність гранул знижується.

Для ущільнення в брикети трав'яної січки або кормових сумішок, які включають подрібнені грубі корми, вологість вихідного продукту повинна становити 12–13 %. Під час подачі сировини в камеру преса її вологість збільшують до 15–17 % за рахунок поверхневого зволоження продукту водою, розчином ВР або парою; на виході з преса вологість брикетів становитиме 14–15 %, температура $60\text{--}70\text{ }^{\circ}\text{C}$. При цьому брикети після зняття навантаження дещо збільшуються в об'ємі за рахунок пружних деформацій. Тривалість цього явища становить до 15 хв.

Після витримування свіжоприготовлених брикетів у приміщенні з температурою нижче нуля протягом 2–3 год. вони руйнуються. Тому у цехах для приготування брикетів або в приміщеннях їх початкового зберігання слід підтримувати плюсову температуру не нижче $13\text{--}14\text{ }^{\circ}\text{C}$. У зв'язку з цим пресування кормів доцільніше здійснювати переважно в літній період.

При гранулюванні кормових сумішок, які включають солом'яну дерть зерноsumішки, знижується вміст клітковини на 3–4 % (з

включенням карбаміду – на 7–8 %), підвищуються прирости на 7 % і знижуються витрати зерна на 5 % порівняно з розсипними кормо-сумішками однакового складу. У випадку збирання всього біологічного врожаю фуражних культур у фазі воскової стиглості зерна доцільне дрібне подрібнення і гранулювання кормів. Це забезпечує високі показники збереження і ефективності їх використання. Брикетувати такі сумішки не слід через недостатнє подрібнення зерна.

5.3. Типи і оцінка пресувального обладнання

Для ущільнення кормів використовують прес-гранулятори і брикетні преси різноманітних технологічних схем і конструктивних рішень їх робочих органів. Відомі такі типи робочих органів грануляторів та брикетних пресів (рис. 5.1): поршневі, штемпельні (плунжерні), рулонні, транспортерні, шнекові, вальцеві, матричні.

Поршневі та рулонні преси використовуються переважно при заготівлі кормів і розглядаються в курсі “Сільськогосподарські машини”. В практиці ж кормоприготування найширшого застосування набули преси з матричними і частково штемпельними або плунжерними робочими органами. Матричні преси можуть бути з кільцевою та плоскою матрицею. Кільцеві матриці можна встановлювати як горизонтально, так і вертикально, плоскі – тільки горизонтально.

Процес ущільнення в матричних пресах відбувається таким чином. Матеріал, який подається в робочу зону, утворену внутрішньою поверхнею матриці і зовнішньою поверхнею вальця, спочатку стискується, а потім продавлюється в канали. При цьому зі збільшенням величини заповнення каналів тиск пресування зростає. Як тільки тиск пресування зрівняється з силою тертя спресованого матеріалу по стінках каналів, він виштовхується і нерухомим ножем розділяється на окремі гранули і брикети заданих розмірів.

Довжина пресувальних каналів повинна забезпечувати достатній опір для отримання гранул та брикетів заданої щільності і час перебування, необхідний для релаксації (зняття) напруженості. В разі

недотримання останньої вимоги в результаті пружної післядії сформовані гранули і брикети будуть менш міцними.

У матричних пресах забезпечується безперервність процесу, що поряд з великою кількістю пресувальних каналів забезпечує достатню продуктивність. Крім того, вони мають меншу металомісткість і характеризуються відсутністю знакозмінних навантажень.

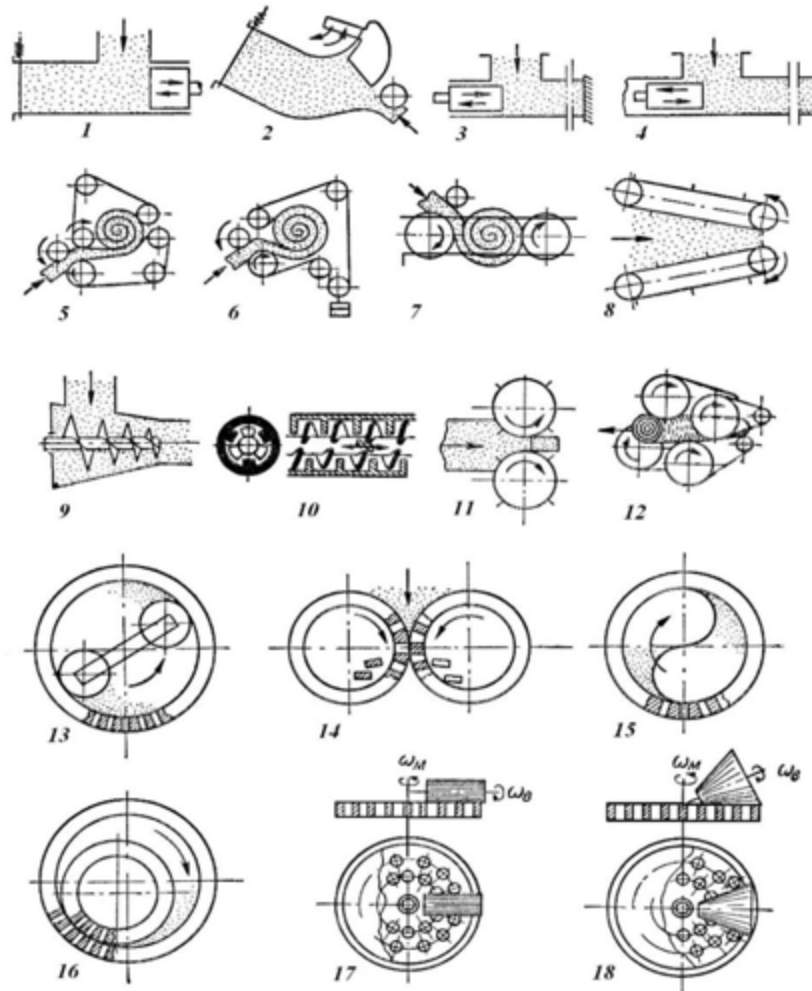


Рис. 5.1. Типи робочих органів обладнання для пресування кормів:

**1, 2 – поршневі; 3, 4 – штемпельні; 5, 6, 7 – рулонні; 8 – транспортерні;
9, 10 – шнекові; 11, 12 – вальцеві; 13-16 – вальцеві з кільцевою матрицею;
17, 18 – вальцеві з плоскою матрицею**

Недоліки матричних пресів – висока енергомісткість процесу внаслідок додаткового перетирання кормів роликками, підвищені вимоги до підготовки матеріалу як за рівномірністю фракційного складу, так і щодо вологості, складність виготовлення матриць, а також високе нагрівання підшипникових вузлів. До цього можна додати, що з перемичок, сумарна

площа яких становить 25–50 % всієї площі робочої поверхні матриці, матеріал зіштовхується в канали вальцями. Це призводить до інтенсивного тертя, підвищення температури корму і зношування матриці.

Процес гранулювання корму у пресі з кільцевою матрицею розділяється на кілька етапів: збільшення насипної щільності матеріалу до 900 кг/м^3 за рахунок видалення повітря при відносно невеликих тисках; зростання щільності матеріалу до 1200 кг/м^3 пропорційно питомому тиску (з часток видаляються повітря і вільна волога, відбуваються незворотні деформації); власне пресування з ущільненням корму від 1200 кг/м^3 і вище при швидкому збільшенні тиску (матеріал проявляє властивості пружнов'язкого тіла, робота частково переходить у тепло).

З підвищенням щільності гранул різко зростає енергомісткість процесу. Знизити її можна шляхом створення оптимальних умов для пресування даного матеріалу (волога, температура, коефіцієнти тертя) або введення в'язучих речовин. Так, при гранулюванні сухого жому введення меляси і карбаміду (до 5 %) дозволяє зменшити необхідні зусилля і потужність під час гранулювання, підвищити продуктивність, а отже, і знизити енергомісткість процесу майже в 1,5–1,8 разу.

У штемпельних пресах процес брикетування здійснюється штемпелем, який здійснює зворотно-поступальні рухи. При цьому корм через завантажувальне вікно подається в пресувальний канал, де стискується штемпелем. При досягненні зусилля, що перевищує силу тертя спресованого матеріалу по стінках каналу, матеріал виштовхується з наступним розділенням на окремі брикети.

Такі робочі органи мінімально додатково подрібнюють матеріал, забезпечують тривалішу витримку брикетів під тиском, а відповідно і отримання брикетів кращої якості з різних кормів. Штемпельні преси також пристосовані для охолодження камери, і тому корм в них не перегрівається (температура його знаходиться в межах $50\text{--}60^\circ\text{C}$). Всі ці переваги дозволяють застосовувати штемпельні преси в сучасних технологічних процесах брикетування трав'яної січки і повнораціональних кормових сумішок зі збереженням початкової структури корму, що особливо важливо для великої рогатої худоби, зокрема,

корів. Основний недолік штемпельних брикетних пресів – це відносно низька продуктивність. Матеріаломісткість штемпельних пресів вища, ніж матричних. У них утруднена подача в канал пресування матеріалу з малою об’ємною масою.

5.4. Технологічний розрахунок обладнання

Продуктивність Q (кг/с) прес-гранулятора з кільцевою матрицею (рис. 5.2), яка обертається, визначається за формулою:

$$Q = \frac{\pi d_0^2}{4} l \rho K Z n \beta_0 K_B, \quad (5.1)$$

де d_0 – діаметр гранули, м; l – довжина гранули, м; ρ – щільність гранул, кг/м³; K – кількість пресувальних вальців; Z – кількість отворів у матриці; n – частота обертання матриці, с⁻¹; β_0 – коефіцієнт буксування (0,8–0,95); K_B – коефіцієнт використання площі живого перерізу матриці (0,6–0,9).

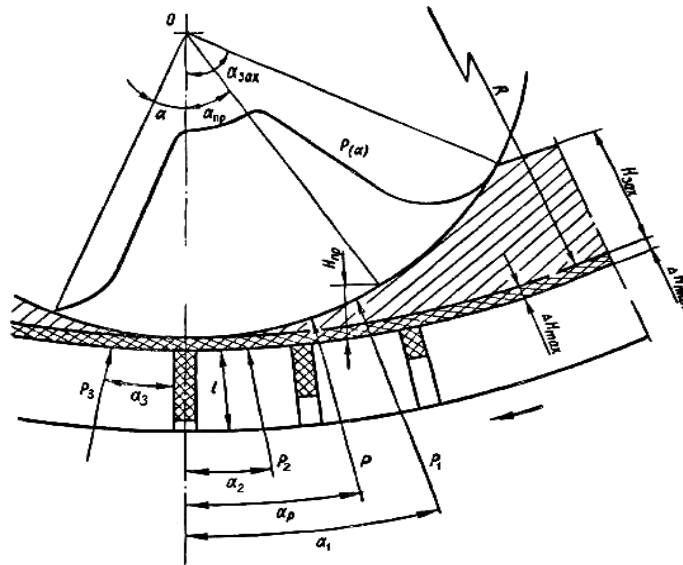


Рис. 5.2. Схема пресування матеріалу роликом у кільцевій матриці

Діаметр, довжина та щільність гранул визначаються зоотехнічними вимогами залежно від виду та віку тварин, для яких вони готуються.

Загальна кількість отворів матриці може бути визначена за рівнянням:

$$Z = 2\pi R_{\Gamma} Bi_0, \quad (5.2)$$

де R_{Γ} – радіус матриці прес-гранулятора, м; B – ширина матриці, м; i_0 – кількість отворів на одиниці площі, шт/м². Радіус матриці пресгранулятора дорівнює:

$$R_{\Gamma} = \sqrt{\frac{F}{2\pi\psi\psi_1}}, \quad (5.3)$$

де F – загальна площа робочої поверхні каналів матриці, м²; ψ – відношення радіуса вальця до радіуса матриці, для двовальцевого преса становить 0,40–0,47; ψ_1 – відношення довжини вальця до його радіуса, 1,0–1,6.

Загальна площа робочої поверхні каналів матриці, достатня для забезпечення витримки матеріалу t_b , необхідної для утворення міцних зв'язків у спресованому кормі, обумовлюється продуктивністю преса:

$$F = \frac{Qt_b}{K_b L}, \quad (5.4)$$

де L – загальна довжина каналів матриці, м: $L = \delta Z$ – товщина матриці).

Частота обертання матриці n не повинна перевищувати значення, яке визначається умовою міцності вироблюваних гранул:

$$n_{\max} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g\sigma}{l(R_{\Gamma} + L)\rho}}, \quad (5.5)$$

де l – довжина гранул, що дорівнює 1,5–2 їх діаметра, м; σ – міцність гранул на розрив (1,3–1,7 кПа); g – прискорення вільного падіння, м/с².

Користуючись наведеними формулами, можемо визначити робочу ширину B матриці прес-гранулятора, яка забезпечуватиме задану продуктивність:

$$B = \frac{2Q}{\pi^2 d_0^2 l K R_{\Gamma} i_0 n \rho \beta_0 K_b}. \quad (5.6)$$

Потужність $N_{\text{пр}}$ привода прес-гранулятора можна визначати через питому енергомісткість q процесу:

$$N_{\text{пр}} = Qq. \quad (5.7)$$

Питома енергомісткість процесу пресування залежить від виду і складу кормових сумішок та заданого розміру гранул. За експериментальними даними вона знаходиться в межах 60–120 кДж/кг.

6. КОРМОПРИГОТУВАЛЬНІ ЦЕХИ ТА АГРЕГАТИ

6.1. Класифікація кормоприготувальних об'єктів

Виробництво молока, яловичини і свинини в колективних, державних і фермерських господарствах базується на власних кормах, з яких готують прості або повнораціонні сумішки з використанням частини купованих, в основному білкових, вітамінних, мінеральних кормових добавок і мікроелементів. Для великої рогатої худоби кормові сумішки готують з силосу, сінажу, подрібнених грубих кормів (сіно, солома) і коренеплодів; для свиней – з концентрованих кормів, подрібнених коренеплодів, трав'яного або сінного борошна і білково-мінеральних вітамінних добавок (БМВД).

На фермах великої рогатої худоби використовують також буряковий жом (біля цукрових заводів), а при виробництві свинини – харчові відходи (біля великих міст). Балансування кормових раціонів здійснюють за рахунок концентратів, у тому числі у вигляді комбікормів. Для великої рогатої худоби їх частка у раціоні може становити від 25 до 40 % поживності; для свиней – від 50 до 75 % і більше.

Кормосумішки за вологістю розділяються на дві основні групи – сухі і вологі. Кормосумішки першої групи – це, в основному, повноцінні комбікорми та БМВД, виготовлення яких не пов'язане з порядком роботи тваринницьких підприємств. Тому такі сумішки виготовляють у відокремлених цехах або міжгосподарських чи інших спеціалізованих заводах.

У цехах господарств технологічний процес приготування комбікормів зводиться до розмелу фуражного зерна (ячменю, кукурудзи, гороху) та змішування їх з БМВД, які можуть становити до 15 % загальної кількості відповідно до заданого рецепту. БМВД готуються на спеціалізованих лініях комбікормових заводів з включенням соняшникової макухи або соєвого шроту, кормових дріжджів, м'ясо-кісткового і вітамінного борошна, кухонної солі та мінеральних добавок (сполуки міді, цинку, заліза тощо).

Робота кормоприготувальних об'єктів другої групи, що готують вологі кормові сумішки, безпосередньо пов'язана з розпорядком дня ферми, оскільки згодовувати такі суміші слід у свіжоприготовленому виді не пізніше як через 2 год після закінчення перемішування кормів. Це особливо стосується тих кормосумішок, що включають подрібнені коренеплоди або зелену масу.

Основною виробничою одиницею для приготування вологих кормо-сумішок на свинофермах і на значній частині ферм великої рогатої худоби є поки що кормоцех.

Кормоцех – це виробничий об'єкт, що входить до складу тваринницької ферми чи комплексу, призначений для приймання, нагромадження, обробки кормової сировини та приготування і видачі кормових сумішок в потрібній кількості (відповідно до разової норми) і в чітко визначений час (безпосередньо перед годівлею за розпорядком дня ферми). Системою машин передбачено ряд типових рішень для приготування вологих кормових сумішок (табл. 6.1), а також комплекти машин і обладнання для їх технічного оснащення.

Вибір варіанту кормоцеху, склад його технологічних ліній визначаються виробничим напрямком і розмірами ферми, структурою кормових раціонів, способами підготовки до згодовування їх окремих компонентів і зоотехнічними вимогами щодо показників якості їх обробки, номенклатурою машин і обладнання, що випускаються промисловістю. При цьому кормоцех тваринницької ферми повинен відповідати структурі кормової бази, що склалася в господарстві; повністю забезпечувати потреби в приготовлюваних кормах всіх тварин на фермі з урахуванням приросту їх поголів'я на перспективу; комплектуватися машинами і обладнанням, що знаходяться на промисловому виробництві; повністю усувати ручну працю на приготуванні кормів; мати технологічні лінії з мінімальною кількістю машин, простих і надійних в експлуатації; обробляти корми, без втрат і погіршення якості, щоб сприяти їх кращому поїданню і підвищенню поживності.

Таблиця 6.1 – Номенклатура кормоцехів для тваринницьких ферм та комплексів

Тип ферми	Розмір ферми, голів	Продуктивність, т/год.	Шифр комплекту або номер типового проекту	Комплект обладнання
Молочно-товарні	до 800	12	ЖТК 1.6-01	На базі агрегату АПК-10
	800 – 1200	15	801-6-483	КОРК-15
	1200 і більше	30	Ж 1.3.03	К-Р-1
Для відгодівлі великої рогатої худоби	2000 – 3000	15	801-460	КОРК-15
	6000 – 10000	30	ЖТК 1.6-05 Ж 1.3.03	К-Р-1
	10000 – 20000	50	801-405	
Свинарські	100 основних маток з закінченим оборотом	2	ЖТК 2.5-01	КЦС-100/1000
	200 основних маток	3	802-190	КЦС-200/2000
	При відгодівлі 3000	3	802-117	КЦС-3000
	6000	5-6	802-216	КЦС-6000
	12000 – 24000	25	ЖТК 2.5-06	КС-24
	з використанням харчових відходів 6000	2,5	Ж 2.3.14	КПО-35
	6000 – 12000	12	802-6-5	КПО-75
	24000 – 50000	24	802-250	КПО-150
Вівчарські	3000 – 9000	5-10	ЖТК 3-01	КОРК-15-2

Кормоцехи, що використовуються на тваринницьких фермах господарств, діляться на такі три основні групи:

- приготування повнораціонних кормових сумішок із різних компонентів без їх термічної, хімічної або біологічної обробки. В такому цеху кормові компоненти перед годівлею лише очищають, подрібнюють і змішують. Ця найпростіша технологія кормоприготування рекомендується для тих господарств, де корми доброякісні і не потребують спеціальної обробки;

- приготування кормових сумішок з тепловою обробкою окремих або всіх компонентів. Завдяки тепловій обробці досягається знезаражування зіпсованих кормів, покращується їх поїдання. Ця технологія застосовується у разі використання недоброякісних і пліснявілих кормів (наприклад, харчові відходи) або при згодовуванні великій рогатій худобі значної кількості грубих кормів (соломи) чи свиням – бульбоплодів;

- приготування кормових сумішок з використанням хімічної, баротермічної, ультрафіолетової чи інфрачервоної або якоїсь іншої активної обробки кормів. За такою технологією обробка, наприклад, грубих кормів хімічними розчинами, запарюванням під високим тиском або активними променями забезпечує розкладання клітковини (лігніну) і завдяки цьому підвищується засвоєння поживних речовин та енергетична цінність корму. Цей варіант помітно ускладнює технологію і технічне оснащення кормоцеху і пов'язаний з додатковими матеріальними витратами на його будівництво та експлуатацію. Він рекомендується лише в окремих випадках для господарств, де грубі корми (у першу чергу солома) складають значну долю в раціонах худоби.

Принцип дії кормоприготувального цеху зумовлюється конструктивно-функціональними особливостями змішувача, який є базовою машиною, що визначає продуктивність кормоцеху. Змішувачі кормів бувають двох типів: потокові (безперервної дії) і порційні, або періодичної дії.

Кормоцехи безперервної дії забезпечують потоковість процесу кормоприготування і відзначаються високою продуктивністю. Існує два варіанти кормоцехів такого типу:

– на базі подрібнювача-змішувача, в якому кормові компоненти (грубі і коренебульбоплоди) одночасно із змішуванням доподрібнюються;

– на базі змішувача, до якого компоненти надходять попередньо подрібненими до кінцевих розмірів.

Перший варіант дещо простіший в конструктивному відношенні і потребує меншого набору машин. Він дешевший, проте поступається перед іншими за якістю обробки (подрібнення) і змішування кормів.

Кормоцехи – це досить складний об’єкт за технічним оснащенням і дорогі в економічному відношенні. Тому їх доцільно застосовувати на фермах з добовою потребою не менше 15 т кормосумішок. Поряд з тим існують і простіші варіанти приготування кормових сумішок – змішувальні відділення та кормоприготувальні агрегати.

Особливість змішувальних відділень – приготування кормосумішок з готових компонентів (наприклад, комбікорм і вода).

Кормоприготувальні агрегати – це комбіновані машини, які виконують кілька технологічних операцій. Вони застосовуються у випадках спрощеної схеми приготування кормів та обмеженої кількості компонентів. Порівняно з кормоцехами та змішувальними відділеннями дають можливість знизити капіталовкладення, мають значно менші показники енергомісткості. У той же час не дозволяють реалізувати складні технологічні схеми приготування кормів.

6.2. Вимоги до кормоцехів та раціональні принципи компоновки їх обладнання

Кормоприготувальні цехи повинні задовольняти певним вимогам, а саме:

- забезпечувати приготування сумішок з урахуванням сучасних досягнень науки і техніки щодо складу кормових раціонів, якості обробки кормів, а також відповідно до розпорядку дня ферми;

- включати мінімально-необхідну кількість операцій та технічного обладнання, узгодженого за продуктивністю і забезпечувати найкоротший шлях переміщення кормів;
- бути пристосованими до автоматизації основних технологічних операцій з метою підвищення якості процесу та зниження затрат праці;
- відзначатися економічністю щодо енергетичних і матеріально-економічних затрат.

Відповідно до найпоширеніших кормових раціонів кормоцех, як правило, включає технологічні лінії (рис. 6.1 та 6.2), що забезпечують обробку стеблових кормів (грубі, силосовані), коренебульбоплодів, подачу комбінованих або концентрованих кормів, приготування поживних розчинів, змішування і видачу кормових сумішок. Збалансування сумішок, що готуються в кормоцеху, досягається шляхом дозованої подачі кожного компоненту раціону. Для цього на початку відповідних технологічних ліній є бункери-живильники в яких попередньо нагромаджується необхідний запас того чи іншого кормового компоненту. Допустимі відхилення від заданої раціоном норми введення компонентів в суміш залежать, перш за все, від виду корму. У технологічних лініях відносно тих кормових компонентів, які потребують точнішого дозування, крім бункерів-живильників використовують ще й дозатори (об'ємні, вагові).

Важливий також порядок завантаження кормових компонентів на збірний конвеєр, що подає їх до змішувача. З метою зменшення втрат (особливо дорогих за вартістю концентратів) та окислення в результаті довготривалого контакту з металевими елементами (наприклад, подрібнених коренебульбоплодів) доцільно технологічне обладнання розміщувати так, щоб на збірний транспортер спочатку завантажувались стеблові корми (грубі, потім силос або сінаж), зверху на них – соковиті (коренебульбоплоди, жом), ближче до змішувача – комбіновані та концентровані корми. Поживні розчини та рідкі компоненти необхідно подавати безпосередньо в змішувач.

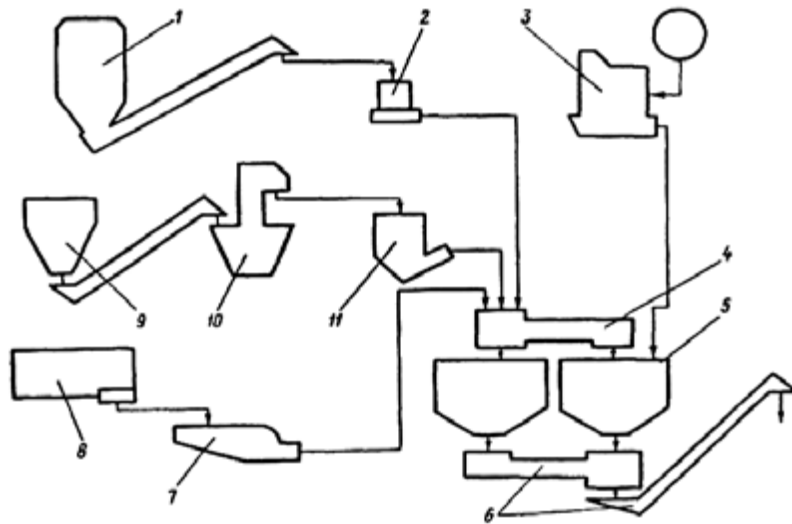


Рис. 6.1. Структурно-технологічна схема цеху для свиней (з використанням порційних змішувачів): 1 – бункер концентрованих кормів; 2 – дозатор; 3 – обладнання для приготування поживних розчинів; 4 – розподільний транспортер; 5 – порційний змішувач; 6 – транспортери; 7 – подрібнювач стеблових кормів; 8 – живильник стеблових кормів; 9 – бункер-живильник коренеплодів; 10 – подрібнювач коренеплодів; 11 – дозатор соковитих кормів

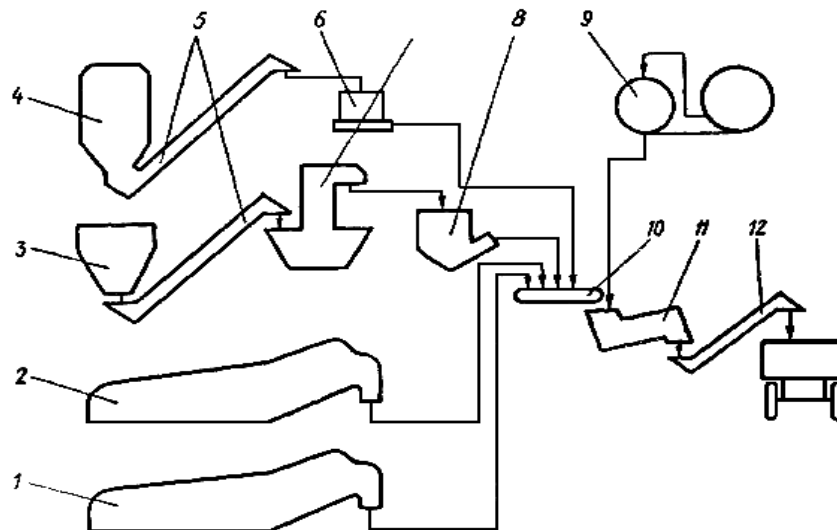


Рис. 6.2. Структурно-технологічна схема кормоцеху для ферм великої рогатої худоби (на базі змішувача безперервної дії): 1, 2 – живильники-дозатори стеблових кормів; 3 – бункер-живильник коренеплодів; 4 – бункер сухих кормів; 5 – транспортери; 6 – дозатор концентрованих кормів; 7 – мийка-подрібнювач коренеплодів; 8 – дозатор соковитих кормів; 9 – обладнання для приготування поживних розчинів; 10 – збірний транспортер; 11 – змішувач; 12 – вивантажувальний транспортер

6.3. Вимоги до кормоприготувальних агрегатів та раціональні схеми підготовки кормів до згодовування

На фермах з сучасними технологічними рішеннями для приготування кормів використовують пересувні кормоприготувальні агрегати.

Залежно від компоновки такий агрегат може виконувати операції з навантаження, подрібнення, змішування та роздавання кормів і може бути причіпним або самохідним. Для ефективної роботи кормоприготувальних агрегатів за різних схем приготування кормової суміші необхідно щоб:

- сховища з кормовими компонентами знаходились відносно близько одне від одного та в цілому від тваринницьких приміщень;
- усі дороги на території тваринницької ферми повинні бути рівні та з твердим покриттям (що зумовлено низькою базою агрегатів);
- залежно від комплектації необхідно залучати додаткові навантажувальні засоби;
- відповідно до обслуговуваного поголів'я потрібно узгоджувати об'єм бункера агрегату (виходячи з умови, що 1 м³ суміші можна нагодувати 17-29 корів залежно від кратності годівлі);
- технологічні проходи реконструйованих приміщень повинні враховувати габаритні розміри мобільного кормороздавача-змішувача, переїзди гнойових каналів повинні бути обладнані спеціальними переїздами, висота кормового жолоба повинна бути нижче висоти установки вивантажувального транспортера роздавача-змішувача.

Комбіновані агрегати для приготування і роздавання кормових сумішок – це своєрідні „кормоцехи на колесах” – є найсучаснішими технічними рішеннями при роздаванні кормів рогатій худобі. Вони оснащені шнеково-ножевими робочими органами, які бувають розміщені як горизонтально так і вертикально.

Існують одно-, дво- та багатопальні змішувачі-роздавачі. Виробляють їх покищо в обмеженій кількості у ВАТ «Брацлав» та

закордонні фірми, зокрема, відомі варіанти білоруського виробництва ИСРК-12, „Хозяин”, а також фірми SEKO, KHUN, SILOKING та інші.

Один із таких модільних комбінованих кормоприготувальних агрегатів для приготування і роздавання кормів має таку будову. На одно- чи двоосному шасі розміщений бункер 2 (рис. 6.3) з конусоподібним шнековим робочим органом 1 і розвантажувальною горловиною 11. Конусоподібний шнек встановлено широкою основою до низу (дна) бункера, а по периметру його гвинтової поверхні розміщено ножі 7. Останні можуть мати різні конструктивні особливості.

Роздавач агрегатується з трактором і приводиться в дію від його ВВП. Існують також самохідні варіанти змішувачів-роздавачів.

Технологічний процес приготування і роздавання кормових сумішок відбувається так (рис. 6.3). Завантажені у бункер 2 кормові компоненти відповідно до заданого раціону при обертанні робочого органу 1 інтенсивно подрібнюються його ножами 7 і під дією сил гравітації опускаються до дна бункера. Звідси шнек 1 захоплює корм і гвинтовою поверхнею знову направляє його вверх. В результаті такої багатократної дії відбуваються інтенсивне подрібнення і перемішування кормових компонентів. Винятком є зернофураж, який слід завантажувати в бункер попередньо подрібненим. Ступінь подрібнення і рівномірність перемішування регулюється часом обробки кормів.

Приготовлену кормову сумішку в процесі переміщення агрегату вздовж фронту годівлі роздають у годівниці крізь розвантажувальну горловину 11. Норму видачі корму можна регулювати ступенем відкриття шибера в розвантажувальній горловині 11 або ж швидкістю переміщення агрегату.

Технічні дані мобільних комбінованих кормоприготувальних агрегатів наведені в таблиці 6.2.

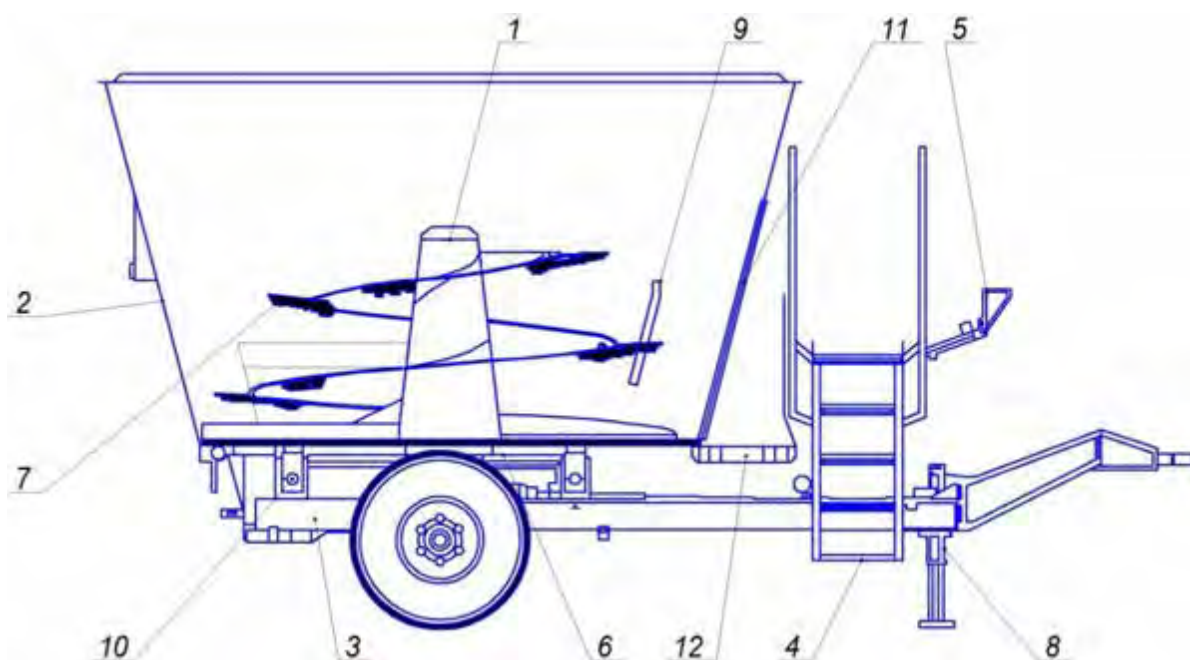


Рис. 6.3. Схема комбінованого агрегату для приготування і роздавання кормів:

1 - робочий орган (ротор, шнек); 2 - бункер; 3 - рама; 4 - оглядова драбина;
 5 - дисплей системи зважування; 6 - редуктор; 7 - ніж; 8 - лапа стоянкова; 9
 - протиризальний пристрій; 10 - датчик системи зважування;
 11- вивантажувальна горловина; 12 - поперечний транспортер

Таблиця 6.2. Технічна характеристика причіпних фермських комбайнів

Показники	«Секо»	«Фазерін»	«КУН»	«Валькер»	«Квернеленд»
Місткість бункера, м ³	9; 11; 13; 15	5; 7; 8,5; 10,5; 12; 14; 17;19	6; 8; 10; 12	8; 10; 12; 15; 17; 19	10; 12
Потужність двигуна, кВт	44-59	32-51	55-70	44-66	35-60
Маса, кг (залежно від комплектації)	4600-6500	3600-7200	4400-6050	4500-7200	4400-5800
Габаритні розміри, м:					
- довжина;	5,5-6,8	5,2-7,2	5,7-6,9	5,8-7,6	5,95-6,70
- ширина;	2,3-2,4	1,85-2,42	2,2	2,1-2,5	2,45
- висота;	1,48	1,250-1,500	2,3	1,5-2,0	1,8

Бункерні причіпні подрібнювачі-змішувачі-роздавачі кормів пропонує вітчизняне підприємство ТДВ “Брацлав” (рис. 6.4) для приготування повноцінних кормових сумішок. Бункерний причіпний подрібнювач-змішувач-роздавач кормів здійснює операції вагового дозування кормових компонентів під час їх завантаження в бункер машини, їх подрібнення та змішування для створення гомогенної повнораціонної кормової суміші, транспортування та роздавання її тваринам. ТДВ “Брацлав” розробив подрібнювачі-змішувачі-роздавачі кормів КСП-9 та КСП-12 з об’ємом бункера на 9 та 12 м³.



Рис. 6.4. Кормозмішувач-роздавач

Аналогічну машину випускає ВАТ «Уманьферммаш» - Комбіновані агрегати для приготування і роздавання кормових сумішок КРК-11, який призначений для приготування, транспортування і роздавання кормових сумішей в годівниці або кормові столи на тваринницьких фермах з вирощування великої рогатої худоби, овець або свиней. Як компоненти раціону можуть використовуватися: зелена маса, силос, сінаж, розсипне або пресоване сіно, солома, комбікорм, тверді або рідкі кормові добавки, брикетовані корми. Для дотримання якості раціону встановлена електронна система зважування.

Багато варіантів роздачі. Великий вибір дозволяє знайти оптимальний варіант роздачі корму для кожного підприємства:

розвантажувальні заслінки зліва чи справа, поперечний стрічковий транспортер спереду або ззаду, а також спеціальний додатковий відкидний транспортер для вивантаження у високі годівниці. Завдяки особливій геометрії бункера, а також потужному урухомленню поряд із змішуванням стандартних компонентів стає можливим розпускання рулонів і подрібнення довговолокнистих компонентів корму.



Рис. 6.5. Робочий процес кормороздавача Siloking:
а – вигляд бункеру для змішування кормів зверху; б – завантаження компонентів (тюкована маса); в – подрібнення і змішування кормів; г – роздавання кормів тваринам

6.4. Технологічний розрахунок обладнання

В середині бункера в процесі роботи МКПА утворюються чотири основних зони: дві подрібнення та дві змішування (рис 6,6 а). Бункер МКПА складається із двох основ: нижня має форму круга, а верхня утворюється із двох радіусів з центрами, віддаленими від осьової нижньої основи на величину $L/2$, і набуває форми еліпса (рис 6,6 б). Об'єм та форма бункера залежить від висоти H між нижньою та

верхньою основами. Величина L - це основа трикутника, відстань між боковими стінками рівна діаметру нижньої основи бункера. Об'єм бункера визначають:

$$V_{\phi} = (\pi R^2 H + RLH) K_{ш} \quad (6.1)$$

де R – радіус нижньої основи бункера, м; L - основа трикутника (величина між двома радіусами нижньої основи), м; H – висота бункера (відстань між нижньою та верхньою основами), м; $K_{ш}$ – коефіцієнт, який виражає об'єм шнека в середині бункера, та завантаження 1,1-1,15.

При створенні типорозмірного ряду МККПА потрібно визначити, які із параметрів формули (6.1) є технологічними, а які будуть залежати від умов експлуатації.

Величина L та кут α_c (кут нахилу стінки відносно вертикальної осі МККПА) є розрахунковими, а висота бункера H буде залежати від параметрів допоміжних машин, обслуговуваних приміщень та міркувань безпечної експлуатації МККПА.

Кормові компоненти, які завантажують в МККПА мають різні фізико-механічні властивості. Згідно зоотехнічних вимог, кормова суміш повинна мати високу однорідність змішування, а розміри часток грубих кормів повинні наближатись до величини 40-60 мм. Враховуючи зони, зображені на (рис. 6.6 а) та форму бункера, розглянемо рух кормових компонентів в середині бункера. При сталому русі кормових компонентів в середині бункера МККПА (рис. 6.6), відбуваються процеси подрібнення та змішування кормових компонентів. При цьому, процес подрібнення відбувається при переході з розширеної зони до звуженої, а змішування вимагає збільшення простору, а також потрібно забезпечити роботу МККПА без застійних зон.

На (рис. 6.6 в) приведено схему сил, які діють на стінку, на яку діє шар кормової суміші. На цей шар діють такі сили: тяжіння – mg , тертя – $F = f_1 mg$, опору кормової суміші – $P_{\phi} = f_2 mg$.

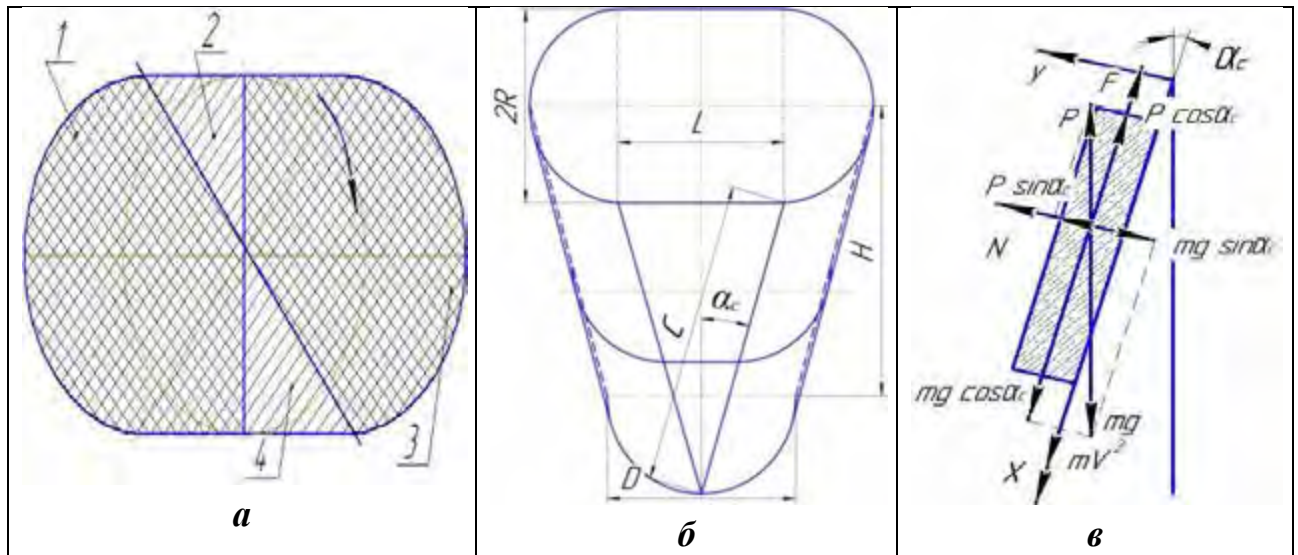


Рисунок 6.6 – Бункер МКПА:

а - зони КПА, б – для визначення розмірів бункера, в – схема дії сил на шар корму, який розміщений на стінці бункера; 1, 3 – зони змішування; 2, 4 – зони подрібнення.

Сила опору P_v виникає внаслідок тертя кормової суміші між собою при підніманні шнеком однієї частини та зсуву по стінці іншої

$$\begin{aligned}\sum P_x &= mg \cos \alpha_c - P_v \cos \alpha_c - F > 0, \\ \sum P_y &= N + P_v \sin \alpha_c - mg \sin \alpha_c = 0.\end{aligned}\quad (6.2)$$

Величини L та кут α нахилу стінки бункера становлять:

$$L = 2\sqrt{c^2 - H^2}, \quad (6.3)$$

а

$$\alpha_c = \arctg \left(\frac{1-f_2}{f_1(1-f_2)} \right) = \arctg \left(\frac{1}{f_1} \right). \quad (6.4)$$

7. СТІЙЛОВЕ ТА КЛІТКОВЕ ОБЛАДНАННЯ

7.1. Вимоги до тваринницьких приміщень, їх обладнання та огорожуючих конструкцій

Ефективність виконання виробничих процесів та якість робіт на тваринницьких підприємствах (наприклад, ферма, комплекс, станція) залежить від того, наскільки тваринницькі приміщення, їх огорожувальні конструкції та обладнання відповідають ветеринарно-санітарним і технологічним вимогам.

Для цього необхідно дотримуватись таких умов:

- для спорудження тваринницьких приміщень використовувати матеріали згідно вимог ветеринарної зоогігієни і санітарії, а також з урахуванням кліматичних особливостей конкретної зони;
- будівельні рішення приміщень і інженерне оснащення повинні бути високоефективними, надійними і довговічними, забезпечувати дотримання нормативних параметрів внутрішнього мікроклімату при мінімальних експлуатаційних затратах (матеріалів, енергетичних і трудових ресурсів тощо);
- зовнішні огорожуючі конструкції тваринницьких приміщень повинні мати достатню теплоізоляцію та повітропроникність, щоб виключали можливість утворення конденсату на внутрішніх поверхнях огорожень і при цьому забезпечували нормальну роботу систем формування мікроклімату;
- з метою зменшення тепловтрат треба передбачати теплоізоляцію зовнішніх огорожуючих конструкцій (стін), щоб їх опір тепло-передачі встановив 2,0–2,5 °K/Вт, суміщених та горищних перекриттів – 3,5–4,0

°К/Вт, а також теплоізоляцію підлоги в місцях розміщення тварин біля зовнішніх стін (улаштуванням тамбурів або повітряних завіс, які використовують внутрішнє повітря приміщень, утеплених воріт і вікон з подвійним осклененням тощо);

- тваринницькі приміщення доцільно будувати павільйонного типу, який дозволяє використовувати енергозберігаючі системи мікроклімату;

- конструктивні і технічні характеристики підлоги у тваринницьких приміщеннях повинні відповідати параметрам, наведеним у нормах технологічного проектування;

- покрівля повинна надійно захищати від атмосферних опадів та вітру;

- внутрішнє планування повинне забезпечувати раціональне розміщення тварин і технологічного обладнання, а також створювати належні умови роботи обслуговуючого персоналу;

- будівельні конструкції та технологічне обладнання повинні сприяти захисту тварин і персоналу від нещасних випадків, а також створювати можливість швидкої їх евакуації на випадок пожежі.

Обґрунтування типу і конструкції виробничих приміщень, їх планування, вибір машин та обладнання і технологічне оснащення тваринницьких приміщень взаємно поєднані між собою, залежать від прийнятої системи і способів утримання тварин, принципів і методів їх обслуговування (рис. 7.1).

7.2. Утримання великої рогатої худоби

Залежно від виробничого напрямку, конкретних умов і можливостей господарства застосовують різні варіанти утримання худоби: прив'язне, безприв'язне і потокове, а також в клітках і станках (для телят).

Прив'язний спосіб утримання характерний тим, що худоба знаходиться на прив'язі у стійлах приміщення (рис. 7.2), де підтримується відповідний мікроклімат. Для здійснення моціону тварин

випускають на вигульно-годівельні майданчики. Їх обладнують вздовж тваринницьких приміщень (переважно з південного боку) або ж окремо від них. В останньому випадку вигульні майданчики сполучають з тваринницькими приміщеннями огороженими проходами.

Прив'язне утримання відзначається простотою організації робіт і поряд з цим забезпечує хороші умови для догляду за тваринами, краще враховує їх індивідуальні особливості, сприяє раціональному використанню кормів та підвищенню продуктивності тварин. Недоліком такого способу є високі питомі витрати праці, які в значній мірі обумовлюються саме індивідуальним обслуговуванням тварин. В зв'язку з дуже низьким коефіцієнтом використання (0,02–0,2) більшості машин та обладнання, що при цьому застосовуються, значно зростають також капіталовкладення в засоби механізації.



Рис. 7.1. Класифікація елементів утримання та обслуговування тварин

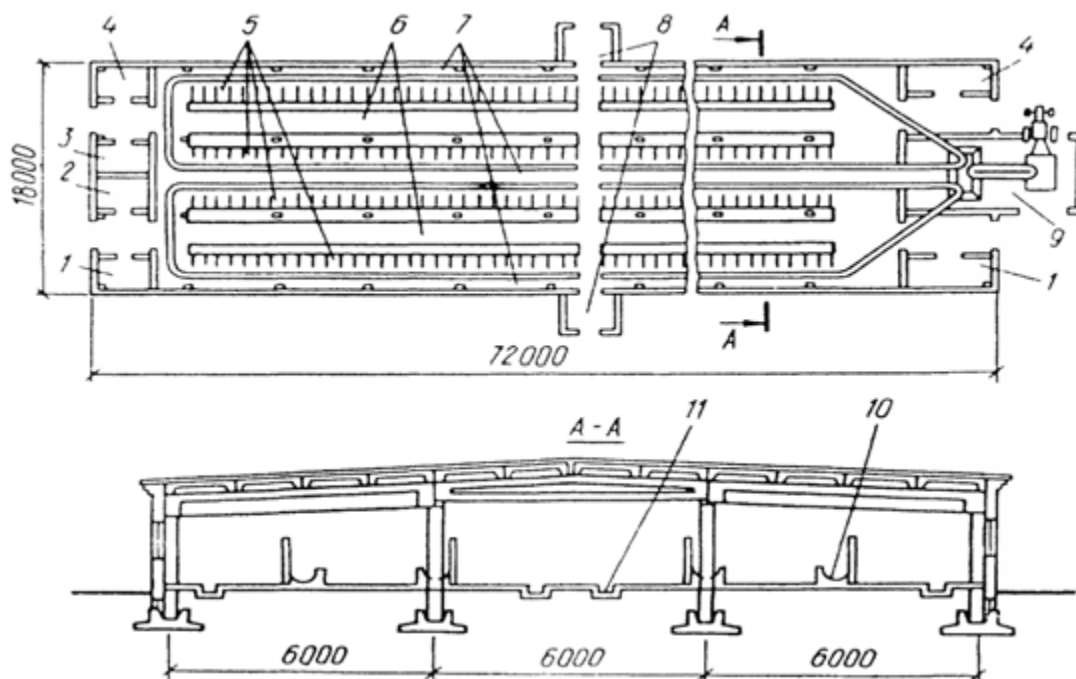


Рис. 7.2. План та переріз чотирирядного приміщення для прив'язного утримання великої рогатої худоби:

1–4 – допоміжні технологічні та службово-побутові відділення; 5 – стійла; 6 – кормові проходи; 7 – проходи для персоналу і тварин; 8 – тамбури для виходу тварин; 9 – тамбур для тракторного причепа; 10 – годівниці; 11 – гнойові канали

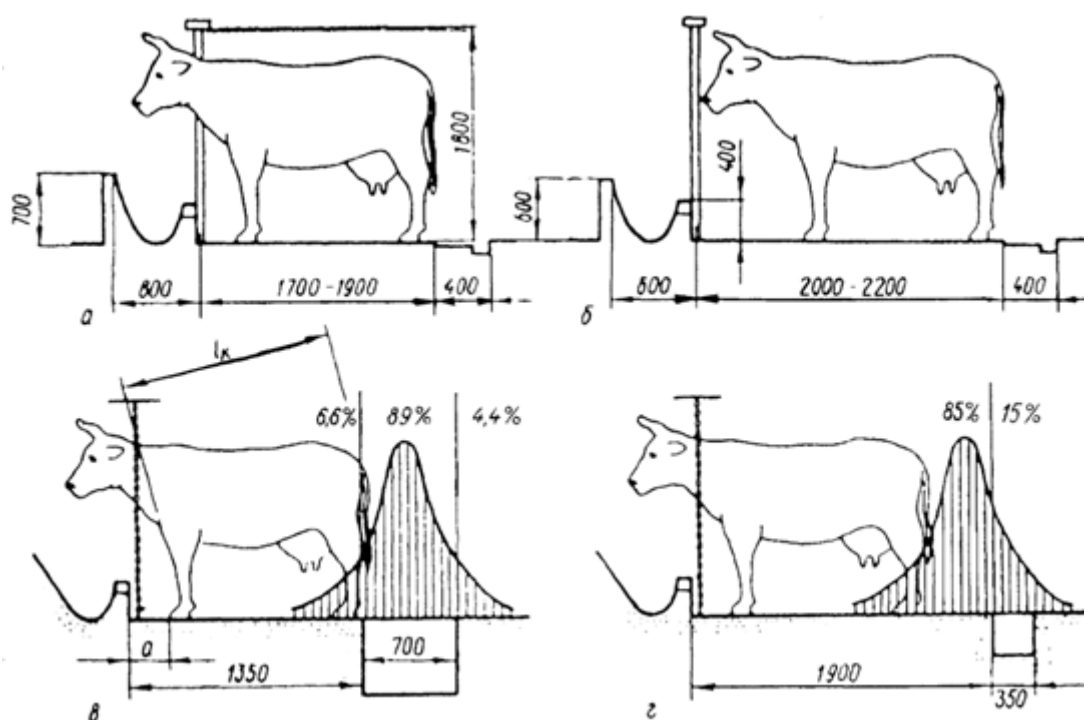


Рис. 7.3. Схеми короткого (а) та довгого (б) стійл і характер розподілу екскрементів (в, г) в них

Прив'язне утримання поширене на фермах великої рогатої худоби усіх виробничих напрямків і є переважаючим на молочно-товарних.

Стійла бувають двох типів (рис. 7.3): короткі і довгі. Стійла у приміщенні розміщують повздовжніми паралельними рядами і оснащуються годівницею, напувалкою та канавкою для збирання гною.

Від довжини стійл залежить характер розподілу екскрементів і вибір доцільних технології та засобів прибирання гною.

Довгі стійла розраховані на утримання крупних тварин або при використанні прив'язі, що дозволяє їм відступати в стійлі назад.

При утриманні тварин у коротких стійлах біля 90 % виділень розподіляється на ділянці шириною 0,7–0,9 м, формування якої обумовлює коса довжина тулуба тварини l_k . З урахуванням вказаних закономірностей вираховують довжину стійла $l_{ст}$ (відстань від годівниці до задніх ніг тварин, яка стоїть) за таким виразом:

$$l_{ст} = a + 0,8l_k, \quad (7.1)$$

де a – відстань від годівниці до передніх ніг тварини, ($a = 0,2$).

Для зменшення травмування копит, защемлень суглобів, пошкодження дійок (особливо при утриманні корів на щілинних підлогах) фахівці рекомендують розраховану за рівнянням (8.1) довжину стійла збільшувати на 0,1–0,15 м.

Для тварин різного віку та груп рекомендовані розміри стійл наведені у таблиці 7.1.

Таблиця 7.1 – Розміри стійл, м

Група тварин	Довжина	Ширина
Корови:		
у корівниках	1,7–1,9	1,1–1,2
у родильному відділенні	2,0	1,5
Дорослі тварини на відгодівлі	1,7–1,9	1,1–1,2
Молодняк на відгодівлі	1,2–1,7	0,6–1,0

При використанні пересувних кормороздавачів ширина кормового проходу повинна бути не менша 2,0 м. Вона може бути зменшена до 1,2–1,4 м в тому разі, якщо роздавання кормів здійснюється за допомогою стаціонарних засобів (скребкові чи стрічкові конвеєри). Для забезпечення тварин водою на кожні два стійла встановлюють автонапувалки біля годівниці.

Ширина гнойових проходів, якими тварини звичайно заходять в приміщення та виходять з нього, повинна бути не менше 1,4 м.

Важливе значення має обладнання прив'язі, яка повинна обмежувати повздовжні (вперед, назад) переміщення тварин, але не заважати їх відпочинку, а також споживанню корму та води. Прив'язі бувають індивідуальні і групові; жорсткі і напівгнучкі (рис. 7.4); ручні, напівавтоматизовані та автоматизовані.

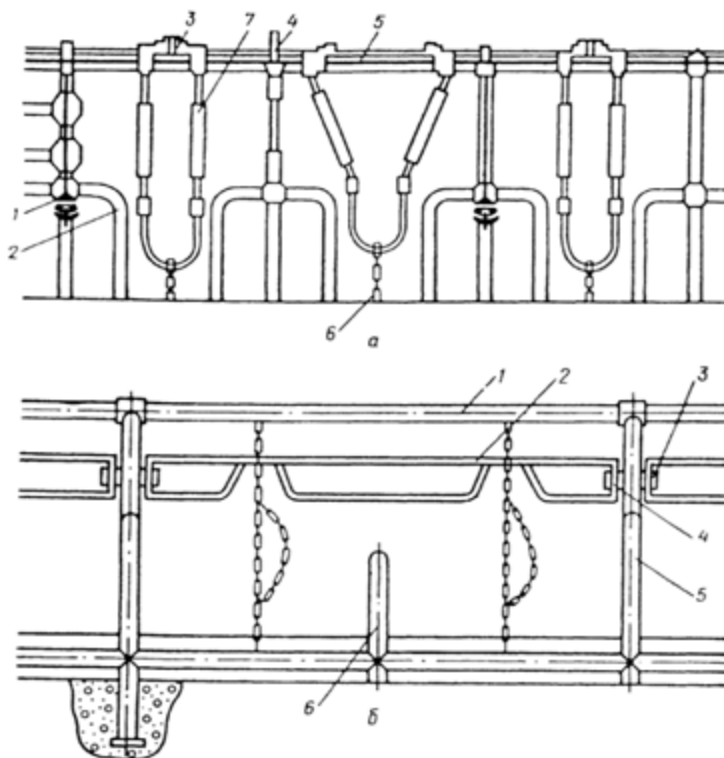


Рис. 7.4. Сійлове обладнання для утримання тварин на прив'язі:
а – групова жорстко-рамна (хомутова) прив'язь: 1 – напувалка; 2 – каркас;
 3 – механізм прив'язування; 4 – кронштейн для кріплення вакуум- та молокопроводів; 5 – привод прив'язі; 6 – обмежувальний ланцюг;
 7 – шийна рама; **б – групова напівгнучка ланцюгова прив'язь:** 1 – стійлова рама; 2 – обмежувач на дві голови; 3 – кронштейн; 4 – регулювальна планка; 5 – роздільник стійлової рами; 6 – боковий роздільник

Сучасне збірне обладнання (рис. 7.5) оснащено пристроями для самоприв'язування корів, групового та індивідуального їх відв'язування, забезпечення тварин водою, а також для закріплення молоко-вакуумпроводів.

Секція обладнання складається із стійлової рами, яка має стояки з кронштейнами для кріплення молочного і вакуумного трубопроводів, водопроводу з напувалками, огорожі і прив'язі з пасткою. Бокові елементи огорожі служать напрямними для підвіски, що забезпечує надійне відхилення її до засувного пристрою пастки. Пастка з фіксувальною пластиною встановлюється в кожному стійлі перед годівницею на висоті 400–500 мм від підлоги. Фіксувальні пластини закріплені на загальній тязі, яка розміщена вздовж годівниць. На кінці тяги є важіль, який має два положення: для фіксування (прив'язування) та відв'язування.

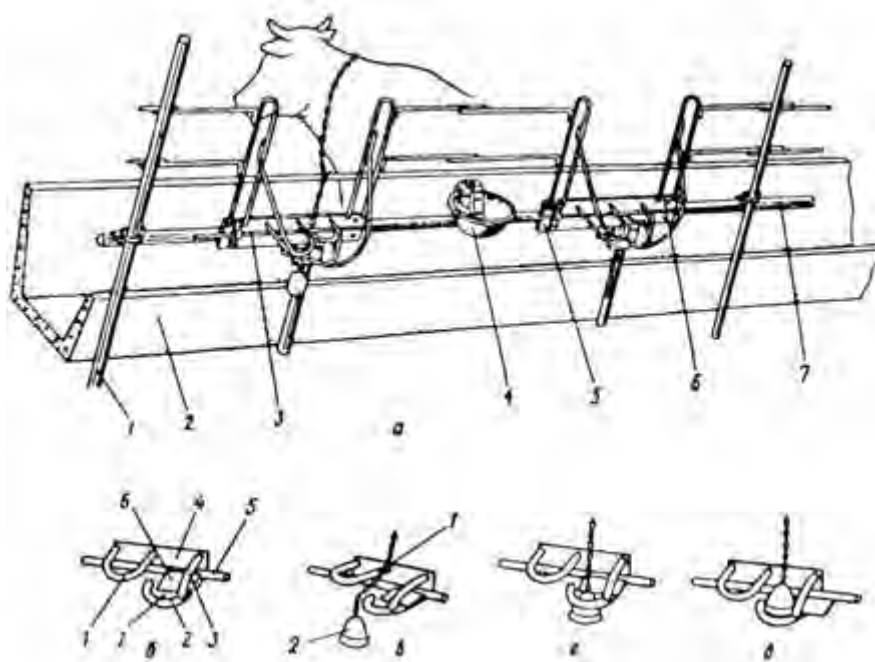


Рис. 7.5. Стійлове обладнання з автоматичною прив'яззю:

***a* – загальний вигляд: 1 –стояк; 2 – годівниця; 3 – тяга; 4 – напувалка; 5 – пастка; 6 – плечовій обмежувач; 7 – водопровід; *б* – будова пастки:**

1 – закрита напрямна; 2 – відкрита напрямна; 3 – підтримуючий кронштейн; 4 – монтажна плита; 5 – тяга; 6 – пластина; 7 – петля; *в* –схема автоматичного прив'язування: 1 – ланцюг; 2 – гумовий тягар; *г* – підвіска, зафіксована у пастці; *д* – розфіксоване положення підвіски

Прив'язь складається із закритої та відкритої напрямних, а також підтримуючого кронштейна, жорстко закріплених на монтажній плиті. Нашийник з підвіскою одягається на шию тварин і взаємодіє з пасткою при підході корови до годівниці.

Новонароджені телята до 20-денного віку знаходяться в *індивідуальних клітках* профілакторію родильного приміщення. Від 20-денного до 3-місячного віку їх утримують безприв'язно в індивідуальних клітках або в групових станках по 10–15 голів; від 3 до 6 місяців – в групових станках по 25–30. Площу групових станків для телят від 2-денного до 6-місячного віку визначають з розрахунку 2–2,5 м² на одну голову.

Безприв'язне утримання великої рогатої худоби сприяє застосуванню сучасних засобів механізації, кращій організації і спеціалізації праці, що дозволяє різко підняти продуктивність праці, у два-три рази знизити трудомісткість вироблюваної продукції. При безприв'язному утриманні створюються можливості використання високопродуктивних машин (мобільні агрегати для роздавання кормів, прибирання гною; доїльні установки, змонтовані в спеціальних приміщеннях тощо), які здатні обслуговувати велику кількість тварин чи кілька тваринницьких приміщень. Завдяки цьому значно зростає коефіцієнт використання технологічних машин та обладнання (до 0,7–0,9) і різко скорочуються капіталовкладення в засоби механізації виробничих процесів.

Варіанти технології з безприв'язним утриманням бувають різні.

Тварин цілорічно утримують без прив'язі *на глибокій підстилці* (щоденна норма внесення підстилки складає 1–3 кг на одну голову). Вони вільно виходять на вигульно-годівельні майданчики, де є годівниця, групові автонапувалки та навіси для грубих кормів. На кожну корову в приміщенні необхідно мати 4,5–5 м² підлоги, а на вигульно-годівельному майданчику не менше 10 м² площі з твердим покриттям; для ремонтних телиць – відповідно 3,0–3,5 м² і 8–10 м². Загальну довжину годівниць визначають з розрахунку 0,7–0,8 м на одну корову, 0,7 м на ремонтну телицю та 0,6 м на теля.

Внутрішнє планування приміщення для *утримання тварин в боксах* приведено на рис. 7.6. Бокси (рис. 7.7) – це невеликі площадки, відділені одна від одної боковими роздільниками. Щоб запобігти попаданню в бокси екскрементів вони обладнуються потиличними обмежувачами у вигляді труби, закріпленої хомутами зверху бокових роздільників. Обмежувачі не дають змоги тваринам просуватися уперед при дефекації. Спереду бокси обмежені стіною приміщення або ж перегородкою. Бетонна підлога в боксі за рівнем повинна бути на 100–150 мм вище рівня проходу і покривається гумовими килимками, дошками тощо.

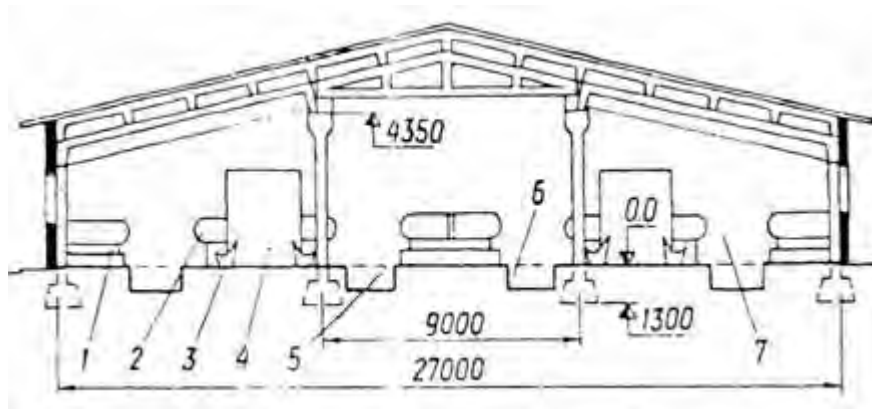


Рис. 7.6. Схема розміщення технологічного обладнання у 4-рядному корівнику (боксове утримання): 1 – бокс для відпочинку; 2 – комбінований бокс; 3 – годівниця; 4 – кормовий прохід; 5 – решітка; 6 – канал для видалення гною; 7 – гнойовий прохід

В боксах для відпочинку можливе використання подрібненої підстилки (розрахункова добова норма внесення її – 0,5 кг на голову; частота внесення 2–3 рази в тиждень). В цьому разі в задній частині боксу встановлюють брус (див. рис. 7.7, з), який запобігає зсуванню підстилки в гнойовий прохід.

В ряді випадків для створення тваринам комфортніших умов, крім основних боксів для відпочинку, обладнують кормові напівбокси (комбібокси) перед годівницями. Комбібокси оснащуються також напувалками. Між годівницями передбачені кормові проходи, ширина яких обумовлюється вибором системи роздавання кормів. В разі застосування мобільних роздавачів ширина кормових проходів при-

ймається рівною 2,3 м. Ще більшу ширину (до 4–5 м) кормових проходів передбачають, якщо годівля тварин здійснюється з кормових столів.

Проходи між рядами боксів служать для видалення гною та пересування тварин. Ширину їх встановлюють (2,5–3 м) з таким розрахунком, щоб коли деякі тварини знаходяться в комбібоксах біля годівниці чи в боксах для відпочинку інші в цей час мали б змогу вільно переміщуватися вздовж проходу.

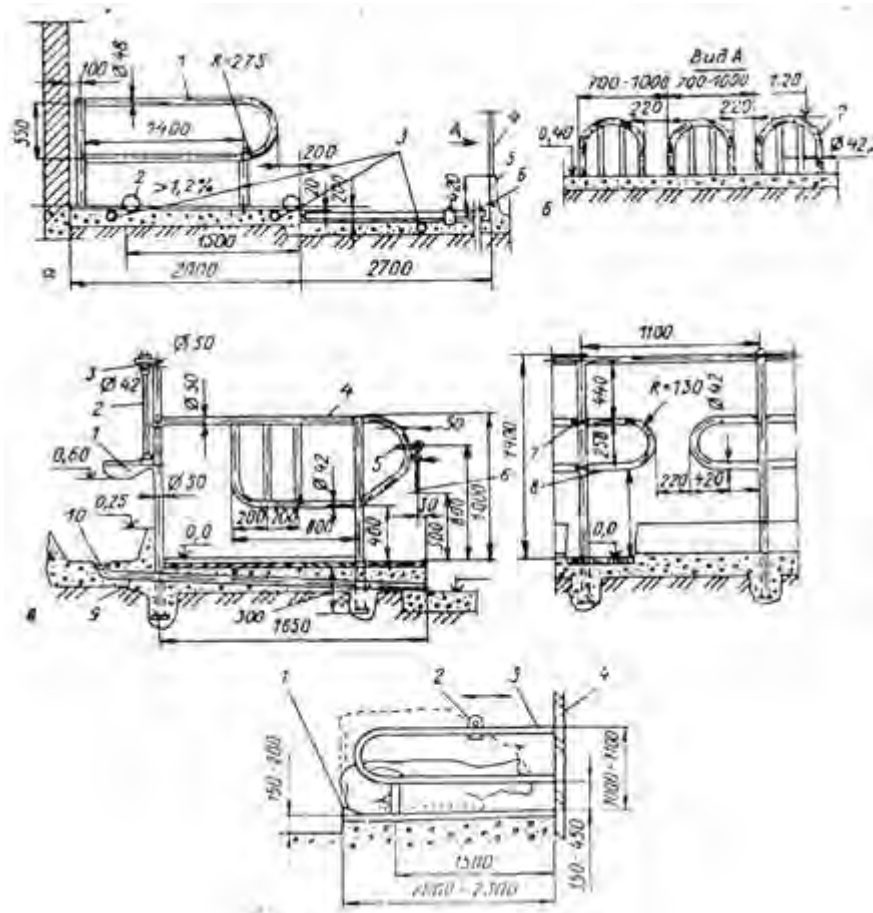


Рис. 7.7. Бокси для утримання тварин: а, б – для відпочинку: 1 – бічний роздільник; 2 – підлога; 3 – пристрій для вирівнювання електричного потенціалу; 4 – фіксуєчий пристрій; 5 – годівниця; 6 – скрепер для видалення гною; 7 – роздільник перед кормовим столом; в – комбінований: 1 – напувалка; 2 – водопровід; 3 – хомут; 4 – боковий роздільник; 5 – скоба; 6 – капроновий канат; 7 – накладка; 8 – обмежувач до годівниці; 9 – труба для збігання води; 10 – годівниця; з – для відпочинку з переднім обмежувачем і брусом, що запобігає розтягуванню підстилки: 1 – задній брус; 2 – пересувний обмежувач; 3 – роздільник; 4 – перегородка або стіна

Ще один варіант безприв'язного утримання (в боксах чи на глибокій підстилці), – коли тварини фіксуються під час годівлі біля кормового стола, розміщеного в окремій секції або в спеціальному приміщенні (рис. 7.8).

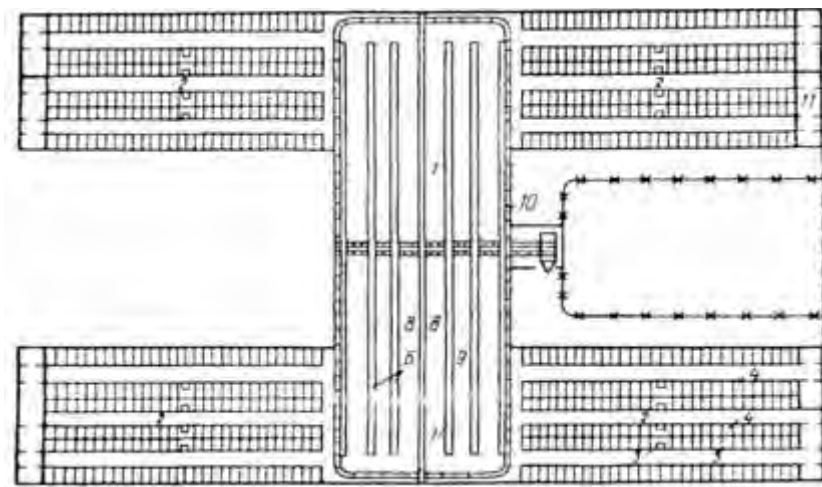


Рис. 7.8. Схема приміщення для боксового утримання тварин при годівлі їх в „їдальні”: 1 – „їдальня”; 2 – боксові секції; 3 – групові напувалки; 4 – індивідуальні бокси; 5 – гнойовий прохід; 6 – годівниці; 7 – групові напівавтоматичні фіксатори; 8 – прохід для тварин; 9 – кормовий проїзд; 10 – гноєзбиральний конвеєр; 11 – вентиляційна камера

Цей варіант поєднує позитивні ознаки як прив'язного так і безприв'язного способів утримання, оскільки дозволяє індивідуально обслуговувати тварин при годівлі і ефективніше використовувати корми.

Годівля тварин виконується за визначеним графіком для тварин кожної групи, а для їх фіксації біля кормових столів можуть бути використані групові автоматизовані прив'язі чи інші.

За всіх варіантів безприв'язного утримання молочного стада велике значення щодо ефективності виробництва має раціональне комплектування корів в групи за продуктивністю і лактаційними ознаками. Доцільно створювати такі групи корів: новотільні, високопродуктивні, середньої продуктивності, низькопродуктивні та сухостійні. Групування тварин дозволяє диференційовано годувати та утримувати їх відповідно до зоотехнічних вимог. Чисельність кожної виробничої групи не повинна перевищувати 60–70 корів. При збільшенні їх кількості різко зростають стреси тварин, що значно знижує надої.

Для вільного переходу тварин в доїльний зал і назад, а також, для інших переміщень груп в приміщеннях з безприв'язним утриманням тварин обладнують прогонні коридори. В місцях скупчення тварин (перед доїнням, санітарною обробкою в спеціальних станках) влаштовують накопичувачі з розрахунку 1,8 м² на одну корову.

Конвеєрний спосіб обслуговування тварин поєднує в собі позитивні ознаки прив'язного утримання і усуває недоліки без прив'язного. При цьому способі корови постійно знаходяться на прив'язі або в пересувних станках-візках. До стаціонарних зон (пунктів) технологічного обслуговування вони переміщуються за допомогою механізованих пристосувань (транспортери, тягові ланцюги або канати тощо). Останні разом з групою тварин, що переміщуються і утворюють своєрідний механізований або самохідний конвеєр.

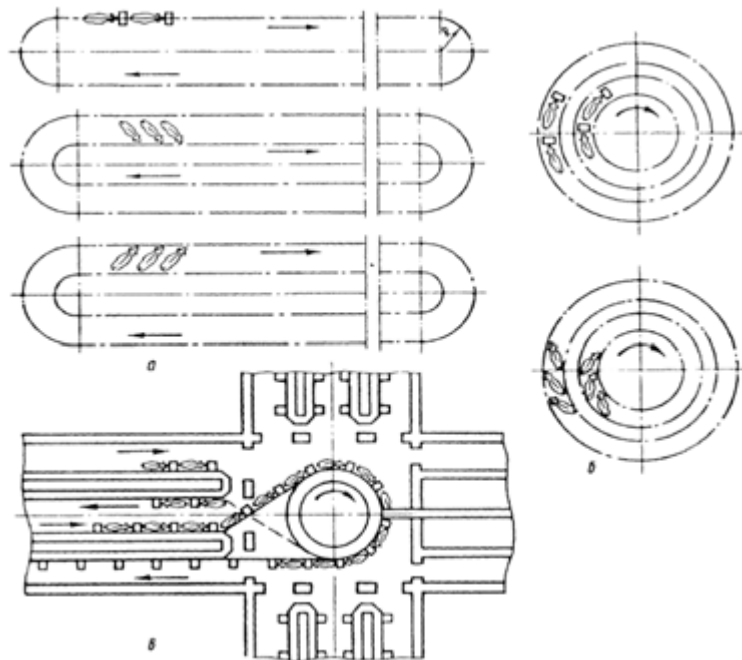


Рис. 7.9. Схема конвеєрних варіантів утримання корів:
а – петльовий; б – кільцевий; в – з кільцевою доїльною установкою

Відомі три типи механізованих пересувних конвеєрів (рис. 7.9):

- кільцевий, розроблений в Латвійській сільськогосподарській академії професором А.А. Цикуліною;
- багатовізковий фірми „Альфа-Лаваль” (Швеція);
- самопересувний, розроблений Л.П.Кармановським та І.Ф.Шуміловим (Росія).

Основна перевага конвеєрного варіанту полягає в тому, що тварини в чітко визначений розпорядок дня і заданій послідовності примусово поступають до місця обслуговування. Завдяки цьому виробляються умовний рефлекс і відповідний стереотип поведінки тварин. Конвеєрне обслуговування створює можливості ефективного використання сучасних засобів механізації, а також широкого впровадження засобів автоматизації управління виробничими процесами (облік продуктивності, програмоване дозування кормів тощо), дозволяє значно скоротити витрати праці.

7.3. Утримання свиней

Для свинарських ферм і комплексів найдоцільніший так званий павільйонний тип забудови, коли свинарники розміщують автономно один від одного. За такої забудови можлива організація вигулів та забезпечення природного освітлення приміщень. Для зручності проведення заходів санітарної обробки і дезінфекції приміщень свинарники розділяють суцільними перегородками на ізольовані секції, які використовують за принципом „все зайнято – все вільне”. Місткість секцій визначається залежно від розміру технологічних груп, але вона не повинна перевищувати 60 маток в свинарниках-маточниках, 600 відлучених поросят, 1200 свиней на відгодівлі.

Залежно від виробничого напрямку і типорозміру ферми застосовують такі основні системи утримання свиней: безвигульну і вигульну.

Безвигульна система утримання найбільш розповсюджена у великих тваринницьких підприємствах. За цієї системи тварини від народження до реалізації знаходяться в приміщеннях з індивідуальними або груповими станками. Іноді практикують клітково-ярусне утримання. Інтенсивне ведення свинарства при цілорічному безвигульному утриманні всіх вікових і виробничих груп свиней не-рідко веде до ослаблення їх конструкції, зниження продуктивності. Тому для підприємств племінного напрямку, а також для кнурів-плідників, свиноматок і ремонтного молодняку промислових репродукторів доцільна вигульна система утримання.

Вигули, як правило, розміщують уздовж стін свинарників і розділяють на окремі секції. Норма площі вигулів для кнурів і поросних свиноматок (за 10–15 днів до опоросу), а також підсисних маток з

поросятами – 10 м^2 на одну голову, для свиноматок холостих і першого періоду поросності – 5 м^2 , ремонтного та відгодівельного молодняка – відповідно 1,5 і $0,8 \text{ м}^2$ на голову. Вигульні майданчики повинні мати суцільне тверде покриття.

Приміщення для літньо-табірного утримання будують за типом стаціонарних будівель або у вигляді пересувних споруд.

Різні статеві-вікові групи тварин утримають в станковому обладнанні, що передбачене діючими типовими проектами свиноферм і комплексів різної потужності.

Для опоросу свиноматок і утримання їх з поросятами до 30–60-денного віку останніх використовують обладнання з дво- або трибоксовими станками, а також спарені двосекційні станки. Всі варіанти обладнання мають бокси для фіксованого утримання і опоросу свиноматок, а станки оснащені сосковими напувалками та годівницями. В боксах для порослят їх положення по висоті регулюється. Наявність перегородок всередині станків дозволяє утворювати в них бокси для утримання і фіксованого опоросу свиноматки, годівлі та відпочинку порослят. Внутрішні перегородки можна переставляти, трансформуючи при цьому площу боксів залежно від фізіологічного стану свиноматки і віку порослят. Конструкції станків дозволяють застосовувати одну із систем прибирання гною: механічну за допомогою скребкових транспортерів або гідравлічну. Бокси для відпочинку порослят обладнані установками для їх обігрівання та опромінювання.

Станкове обладнання (рис. 7.10) призначене для розміщення поросних свиноматок, їх опоросу і утримання до 35 днів з приплодом. Станок має підняту щілину підлогу і являє собою конструкцію прямокутної форми, яка складається з трьох боксів: для розміщення свиноматки, годівлі порослят та їх відпочинку.

Розміщують станки над гнойовим каналом, куди гній крізь щілину підлогу проштовхується тваринами.

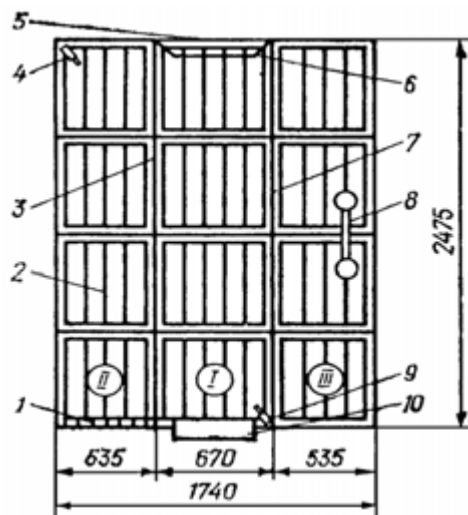


**Рис. 7. 10. Схеми станка для опоросу: I – бокс для свиноматки; II – бокс для годівля поросят; III – бокс для відпочинку поросят;
1 – самогодівниця для поросят; 2 – щілинна підлога; 3 і 7 – огорожа фіксуємого боксу; 4 і 9 – напувалки відповідно для поросят і свиноматки; 5 – дверці; 6 – обмежувальна дуга; 8 – установка ИКУФ-1М; 10 – годівниця для свиноматки**

Для гніздового вирощування відлучення поросят застосовують *групові станки*. Це збірна конструкція у вигляді окремих кліток (рис. 7.11) з піднятою щілинною підлогою.

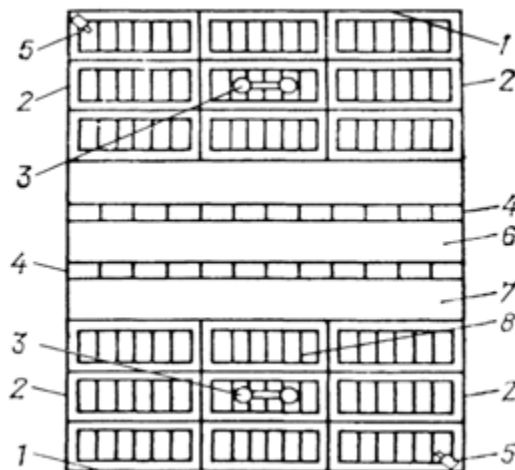


Рис. 7.11. Схема групового станка: 1 – дверці; 2 – огорожа; 3 – установка для опромінення; 4 – самогодівниця; 5 – напувалка; 6 – бункер самогодівниці; 7 – настил; 8 – підлога

На дорощуванні поросят утримують залежно від прийнятої технології погніздно (8–10 голів) або групами (до 20–25 голів) в станках, розмір яких вибирають із розрахунку 0,35–0,4 м² площі підлоги на

одну голову. В свинарниках для дорошування виділяють кілька станків (для 5 % від загального поголів'я), в яких утримають слабких, відсталих у рості поросят. Їх розміщують не більше 12 голів у станку.

Ремонтний молодняк до 4-місячного віку утримують погніздно з наступним формуванням у групи по 10 свинок чи 5 кнурів. Для за безпечення активного моціону тварин на великих промислових комплексах доцільно використовувати механічні тренажерні установки.

Відгодівельне поголів'я розміщують в спеціальних приміщеннях (рис. 7.12) групами по 10–15 голів (але не більше 25) у станку. Площа станка має зону відпочинку (лігво) та кормо-гнойовий прохід, в якому розміщують годівниці і напувалки. Одночасно цей прохід служить для дефекації тварин. Система і технічні засоби прибирання гною можуть використовуватися як механічні, так і гідравлічні.

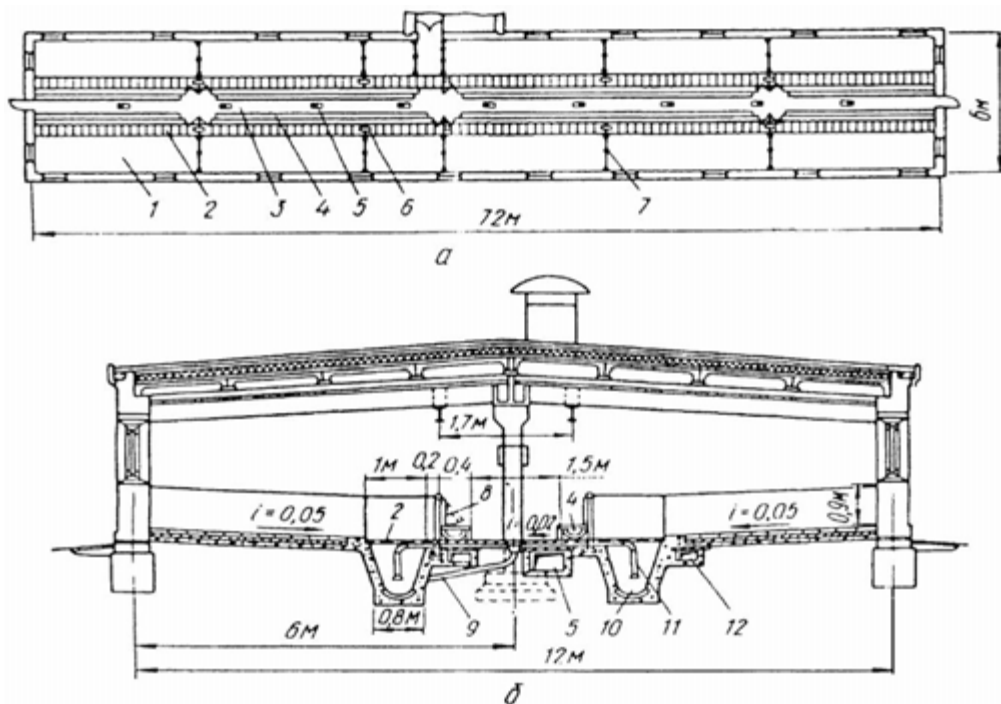


Рис. 7.12. Свинарник-відгодівельник: а – план; б – поперечний розріз; 1 – лігво; 2 – решітчаста підлога; 3 – кормовий прохід; 4 – годівниця; 5 – припливна вентиляція; 6 – напувалка; 7 – перегородка; 8 – поворотні решітки; 9 – зливна труба; 10 – канал гідравлічної системи видалення гною; 11 – трубопровід; 12 – витяжна вентиляція

Залежно від ширини свинарника станки обладнують в один, два, і більше рядів. Проходи при дворядному плануванні станків розміщують або по повздовжній осі приміщення або вздовж його стін. В разі

багаторядного планування станків між повздовжніми проходами обладнують по два суміжних ряди станків. Ширину проходів узгоджують з вибором засобів механізації роздавання кормів.

Станкове обладнання для всіх статево-вікових груп комплектують із уніфікованих елементів індивідуальних та групових станків, які монтуються із плоских секцій огороження, дверей та годівниць, зібраних за допомогою з'єднувальних та фіксуючих пристроїв. Огороження та перегородки станків можуть бути металевими, залізобетонними чи з інших будівельних матеріалів; виготовляються суцільними висотою 1,4 м для кнурів, 1 м – для свиней на відгодівлі і 0,8 м – для молодняку.

Глибина станків для вирощування та відгодівлі молодняку не повинна перевищувати 3,5–4 м. Вздовж годівниць (в зоні кормо-гнойового проходу) суцільно смугою шириною 1 м, а при годівлі в спеціальних приміщеннях („їдальнях”) – по всій їх площині і в проходах до них можна виготовляти щілинну підлогу, під якою обладнуються канали прибирання гною, що значно зменшує витрати праці на прибирання приміщень та видалення гною.

На стан здоров'я, поведінку і продуктивність свиней істотно впливають зокрема параметри лігва та фронт годівлі, рекомендовані норми яких приведені в табл. 7.2.

Таблиця 7.2 – Нормативні параметри станків для утримання свиней

Група свиней	Площа лігва на одну голову, м ²	Довжина годівниці на одну голову, м
Холості та поросні свиноматки	2	0,4–0,45
Підсисні свиноматки	3–5	0,4–0,45
Поросята-сисуни	–	0,1–0,12
Відлучені поросята (до 4-х місяців)	0,3	0,15–0,2
Відгодівельне поголів'я	0,5–0,8	0,2–0,3
Ремонтний молодняк	0,7–1	0,3

7.3. Утримання овець

В розвитку вівчарства визначилися основні системи утримання овець, які застосовують з урахуванням виробничого напрямку та спеціалізації господарств, кліматичних умов зони їх розміщення і можливості забезпечення найбільшої ефективності виробництва.

Цілорічна стійлова система практикується в зонах інтенсивного землеробства з добре розвинутим польовим кормовиробництвом при відсутності пасовищ. Зимову овець утримують і годують у приміщеннях та на вигульно-годівельних майданчиках, влітку – тільки на вигульно-годівельних майданчиках. Така система утримання особливо доцільна при відгодівлі молодняку та дорослого поголів'я.

Стійлово-пасовищна система застосовується в умовах розвинутого кормовиробництва при тривалому стійловому періоді за відсутності зимових пасовищ. Взимку тварин утримують у вівчарнях з вигульно-годівельними майданчиками, а влітку на пасовищах. Доля зелених кормів не перевищує 35–40 % від загальної річної потреби.

Пасовищно-стійлова система відповідає умовам тих зон, де переважає пасовищний період (складає приблизно дві третини року), є зимові пасовища, основу кормових раціонів складають зелені корми. Додатково заготовлюються корми для годівлі маток в період окоту, а також відгодівлі овець зимою та ранньою весною.

При користуванні пасовищами традиційним є отарний принцип обслуговування овець. Поряд з ним останнім часом на базі розвитку внутрішньогосподарської та міжгосподарської спеціалізації і концентрації поширюється будівництво комплексно механізованих ферм та відгодівельних майданчиків. Саме виробництво при цьому набуває промислових рис і ґрунтується на впровадженні прогресивних організаційно-технологічних рішень та технічних засобів.

При будь-якому варіанті утримання на певному етапі вівці повинні знаходитися у приміщенні, які служать їм для захисту від непогоди, місцем відпочинку та годівлі. Для підтримання необхідного мікроклімату шляхом природного повітрообміну без підігрівання повітря рекомендується кубатура приміщення з розрахунку 12–15

м³/год на одну голову. Норма підлоги в приміщенні безпосереднього утримання вівцематок вовняно-м'ясного і м'ясо-вовняного напрямків складає 1,6–1,8 м² на 1 голову для товарних ферм і 1,8–2,8 – племенних; шубного – відповідно 1,9–2 та 2,1–2,3; для каракульських і м'ясо-сальних – 0,6–0,8 та 0,8–1 м² на 1 голову.

Спеціалізовані ферми повинні включати приміщення для окоту і утримання вівцематок з новонародженими ягнятами та приміщення для вирощування ягнят після їх відлучення від маток, а також цех для штучного вирощування ягнят і пункт для штучного осіменіння овець. Крім того до оснащення вівчарської ферми входять комплект кошарного обладнання (щити), уніфіковані (для утворення огарків, сакманів тощо), механізовані кліткові батареї для ягнят.

План розміщення основного технологічного обладнання у приміщенні для утримання вівцематок з ягнятами подано на рис. 7.13.

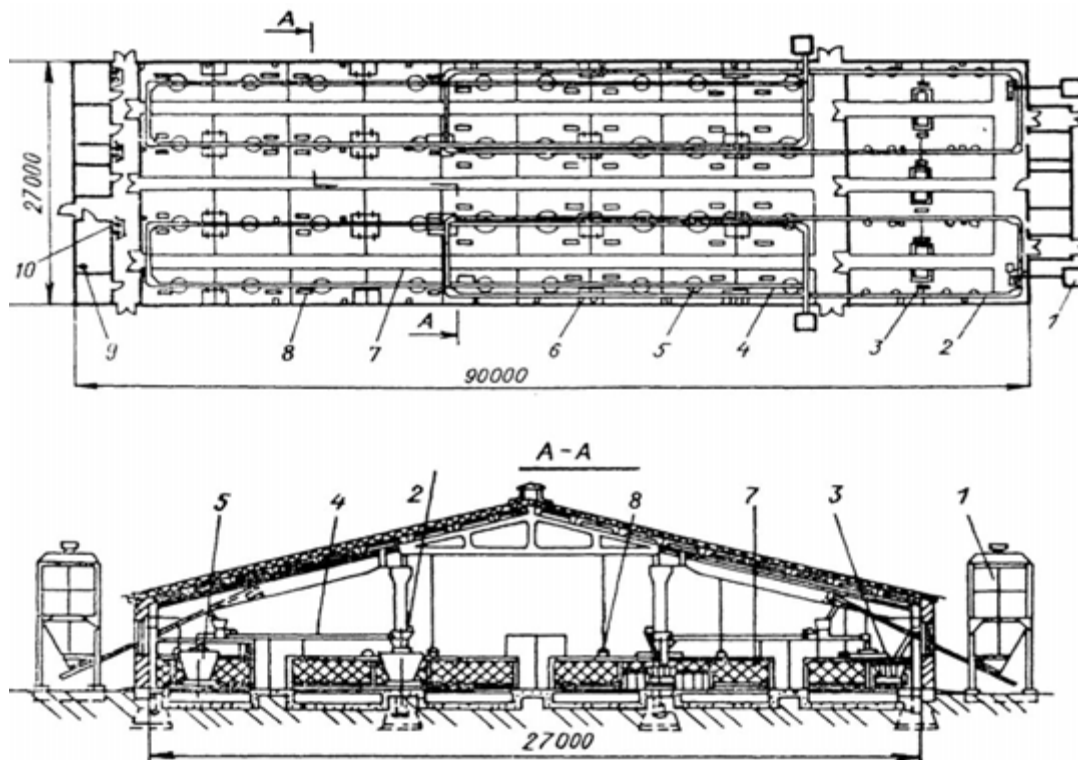


Рис. 7.13. План-схема приміщення для ягніння 650 вівцематок і утримання 700 ягнят (т.п. 803–176): 1 – бункер сухих кормів; 2 і 4 – лінії роздавання кормів; 3 – агрегат для приготування заміниці молока; 5 – самогодівниця для овець; 6 – бункерна годівниця для ягнят; 7 – щит огороження секції; 8 – стаціонарна гноєприбиральна установка; 9 – нагрівач води; 10 – групова напувалка

Приміщення для овець може бути місткістю 800–2500 голів і складається з відділень для кітних маток, окоту та маток з ягнятами. Під час групового окоту вівчарню розділяють на оцарки на 15–30 маток. В кожному з них встановлюють 2–4 клітки-кучки для маток, які не приймають ягнят. Оцарки і клітки-кучки обладнують із збірно-розбірних сітчастих або решітчастих металевих чи дерев'яних елементів, висотою 1 м. Для обігрівання та опромінювання новонароджених ягнят над оцарками чи клітками підвішують комбіновані пристрої.

Кліткові батареї для ягнят (рис. 7.14) призначені для вирощування ягнят у два періоди: перший – від 2 до 15 днів, другий – від 15 до 60 днів. У батареї першого періоди розміщують по 10 ягнят, другого – по 20. Розміри клітки 3800×2000×900 мм, площа 6,8 м². У клітковій батареї обладнані механізовані лінії роздавання сухих кормів, автонапування та збирання гною, є установка для приготування замітника овечого молока.

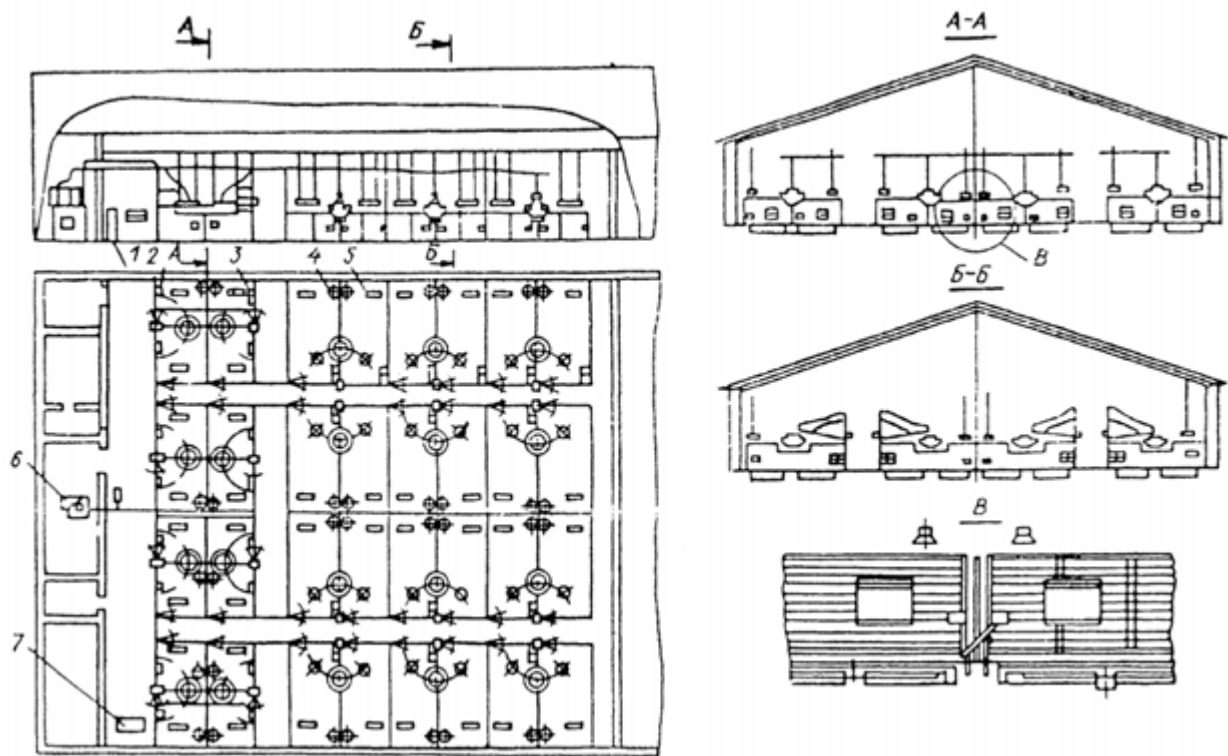


Рис. 7.14. Приміщення для вирощування ягнят, обладнане клітковими батареями: 1 – бак; 2 – огороження; 3 – годівниця для сухих кормів; 4 – напувалка; 5 – обігрівач; 6 – установка приготування замітника молока; 7 – ручний візок

Кошари (годівельно-вигульні майданчики) переважно прибудовують до повздожніх стін вівчарні з боку, захищеного від вітрів. Їх огорожують на висоту не менше 1 м і розділяють на секції за кількістю секцій у вівчарні. Кожну секцію оснащують годівницями і напувалками, підходи до яких повинні мати тверде покриття, з нахилом в бік проходу для роздавання кормів та стічних канавок. Норма площі вигульного майданчика для маток з ягнятами – 3 м², для овець без ягнят та молодняку – 2 м² на 1 голову.

7.4. Утримання птиці

Птахівництво – це галузь тваринництва, яка першою переведена на промислову основу. Саме підприємства промислового типу – птахофабрики – і дають переважну масу продукції (яйця, м'ясо).

Технологія виробництва, вибір засобів механізації на таких підприємствах визначаються і залежать від системи та способу утримання птиці. На спеціалізованих підприємствах переважають інтенсивна та комбінована (напівінтенсивна) системи утримання. Кожна з них має кілька способів утримання: підлогове (на глибокій підстилці, планчастій або сітчастій підлозі) і кліткове; вигульне, і безвигульне; без пересадки і з пересадкою.

Вільно-вигульний спосіб, при якому птиця має необмежений вихід на вигули та водоймища (для водоплавної). Пташники, навіси та колоніальні будиночки використовуються в цьому випадку тільки для ночівлі, захисту від непогоди та відкладання яєць. В інтенсивному птахівництві цей варіант зберігається стосовно утримання гусей. Переваги такого способу: низькі капіталовкладення і можливість використання підніжних кормів. Але при цьому потрібні великі земельні площі, зростають трудомісткість обслуговування і небезпека інфекційних захворювань.

При утриманні на підлозі з обмеженим використанням вигулів птиця знаходиться в приміщеннях і може (в сприятливу погоду) виходити на огорожені майданчики з твердим покриттям, які розміщені вздовж пташника. Цей варіант не набув широкого розповсюдження із-

за низької ефективності вигулів і високої трудомісткості обслуговування (доводиться систематично очищати пташники від підстилки та посліду і підтримувати в належному стані вигули). Крім того, в сиру погоду підстилка в приміщенні зволожується і забруднюється за рахунок занесення ногами птиці бруду з вигульних майданчиків.

Безвигульний спосіб передбачає варіанти утримання на глибокій підстилці, сітчастих або планчастих настилах, а також комбіноване (коли частина приміщення обладнується настилами, а інша покривається глибокою підстилкою).

Підстилку в пташниках для вирощування молодняку найчастіше закладають один раз перед посадкою птиці. Її товщина 20–30 см. Застосовують також інший варіант: з початку кладуть підстилку шаром 7–15 см, а потім добавляють її поступово доводячи шар до 25–30 см. Це звільняє пташницю від щоденного прибирання забруднених місць.

Глибока підстилка внаслідок біотермічних процесів, що проходять в них, виділяє багато тепла. Це має суттєве значення в зонах з довгою і холодною зимою. Прибирають послід з підстилкою один раз на рік, або після завершення циклу вирощування (бройлери).

Для комплексної механізації виробничих процесів при вирощуванні курчат на м'ясо (бройлерів), починаючи з добового віку і до досягнення забійної маси, застосовують комплекти устаткування (рис. 7.15). Вони розраховані для приміщення шириною відповідно 12 та 18 м і обслуговування 20,4 та 30 тис. голів птиці.

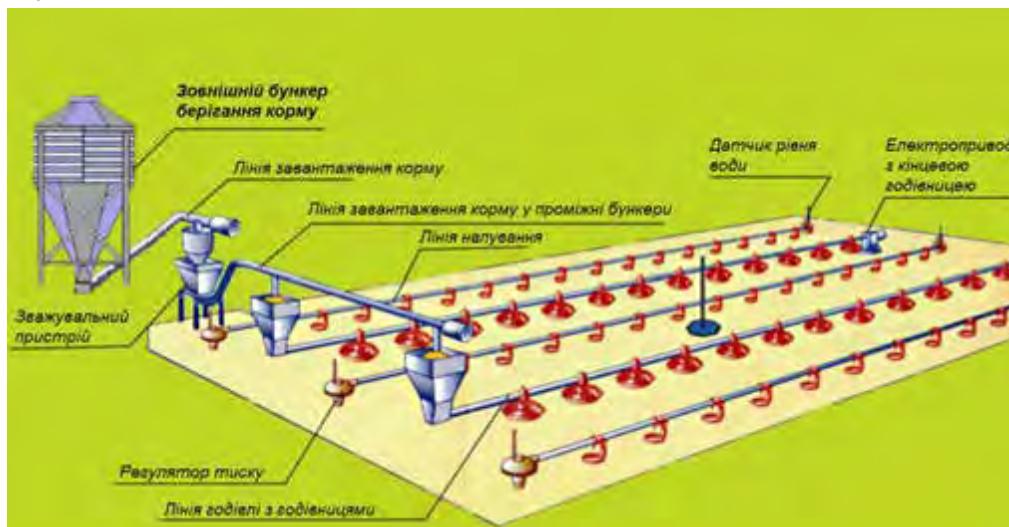


Рис. 7.15. Схема розміщення технологічного обладнання у пташнику

Утримання на глибокій підстилці має суттєві недоліки: необхідно мати достатню кількість якісного підстилкового матеріалу; значно погіршується мікроклімат у приміщеннях, а постійний контакт птиці з послідом, який акумулює і розповсюджує епізоотичні бактерії, створює умови для виникнення різних захворювань; знижується ефективність засобів механізації і автоматизації, підвищується собівартість продукції; птиця часто несе яйця поза гніздами, при цьому погіршуються харчові та інкубаційні властивості яєць в результаті забруднення, а на їх збирання затрачається багато праці.

При клітковому способі утримання основне обладнання – це кліткові батареї, які забезпечують утримання індивідуальне (одномісні клітки), дрібногрупове (2–6 голів у клітці) і великими групами (по кілька десятків голів у клітці).

Кліткові батареї бувають (рис. 7.16):

- за кількістю кліток по вертикалі – одно-, дво- і багатоярусні;
- за кількістю кліток по горизонталі – одно-, дво- і багаторядні;
- за принципом взаємного розміщення кліток – одно- та двобічні;
- за принципом розміщення ярусів – вертикальні й каскадні або ступінчасті.

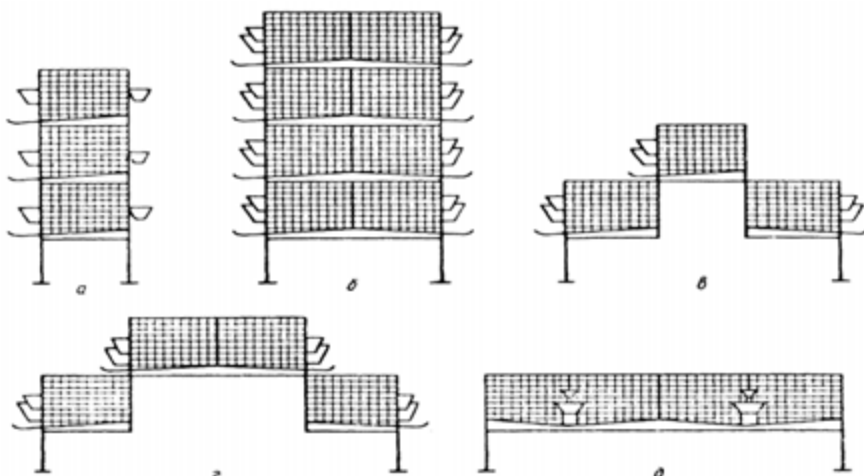


Рис. 7.16. Схеми кліткових батарей: *а* – вертикальна однорядна триярусна; *б* – вертикальна дворядна чотириярусна; *в* – каскадна трирядна; *г* – каскадна чотирирядна; *д* – горизонтальна чотирирядна

Підлога в кліткових батареях для несучок має схил 5–6°, щоб знесене яйце викочувалось з клітки у яйцезбірний жолоб чи на транспортер. На відміну від підлогового утримання при клітковому можливості переміщення птиці відносно обмежені. Це полегшує догляд за птицею, а також дозволяє підвищити щільність посадки в розрахунку на одиницю площі і значно збільшити місткість пташника. Перехід на кліткове вирощування і утримання дозволяє: ліквідувати сезонність виробництва; стимулювати ріст і розвиток молодняку, що створює сприятливі умови для збереження поголів'я та зростання продуктивності птиці; знизити затрати кормів; в 2–3 рази збільшити ефективність використання виробничих площ і технічних засобів та в 1,5 рази підвищити продуктивність праці; покращити якість і знизити собівартість продукції.

Пташники для кліткового утримання рекомендується будувати без вікон. Внутрішнє планування та висота пташника залежить від обладнання, що використовується. Більшість серійних кліткових батарей мають значну довжину, тому їх встановлюють вздовж пташника (рис. 7.17). Проходи між ними повинні забезпечувати зручності обслуговуючого персоналу при догляді за птицею, ширину їх приймають залежно від типу обладнання.

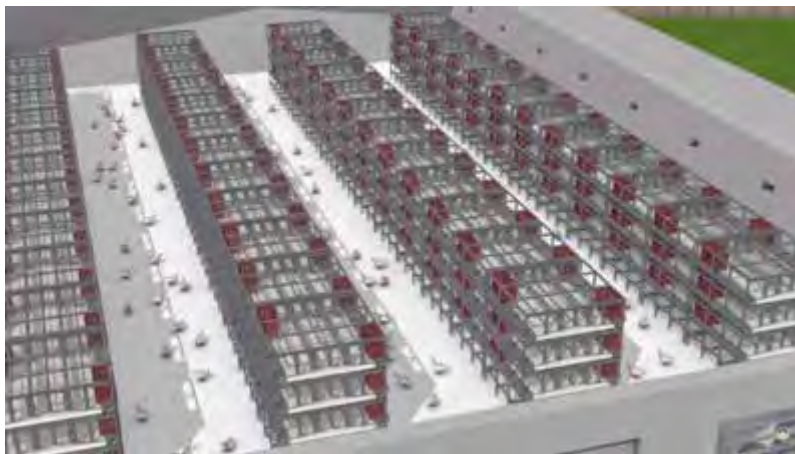


Рис. 7.16. Схема розміщення технологічного обладнання при клітковому утриманні птиці

Промисловість випускає ряд комплектів машин та обладнання для комплексної механізації і автоматизації виробничих процесів при утриманні птиці в кліткових батареях. Їх розрізняють:

- маточного поголів'я курей сумісно з півнями;
- промислового поголів'я несучих курок;
- для ремонтного молодняка
- для вирощування бройлерів від першого дня до забою;
- для селекційної роботи з породами курей яєчного напрямку.

Кліткова батарея (рис. 7.18) – це відокремлена система сітчастих кліток для розміщення птиці, які оснащені годівницями і напувалками. Батарея обслуговується засобами роздавання кормів та прибирання посліду, що провалюється крізь сітчасту підлогу кліток. В разі утримання курей-несучок батарея має також яйцезбірну лінію.



Рис. 7.18. Модель кліткової батареї для утримання курей-несучок

Склад комплектів машин і обладнання при утриманні птиці на підлозі, а також клітковим способом значною мірою уніфіковано.

На всіх типах підприємств з виробництва яєць і м'яса птиці передбачається годівля сухими повнораціонними розсипними чи гранульованими комбінованими кормами, здатними забезпечувати максимальну ефективність галузі та високу якість продукції.

Приймання і зберігання комбікормів здійснюється за допомогою бункерів, які мають пристрої для завантаження кормів у бункери кормороздавачів. Поперечні скребкові транспортери використовуються для прибирання посліду з кожної кліткової батареї; транспортери, автоматичні укладачі яєць та яйце сортувальні машини – у лініях збирання і обробки яєць; опромінювальні установки - для обігрівання і опромінення курчат тощо.

8. ФОРМУВАННЯ МІКРОКЛІМАТУ У ТВАРИННИЦЬКИХ ПРИМІЩЕННЯХ

8.1. Значення мікроклімату, зоотехнічні та санітарно-гігієнічні вимоги

Мікрокліматом тваринницького приміщення називається сукупність фізичних і хімічних параметрів середовища, у якому знаходяться тварини. Продуктивність тварин і птиці на 20 % залежить від їх породи, на 40–50 від якості і умов годівлі та напування, а також на 25–30 % від стану мікроклімату в зоні їх утримання.

Відхилення параметрів мікроклімату від норм фізіологічного комфорту в приміщеннях призводить до зниження надоїв молока до 10–20 %, зменшення приросту маси до 20–30, збільшення відходу молодняку до 5–40, зниження яйценосності курей до 30–35 %. В разі порушення установлених норм мікроклімату: зростають витрати кормів; зменшується стійкість тварин до різних захворювань, погіршується якість тваринницької продукції (молоко забруднюється шкідливими газами і пилом, підвищується його кислотність і бактеріальна забрудненість; у курячих яйцях зменшується вміст вітамінів; вовна у овець підпірає і ламається).

Недотримання сприятливого мікроклімату у виробничих приміщеннях може привести також до скорочення строків використання обладнання машин та самих приміщень, а також погіршення самопочуття працівників і навіть спричинити їх захворювання.

Крім видових та вікових ознак і щільності розміщення тварин, на мікроклімат у тваринницькому приміщенні впливають багато й інших факторів: кліматичні умови; конструктивні особливості будівлі та матеріали, з яких виготовленні її елементи; системи та способи утримання тварин; технологія роздавання кормів та прибирання гною тощо.

Мікроклімат у тваринницькому приміщенні формується комплексом параметрів. До головних з них відносяться: температура і швид-

кість руху повітря, його механічний та хімічний склад, тривалість і рівень освітлення, рівень шуму. Найнебезпечнішими у повітрі є вуглець, аміак, сірководень, наявність яких зменшує продуктивність та стійкість тварин до захворювань. Всі показники мікроклімату у приміщеннях нормуються вимогами технологічного проектування приміщень для утримання тварин та птиці.

Стан мікроклімату у приміщеннях постійно порушується в результаті дихання тварин та випаровувань з їх тіла, а також від гною та гноївки.

Зоотехнічні та санітарно-гігієнічні вимоги (табл. 8.1) щодо мікроклімату зводяться до підтримання всіх його параметрів в таких межах, за яких в зонах утримання забезпечуються комфортні умови для тварин і птиці, і при яких останні є постійно здоровими, а всі фізіологічні процеси в їх організмах протікають з високою ефективністю.

Основними факторами, від яких залежить формування оптимального мікроклімату в приміщеннях, є температура повітря за межами приміщення і термічний опір обмежуючих його конструкцій, кількість і вид тварин у приміщенні, прийняті системи їх утримання та годівлі і видалення гною.

Слід підкреслити важливість дотримання стабільності параметрів мікроклімату. Особливо шкідливе різке порушення його режимів. Якщо відхилення від оптимальних норм за тим чи іншим показником супроводжується переважно зниженням продуктивності тварин, то різке коливання (наприклад, температури) часто є причиною захворювання і падежу тварин, насамперед, молодняку.

У підтриманні параметрів мікроклімату на рівні зоотехнічних та санітарно-гігієнічних вимог значна роль належить конструктивному розміщенню дверей, воріт, наявності тамбурів, які відкриваються при роздаванні кормів або прибиранні гною, при переміщенні тварин на вигульні майданчики та з них і в інших випадках. У результаті цього в холодну пору року приміщення часто переохолоджуються і тварини застуджуються.

Таблиця 8.1 – Нормативні параметри мікроклімату у тваринницьких приміщеннях

Призначення приміщення	Температура, °С	Відносна вологість, %	Швидкість руху повітря, м/с	Освітлення, лк	Допустима наявність CO ₂ , %
Корівники	8–10	70–80	0,4–0,5	50–70	0,3
Для відгодівлі тварин	6–10	70–80	0,3	20–30	0,3
Телятники	12–15	40–75	0,3–0,5	50–70	0,2
Родильне відділення	15–20	40–75	0,3–0,5	50–70	0,2
Доїльно-молочне відділення	12–15	60–75	0,3–0,5	70–75	0,3
Свинарники-маточники	18–22	40–70	0,2–0,5	70–75	0,25
Свинарники-відгодівельники	14–20	40–75	0,4–0,7	50–70	0,3
Вівчарні	6–10	75–80	0,3–0,5	20–30	0,3
Пташники для утримання птиці:					
на підлозі	16–18	60–70	0,2–0,3	15–20	–
у клітках	16–18	60–70	0,2–0,3	18–20	–
Конюшні	8	80	0,3–0,5	20–30	0,3

Формування мікроклімату у тваринницьких приміщеннях в основному досягається за рахунок їх вентиляції. Повітря, яке нагнітається у приміщення в разі потреби можна піддавати певній обробці: очищати від пилу, звільняти від різних запахів (проходить дезодорацію), знешкоджувати (дезінфікувати), підігрівати або охолоджувати, зволожувати або осушувати.

Вибір системи та технічних рішень і засобів організації мікроклімату здійснюється залежно від необхідної кратності повітрообміну у тому чи іншому приміщенні.

8.2. Розрахунок повітрообміну

Для забезпечення оптимального мікроклімату у тваринницькому приміщенні його необхідно розглядати як єдину біоенергетичну систему тепло-, волого- та газообмінних.

Енергетичний баланс повітряного середовища тваринницьких або птахівницьких приміщень обумовлюється взаємодією таких систем (рис. 8.1):

- обмін в організмах тварин;
- тепло- і волого обмінні процеси через огорожуючі конструкції (покриття, стіни, вікна, двері, ворота, підлога);
- опалювально-вентиляційні процеси;
- працюючі електроприводи машин та обладнання, а також освітлювальні прилади.

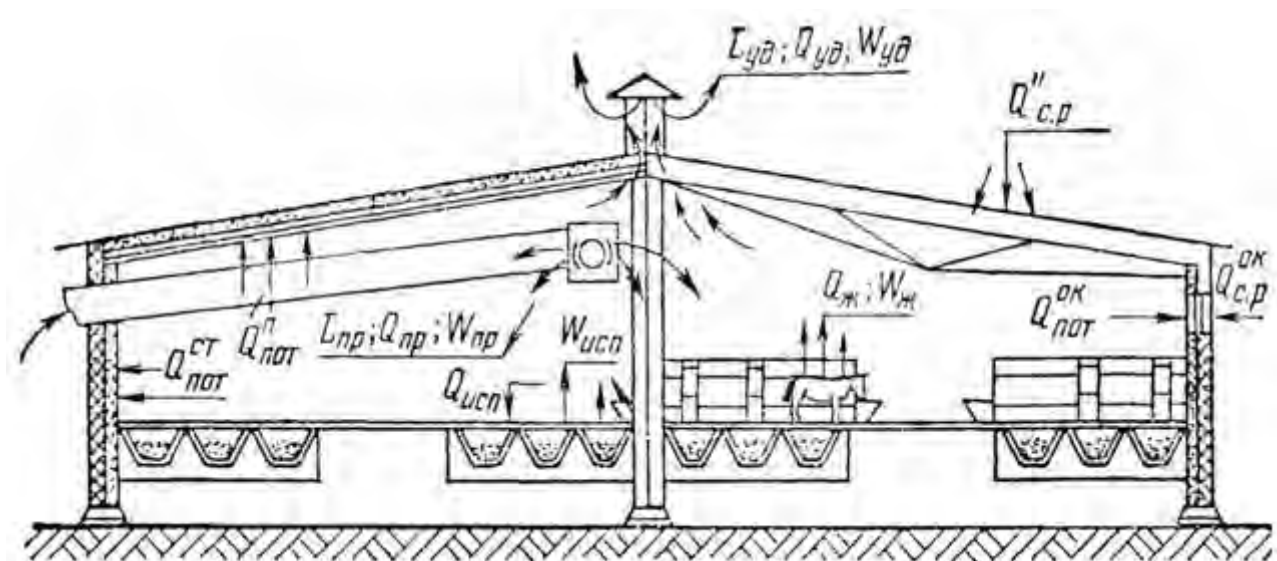


Рис. 8.1. Загальна схема потоків стосовно тваринницького приміщення:

L_{vd}, W_{vd}, Q_{vd} – кількість відповідно повітря, вологи і тепла, які видаляються з приміщення системою вентиляції; $L_{пр}, W_{пр}, Q_{пр}$ – кількість відповідно повітря, вологи та тепла, які подаються в приміщення припливною вентиляцією; $Q_{вт}, Q_{вт}, Q_{вт}$ – втрати тепла через відповідно покрівлю, стіни та вікна; $W_{вип}, Q_{вип}$ – кількість вологи що випаровується у приміщенні та витрати тепла на це випаровування; $Q_{ср}, Q_{ср}$ – кількість тепла, яке потрапляє у приміщення від сонячної радіації через відповідно покрівлю і вікна; $Q_{т}, W_{т}$ – кількість тепла і вологи, які виділяють тварини

Залежно від погодних умов, передусім від температури зовнішнього повітря, і формуванні мікроклімату переважаючим може бути той чи інший фактор. Так, для тваринницьких і птахівницьких приміщень при зовнішній температурі від +10 до –20 °С найбільш негативно на мікроклімат тваринницького приміщення діє волога, нижче – 20 °С – вуглекислий газ, а вище +10 °С – теплота.

Тому повітрообмін у тваринницьких приміщеннях в холодну пору року (опалювальний сезон) слід розраховувати за концентрацією вуглекислого газу та кількості випаровувань, а в перехідний і теплий (літній) періоди року – за надлишками теплоти і вологи.

Показники повітрообміну характеризують кількість повітря, що подається свіжого у тваринницьке приміщення або видаляється з нього забрудненого, а також кратність обміну повітря у приміщенні в одиницю часу.

Загальний мінімально допустимий повітрообмін $V_{\text{мін}}$ (м³/год) орієнтовно визначають за питомими показниками на одну голову тварин чи птиці:

$$V_{\text{мін}} = \sum_{i=1}^n m_i v_{1i} \quad (8.1)$$

або ж на 100 кг їх живої маси –

$$V_{\text{мін}} = 0,01 \sum_{i=1}^n b_i m_i M_i, \quad (8.1a)$$

де m_i – кількість тварин або птиці i -ої групи, що утримуються у даному приміщенні, голів; M_i – середня жива маса однієї голови i -ої групи, кг; n – кількість груп тварин у даному приміщенні; v_{1i} та b_i – норма повітрообміну відповідно на 1 голову та на 100 кг живої маси тварин або птиці i -ої групи (виду), м³/год (табл. 8.2).

Точніші розрахунки повітрообміну здійснюють за допустимою концентрацією вуглекислого газу (CO₂) чи інших шкідливих забруднювачів (табл. 8.3) за формулами:

- стосовно приміщень, в яких утримується худоба і свині –

$$V_{\text{CO}_2} = \frac{n_{\text{Т}} C}{C_{\text{д}} - C_2}; \quad (8.2)$$

- для пташників –

$$V_{\text{CO}_2} = \frac{n_{\text{пт}} M_{\text{пт}} C_{\text{пт}}}{C_{\text{д}} - C_2}, \quad (8.2a)$$

де $n_{\text{т}}$ і $n_{\text{пт}}$ – кількість відповідно тварин і птиці у приміщенні, голів; C – кількість вуглекислого газу, яку виділяє одна тварина чи птиця, л/год; $M_{\text{пт}}$ – вага однієї птиці, кг; $C_{\text{пт}}$ – кількість вуглекислого газу, яку виділяє один птах, л/год на 1 кг живої ваги; $C_{\text{д}}$ – допустима концентрація вуглекислого газу у приміщенні, л/м³; C_2 – концентрація вуглекислого газу у свіжому повітрі, що надходить у приміщення ($C_2 = 0,3$ л/м³).

Таблиця 8.2 – Норми повітрообміну у тваринницьких приміщеннях

Види тварин і птиці	Питомий повітрообмін на 1 голову, м ³ /год
Велика рогата худоба:	
доросла	175
телята	30
телиці	75
бички на відгодівлі	70
Свиноматки	100
Відгодівельне поголів'я	70
Птиця:	
кури-несучки	5–7
бройлери	3–7
індички	3–4

Таблиця 8.3 – Допустимі норми шкідливих газів у повітрі приміщень для тварин і птиці

Назва газу	Призначення приміщення	
	для тварин	для птиці
Вуглекислий, л/м ³	2	2,5
Аміак, мг/м ³	20	15
Сірководень, мг/м ³	10	5

За допустимим вмістом у повітрі водяних парів повітрообмін V_w (м³/год) визначається відношенням:

$$V_w = \frac{W}{\rho(W_{\text{в}} - W_{\text{н}})}, \quad (8.3)$$

де W – загальна кількість вологи, яка накопичується у приміщенні в результаті дихання тварин, а також випарування з відкритих мокрих поверхонь, г/год; ρ – щільність повітря, $\rho = 1,29$ кг/м³; W_v і W_n – вологомісткість відповідно внутрішнього і зовнішнього повітря, визначена за HD – діаграмою, г/кг.

Після цього порівнюють результати розрахунків повітрообміну, одержані за формулами (8.1)–(8.3), і приймають більше його значення.

Для мікроклімату важливим є також показник кратності K повітрообміну, який характеризує скільки разів змінюється повітря у тваринницькому приміщенні протягом однієї години:

$$K = \frac{V_p}{V_n}, \quad (8.4)$$

де V_p – прийнятий розрахунковий повітрообмін, м³/год; V_n – корисний об'єм приміщення, м³.

Якщо кратність повітрообміну не перевищує 3, то використовують природну вентиляцію, а якщо більше 3 – примусову. При повітрообміні більше 5 виникає необхідність в кондиціюванні (підігрівання або охолодження) повітря, яке надходить до приміщення.

Необхідну кількість тепла Q_o для нагрівання повітря, що подається у приміщення, визначають з рівняння теплового балансу залежно від нормативних значень зовнішнього і внутрішнього температур, кількості тварин або птиці у приміщенні, а також теплотехнічної характеристики його обмежуючих конструкцій.

Рівняння теплового балансу з урахуванням всіх втрат і надходжень тепла має вигляд:

$$Q_o = Q_v - Q_n, \quad (8.5)$$

де Q_n – кількість тепла, що накопичується у приміщенні, кДж/год; Q_v – втрати тепла з приміщення, кДж/год.

Якщо при розв'язанні рівняння (8.5) одержано результат зі знаком мінус, то повітря, що надходить у приміщення, необхідно охолоджувати.

Загальна кількість тепла, що накопичується у тваринницькому приміщенні, визначається рівнянням:

$$Q_n = Q_t + Q_{ел} + Q_{ос} + Q_{рад}, \quad (8.6)$$

де Q_T – кількість тепла, яку виділяють тварини або птиця; $Q_{ел}$, $Q_{ос}$, – тепловиділення від працюючих відповідно установок з електроприводом та освітлювальних приладів; $Q_{рад}$ – теплота сонячної радіації.

Кількість тепла Q_T , що виділяється тваринами, зумовлюється їх концентрацією у приміщенні та умовами утримання:

$$Q_T = m_i q_T k_T k_c, \quad (8.7)$$

де q_T – норма виділення тепла однією твариною або птицею (табл. 8.4) кДж/год; k_T – коефіцієнт, що враховує коливання виділення тепла залежно від температури повітря у приміщенні; k_c – коефіцієнт, що враховує зменшення виділення тепла у стані спокою, для тварин від дорівнює 0,8, для птиці – 0,6.

Таблиця 8.4 – Виділення тепла різними тваринами

Види тварин	Норма виділення тепла на одну голову, кДж/год
Корови	3448
Свиноматки	1006
Коні	2524
Вівці	503

Кількість тепла, що надходить від працюючих у приміщенні машин з електроприводом $Q_{ел}$ та приладів освітлення $Q_{ос}$ відповідно становить

$$Q_{ел} = 900 N_e; \quad (8.8)$$

$$Q_{ос} = \frac{860 N_c k_{л}}{24}, \quad (8.9)$$

де N_e та N_c – сумарна потужність відповідно електродвигунів та приладів освітлення, використовуваних у приміщенні, кВт; $k_{л}$ – коефіцієнт перерахунку електроенергії в теплову (для корівників і свинарників $k_{л} = 0,1$, для пташників – $k_{л} = 0,5$).

Теплота від сонячної радіації $Q_{рад}$, що потрапляє у приміщення, становить

$$Q_{рад} = Q_{рв} + Q_{рс} = k_v q_v F_v + q_c F_c, \quad (8.11)$$

де $Q_{рв}$, $Q_{рс}$ – кількість теплоти від сонячної радіації, що потрапляє у приміщення відповідно крізь вікна та стелю, кДж/год; k_v – коефіцієнт,

який залежить від типу і стану вікон; q_v, q_c – питома теплопередача відповідно крізь вікна і стелю, $\text{кДж}/(\text{год} \cdot \text{м}^2)$; F_v, F_c – загальна площа відповідно вікон і стелі, м^2 .

Коефіцієнт k_v для вікон з подвійним заскленням рами дорівнює 1,15, а з одинарним – 1,45. Забруднення скла зменшує величину коефіцієнта до $0,7 k_v$, забілення скла – $0,4 k_v$. Питомі показники q_v та q_c залежать від конструктивних особливостей і зони розміщення будівлі. Значення q_c для приміщення без стелі на широті 45° дорівнює $75,6 \text{ кДж}/(\text{год} \cdot \text{м}^2)$; на широті $55 \dots 65^\circ$ – $75,6$; для приміщень зі стелею на всіх широтах – $21 \text{ кДж}/(\text{год} \cdot \text{м}^2)$.

Накопичене у тваринницькому приміщенні тепло частково затрачається на випаровування рідин, а також інфільтрує крізь будівельні елементи. Основна ж кількість тепла іде на нагрівання свіжого повітря, що надходить у приміщення при повітрообміні (вентиляції).

Залежно від температури зовнішнього середовища для підігрівання всього повітря, що подається до тваринницького приміщення, необхідно затратити:

$$Q_{\Pi} = q_{\Pi} V_p (t_v - t_3), \quad (8.11)$$

де Q_{Π} – кількість тепла на підігрівання розрахованого повітрообміну V_p , кДж ; q_{Π} – питома тепломісткість повітря, $q_{\Pi} = 0,66 \text{ кДж}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C})$; t_v, t_3 – температура повітря відповідно у приміщенні і поза ним, $^\circ\text{C}$.

З урахування рівняння (8.5) за рахунок накопиченого у приміщенні тепла до заданої нормативної температури (див. табл. 8.1) можна підігріти лише певну кількість повітря V_o ($\text{м}^3/\text{год}$);

$$V_o = \frac{Q_H}{(1,1 \dots 1,2) q_{\Pi} (t_v - t_3)}. \quad (8.12)$$

Із порівняння величин V_p та V_o знаходять кількість свіжого повітря ΔV , яку слід нагрівати за допомогою додаткових теплообмінників

$$\Delta V = V_p - V_o \quad (8.13)$$

та необхідні для цього затрати тепла ΔQ :

$$\Delta Q = \Delta V q_{\Pi} (t_v - t_3). \quad (8.14)$$

8.3. Системи та основні схеми повітрообміну

У приміщеннях для утримання тварин і птиці використовують системи підтримання мікроклімату в оптимальних межах, які включають установки для вентиляції, нагрівання або охолодження і зволоження повітря, а також фільтри для очищення повітря від пилу і мікроорганізмів.

Система вентиляції виробничих приміщень призначена:

- підтримувати в межах нормативних рівнів температури і вологості;
- забезпечувати подачу визначеної кількості повітря;
- видаляти шкідливі гази, надлишки вологи, пилу, що негативно впливають на стан здоров'я і продуктивність тварин;
- рівномірно чи локально розподіляти свіже повітря, усувати можливі зони застою повітря;
- створювати обслуговуючому персоналу нормальні умови праці;
- сприяти довговічності будівельних конструкцій і експлуатаційній надійності обладнання.

Вентиляція приміщень – досить складний процес, де необхідно враховувати: теплоізоляцію будівель, кількість виділення тваринами різними шляхами тепла, вологи та газів, спосіб роздавання кормів і прибирання гною, тепломісткість певних матеріалів тощо.

Розрізняють такі варіанти систем вентиляції:

- за призначенням – *загальну*, що забезпечує повітрообмін одночасно у всьому приміщенні, та *локальну* або *місцеву*, яка видаляє шкідливості із зон їх виділення і накопичення, щоб не допустити їх поширення на все приміщення. Зустрічаються також *комбіновані* системи, що поєднують обидва попередні варіанти;
- за способом забезпечення повітрообміну – *припливну*, коли до приміщення надходить лише свіже повітря, а забруднене видаляється шляхом інфільтрації (крізь капілярні пори та щілини у конструктивних елементах приміщення); *витяжну*, при якій спеціальні пристрої забезпечують вихід використаного повітря з приміщення, свіже ж надходить у результаті інфільтрації; *припливно-витяжну*, коли над-

ходження свіжого і видалення забрудненого повітря здійснюється за допомогою відповідних пристроїв (каналів, шахт, вентиляторів);

- за способом спонукання переміщення повітря – *природну* або *гравітаційну*, при якій повітрообмін відбувається самопливом у результаті різниці щільностей теплого (у приміщенні) і холодного (навколо приміщення) повітря, *примусову* (з механічними побудниками) та *комбіновану*, коли одночасно використовуються як механічні побудники, так і самопливні пристрої;

- за напрямком переміщення повітряних потоків (рис. 8.2) – *знизу вгору, згори вниз, згори вгору*, а також *кільцева*.

Складність вибору варіанта вентиляції полягає в тому, що обсяги повітрообміну змінюються за сезонами при різних температурних режимах, залежно від віку у тварин і птиці тощо.

Недоліки загальної системи в тому, що вона не дозволяє диференціації повітрообміну по окремих зонах приміщення, наприклад, при утриманні птиці в багатоярусних кліткових батареях. В свою чергу, локальна система не забезпечує вентиляції всього приміщення. Вказаних недоліків не має комбінований варіант.

Припливна (напірна) механічна система утворює у приміщенні підвищений тиск, що спричиняє витіснення забрудненого повітря крізь пори, щілини і отвори. Така система добре узгоджується з варіантом підігрівання свіжого повітря. Витяжна система самостійно застосовується рідко. При видаленні забрудненого повітря тиск його в приміщенні зменшується і туди із зовні надходить свіже повітря крізь отвори і щілини. Така система не дозволяє подавати в приміщення свіже підігріте повітря.

Проте як витяжна, так і припливна системи вентиляції не дозволяють повністю впорядкувати рух свіжого повітря, забезпечити достатню циркуляцію його через всі зони розміщення тварин, що обумовлюється рухом повітря від впускного до витяжного каналів за напрямками найменшого опору. Тому у тваринницьких приміщеннях частіше застосовують суміщену, припливно-витяжну систему.

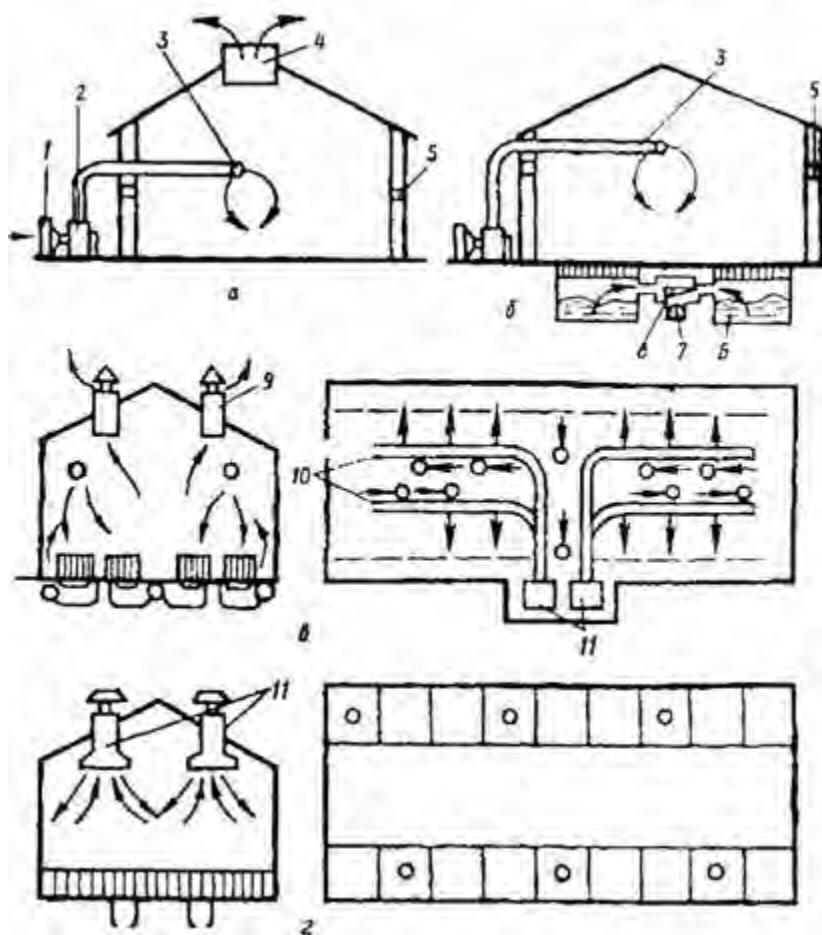


Рис. 8.2. Схеми систем повітрообміну у тваринницьких приміщеннях:
а – знизу вгору; б – згори вниз; в – змішана; г – згори вгору; 1 – кало-рифер;
2 – припливний вентилятор; 3 – повітропровід; 4 – витяжна шахта;
5 – вікно; 6 – гнойовий канал; 7 – витяжний вентилятор;
8 – повітропровід системи витяжки; 9 – витяжна шахта з вентиля-тором;
10 – витяжні канали; 11 – вентиляційно-опалювальні установки

При використанні припливно-витяжної вентиляції треба передба-чати перевищення припливу повітря над його видаленням, щоб під-тримувати підвищений тиск у приміщенні. Це дозволяє протидіяти проникненню неочищеного та холодного повітря крізь нещільності і ліквідує протяги.

За централізованої підготовки зовнішнє повітря поступає спочатку у спеціальні вентиляційні камери, звідки подається нагнітальними вентиляторами у відповідні приміщення. При цьому полегшується обробка свіжого повітря. Концентрація всіх силових та технологічних агрегатів в одній камері спрощує їх обслуговування. До недоліків централізованих систем відноситься необхідність будування венти-

ляційних камер або виділення частини виробничої площі приміщення для розміщення відповідного обладнання.

У варіантах децентралізованої схеми свіже повітря нагнітається у приміщення автономними вентиляторами, розташованими, як правило, у повздовжніх стінах приміщення або ж на покрівлі. Перевага такої монтажної схеми – простота автоматизації, незалежність роботи вентиляторів, відсутність потреби у вентиляційних камерах. Проте децентралізована система вентиляції створює значний шум у приміщеннях, розосереджене обладнання ускладнює обробку припливного повітря і обслуговування агрегатів.

Важливою характеристикою систем вентиляції є напрями повітряних потоків. Вони вказують на місцезнаходження припливних та витяжних пристроїв, а до певної міри обумовлюють конструкцію вентиляційного обладнання.

Найрадикальнішим способом формування мікроклімату у тваринницьких приміщеннях є кондиціонування повітря. В цьому разі його можна охолоджувати чи підігрівати, підсушувати чи зволожувати, очищати від пилу, іонізувати тощо. Проте це дорогі і складні системи, застосування яких доцільне лише в тих випадках, коли мало-ефективними будуть простіші рішення. В першу чергу – це підприємства з високим рівнем концентрації виробництва в умовах великої щільності розміщення тварин або птиці (наприклад, птахофабрики з утриманням птиці у багатоярусних кліткових батареях).

При розробці систем вентиляції тваринницьких приміщень слід дотримуватися таких умов:

- припливні канали розміщувати у верхній або середній частинах приміщення й обладнувати дефлекторами чи насадками, які відхиляють потоки свіжого повітря від тварин або птиці і цим запобігають їх застудним захворюванням;

- витяжні канали встановлювати в нижній частині приміщення, в зонах розміщення тварин, а в разі утримання на щільній підлозі – ще й під підлогою для видалення забрудненого повітря з гноєзбірних каналів;

- не розміщувати припливні канали напроти витяжних, а також на відстані ближче 2,5 м один від одного, щоб запобігати утворення застійних зон.

Виготовляти протяжні розподільні припливні повітропроводи доцільно з легких і дешевих матеріалів, зокрема, синтетичних.

З метою можливості регулювання в широких межах повітрообміну і температурного режиму у приміщенні в різні періоди року слід віддавати перевагу таким конструктивним рішенням, які дозволяють змінювати схему роботи засобів вентиляції.

8.4. Системи і основні схеми опалювання

Тваринницькі приміщення опалюють переважно шляхом підігрівання припливного повітря. Системи такого опалювання класифікують:

- за принципом переміщення повітря – з природним та штучним пробудженням;
- за радіусом дії – місцеві та централізовані;
- за характером використання повітря у приміщенні – прямооточні, рециркуляційні або з частковою рециркуляцією.

На рис. 9.3 показані варіанти схем повітряного опалювання приміщень. До складу таких систем входять теплова установка 1 (калорифер та вентилятор), канали витяжної вентиляції (шахти) 2 і трубопроводи 3 для підведення та відведення теплоносія.

Місцеві системи не передбачають повітроводів, тому повітря у приміщенні подається зосередженими струменями. У прямооточних системах (рис. 8.3, а) зовнішнє повітря з температурою t_3 підігрівається калорифером до температури t_n і подається у приміщення в такій кількості, яка достатня для підтримання заданого температурного режиму. Така ж кількість повітря видаляється з приміщення з температурою t_b каналами витяжної вентиляції або крізь щілини елементів конструкції.

За часткової рециркуляції (рис. 8.3, б) до калорифера надходить частина зовнішнього повітря з температурою t_3 , а також частина його

з приміщення з температурою t_b . Ця повітряна суміш нагрівається в калорифері до температури t_n і подається у приміщення для його опалювання.

У тому разі, коли повітря необхідно тільки підігрівати без його вентилявання, використовують рециркуляційну систему опалювання.

Централізовані системи повітряного опалення забезпечують обігрів всього приміщення або кількох приміщень. За оснащенням вони подібні до місцевих систем, відрізняються лише наявністю каналів для розподілу повітря у приміщення.

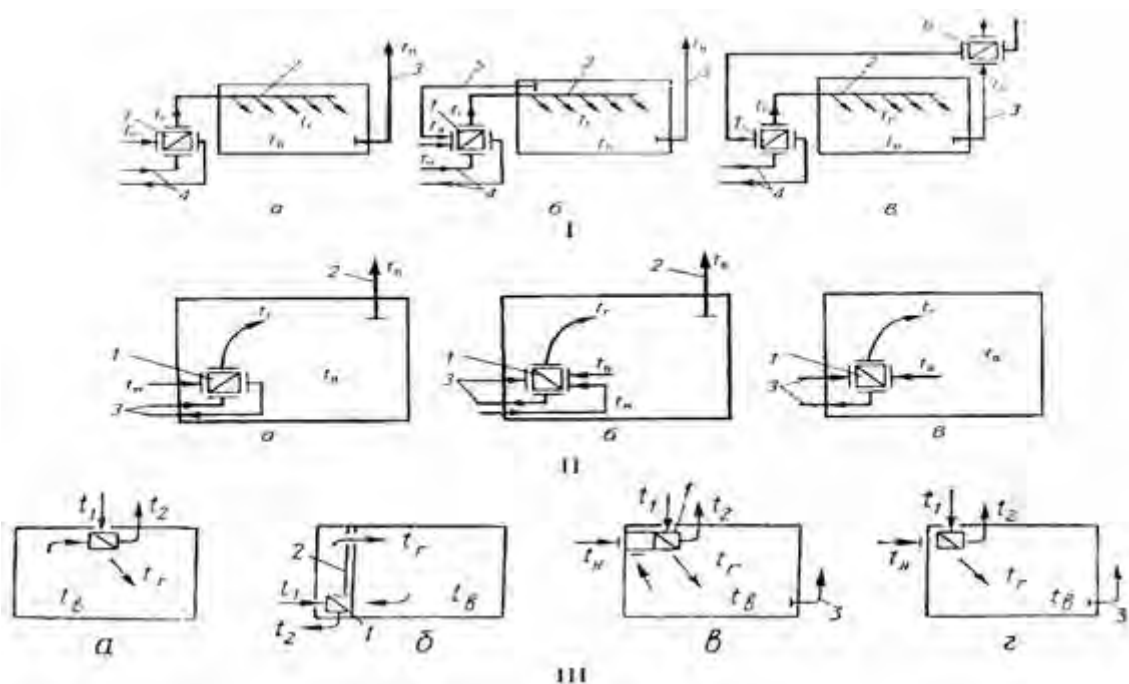


Рис. 8.3. Варіанти систем повітряного опалювання: I – централізовані: а – прямоточна; б – з частковою рециркуляцією; в – прямоточна рекуперативна; 1 – теплова установка; 2 – припливний повітровід; 3 – витяжний повітровід; 4 – трубопровід теплоносія; 5 – рециркуляційний повітропровід; 6 – теплообмінник-утилізатор; II – місцеві: а – прямоточна; б – з частковою рециркуляцією; в – рециркуляційна; 1 – теплова установка; 2 – канал витяжної вентиляції; 3 – трубопроводи теплоносія; III – децентралізовані: а, б – рециркуляційні; в – частково рециркуляційна; г – прямоточна; 1 – теплообмінник-калорифер; 2 – канал нагрітого повітря; 3 – канал для видалення повітря

Особливе значення мають повітророзподільники, які забезпечують рівномірне заповнення повітрям всього обсягу приміщення.

За техніко-економічними показниками переваги має прямоточна рекуперативна система повітряного опалення (рис. 8.3, в), в схемі якої є теплообмінник-утилізатор 6, і яка потребує менше теплової енергії. В такій системі свіже повітря перед надходженням в калорифер попередньо підігрівається за рахунок теплоти повітря, що видаляється з приміщення. Але такі установки складніші за будовою і в експлуатації.

На тваринницьких об'єктах використовують переважно прямоточні місцеві та централізовані системи і лише в окремих випадках – рекуперативні прямоточні системи. Системи з частковою рециркуляцією допускаються для використання у приміщеннях для відгодівлі великої рогатої худоби і свиней.

8.5. Конструктивні елементи і технічні засоби повітрообміну

8.5.1. Самопливна вентиляція

Найпростіша і доступна – це безтрубна (віконна) вентиляція. Але вона не може забезпечити необхідний обмін повітря в різні пори року і важко піддається регулюванню. Щоб створити більш організовану і керовану вентиляцію, влаштовують спеціальні труби (канали) як для видалення, так і для припливу повітря в приміщення (рис. 8.4).

Площу поперечного перерізу та кількість витяжних і приточних каналів визначають залежно від розрахованого обсягу повітрообміну $V_{\text{роз}}$ у тваринницькому приміщенні.

Загальну площу витяжних каналів F_v для природної (самопливної) вентиляції розраховують за формулою:

$$F_v = \frac{V_{\text{роз}}}{3600v_{\text{п}}}, \quad (8.15)$$

де $v_{\text{п}}$ – швидкість руху повітря в каналі, м/с.

Швидкість руху повітря у витяжному каналі природної вентиляції визначається так:

$$v_{\text{п}} = 2,2 \sqrt{\frac{H_{\text{к}}(t_{\text{в}} - t_{\text{з}})}{273}}, \quad (8.16)$$

де H_k – висота витяжного каналу, м; t_b , t_3 – температура повітря, відповідно, у приміщенні та зовнішнього середовища, °С.

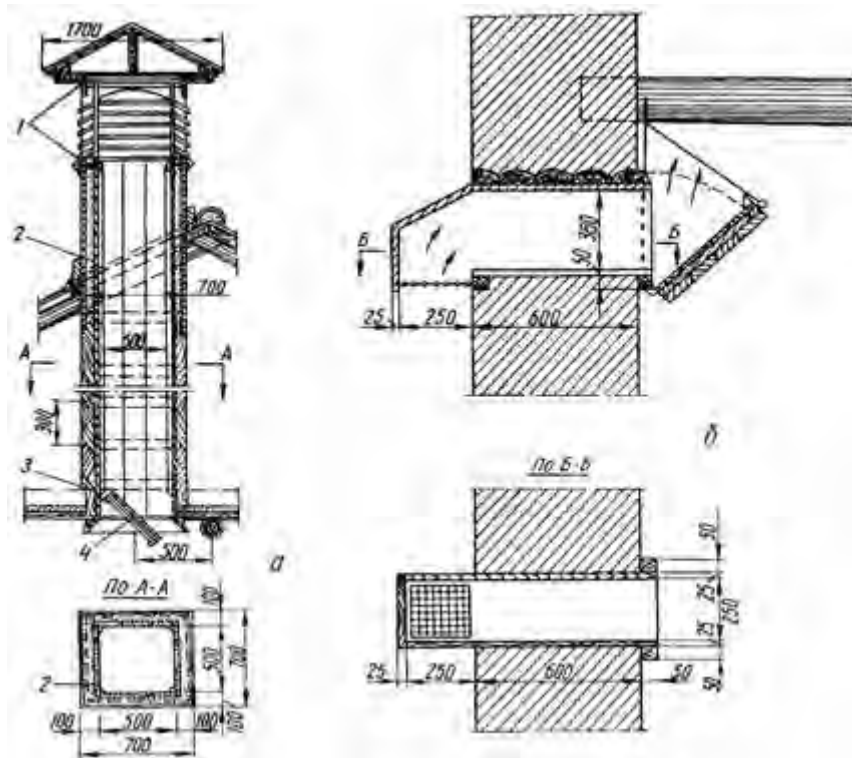


Рис. 8.4. Елементи самопливної вентиляції: а – витяжна труба; б – припливний канал; 1 – дефлектор; 2 – короб каналу; 3 – теплоізоляція; 4 – заслінка

Кількість каналів n_k визначається з відношення:

$$n_k = \frac{F_b}{f_b}, \quad (8.17)$$

де f_b – площа поперечного перерізу одного каналу, м².

Витяжні канали рекомендується приймати таких розмірів: 0,4×0,4; 0,5×0,5; 0,6×0,6; 0,7×0,7; 1,0×1,0 м.

Загальну площу перерізу припливних каналів $F_{пр}$ приймають в межах

$$F_{пр} = (0,7 \div 0,85) F_b, \quad (8.18)$$

а рекомендований їх поперечний переріз – 0,25×0,25 м, 0,2×0,3 та 0,3×0,4 м.

Припливні канали (рис. 8.4, б) розміщуються у фасадних стінах у шаховому порядку. Вхідний зовнішній отвір кожного каналу слід захищати вітровим щитком, а внутрішнє вихідне відбійним підвісним

щитком, який направляє холодне повітря в кормовий прохід для попереднього підігріву. Регулюють подачу зовнішнього повітря шляхом закривання або відкривання внутрішнього вихідного каналу.

Витяжні канали (рис. 8.4, а) квадратної форми монтують вертикально на рівні дахового перекриття. Вони повинні бути вище даху на 0,5–0,7 м і утеплені солом'яними матами, шлаковатою або іншими матеріалами. В середині кожного каналу влаштовують дросельну заслінку із шнуром. Ця система вентиляції використовується в корівниках, телятниках і приміщеннях для молодняку, а також свинарниках.

Вентиляційна трубна система із самопливним збудженням тяги задовольняє роботу в весняно-осінній період року, а також при температурі зовнішнього повітря до 13 °С.

8.5.2. Примусова вентиляція

Вентиляція з механічним збудженням повітрообміну значно потужніша за самопливну, а її функціонування мало залежить від погодних умов. Така система повітрообміну особливо доцільна при наявності у приміщенні великої кількості тварин чи птиці.

При пониженні зовнішньої температури в холодну пору року тепла, що виділяється тваринами, може бути недостатньо для підтримання нормальної (нормативної) температури у приміщенні. Тоді виникає потреба в підігріванні вентиляційного припливного повітря. В південних же районах із жарким кліматом для створення нормальних умов у тваринницькі приміщення також необхідно подавати велику кількість повітря і збільшувати його рухомість. В таких випадках поцільними є комбіновані варіанти повітрообміну.

Система вентиляції складається з таких елементів (рис. 8.5):

- пристрої для прийому, через які зовнішнє повітря поступає в систему;
- вентилятори, тобто механізми, призначені для переміщення повітря;
- вентиляційна камера, в якій монтують вентилятор з електроприводом, а також засоби обробки повітря (калорифер, фільтр зволожувач та ін.);

- мережа повітроводів, якими повітря від вентилятора розподіляється у приміщенні або видаляється з нього;
- регулювальні пристрої (дросель-клапани, засувки тощо), необхідні для керування повітряними потоками;
- витяжні шахти, через які повітря видаляється з приміщення;
- теплообмінні пристрої, в яких повітря, що подається у приміщення, підігрівається або ж охолоджується.

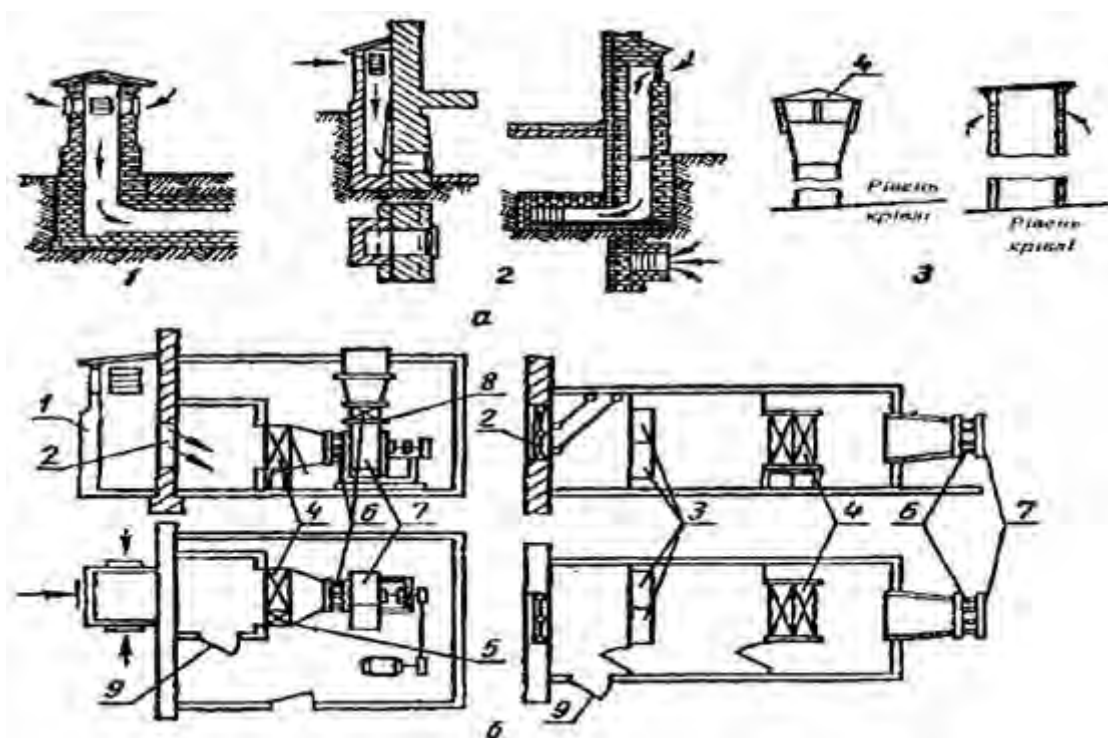


Рис. 8.5. Конструктивні схеми елементів вентиляційних систем:

а – припливні та витяжні шахти:

- 1 – розміщена окремо; 2 – прибудована і вбудована; 3 – покрівельні;**
б – припливні камери (розрізи та плани): 1 – забірна шахта; 2 – клапан;
3 – фільтр; 4 – калорифер; 5 – обвідний клапан;
6 – гнучка вставка; 7 – вентилятор; 8 – засувка; 9 – двері

Основним елементом обладнання системи формування мікроклімату є вентилятори. За конструкцією і принципом дії вентилятори бувають відцентрові, осьові і діаметральні.

Осьові вентилятори використовують у тих випадках, коли потрібно великі обсяги повітря переміщати на малі відстані. Вони характеризуються низьким тиском (до 0,5 кПа) і великою продук-

тивністю (до 120000 м³/год). Зазвичай такі вентилятори розташовують у стінах приміщення.

Для витяжних систем вентиляції, які не мають мережі повітроводів, використовують осьові дахові вентилятори. Вони не займають виробничої площі і корисного об'єму приміщення.

Найпоширенішими є *відцентрові вентилятори*. Вони здатні створювати високий напір (тиск) та подавати великі обсяги повітря.

Діаметральні вентилятори рідко використовують в системах повітрообміну, оскільки вони поступаються за продуктивністю розглянутим вище.

Залежно від тиску, який забезпечує вентилятор при переміщенні повітря, вентилятори поділяють на три типи: низького (до 1 кПа), середнього (1–3 кПа) і високого (до 12 кПа) тиску.

У системах, які забезпечують свіжим повітрям тваринницькі приміщення, застосовують вентилятори низького і середнього тиску. До таких систем висуваються певні вимоги.

Для того, щоб забезпечити надходження чистого повітря, припливні канали розміщують у верхній або середній частинах приміщення (не менше 2 м від поверхні землі). Їх обладнують дефлекторами або насадками, які відхиляють потік зовнішнього повітря від тварин або птиці.

Витяжні канали розміщують у нижній частині приміщення, де знаходяться тварини або птиця, і додатково під підлогою (у разі їх утримання на щільній підлозі) для видалення забрудненого повітря із гноєзбиральних каналів.

Припливні канали забороняється розміщувати проти витяжних і на відстані ближчій 2,5 м.

Вентиляційні установки встановлюють переважно у повздовжніх стінах приміщень, проте практикуються й, так звані, дахові та стельові вентилятори.

Повітроводи виготовляють круглого та прямокутного перерізу. При рівних аеродинамічних показниках перші економніші за металомісткістю і затратами праці на монтаж та обслуговування.

Виробляють повітроводи із сталі, дерева, азбоцементних і керамічних труб, синтетичних матеріалів (склотканини, вініпласту, поліетиленової плівки), а також з бетону, залізобетону, керамзитобетону, шлакобетону, шлакогіпсу.

Для захисту від іржавіння сталеві повітроводи із середини і зовні необхідно покривати захисними водостійкими лаками або виготовляти з оцинкованої сталі. З'єднують їх болтами з встановленням прокладок.

Повітроводи з вініпласту стійкі проти іржавіння, але дорогі і становляться ламкими при низьких температурах. Тому їх монтують тільки в опалювальних приміщеннях.

Гнучкі повітроводи з поліетиленової плівки, натягнутої на металевий каркас, перспективні тим, що дешеві і їх можна швидко монтувати. З'єднують їх зварюванням.

Для регулювання подачі повітря використовують дросель-клапани, уніфіковані заслінки (клапани) і шибери.

Найпростішими повітророзподільниками є повітроводи з отворами для рівномірного виходу повітря, а також спеціальні насадки.

8.5.3. Кондиціювання повітря

Системи кондиціювання повітря включають:

- обладнання для нагрівання або ж охолодження, зволоження чи підсушування повітря;
- мережі для розподілу повітря у приміщенні;
- теплогенератори;
- холодильні установки;
- пристрої автоматичного регулювання температури і вологості повітря.

Для обігрівання тваринницьких приміщень та інших об'єктів на фермах використовують металеві нагрівальні прилади: чавунні радіатори, ребристі труби та батареї з гладких труб – реєстри.

При встановленні теплообмінних приладів у виробничих приміщеннях тваринницьких ферм слід мати на увазі, що рівномірніше нагрівання чи охолодження забезпечують радіатори з гладкою поверхнею (рис. 8.6). Вони віддають тепло в основному випромінюванням, тоді як з оребреною поверхнею діють переважно за принципом конвекційного теплообміну. Прилади з гладкою поверхнею доцільніші також в гігієнічному відношенні, тому що на них осідає менше пилу, їх легше очищати.

Регістри і змійовики виготовляють переважно з труб діаметром 75–100 мм, площа поверхні нагріву на один метр їх довжини становить 0,24–0,32 м². Для збільшення поверхні нагріву їх монтують в кілька рядів. При цьому слід пам'ятати, що чим труби ближче одна до одної, тим гірший теплообмін з повітрям у приміщенні, бо зменшується коефіцієнт теплопередачі нагрівального приладу.

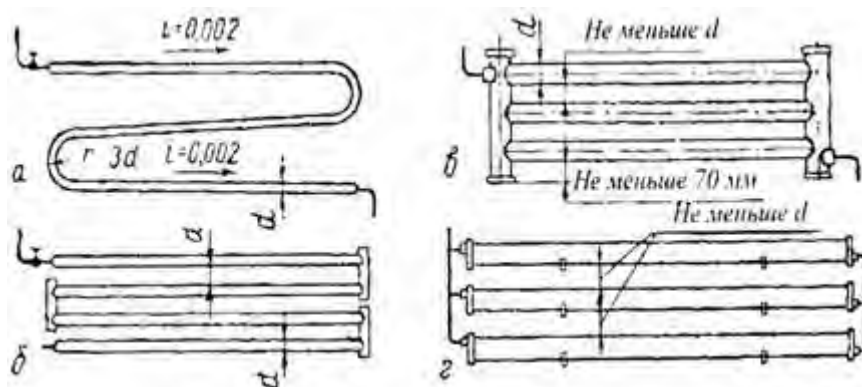


Рис. 8.6. Варіанти нагрівальних приладів із гладких труб: а – змійовик; б, в – регістри; г – гладкі труби, розташовані у кілька рядів

Необхідну площу поверхні теплообміну F (м²) нагрівальних приладів визначають залежно від їх коефіцієнту теплопередачі K . Він означає кількість тепла, яку віддає 1 м² поверхні нагріву приладу протягом 1 години при різності середньої температури теплоносія і температури повітря приміщення в 1 °С. Коефіцієнт теплопередачі конкретних приладів визначають дослідним шляхом у практичних умовах.

Площу поверхні нагріву теплообмінних пристроїв розраховують за формулою:

$$F = \frac{Q_{\text{п}}}{k(t_{\text{п}} - t_{\text{с}})}, \quad (8.19)$$

де $Q_{\text{п}}$ – кількість теплоти, які необхідно затратити на підігрівання повітря, що надходить у приміщення (визначається за рівнянням (8.11), кДж; $t_{\text{п}}$ і $t_{\text{с}}$ – температура відповідно поверхні стінок теплообмінника та свіжого повітря, що контактує з ними, °С.

Необхідні затрати тепла для окремих приміщень спрощено (орієнтовно) можна визначити за питомими показниками:

$$Q_{\text{п}} = q_0(t_{\text{в}} - t_3)V, \quad (8.20)$$

де q_0 – відносна витрата тепла на опалення 1 м³ приміщення при різниці внутрішньої і зовнішньої температури в 1°С. Для виробничих приміщень тваринницьких ферм, робочих майстерень, цехів відносні витрати тепла приймають рівними $q_0 = 0,45\text{--}0,55$ ккал/год·м³ (більше значення слід приймати для неутеплених приміщень, а менше – для утеплених); $t_{\text{в}}$ – внутрішня температура відділення, цеху, приміщення, °С; t_3 – зовнішня розрахункова температура; V – об'єм відповідного приміщення, м³.

Якщо відома площа поверхні нагріву однієї секції f_0 (табл. 8.5 та 8.6) то кількість секцій n , необхідних для кожного окремого приміщення становить:

$$n = \frac{F}{f_0}. \quad (8.21)$$

Нагрівальні прилади з гладких труб використовують у виробничих приміщеннях з великим виділенням пилу, наприклад, кормоприготувальні цехи. Нагрівальні прилади з гладких труб часто використовують у вигляді регістрів або зміювиків (див. рис. 8.6). Такі прилади мають високі теплотехнічні показники – коефіцієнти теплопередачі у них більші, ніж у радіаторів з ребристих труб (табл. 8.7).

Таблиця 8.5 – Технічна характеристика чавунних радіаторів

Тип радіатора	Поверхня нагріву однієї секції, м ²	Розміри однієї секції, мм				Місткість однієї секції, л	Вага секції, кг
		висота		шири- на	глиби- на		
		повна	монтажна				
М-140	0,254	582	500	96	140	1,43	7,60
НМ-150	0,254	585	500	96	150	1,44	7,52
М-150	0,250	583	500	82	150	1,29	7,80
М-132	0,250	583	500	82	132	1,10	7,80
Н-136	0,285	580	500	92	136	1,00	5,50
Н-150	0,300	580	500	92	150	1,70	8,00
„Польза-6”	0,460	1000	1000	80	185	4,50	17,50
„Неріс”	0,468	1000	1000	65	200	6,00	18,00
БОР-2	0,261	588	500	138	57	1,04	7,30

Таблиця 8.6 – Технічна характеристика чавунних ребристих труб

Довжина труби, м	Поверхня нагріву, м ²	Місткість, л	Вага однієї труби, кг
0,5	1,0	1,925	18,8
0,75	1,5	2,880	28,2
1,00	2,0	3,850	37,5
1,50	3,0	5,800	56,4
2,00	4,0	7,700	75,2

Таблиця 8.7 – Коефіцієнти теплопередачі нагрівальних приладів

Тип і марка нагрівального приладу	Значення k при водяному опаленні і різниці $t_{\text{п}} - t_{\text{н}}, ^\circ\text{C}$				Значення k при паровому опаленні
	40–50	50–60	60–70	70–90	
	2	3	4	5	
1	2	3	4	5	6
Чавунні двоколонні радіатори:					
М-140	7,3	7,9	8,2	8,5	8,9
НМ-150	7,3	7,9	8,2	8,5	8,9
М-132 і М-150	6,6	7,0	7,4	7,6	8,2
Н-136 і Н-150	6,0	6,4	6,8	7,0	7,9
БОР-2	—	—	8,4	8,8	9,3
„Польза-6”	6,0	6,2	6,4	6,6	7,7
„Неріс”	6,4	7,0	7,2	7,5	7,7

Продовження таблиці 8.7

1	2	3	4	5	6
Чавунні труби з круглими ребрами:					
1-рядна	4,5	4,5	5,0	5,0	6,0
2-рядна	4,0	4,5	4,5	4,5	5,0
3-рядна	3,5	4,0	4,0	4,0	4,5
Одна горизонтальна або вертикальна сталева труба діаметром, мм:					
до 32	11,0	11,5	12,0	12,5	13,0
від 38 до 108	9,5	10,0	10,5	11,0	12,0
від 133 до 159	9,5	10,0	10,5	10,5	11,5
Кілька горизонтальних сталевих труб одна над другою, діаметром, мм:					
до 32	10,0	11,0	11,0	11,0	18,5
більше 32	8,0	8,5	9,0	9,0	11,0

8.5.3. Очищення повітря

Повітря тваринницьких та птахівницьких приміщень містить органічні та неорганічні забруднення. Вони є осередком різних хвороботворних мікроорганізмів, тому забруднене повітря шкідливо діє на шкіру, очі та дихальні органи як тварин, так і обслуговуючого персоналу, сприяє перенесенню інфекції і створює небезпеку епідемічних захворювань; погіршує умови експлуатації теплового, вентиляційного та іншого технологічного обладнання; призводить до забруднення навколишнього середовища.

Припливне повітря рекомендується очищати в родильних відділеннях для великої рогатої худоби, інкубаторах, приміщеннях для молодняку, підсисних свиноматок з поросятами та ін. Витяжне повітря слід очищати у тих випадках, коли санітарні захисні зони і зооветеринарні розриви між тваринницькими приміщеннями менше передбачених норм. Припливне і витяжне повітря необхідно очищати в ізоляторах, карантинних та деяких інших приміщеннях, незалежно від

санітарних розривів. Рециркуляційне повітря рекомендується очищати в усіх випадках. При цьому очищення повітря фільтрами доцільно поєднувати з його дезінфекцією у спеціальних установках.

Відомі різні способи механічного очищення та знезаражування повітря за допомогою хімічних речовин, які мають властивості бактеріостатичних та бактерицидних, фізичних засобів тощо.

Для очищення повітря широко використовують фільтри в поєднанні з ультрафіолетовим опромінюванням. При цьому способі очищення повітря проходить одночасно з дезінфекцією.

У випадку централізованої системи вентиляції засоби очищення повітря від пилу та бактерій необхідно розташовувати у вентиляційній камері, яка відгороджена від виробничого приміщення чи в інших зручних для обслуговування місцях.

Бактерицидні лампи, які використовують для знезараження повітря, встановлюють безпосередньо у повітроводах та приміщеннях.

Залежно від типу фільтру та фільтрувального матеріалу повітроочисні засоби бувають: сухі і вологі; зернисті, сітчасті, волокнисті. А за ступенем очищення мають призначення для грубого (відділяють частки розміром більше 5 мкм) і тонкого очищення (від 2 мкм), а також ультрависокооефективні (затримують частки розміром понад 0,01 мкм).

Високу якість очищення забезпечують масляні фільтри. Ефективність очищення ними досягає 99,9 %. Дуже ефективні електрофільтри. Їх дія заснована на здатності різнойменно заряджених часток притягуватися одна до іншої. Це обладнання має високий ступінь очищення (вище 98 %) великих обсягів повітря з великою концентрацією пилу (до 200 мг/м³) при відносно низькому використанні енергії.

На практиці дуже часто використовують різні модифікації рулонних фільтрів, які забезпечують подачу повітря 20–120 тис.м³/год.

8.5.4. Комбіновані засоби

Використання окремих простих засобів формування мікроклімату не завжди дає хороші результати. Для цього необхідна система обладнання, підбраного за техніко-технологічними характеристиками.

З розвитком тваринництва на промисловій основі набули поширення сучасні автоматизовані вентиляційні установки, оснащені пристроями для підігрівання повітря, що подається у тваринницьке приміщення (рис. 8.7). У таких системах передбачається також можливість часткової рециркуляції відпрацьованого теплого повітря, що зменшує витрати енергії на підігрівання. До них належать, наприклад, комплекти серій „Клімат” та ПВУ. Таке обладнання відноситься до класу багатовентиляторних систем, перевага яких – висока надійність. Вихід з ладу одного чи кількох її агрегатів мало впливає на роботу всієї системи.

Розроблені системи з централізованим і децентралізованим теплозабезпеченням. Перші використовують на великих підприємствах (наприклад, птахофабриках), другі – на звичайних фермах.

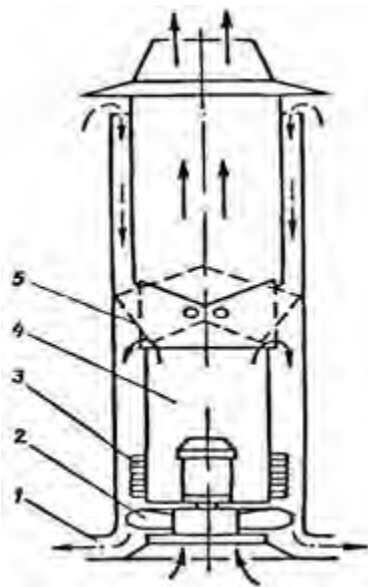


Рис. 8.7. Схема припливно-витяжної установки: 1 – кільцевий повітророзподільник; 2 – вентилятор; 3 – електронагрівальні елементи; 4 – витяжний канал; 5 – регулювальні заслінки

8.6. Освітлення приміщень

Одним із суттєвих факторів мікроклімату, який впливає на продуктивність тварин і особливо птиці, є освітлення приміщень. Воно повинно відповідати нормам (див. табл. 8.1) технологічного проекту-

вання. Для освітлення приміщень доцільно максимально використовувати денне світло. Розрахунок освітлення проводять відповідно до розмірів приміщення.

Розрахунок природного освітлення виконують у такій послідовності: при проектуванні нових приміщень визначають розміри і кількість вікон, а в разі реконструкції здійснюють перевірку вікон відповідно до коефіцієнта природного освітлення. При визначенні загальної площі вікон $F_{\text{в}}$ враховують площу підлоги $F_{\text{пд}}$ та нормативні коефіцієнти природного освітлення $\sigma_{\text{с}}$:

$$F_{\text{в}} = F_{\text{пд}} \sigma_{\text{с}}. \quad (8.22)$$

Необхідна кількість вікон $n_{\text{в}}$ дорівнює:

$$n_{\text{в}} = \frac{F_{\text{в}}}{f_{\text{в}}}, \quad (8.23)$$

де $f_{\text{в}}$ – площа одного вікна, м².

Для штучного освітлення приміщень розраховують кількість електричних ламп, висоту їх підвішування і раціональну схему розміщення. Кількість освітлювальних ламп можна визначити за питомою світловою потужністю.

$$z_{\text{л}} = \frac{F_{\text{пд}} q_0}{N_{\text{л}}} \quad (8.24)$$

або за світловим потоком –

$$z_{\text{л}} = \frac{E_{\text{мін}} K_3 F_{\text{пд}} K_{\text{мін}}}{S_{\text{с}} \eta_{\text{с}}}, \quad (8.25)$$

де q_0 – питома потужність освітлення, Вт/м²; $N_{\text{л}}$ – потужність однієї лампи, Вт; $E_{\text{мін}}$ – норма мінімально допустимого освітлення; K_3 – коефіцієнт запасу освітлення; $K_{\text{мін}}$ – коефіцієнт мінімального допустимого освітлення; $S_{\text{с}}$ – світловий потік лампи, лм; $\eta_{\text{с}}$ – ефективність використання світлового потоку, що зумовлюється коефіцієнтом використання приміщення φ .

Коефіцієнт φ розраховується так:

$$\varphi = \frac{F_{\text{пд}}}{H_{\text{п}}(A + B)}, \quad (8.26)$$

де $H_{\text{п}}$ – висота підвішування світильника, м; A , B – відповідно ширина і довжина приміщення, м.

Тип світильника вибирають залежно від характеристики конкретного приміщення.

Рівень освітлення залежить від типу світильника та відношення відстані l_c між світильниками до висоти H_{Π} їх підвішування над поверхнею, яку вони освітлюють (рис. 8.8).

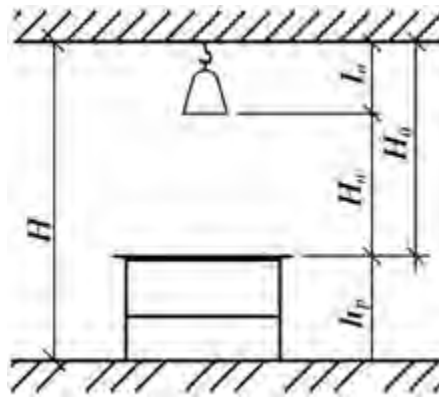


Рис. 8.8. Схема підвішування світильників

Висоту H_{Π} можна визначити за виразом:

$$H_{\Pi} = H - (l_{\Pi} + h_p), \quad (8.27)$$

де H – висота приміщення, м; l_{Π} – довжина підвіски, м, $l_{\Pi} = (0,2–0,25)H_0$; h_p – відстань від підлоги до освітлювальної поверхні, $h_p = 0,8–1,2$ м; H_0 – відстань від стелі до поверхні освітлення, м.

Якщо в освітлювальному приміщенні є ферми або колони, світильники доцільно розміщувати у шаховому порядку (наприклад, за схемою квадратів чи ромбів), в інших випадках можна застосовувати одно-, дво- чи багаторядне їх розміщення.

9. ВОДПОСТАЧАННЯ ФЕРМ ТА НАПУВАННЯ ТВАРИН І ПТИЦІ

9.1. Значення механізації водопостачання та напування

Своєчасне забезпечення тваринницьких об'єктів водою – одна з головних умов ефективного розвитку галузі. При цьому механізація сприяє стабілізації водопостачання, забезпечує подачу доброякісної води у достатній кількості безпосередньо до місць її споживання, в тому числі й напування тварин та птиці, різко скорочує затрати праці на їх утримання, дозволяє значно знизити собівартість тваринницької продукції. Крім того, постійне подавання води на ферму покращує її санітарний стан і підвищує протипожежну безпеку тваринницьких будівель.

Поряд з годівлею, напування є найважливішим біотехнологічним процесом, в якому тварини чи птиця безпосередньо контактують із засобами забезпечення їх водою. Робочі органи цих засобів повинні якнайкраще відповідати фізіологічним особливостям споживачів води.

Із технологічного обладнання, призначеного для ліній напування тварин та птиці, різноманітністю відзначаються напувалки. Серед них найефективнішими в технологічному відношенні є автонапувалки, тобто спеціальні автоматичні пристрої, за допомогою яких тварини та птиця можуть самостійно, без участі людини, споживати воду з водопровідної мережі протягом доби і в потрібній кількості.

Автоматизація напування, наприклад на фермах великої рогатої худоби, сприяє збільшенню на 10-15 % надоїв молока; приріст живої маси рогатої худоби на відгодівлі зростає на 3-5 %, а свиней – на 12-15 %, настриг вовни овець – на 8-12 %; значно скорочує затрати праці на обслуговування тварин, поліпшує умови їх утримання тощо. Таким чином, автоматизація напування впливає на стан здоров'я та продуктивність всіх видів тварин, а також птиці.

Тварини повинні мати вільний доступ до води і споживати її відповідно до потреб організму. При недостатньому споживанні води тваринами порушуються процеси перетравлювання кормів, затримується засвоєння поживних речовин їх організмами,

погіршується стан здоров'я і знижується продуктивність тварин. Так, відсутність води, особливо у теплий період року, протягом 3-5 годин може привести до зниження продуктивності тварин на 8-25 %, яка відновлюється тільки через 8-12 днів. Найуразливіша щодо цього птиця.

Обслуговування засобів механізації водопостачання та напування просте і не потребує великих затрат праці, а використання засобів автоматизації дозволяє майже повністю ліквідувати ручну працю.

Практика сільськогосподарських підприємств показує, що затрати на механізацію водопостачання тваринницьких ферм, а також пасовищ окупаються протягом року.

9.2. Системи водопостачання і їх структура

Система водопостачання – це комплекс елементів (інженерних споруд та технічних пристроїв) для забирання, обробки до необхідної якості, доставки і розподілу води між споживачами. Структура та взаємне розміщення окремих елементів системи водопостачання залежать від її призначення, місцевих природних умов і санітарних вимог до води. Схема водопостачання значною мірою обумовлюється вибором джерела вода.

Система механізованого водопостачання включає джерело, а також комплекс машин і обладнання. Залежно від організації водопостачання механізовані системи цього призначення бувають централізовані, децентралізовані і змішані або комбіновані.

За централізованого водопостачання всі споживачі господарства чи підприємства обслуговуються однією мережею. При децентралізованому водопостачанні обслуговування кожного об'єкту даного господарства здійснюється від окремого водопроводу. В разі обслуговування частини об'єктів водопостачання централізовано, а інших – децентралізовано, система водопостачання буде змішаною.

Механізоване водопостачання підприємств сільськогосподарського виробництва часто буває централізованим. При цьому ферми користуються від загальної мережі забезпечення водою. Така система є найбільш економічною.

Проте в ряді випадків на фермах встановлюють окремі водокачки з автономним джерелом і обладнують децентралізовані системи водопостачання. Таке рішення може бути викликане, наприклад, значною віддаленістю ферми від центральної садиби господарства.

Комбіновані варіанти можливі у випадках, коли питну воду отримують з загального водопроводу, а для технічних потреб використовують окремі місцеві джерела, воду з яких неможливо використовувати для напування худоби та інших технологічних потреб із-за її низької якості.

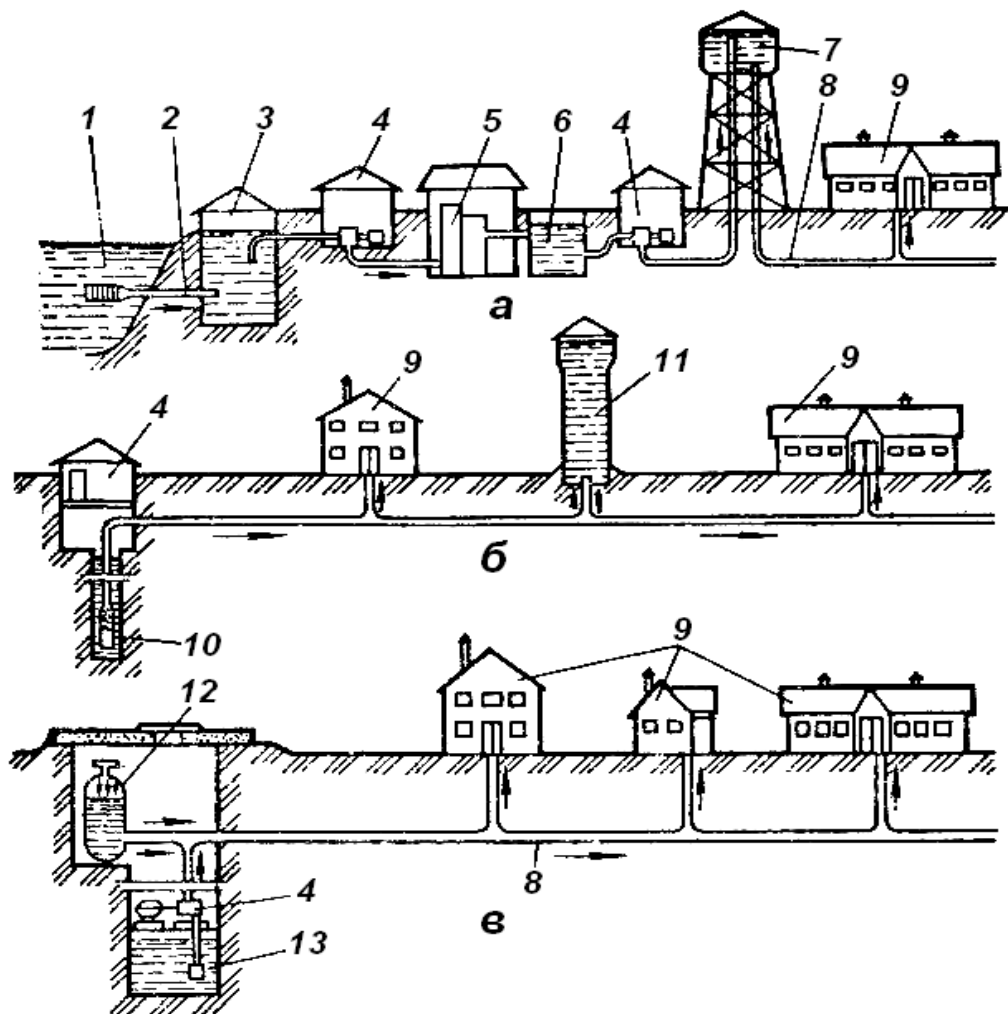


Рис. 9.1. Схеми водопостачання при забиранні води:

***а* – з відкритої водойми; *б, в* – відповідно – із трубчастого та шахтного колодязів; 1 – водойма; 2 – водоприймальний пристрій; 3 – береговий колодязь; 4 – насосна станція; 5 – водоочисна споруда; 6 – резервуар очищеної води; 7 – водонапірний бак; 8 – водопровідна мережа; 9 – об’єкти споживання води; 10 – буровий колодязь; 11 – водонапірна башта; 12 – повітряно-водяний бак; 13 – шахтовий колодязь**

У загальному вигляді схема системи механізованого водопостачання включає такі елементи (рис. 9.1): джерело води, водозабірні пристрої, насосну станцію, очисні споруди, напірно-регулюючу споруду, зовнішній та внутрішній водопровід і розбірні пристрої.

Слід зазначити, що на відміну від системи із забором води із поверхневого джерела води (рис. 9.1, *а*), системи водопостачання із підземного джерела (бурових свердловин) не потребують очисних споруд, резервуарів чистої води і насосної станції другого підйому (рис. 9.1, *б*). В результаті вся система є значно простішою і надійнішою.

9.3. Джерела водопостачання і водозабірні пристрої

Для водопостачання тваринницьких ферм можуть бути використані відкриті (поверхневі) джерела, до яких належать річки, озера, водоймища, канали тощо, а також підземні води, що діляться на безнапірні та напірні. Підземні води в свою чергу поділяються на ґрунтові і міжпластові. Ґрунтові води, розміщуються над першим водонепроникним шаром, який характеризується відсутністю напору, постійним коливанням рівня, можливістю забруднення різними речовинами. Міжпластові води залягають між двома водонепроникними шарами (напірні і артезіанські).

Підземні води чистіші за поверхневі і мають відносно постійну температуру. Просочуючись крізь водонепроникні шари, атмосферна вода звільняється від зважених частинок і мікроорганізмів, збагачується мінеральними солями, мікроелементами та вуглекислотою і в результаті цього отримує високі споживчі якості. Водопостачання з використанням підземних вод має суттєві переваги перед споживанням їх із поверхневих джерел. В сільському господарстві до 90 % використаної води отримують із підземних джерел.

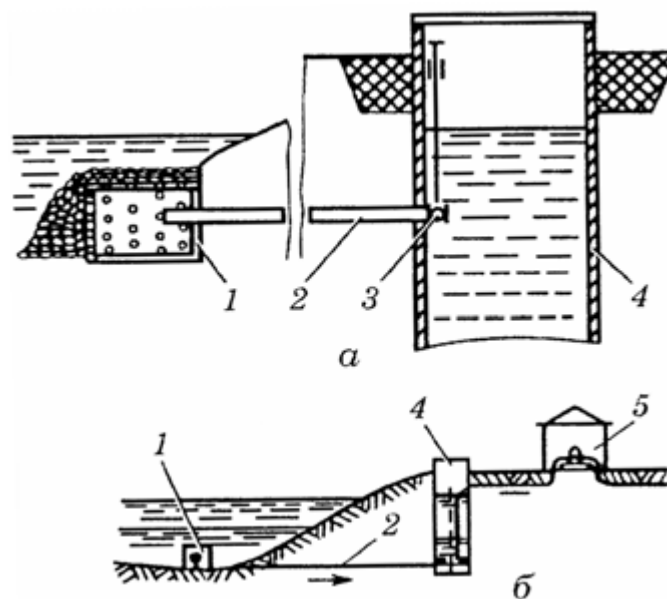


Рис. 9.2. Схеми водозаборів з берегового типу (а) та руслового (б) поверхневих джерел: 1 – водоприймач; 2 – самопливна труба; 3– засувка; 4 – береговий колодязь; 5 – насосна станція

Для забору води із поверхневих джерел використовують спеціальні пристрої та споруди – берегові (рис. 9.2, а) або руслові (рис.9.2, б). Їх розміщують за течією річки обов’язково вище населених пунктів і виробничих об’єктів. Воду із підземних джерел використовують через шахтні або трубчасті колодязі (бурові свердловини).

Шахтний колодязь (рис. 9.3) влаштовують для забору ґрунтових вод, що залягають на глибині 30-40 м. Він складається із водоприймальної частини 5 з фільтром 6 із гравію, шахти 4 і оголовка 2. Навколо оголовка влаштовують глиняний замок 3 шириною і глибиною не менше 1 м для захисту від забруднень атмосферними опадами.

Шахту роблять квадратного перерізу (із стороною 1-3 м) або круглою (діаметром 1-3 м) із залізобетонних кілець. На дні колодязя влаштовують піщано-гравійний фільтр.

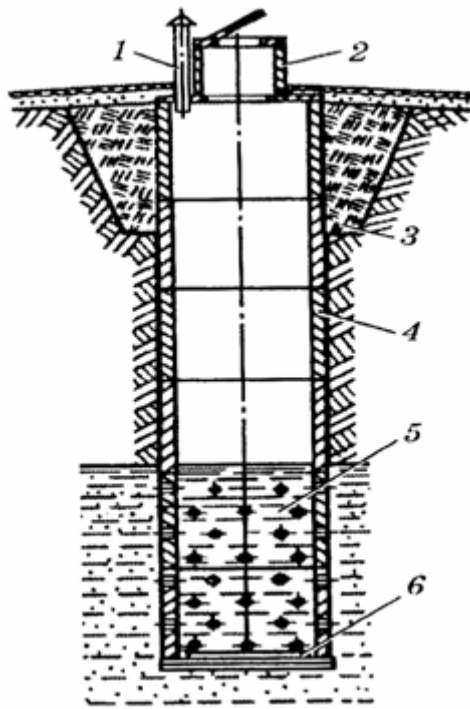


Рис. 9.3. Конструктивна схема шахтного колодязя:

**1 – вентиляційна труба; 2 – оголовок; 3 – глиняний замок; 4 – шахта;
5 – водоприймальна частина; 6 – фільтр**

Трубчастий колодязь (рис. 9.4) являє собою свердловину круглого перерізу, що закріплена стальними обсадними трубами. У нижній її частині встановлений фільтр, крізь який вода надходить в колодязь. Фільтр запобігає обвалюванню породи і надходженню в колодязь піску.

За конструкцією робочої частини фільтри діляться на сітчасті, дротяні, щілинні і гравійні. Якщо водоносний шар складається з твердих порід з тріщинами, то фільтри не встановлюють і вода надходить безпосередньо із свердловини.

Розміри фільтрів залежать від складу водоносних горизонтів та умов їх залягання. Довжина фільтруючої частини повинна бути не менша від висоти водостічного шару. Сітчасті фільтри виконують з металевої сітки з отворами розміром від 0,15 до 0,60 мм. Для сіток використовують латунь, нержавіючу сталь, а також полуджену мідь.

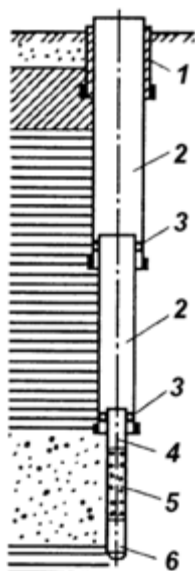


Рис. 9.4. Структурна схема трубчастого колодязя:

1 – напрямна втулка; 2 – обсадна труба; 3 – ущільнення; 4 – надфільтрова труба; 5 – фільтр; 6 – відстійник

Джерело води характеризується за такими параметрами: статичний та динамічний рівні, а також дебіт.

Коли вода із джерела (наприклад, колодязь) не відбирається, його рівень знаходиться на тій же глибині, що і рівень ґрунтових чи підземних вод, який називається статичним. При відкачуванні води рівень її в джерелі знижується. Залежно від інтенсивності забору та надходження свіжої води установлюється рівень, який називається динамічним. Кількість води, яка надходить в колодязь за одиницю часу (л/с, м³/год), називається дебітом джерела.

9.4. Вимоги до води та способи поліпшення її якості

У тваринництві воду використовують в першу чергу для напування тварин і птиці, а також в інших технологічних процесах (наприклад, приготування кормів, доїння корів і первинна обробка молока), на побутові, санітарно-гігієнічні, протипожежні потреби тощо.

Вода для тваринницьких підприємств, як і для населених пунктів, повинна відповідати вимогам державного стандарту на питну воду. Якість оцінюється за фізичними, хімічними і бактеріологічними

характеристиками (табл. 9.1). Для напування тварин залежно від їх виду та віку рекомендується вода, яка має температуру в межах 8-25 °С, без сторонніх запаху, смаку та кольору. Забрудненість (вміст органічних або мінеральних речовин) не повинна перевищувати 2 мг/л. Доброякісна питна вода повинна мати нейтральну або слаболужну реакцію на рівні рН 6,5-9,5, жорсткість (за вмістом солей кальцію і магнію) – не більше 7 мг-екв/л, окислення (наявність, вільного кисню) – не більше 2,5 мг/л, а вміст свинцю – не більше 0,1 мг/л. Кількість кишкових паличок в одному літрі води не повинна перевищувати трьох. Крім того, вода не повинна вміщувати водних організмів, які можна відрізнити неозброєним оком.

Таблиця 9.1 - Вимоги до якості води

Назва показника	Допустимі межі	Норма
Запах і присмак при температурі +20 °С, балів	0-5	2
Кольоровість за шкалою, градусів	0-100	< 20
Прозорість за шрифтом, мг/л		< 2
Загальна жорсткість, мг-екв/л	3,5-14	7
Загальна кількість бактерій в 1 мл нерозбавленої води	10-1500	100
Середня кількість кишкових паличок в 1 л води	0-10	3

Дослідженнями, які були проведені в Швеції, встановлено, що при подачі води 2 л/хв надої молока за добу становили 20,5 л, а при 12,5 л/хв – 21 л. При температурі води 3°С надої були 25,4 л, при 10°С – 25,9 л, а при 17°С – 26,1 л.

Для нагрівання організмом тварини 1 л води на 1 °С потрібно 4,19 кДж (1 ккал) тепла. Якщо корова випиває за добу 70 л води, температура якої становить 2 °С, то для нагрівання її до 12 °С організм витрачає 700 ккал тепла, або 200 г перетравного протеїну чи дві кормові одиниці. В цьому випадку від кожної корови не добирається 3,5-4,0 л молока.

Вода для фермських молочних або потокових ліній первинної обробки молока не повинна містити вапна (бути м'якою), сполук магнію, заліза та органічних речовин. Жорстка вода своїми відкладеннями на стінках труб зменшує їх пропускну здатність і теплопередачу. Вода з домішками заліза і органічних речовин знижує якість молочних продуктів і навіть призводить їх до псування.

Якість води покращують шляхом відстоювання її у резервуарах великої місткості або фільтруванням. Для поліпшення якості води її пропускають крізь фільтри, які добре поглинають кальцій, або нагрівають до температури 70-80 °С, в результаті чого кальцій та магній випадають в осад. З метою знезараження у воду додають чистий хлор чи хлорне вапно. Обробку води хлором ведуть у спеціальних апаратах, які називають хлораторами.

Щоб запобігти забрудненню води навколо її джерел відводять санітарну зону, яка включає три пояси з різними режимами охорони.

Межа першого поясу для річки розташована від місця забору води на відстані 200 м вгору (проти течії), 100 м – униз (за течією) та на 100 м – з обох боків від берегів річки. При заборі води із озер чи водосховищ межа зони першого поясу має вигляд кола з радіусом 200 м; при використанні ґрунтових вод цей радіус дорівнює 50 м, а площа, що відокремлюється, – 1,4 га; для підземних джерел радіус поясу становить 30 м, а відокремлена площа – 0,25 га. Територія першого поясу відокремлена огорожею і зеленими насадженнями. На ній забороняється зводити будівлі для проживання людей, утримання тварин та птиці.

Другий пояс включає джерело водозабезпечення і басейн його живлення (тобто акваторію), що має вплив на формування якості води джерела. До другого поясу належать населені пункти й виробничі підприємства, діяльність яких впливає на джерело води. В зоні другого поясу необхідно передбачати і проводити оздоровчі заходи, а в разі потреби й обмежувати господарську діяльність.

Третій пояс зони санітарної охорони межує з другим. На території цього поясу провадять спостереження за інфекційними захворюваннями з метою своєчасного прийняття заходів, що запобігають поширенню небезпеки через систему водопостачання.

Для господарсько-питного водопостачання рекомендується використовувати в першу чергу трубчасті колодязі (бурові свердловини), які надійно захищені від бактеріального забруднення. Вода в них характеризується сталістю якісних показників та температури. Незважаючи на дещо більші витрати на їх спорудження вони широко застосовуються для механізованого водопостачання тваринницьких підприємств.

Грунтові води шахтних колодязів потребують постійного контролю якості. Відкриті ж джерела (ставки, річки) легко піддаються бактеріальному забрудненню, а для очищення взятої з них води необхідні значні затрати. Поверхневі та ґрунтові води для механізованого водопостачання тваринницьких ферм застосовуються дуже рідко.

9.5. Водопідіймальні станції і машини

Для забору води з джерел і подачі її до споживачів використовують насосні станції, оснащені насосами та водопідйомниками.

Насосна станція – це комплекс гідротехнічних споруд і насосно-енергетичного обладнання, призначений для забору воду з джерела, її обробки і подачі в напірний резервуар або у водорозподільну мережу.

Залежно від призначення насосні станції бувають першого і другого підйомів.

Станції першого підйому призначені для забору води безпосередньо з джерела і подачі її на очисні споруди або проміжні збірні резервуари. Станції другого підйому забезпечують подачу води із проміжних резервуарів у водопровідну мережу і напірно-регулюючі споруди. У варіантах великої висоти підйому води і значного розгалуження водоводів, коли мають місце значні втрати напору можуть бути використані насосні станції третього і навіть четвертого підйомів.

Для скорочення будівельних витрат побудову насосних станцій у тваринництві часто суміщають з водозабірними та іншими елементами

системи водопостачання. При заборі підземних вод споруди насосних станцій розташовують, як правило, над колодязем.

У типових проектах систем водопостачання передбачені підземні та наземні варіанти насосних станцій.

На рис. 9.5 показана наземна насосна станція першого підйому з моноблочним відцентровим насосом марки КМ і водозабірними спорудами берегового типу для забору води з поверхневого джерела.

Безпосереднє переміщення води в системі водопостачання забезпечує насосне обладнання.

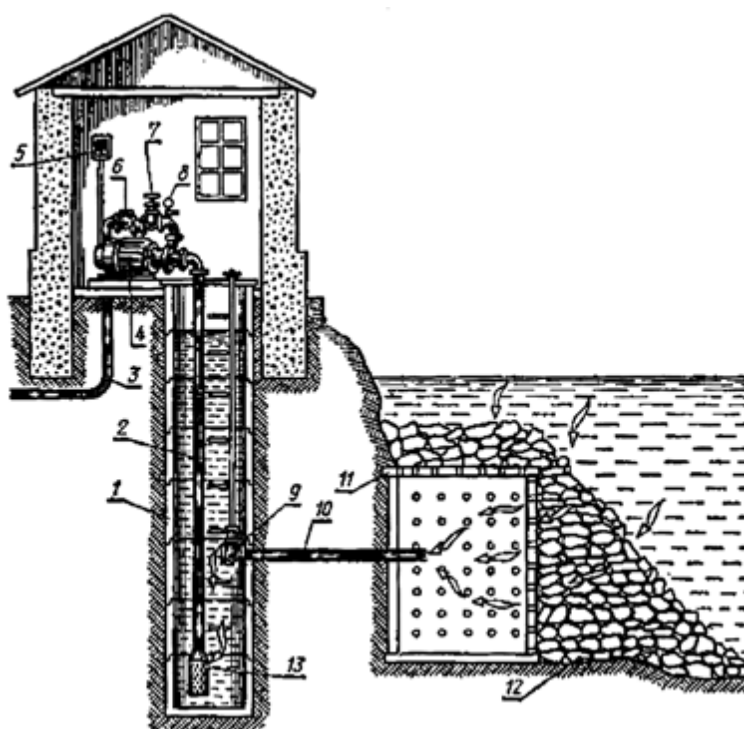


Рис. 9.5. Схема насосної станції першого підйому:

- 1 – приймальний колодязь; 2 – всмоктувальний трубопровід;
3 – нагнітальний трубопровід; 4 – відцентровий насос з електродвигуном;
5 – станція керування; 6 – зворотний клапан; 7 – регулювальна засувка;
8 – манометр; 9 – засувка; 10 – самопливна труба; 11 – водоприймач;
12 – камінний насипний фільтр; 13 – приймальний клапан з фільтром**

Насоси – це гідравлічні машини, які створюють робочий напір (тиск), достатній для підйому води на потрібну висоту над рівнем джерела і доставки її до місць споживання.

За принципом дії насоси бувають лопатеві, об'ємні, струминні та черпальні.

В лопатевих насосах рідина переміщується під дією обертання робочого колеса з лопаткам. До об'ємних відносяться поршневі, шестеренні та деякі інші. Струминні включають підйомники, у яких для подачі рідини використовується енергія іншого попутного потоку (води, повітря). В дії черпальних водопідіймачів використано принцип змочування стрічки або шнура, які безперервно рухаються.

Лопатеві насоси мають основним робочим органом колесо з лопатями. Залежно від форми робочого колеса і характеру руху рідини лопатеві насоси поділяються на відцентрові, діагональні і осьові.

Відцентрові насоси застосовують для забору і подачі води з поверхневих джерел, шахтних і трубчастих колодязів. Вони діляться:

- за розташуванням осі – на горизонтальні і вертикальні;
- за числом робочих коліс – на одноколісні, багатоколісні або багатоступінчасті;
- за способом підведення рідини до робочого колеса – з одnobічним і двобічним входом;
- за місцем установки – на поверхневі, заглибні і плаваючі.
- за величиною напору бувають низького тиску – до 20 м, середнього – до 40-60 м та високого тиску – понад 60 м.

До позитивних ознак відцентрованих відносяться: простота конструкції і надійність в роботі; мала вага і незначна площа для їх установлення; зрівноваженість в роботі, що дає можливість обійтись без масивних фундаментів; великі оберти, що дозволяє з'єднувати його безпосередньо з електродвигуном; відсутність ударів та вібрацій в трубопроводах; можливість переміщення рідини із значною кількістю в них механічних домішок.

Як недолік вважається необхідність заливання відцентрованих насосів та всмоктувальної труби водою перед пуском, мала висота всмоктування і швидке спрацювання при роботі з водою, що містить значну кількість механічних домішок.

Робоче колесо відцентрового насоса (рис. 9.6) закріплюється на валу і обертається в корпусі.

Принцип дії насоса такий. При обертанні робочого колеса вода, що знаходиться в міжлопатевих його порожнинах, під дією

відцентрової сили спрямовується від центра колеса до його периферії і набуває при цьому кінетичної енергії, яка забезпечує в корпус насоса напір, завдяки якому вода надходить з корпусу в нагнітальну трубу і далі – у водопровідну мережу. При звільненні каналів колеса від води в його середній частині та у всмоктувальній трубі створюється розрідження, що сприяє засмоктуванню води з колодязя в насос. Таким чином, при обертанні робочого колеса створюється потік води з колодязя до насоса і через нього у водопровідну мережу. Клапан 13 запобігає зворотному зливу води і захищає насос від гідравлічного удару при раптовій зупинці.

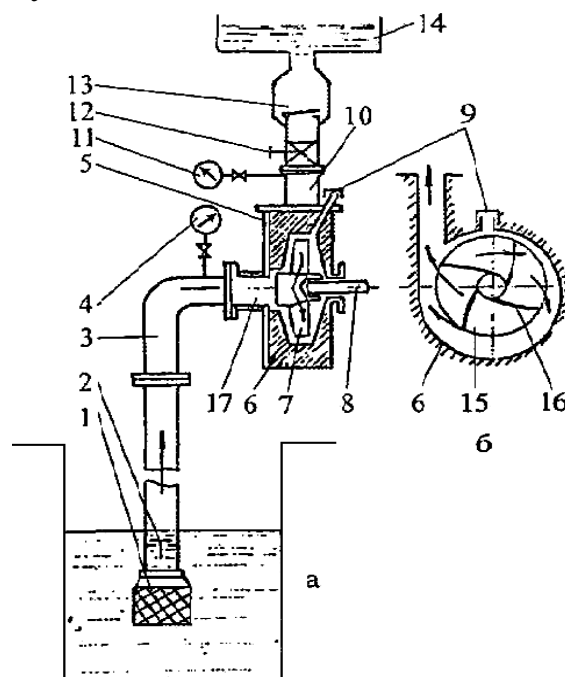


Рис. 9.6. Конструктивно-функціональна схема установки з відцентровим насосом: а – загальний вигляд; б – насос;

- 1 – фільтр; 2 – приймальний клапан; 3 – всмоктувальна труба; 4 – вакуумметр; 5 – кришка насоса; 6 – корпус насоса; 7 – лопатеве робоче колесо; 8 – вал насоса; 9 – заливний пристрій; 10 – напірна труба; 11 – манометр; 12 – засувка; 13 – зворотний клапан; 14 – бак для води; 15 – диск робочого колеса; 16 – лопать; 17 – всмоктувальна горловина**

Особливістю роботи відцентрових насосів є тісний зв'язок між подачею і тиском (напором): зі збільшенням подачі тиск насосу зменшується, а зі зменшеннями подачі – він зростає.

Відцентрові насоси – це швидкохідне обладнання. Безпосереднє з'єднання їх з швидкохідними електродвигунами дозволяє створювати

компактні електрифіковані насосні агрегати, які не потребують для монтажу великих площ.

У практиці сільського господарства для подачі води з температурою до $+80^{\circ}\text{C}$ застосовують відцентрові насоси консольного типу *К* і *КМ*. За величиною подачі і напором даний тип насосів ділиться на 19 типорозмірів (подача змінюється від 0,45 до 360 м³/год при напорах від 8,8 до 98 м).

Висота всмоктування для всіх відцентрових насосів не перевищує 7 м. З метою отримання найбільшої подачі слід установлювати насос так, щоб максимально наблизити його до поверхні води.

Багатоступеневі заглибні відцентрові насоси використовують для підймання із глибоких бурових свердловин води з температурою до $+25^{\circ}\text{C}$ і вмістом механічних домішок не більше 0,01 % (за масою). За подачею вони бувають від 1,6 до 670 м³/год, напором від 15 до 640 м і потужністю приводу від 0,5 до 500 кВт. Заглибні насоси мають сухі, маслозаповнені, напівсухі і мокрі електродвигуни.

Найпростішими за конструкцією є насосні агрегати з мокрими електродвигунами. Вони надійні в експлуатації, економічні і дістали широке застосування в сільському господарстві.

Насоси типу ЕЦВ і ЕПН агрегатуються з водозаповненими електродвигунами. Насоси ЕЦВ приводяться в дію за допомогою одно- та трифазного двигуна з ізолюванням від води статором. Гумово-металеві підшипники змащуються водою, яка знаходиться в корпусі. В насосах типу ЕЦВ вали з'єднані жорсткою муфтою, а в насосах типу ЕПН двигун і насос з'єднані за допомогою фланців. При установці насосів в свердловину вони мають бути занурені нижче динамічного рівня на 1-1,5 м. Кожна із секцій такого насоса включає (рис. 9.7): корпус 4, лопатеве робоче колесо 6, напрямну 5. Кількість секцій приймають залежно від глибини свердловини. Робочі колеса насаджені на вал 3. Всі секції з'єднуються в єдиний блок зовнішніми стяжками. Насос з електродвигуном монтується до водонапірної труби. При цьому електродвигун займає нижнє положення. Насос занурюють у воду на глибину не менше 2 м. Його подача не повинна

бути більшою за дебет свердловини, інакше агрегат буде працювати в сухому режимі і швидко вийде з ладу.

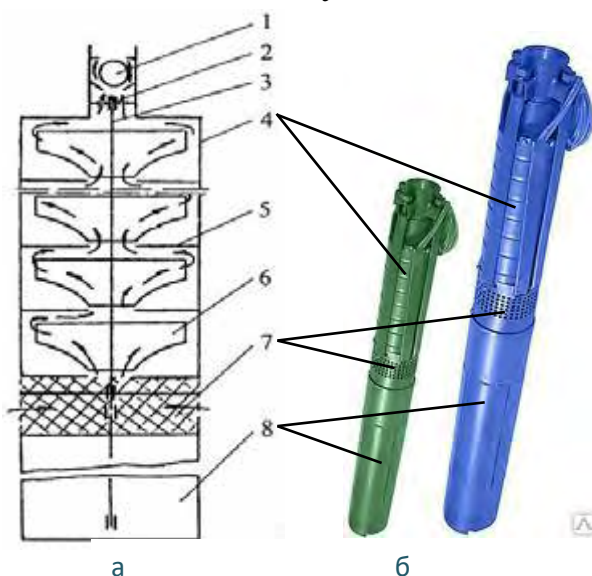


Рис. 9.7. Конструктивно-функціональна схема відцентрового заглибного насоса:

- 1 – зворотний клапан; 2 – підшипники вала; 3 – вал; 4 – корпус;
5 – напрямна; 6 – робоче колесо; 7 – фільтр; 8 – двигун**

Лопатеві вихрові насоси типів В, ВК, ВКС і ВКО призначені для перекачування чистої води із відкритих водоймищ і шахтних колодязів при висоті всмоктування 5-7 м. Це самозасмоктувальні насоси і не потребують заливання води перед повторним запуском.

Конструктивна схема насоса приведена на рис. 9.8. Робоче лопатеве колесо має вигляд турбіни. Всмоктувальний 2 та напірний 3 патрубки розміщені зверху корпусу насоса, а тому порожнину необхідно заливати лише перед першим пуском. При цьому всмоктувальну трубу заливати не обов'язково. Для нормальної роботи торцеві і радіальні зазори між лопатевим колесом та стінками корпусу повинні бути в межах 0,005-0,015 мм. Особливе значення має величина зазору між торцем лопатей 5 і перемичкою 7, яка розмежовує всмоктувальний та напірний патрубки. Для збільшення строку служби насоса необхідно уважно стежити за справністю фільтра, щоб у насос не потрапляв пісок.

Кільцева порожнина 6 в корпусі насоса з'єднує всмоктувальний 2 і напірний 3 патрубки. В цій порожнині вода залучається в коловий рух

відносно її осьової лінії. Під дією відцентрових сил по периферії колеса виникає інтенсивний вихровий циркуляційний потік.

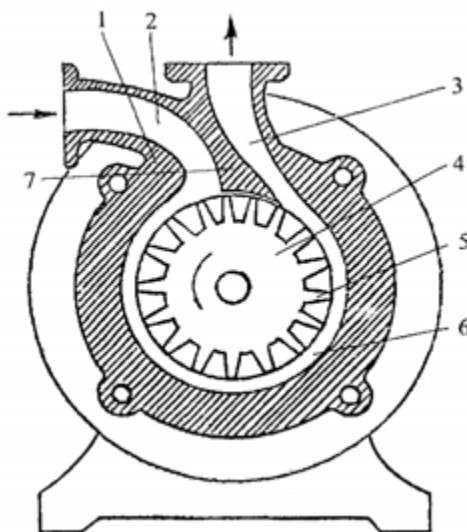


Рис. 9.8. Конструктивна схема вихрового насоса:

**1 – корпус; 2 – всмоктувальний патрубок; 3 – напірний патрубок;
4 – робоче колесо; 5 – лопаті; 6 – робоча камера; 7 – перемичка**

На цей потік накладається ще один, що виникає в результаті тиску колеса на рідину. Обмін імпульсами за рахунок вторинних потоків настільки інтенсивний, що за однакових розмірів і частоти обертання вихровий насос створює напір в 3-5 разів більший, ніж насос відцентрового типу. Проте, оскільки значна частина води не видаляється в нагнітальний патрубок, а залишається в міжлопатевих порожнинах, то порівняно з відцентровим насосом він має меншу подачу.

9.6. Водонапірні споруди та установки з гідроаккумулятором

У механізованих системах водопостачання тваринницьких підприємств для створення необхідного тиску в мережі в період вимкнення насоса, створення і зберігання запасів та регулювання подачі води застосовують водонапірні споруди (баки, башти, повітряно-водяні котли або гідроаккумулятори). При цьому найзручнішими і найпоширенішими є металеві збірно-блочні безшпатові башти конструкції інженера А.А. Рожновського. Останнім

часом набувають розповсюдження схеми з автоматизованими водопідйомними установками і гідроакумулятором.

Збірно-блочна водонапірна башта (рис. 9.9) зварена з листового металу, має опору і бак, які під час експлуатації постійно заповнені водою. Башта не обігривається і спеціальної теплоізоляції не має. Внутрішні стінки обладнані скобами, які ніби армують льодовий шар, що повільно намерзає товщиною до 300 мм і цим утворює теплоізоляційну оболонку. Башти розраховані на температуру повітря до $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Рівень води в баштах регулюється (підтримується) автоматично. Башту монтують на фундаменті. Нижню частину башти, утеплюють земляною підсипкою.

Без утеплення башти використовують там, де температура води підземних джерел не менше $4\text{ }^{\circ}\text{C}$, а обмін води у башті проходить не рідше одного разу за добу. При інтенсивній циркуляції вода у башті не замерзає навіть при значному зниженні зовнішньої температури.

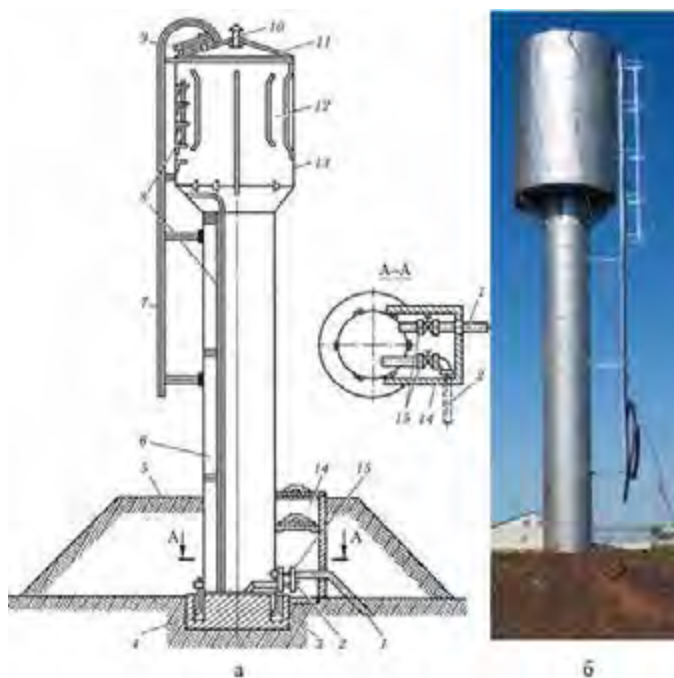


Рис. 9.9. Конструктивна схема водонапірної металевої башти:
1 – напірно-розвідна труба; 2 – зливна труба; 3 – анкерні болти;
4 – фундамент; 5 – земляний вал (обсипка); 6 – колона; 7 – зовнішня драбина; 8 – внутрішні драбини; 9 – люк; 10 – вентиляційна труба;
11 – кришка бака; 12 – утримувачі льоду; 13 – бак; 14 – оглядовий колодязь; 15 – заслінка

Башти заощаджують електроенергію, підвищують ресурс електродвигуна та насоса, а також накопичують певний запас води на випадок відключення водяної або електричної мережі.

Схеми водопостачання з гідроаккумулятором дозволяють зменшити об'єм напірно-регулювальних ємностей та знизити капітальні вкладення на будівництво об'єктів водопостачання.

Водопідйомна установка з гідроаккумулятором (рис. 9.10) комплектується поверхневим відцентровим чи вихровим насосами, або заглибним насосом, а також повітряно-водяною місткістю (гідроаккумулятором). Такі установки застосовують для подачі води під напором до споживача без водонапірної башти.

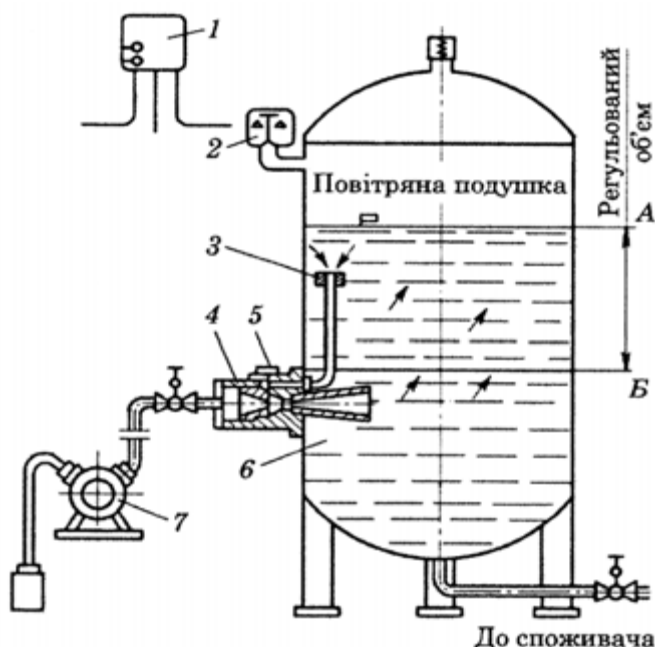


Рис. 9.10. Конструктивно-функціональна схема водопідйомної установки з гідроаккумулятором:

1 – станція керування; 2 – реле тиску; 3 – жиклер; 4 – повітряний клапан; 5 – регулятор струменя; 6 – повітряно-водяний бак; 7 – вихровий насос

Перед пуском установки з'ясовують висоту розташування споживачів відносно рівня розміщення повітряно-водяної місткості і за допомогою реле тиску регулюють межі включення та виключення насоса з розрахунку $0,1 \text{ МПа}$ (1 кгс/см^2) на кожні 10 м висоти. При включенні установки вода вихровим насосом 7 подається у повітряно-водяну ємність (бак) 6, з якої водопровідною мережею надходить до споживачів. Надлишки води накопичуються у місткості і стискаються

повітря, що знаходиться в ній. Коли тиск в місткості досягне розрахованого (заданого) значення, реле тиску 2 (у робочому положенні контакти реле тиску замкнені) розімкне електричний ланцюг магнітного пускача, електродвигун насоса зупиниться і вода споживачам буде подаватися з баку під дією стисненого у ньому повітря. При зниженні тиску до визначеного рівня контакти реле зімкнуться і в роботу автоматично включається насос, який знову почне подавати воду до споживачів та для накопичення у повітряно-водяній місткості.

В процесі роботи установки обсяг повітряної подушки у баку 6 поступово зменшується із-за нещільностей з'єднань і розчинення повітря у воді. Це приводить до збільшення кількості включень насоса. Для автоматичного заповнення місткості повітрям служить струминний регулятор.

Періодична дія водопідйомної установки дає змогу заощаджувати електроенергію та підвищує ресурс електронасоса.

Використання установок з гідроаккумулятором не потребує будівництва дорогих і металоємних водонапірних башт. Собівартість подачі 1 м³ води при цьому знижується в 1,5-2 рази. Проте такий варіант потребує постійного енергопостачання.

9.7. Зовнішня і внутрішня водопровідні мережі

Водопровідна мережа призначена для підведення та розподілу води до місць споживання. Ділянка водопровідної мережі, якою вода подається від насоса у водонапірну башту чи гідроаккумулятор називається напірним трубопроводом.

З башти під дією гідростатичного тиску (напору) вода розподіляється до об'єктів її споживання. При цьому та частина водопроводів, яка прокладена на території ферми від водонапірної споруди до окремих об'єктів споживання води, називається зовнішньою або магістральною мережею, а та, що забезпечує розподіл води між безпосередніми споживачами у приміщеннях – внутрішньою.

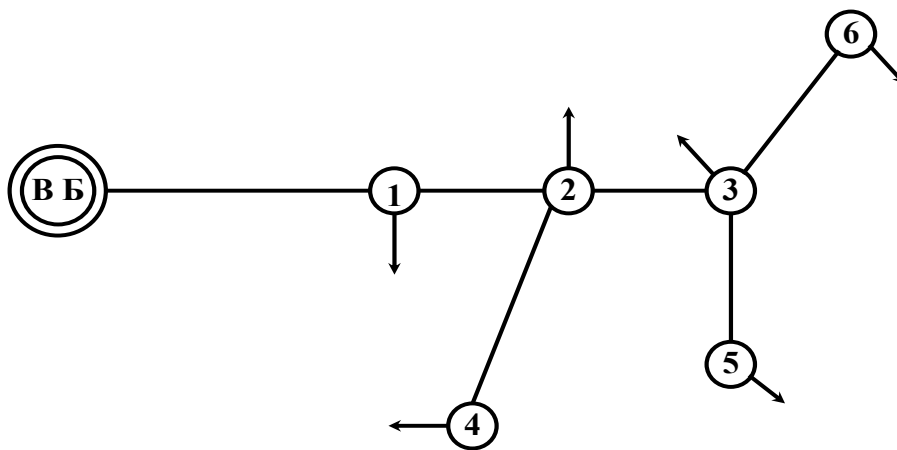


Рис. 9.11. Схема тупикової водопровідної мережі
ВБ – водонапірна башта; 1, 2, ..., 6 – розподільчі колодязі

Зовнішні водопровідні мережі бувають тупикові, кільцеві і комбіновані (змішані).

Тупикова мережа, складається із окремих ліній (рис. 9.11). Вода з водонапірної башти розводиться головною магістраллю у відгалуження, які закінчуються тупиками.

Кільцева мережа забезпечує рух по замкнутому контуру і підводить воду до споживачів як мінімум з двох боків (рис. 9.12).

На невеликих фермах зовнішню водопровідну мережу часто прокладають за тупиковою схемою, а на великих фермах і комплексах – за кільцевою. Якщо на фермі об’єкти споживачів розміщені в кілька рядів, то схема водопроводу може бути кільцевою або змішаною.

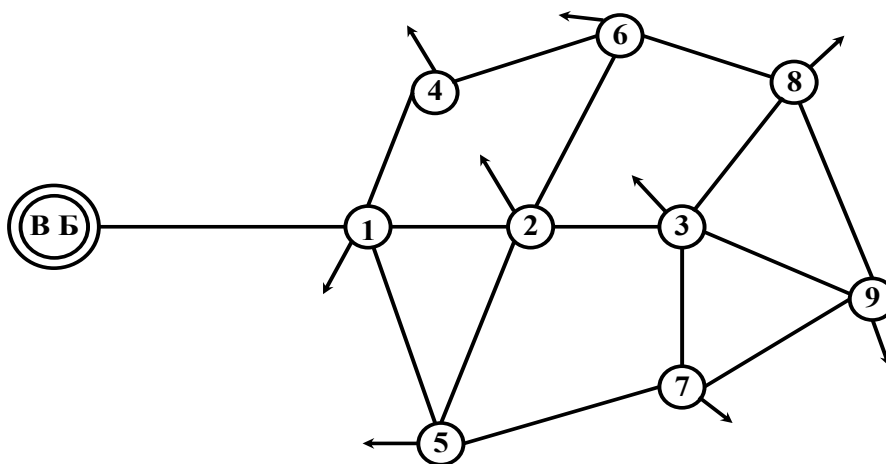


Рис. 9.12. Схема кільцевої водопровідної мережі
ВБ – водонапірна башта; 1, 2, ..., 9 – розподільчі колодязі

Кільцева мережа зовнішнього водопроводу довша за протяжністю і дорожча від тупикової, але при цьому система водопостачання працює надійніше, покращуються умови виконання профілактичних заходів, а також ремонту окремих ділянок. Вода до споживачів може підводитися з двох сторін, що дозволяє в разі потреби відключати пошкоджені ділянки мережі, не зупиняючи подачу води іншим споживачам. В кільцевих схемах водопостачання стабільніший напір на всій довжині мережі, а також зменшується безпека гідравлічних ударів і замерзання води в трубах. У змішаних схемах мереж до основного замкнутого контуру приєднують окремі тупикові вітки.

Зовнішню водопровідну мережу частіше всього прокладають з чавунних і азбестоцементних труб, рідше використовують сталеві труби. В такому випадку сталеві труби обробляють або покривають антикорозійною ізоляцією. Сталеві труби застосовують головним чином для внутрішніх водопровідних мереж. Вони дорожчі за чавунні та азбестоцементні і менш довговічні через корозію металу.

При прокладці трубопроводу слід дотримуватись таких правил:

- трасу водопроводу вибирати відповідно до умови найкоротшої доставки води споживачам;
- труби розміщувати на глибині нижче рівня промерзання ґрунту.

Внутрішні водопровідні мережі призначені для безпосереднього розподілу води між споживачами всередині приміщень. Схеми розводки труб цих мереж і види водорозбірних приладів, які використовуються в них, залежать від переліку технологічних операцій, що виконуються в тих чи інших об'єктах водопостачання. Для безперебійної подачі води на виробничі потреби внутрішні водопровідні мережі прокладають переважно за кільцевими схемами. Якщо умови виробництва допускають перерви у подачі води, то в таких випадках можливі тупикові водопровідні мережі.

Мережі внутрішніх водопроводів виробничих приміщень великих ферм слід приєднувати до кільцевої мережі зовнішнього водопроводу двома незалежними вводами, причому до різних її ділянок.

9.8. Засоби напування тварин і птиці

До технологічного обладнання розподілу води у тваринницьких приміщеннях відносяться напувалки.

Напувалка – це спеціальний автоматично діючий пристрій, за допомогою якого тварини і птиця самостійно без участі людини отримують із водопроводу необхідну для напування воду в будь-який час доби і в необхідній кількості.

9.8.1. Класифікація напувалок

Засоби напування підрозділяють за цілим рядом ознак, а саме:

- призначення (залежно від біологічного виду споживачів) – для напування великої рогатої худоби, свиней, птиці;
- організація напування – індивідуальні та групові;
- конструктивні особливості напувальних пристроїв – чашкові та безчашкові, жолобкові (або корита);
- спосіб використання – стаціонарні і пересувні;
- принцип дії – важільні, поплавкові, вакуумні, краплинні (ніпельні);
- спосіб підготовки води – з електропідігріванням та без нього.

На сучасних фермах використовують більше двох десятків індивідуальних і групових напувалок різних конструктивних рішень.

На фермах ВРХ в стаціонарних умовах застосовують індивідуальні напувалки з важільним приводом клапанного механізму, групову з поплавковим регулюванням рівня води в чашах; для напування на пасовищах – пересувні водороздавачі, оснащені напувалками важільного типу.

При напуванні свиней використовують індивідуальні напувалки важільні чашкові, соскові та групові.

Для овець в стійловий період використовують переважно поплавкові напувалки, а для доставки води та напування на пасовищах служать пересувні водороздавачі (оснащені коритами).

У птахівництві розповсюджені вакуумні напувалки, ніпельні та підвісні жолобкові.

9.8.2. Будова та принцип дії напувалок

9.8.2.1. Напувалки з примусовим (важільним) приводом

Індивідуальні напувалки (рис. 9.13) застосовуються для напування великої рогатої худоби (ВРХ) круглорічно в корівниках та влітку на пасовищах у комплекті пересувних водороздавачів.

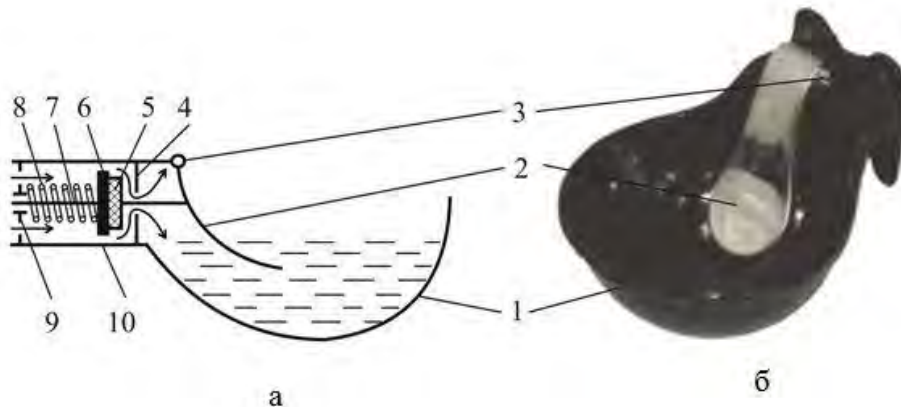


Рис. 9.13. Чашкова важільна напувалка: 1 – чаша; 2 – педаль; 3 – шарнір; 4 – гніздо клапана; 5 – прокладка; 6 – клапан тарілчастий; 7 – шток; 8 – пружина; 9 – напрямна штока; 10 – корпус

Для наповнення чаші водою необхідно натиснути на педаль 2, яка, в свою чергу, тисне на шток 7 і відкріє клапан 6. При цьому крізь утворений зазор вода надходить в чашу 1. Якщо педаль відпустити то під дією пружини клапан закриє доступ води у чашу.

Напувалки самоочисні застосовують на свинофермах зі станковим і вигульним утриманням тварин різних вікових груп, можна використовувати також для напування телят. Принципова схема і принцип дії її схожі з попередніми напувалками, але чаша дещо менших розмірів. Педаль суцільна і одночасно слугує кришкою, яка закриває всю поверхню чаші.

Коли тварина нап'ється, вона звільняє кришку, яка під дією пружини повертається у вихідне положення. При цьому клапан звільняється від навантаження і закриває доступ води в чашу, а рештки корму і забруднена вода видаляються з неї кришкою. Завдяки цьому

зменшують затрати праці на очищення напувалок, підвищується якість споживаної тваринами води.

Безчашкові соскові напувалки встановлюють у свинарниках для групового або індивідуального утримання тварин у станках та на вигульних майданчиках. Одна напувалка розрахована на 25-30 голів. Напувалка складається (рис. 9.14) з корпусу 2, соски 1, ущільнювальних прокладок 3 та 4 і клапана 6. Встановлювати її потрібно з нахилом (45°) так, щоб носик корпусу був над соскою.

Коли тварина захоплює ротом сосок 1 разом з корпусом 2 напувалки то стискає їх. Сосок 1 перекошується відносно корпусу 2 і клапана 6. При цьому утворюється зазор між клапаном 6 та прокладкою 4, крізь який вода під тиском надходить осьовим каналом соска в порожнину рота тварини. Коли тварина відпускає сосок, під дією амортизатора клапан повертається в початкове положення і перекриває витікання води. Подача води становить 1,33 л/хв. За сили притискання кінця соски 15 Н і тиску води в мережі 80-350 кПа.

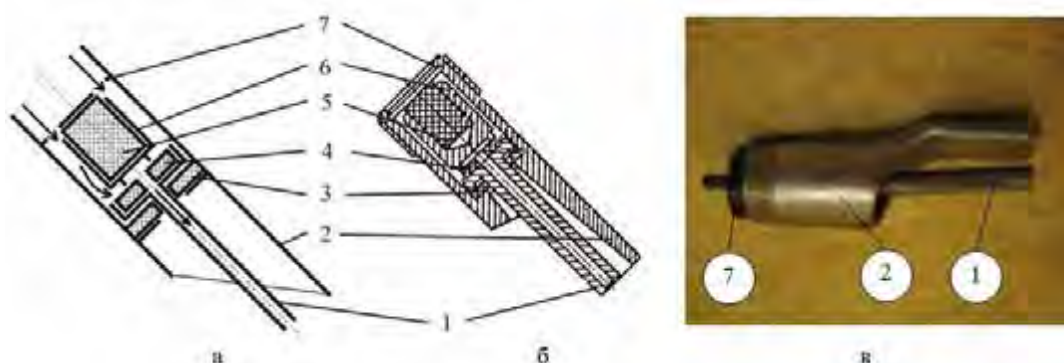


Рис. 9.14. Конструктивно-функціональна схема (а), будова (б) та загальний вигляд (в) соскової напувалки:

**1 – соска; 2 – корпус; 3, 4 – ущільнювальні прокладки; 5 – амортизатор;
6 – клапан; 7 – упор.**

Ніпельні (краплинні) напувалки використовують у комплектах технологічного обладнання для утримання будь-якої вікової групи птиці. Їх можна застосовувати також для напування кролів, бджіл.

До складу напувалки входять (рис. 9.15): корпус 4, ніпель 5, клапан 3. Корпус 4 загвинчується в штуцер, на водопровідній трубі 1. Його відхилення від вертикалі не повинно перевищувати $1,5-2^\circ$.

Водопровідна система для таких напувалок налаштовується таким чином, що у водопровідній трубі напувалок підтримується тиск води близько 0,05 МПа. При правильному регулюванні тиску води на кінці нижнього клапану ніпеля через кожні 30-40 с з'являється крапля води і утримується за рахунок капілярного зчеплення.

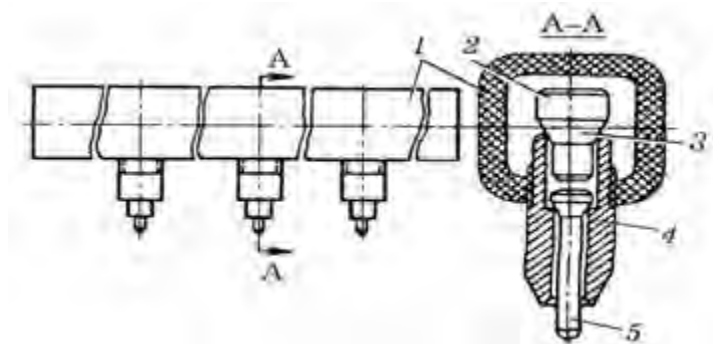


Рис. 9.15. Ніпельна (краплинна) напувалка:

1 – водопровід; 2 – клапан; 3 – фаска; 4 – корпус; 5 – ніпель

Скльовуючи краплину, птиця дзьобом приводить в рух через ніпель клапан 3, внаслідок чого утворюється зазор між корпусом та клапаном, що сприяє утворенню нових краплин.

Добові курчата швидко звикають до ніпельних напувалок тільки в тому випадку, якщо напувалки розташовані на доступному для них рівні. Через 1-2 тижні курчата набувають умовний рефлекс і поява краплі на ніпелі не обов'язкова, бо вони можуть піднімати через ніпель клапан дзьобом. В міру підростання курчат напувалки періодично піднімають і закріплюють на потрібному рівні.

9.8.2.2. Напувалки з поплавковим регулятором

Напувалка групова перекидна (рис. 9.16) призначена для напування групи корів водою за безприв'язного утримання тварин.

Напувалка працює таким чином: вода з трубопроводу через клапанний пристрій надходить у напувалку, в міру наповнення напувалки водою поплавковий клапанний пристрій піднімається з рівнем води і перекриває вхід води в напувалку. В міру використання води поплавок клапанного пристрою опускається і відчиняє вхід води в напувалку. Таким чином, рівень води в напувалці поновлюється.



Рис. 9.16. Напувалка групова перекидна

Групові автонапувалки /з електропідігріванням/ (рис. 9.17) застосовують для напування худоби в корівниках за безприв'язного утримання, на вигульних майданчиках і в таборах (до 100 голів).

Ізольована двокамерна напувалка «Тепле джерело» застосовується в корівниках з безприв'язним утриманням худоби, а також на пасовищах. Напувалка виконана з високоякісного поліетилену, подвійні стінки напувалки ізолювані поліуретановою піною, завдяки чому її можна використовувати як за низьких температур (до -30°C), так і в літню спеку. Подача води здійснюється водопроводом який прокладено нижче рівня промерзання ґрунту (мінімум 1,8 м). Напувалка оснащена кришкою, яка легко відкривається. Дві кулі, що закривають отвори в кришці, чудово запобігають забрудненню рідини та контакту з повітрям. Вбудований поплавковий клапан дозволяє регулювати необхідний рівень води.



Рис. 9.16. групова напувалка «Тепле джерело»

Поплавкові напувалки (рис. 9.18) застосовуються і для напування свиней. При закритому вентилі 8 вода в напувалку не поступає. В разі відкриття вентиля вода з трубопроводу зазором між гніздом 4 та клапаном 5 надходить в чашу 1. В міру наповнення її водою поплавок 2 піднімається, діє на важіль 7 та клапан 5 і перекриває доступ води. Під час напування рівень води знижується, поплавок опускається і відкриває клапан. Цикл повторюється.

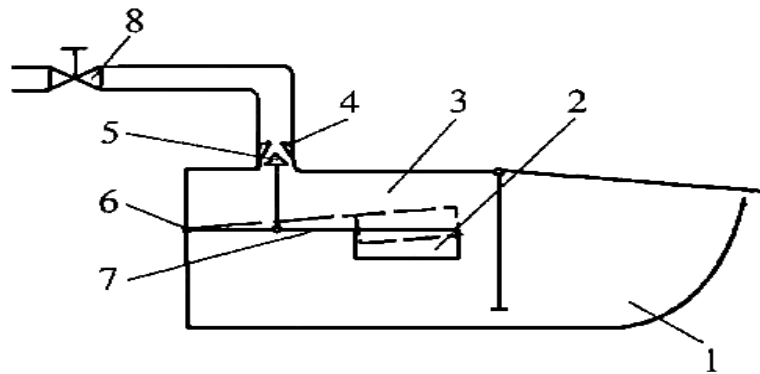


Рис. 9.18. Конструктивна схема поплавкової напувалки:
1 – чаша; 2 – поплавок; 3 – корпус; 4 – гніздо клапана;
5 – клапан; 6 – шарнір; 7 – важіль; 8 – вентиль

Подібна за принципом дії і *напувалка* (рис. 9.19) для овець, але без системи підігрівання води. Їх використовують у стійловий період всередині вівчарень, а у літній період – на відкритих майданчиках.

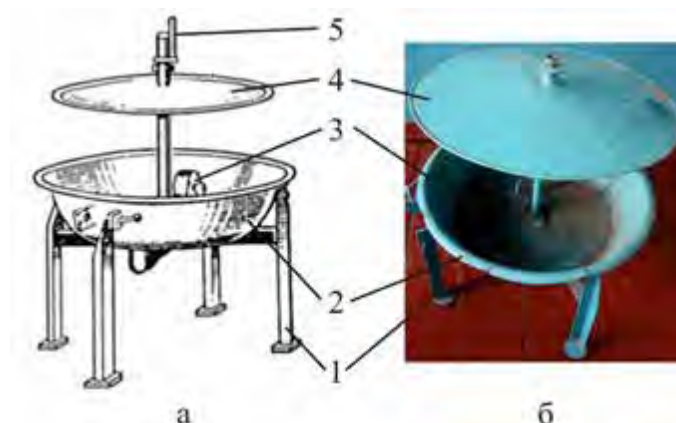


Рис. 9.19. Схема (а) та загальний вигляд (б) групової автонапувалки для овець:
1 – стояк (ніжка); 2 – чаша; 3 – поплавцевий механізм;
4 – накривка; 5 – водопровідна труба

9.8.2.3. Напувалки вакуумного типу

Вакуумна система напування входить до складу пересувних водороздавачів. Вона включає (рис. 9.20) комплект корит, з'єднаних водоповітряним трубопроводом з герметизованим резервуаром (баком), заповненим водою.

Система напування діє таким чином. При закритому вентилі 3 відкривають кришку 8 і заповнюють бак водою. Після цього щільно закривають бак кришкою, встановлюють рухомий шланг на необхідний рівень води в кориті, потім відкривають вентиль. Вода почне наповнювати корито до тих пір, поки рівень води не перекриє отвір гумового шланга і повітря перестане потрапляти в бак. При цьому в порожнині бака над рівнем води створюється вакуум, який утримує воду від витікання. Коли тварини споживають воду, рівень її в кориті знижується, крізь шланг в порожнину бака знову надходить повітря, а з нього в корито – вода, яка відновлює попередній рівень.

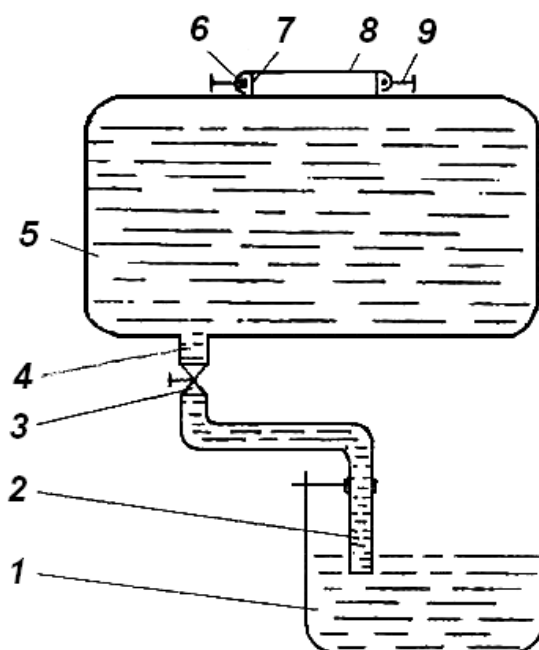


Рис. 9.20. Конструктивно-функціональна схема пересувного водороздавача з вакуумною системою регулювання:

1 – корито; 2 – гумовий шланг; 3 – вентиль; 4 – водопровідна труба;
5 – бак; 6 – фланець люка; 7 – гумова прокладка; 8 – кришка; 9 – замок

Вакуумна напувалка (рис. 9.21) для напування курчат віком від 1 до 10 днів входить до комплектів обладнання для підлогового вирощування молодняка. Напувалка має скляну банку (балон) та піддон з пазом. Останній відіграє роль сифонної трубки, а піддон одночасно є й напувальною чашею для групи курчат.



Рис. 9.21. Вакуумна напувалки для птиці:

1 – балон; 2 – піддон; 3 – канал

9.9. Особливості водопостачання пасовищ

Для постачання тварин водою на пасовищах організовують стаціонарні чи пересувні водопійні пункти, на яких використовують воду як підземних так і поверхневих джерел.

Структура стаціонарних водопійних пунктів мало чим відрізняється від структури систем водопостачання ферм і може включати: джерела води, водозабірні пристрої та водопідйомне обладнання, резервні і регулюючі резервуари, спорудження для очищення, знезараження та опріснення води, водопійні засоби.

Водопійний пункт доцільно розташовувати у центрі пасовищної ділянки. Розміри її не повинні допускати довгих перегонів, які втомлюють тварин і ведуть до зниження їх продуктивності. Найбільшу відстань, на яку тварина може віддалятися від водопійного пункту не знижуючи своєї продуктивності, називають радіусом водопою. Радіус водопою встановлюють окремо для кожного виду та віку тварин залежно від рельєфу місцевості, сезону використання пасовищ та деяких інших факторів.

Пасовищне водопостачання має певні особливості.

Оскільки використання пасовищ носить сезонний характер, тому у міжсезоння водопійні пункти не працюють, а їх обладнання демонтують, або перевозять для використання у інших місцях чи консервують до наступного сезону.

На пасовищах, як правило, відсутні централізовані джерела електроенергії через великі капіталовкладення. Тому водопійні пункти на пасовищах обладнують автономними енергетичними установками невеликої потужності.

У варіантах пересувних водопійних пунктів використовують автоводовози і водороздавачі. Практикують також змішані схеми пасовищного водопостачання – від стаціонарних водопідйомних пунктів воду доставляють автоводовозами на пересувні пункти, обладнані автонапувалками. Практика свідчить, що автоводовози вигідно використовувати на відстані не більше 15-25 км.

Для напування на пасовищах тварин використовують пересувні уніфіковані водороздавачі.

Водороздавач уніфікований призначений для доставки води на пасовища і у літні табори. Це напівпричіп, обладнаний цистерною, насосом з приводом, всмоктувальним і зливним рукавами. Цистерну заповнюють водою від стаціонарної системи водопостачання або ж з відкритих джерел (водойми, шахтні колодязі) за допомогою відцентрового насоса водороздавача, який приводиться від ВВП трактора через карданну передачу і редуктор. Напування тварин на пасовищах і в літніх таборах, віддалених від джерел води, забезпечується індивідуальними та груповими напувалками.

9.10. Розрахунок механізованого водопостачання

Для розрахунків потрібно мати такі вихідні дані: виробничу структуру об'єктів водопостачання, кількість споживачів на цих об'єктах та середньодобові норми споживання води різними споживачами; перспективний план розвитку тваринницького підприємства; топографічний план місцевості з позначеними джерелом водопостачання, об'єктами споживання, геодезичними

позначками та відстанями між ними; тип джерела і його характеристики (дебіт, глибина, відстань до води, діаметр обсадної труби свердловини тощо).

Розрахунок механізованого водопостачання ферми та напування тварин включає такі основні елементи: визначення витрат води; розрахунок зовнішнього і внутрішнього водопроводів; визначення місткості та вибір напірно-регулювальної споруди; вибір насоса і визначення потужності двигуна для його привода; вибір та розрахунок потрібної кількості засобів напування.

9.10.1. Витрати води

За даними про середньодобові норми споживання, склад і кількості споживачів на фермі визначають добову потребу води:

$$Q_{доб} = \sum_{i=1}^n g_i m_i, \quad (9.1)$$

де g_i – середньодобова норма витрат води одним споживачем i -ї групи, л; m_i – кількість споживачів i -ї групи; n – кількість груп споживачів з однаковими нормами водоспоживання.

Споживання води на фермі розподіляється дуже нерівномірно як протягом року, так і протягом доби. З урахуванням цього максимальна добова потреба води $Q_{доб.мах}$ для ферми становить:

$$Q_{доб.мах} = \alpha_d Q_{доб}, \quad (9.2)$$

а величина максимального споживання води за годину –

$$Q_{год} = \frac{Q_{доб.мах} \alpha_z}{24}, \quad (9.3)$$

де α_d , α_z – коефіцієнти нерівномірності добового та годинного споживання води, відповідно $\alpha_d = 1,3$; $\alpha_z = 2-2,5$.

9.10.2. Водопровідна мережа

Для зручності виконання розрахунків водопровідну мережу на плані ділять на окремі ділянки відповідно до пунктів розбирання води

(рис. 9.21). Початкові і кінцеві точки (вузли) ділянок позначають номерами, встановлюють їх довжину.

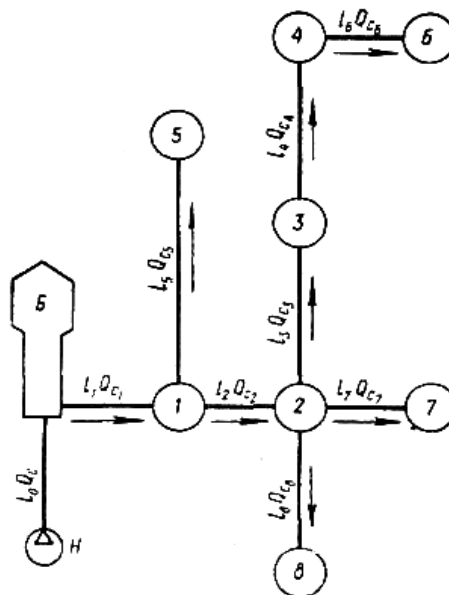


**Рис. 9.21. Розрахункова схема тупикової системи водопостачання:
Б – водонапірна споруда; Н – насосна станція**

Розрахунок водопровідної мережі починають з найвіддаленіших від насоса та водонапірної споруди ділянок і вузлів. За необхідною подачею води

$$Q_{ci} = \frac{g_i m_i \alpha_o \alpha_z}{24 \cdot 3600} \quad (9.4)$$

визначають діаметр труб d_{mp} для відповідної ділянки водопровідної мережі:

$$d_{mp} = 2 \sqrt{\frac{Q_{ci}}{\pi v}}, \quad (9.5)$$

де Q_{ci} – розрахункова подача води на даній ділянці, $\text{м}^3/\text{с}$; v – швидкість води в мережі (для зовнішньої мережі з діаметром труб до 300 мм приймають $v = 0,4-1,25$ $\text{м}/\text{с}$, для внутрішніх трубопроводів $v = 1-1,75$ $\text{м}/\text{с}$).

Слід зауважити, що з наближенням до водонапірної споруди та насоса зростає транзитна подача води на ділянці до наступних об'єктів водоспоживання. Це спричиняє відповідне збільшення діаметра трубопроводу.

Орієнтовні діаметри водопровідних мереж за розрахунковою подачею води можна приймати, користуючись таблицею 9.2.

Таблиця 9.2 - Рекомендовані діаметри труб та швидкість води

Подача води, л/с	0,75-1	1,5-2	2-4	4-8	8-12	12-20	20-30
$d_{тр}$, мм	40	50	80	100	125	150	200
v , м/с	0,3-0,4	0,4-0,5	0,5-0,6	0,6-0,7	0,7-0,8	0,8-1,0	1,0-1,2

9.10.3. Гідравлічний тиск

Для вибору водопідіймального обладнання, а також водонапірної споруди велике значення має гідравлічна характеристика мережі, сумісно з якою функціонують наведені елементи системи водопостачання.

Повний тиск H у системі водопостачання складається з геометричної висоти підйому води та сумарних втрат тиску на подолання опору у всмоктувальному і нагнітальному трубопроводах:

$$H = H_r + h, \quad (9.6)$$

де H_r – відстань по вертикалі від місця забирання (нижній рівень води в джерелі) до верхнього рівня води у башті, м вод. ст. (геометричний напір, кПа); h – сумарні втрати напору, м вод. ст. (кПа).

Геометрична висота подачі при незмінних рівнях засмоктування та нагнітання води залишається постійною і не залежить від продуктивності насоса. Відповідно до рис. 9.22 вона становить:

$$H_r = H_{вс} + H_{наг}, \quad (9.7)$$

де $H_{вс}$ – висота всмоктування, м вод. ст. (кПа); $H_{наг}$ – висота нагнітання, м вод. ст. (кПа).

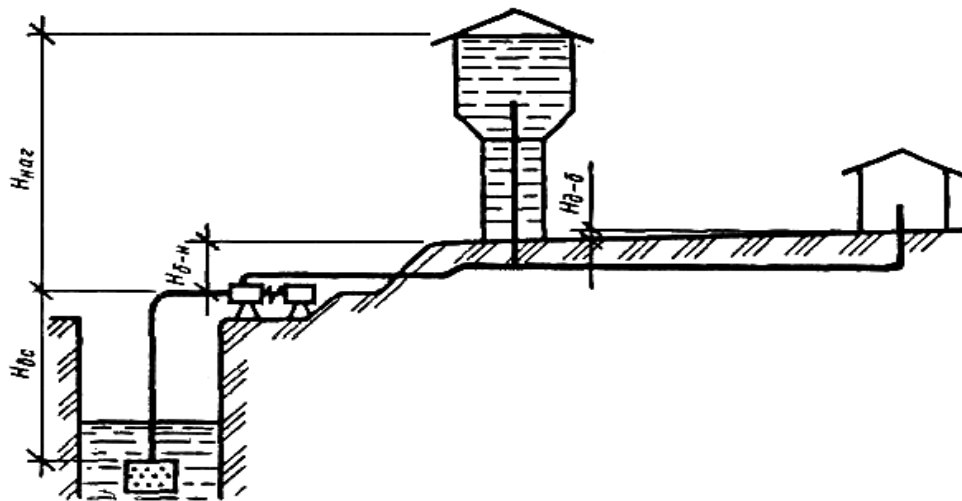


Рис. 9.22. Схема до визначення розрахункового напору насоса

Втрати тиску h – це сума втрат на подолання тертя вздовж трубопроводу h_m та місцевих опорів h_m :

$$h = h_m + h_m. \quad (9.8)$$

Втрати напору на подолання тертя в трубопроводі круглого перерізу залежать від його діаметра і довжини L , а також від швидкості v води в ньому:

$$h_m = \lambda \frac{v^2 L}{2gd_{mp}}, \quad (9.9)$$

де λ – коефіцієнт гідравлічного опору. Для чавунних та сталевих труб $\lambda = 0,02$, для азбестоцементних $\lambda = 0,025$; g – прискорення вільного падіння, $g = 9,81 \text{ м/с}^2$.

Втрати напору в місцевих опорах для трубопроводів значної протяжності можна не розраховувати. Достатньо збільшити втрати напору на подолання тертя в трубопроводі на 3-5 % для зовнішніх та на 5-10 % для внутрішніх водопровідних мереж.

При розрахунку коротких трубопроводів (наприклад, всмоктувальна лінія насоса) необхідно визначити втрати в місцевих опорах відповідно до конкретної монтажною схемою водопровідної мережі. При цьому:

$$h_m = \sum \varepsilon \frac{v^2}{2g}, \quad (9.10)$$

де $\sum \varepsilon$ – сума коефіцієнтів місцевих опорів (таблиця 9.3).

Таблиця 9.3 - Значення коефіцієнтів місцевих опорів

Вид місцевого опору	Коефіцієнт ϵ
Засувка повністю відкрита	0,1
Засувка напіввідкрита	2,0
Вентиль	3-5
Кран	5-7
Трійник	1,5
Різкий поворот труби під кутом, близьким до 90°	1,25-1,5
Плавний закруглений поворот (коліно) на 90°	0,5
Вихід труби в місткість великого розміру	1,0
Зворотний клапан	5-10
Приймальний клапан	1-3

9.10.4. Вибір водопідіймального обладнання

При виборі водопідіймального обладнання (насоса) враховують фактори, що характеризують особливості експлуатації систем водопостачання сільськогосподарського призначення: вид, глибину залягання і дебіт, джерела води, тип та параметри водозабірних пристроїв, можливості енергозабезпечення та автоматизації, якість води і характер водоспоживання. Основне завдання вибору насоса – це забезпечення у системі водопостачання необхідних подачі води та тиску. При значних об'ємах подачі води досить важливим є коефіцієнт корисної дії (ККД) насоса, оскільки від цього залежать експлуатаційні витрати. Для установок низької продуктивності з невеликими витратами енергії ККД менш суттєвий.

Для подачі води з поверхневих джерел проміжних резервуарів, а також шахтних колодязів чи бурових свердловин при динамічному рівні води в них не глибше 6 м від поверхні землі застосовують відцентрові насоси звичайного виконання (з горизонтальним положенням вала). У тих випадках, коли вода в джерелі не містить абразивних домішок, витрати її відносно невеликі, а за умови

експлуатації воду потрібно подавати на значну висоту, використовуючи вихрові насоси.

Для подачі води з глибини 10 м і більше застосовують водопідіймальні установки, які опускають у колодязь або свердловину: заглибні відцентрові, водоструминні, гвинтові, повітряні ерліфти. Три останні варіанти використовують для подачі води, в складі якої є значна кількість (понад 0,01 % за масою) абразивних домішок.

Необхідну продуктивність водопідіймального обладнання визначають за максимальними витратами води на фермі:

$$Q_n = \frac{Q_{\text{доб. max}}}{T_n}, \quad (9.11)$$

де T_n – тривалість роботи насоса протягом доби. Рекомендується приймати не більше 14-16 год.

Відповідно до визначеної продуктивності, розрахункового напору (див. рівняння 9.6) та характеристики джерела за технічними даними вибирають необхідний насос.

У разі необхідності збільшення подачі води або при значних змінах її залежно від графіка водоспоживання можна встановлювати кілька насосів, які працюють паралельно на одну мережу. При цьому враховують, що кількість насосів не призводить до пропорційного підвищення продуктивності. Це пояснюється тим, що із збільшенням подачі води втрати тиску на подолання опору в трубопроводі (див. рівняння 9.9) також зростають і тому продуктивність сумісно працюючих насосів дещо знижується порівняно з їх автономною роботою із тією ж водопровідною мережею.

Якщо можливості насоса щодо створюваного ним напору недостатні для конкретних умов експлуатації, у водопровідну мережу послідовно включають кілька насосів. Для цього нагнітальний патрубок одного насоса з'єднують із всмоктувальним патрубком наступного. У цьому разі загальний напір складається із суми напорів кожного з послідовно працюючих насосів.

Розрахункова потужність N_{np} , споживана приводом водяного насоса, визначається за формулою:

$$N_{np} = \frac{Q_n H}{\eta_n \eta_m}, \quad (9.12)$$

де H – повний тиск, який потрібно створити у водопровідній системі, кПа; η_n – коефіцієнт корисної дії насоса; η_m – коефіцієнт корисної дії трансмісії.

Потужність електродвигуна $N_{дв}$ приймають з урахуванням коефіцієнта запасу:

$$N_{дв} = k_z N_{np}. \quad (9.13)$$

Коефіцієнт запасу беруть залежно від потужності двигуна:

до 0,7 кВт – $k_z = 2$;
 0,7-1,5 кВт – $k_z = 1,5$;
 1,5-3,5 кВт – $k_z = 1,2$;
 3,5-35 кВт – $k_z = 1,15$;
 понад 35 кВт – $k_z = 1,1$.

9.10.5. Водонапірна споруда

Споживання води на фермі протягом доби відбувається нерівномірно: то помітно зростає, то значно зменшується. Для узгодження роботи насосних станцій з нерівномірним режимом витрат води в системі водопостачання передбачені спеціальні водонапірні споруди. Вони створюють необхідний запас води і цим підтримують сталий режим роботи водорозбірних пристроїв у період зупинки насоса, при усуненні аварій, гасінні пожежі тощо. Найсучаснішими водонапірними спорудами для тваринницьких підприємств є суцільнометалеві збірно-блокові башти. Вони відзначаються простотою конструкції та експлуатації, надійні в роботі.

Загальну місткість резервуара водонапірної башти V розраховують за формулою:

$$V = V_p + V_z + V_n, \quad (9.14)$$

де V_p – робочий або регулюючий об'єм резервуара, м³; V_z – об'єм для накопичення необхідних (аварійних, протипожежних) запасів води, м³; V_n – пасивний невикористовуваний об'єм резервуара, м³.

Остання складова рівняння (9.14) включає верхню частину об'єму резервуара, що не заповнюється водою V_{nv} , а також нижню частину, яка виконує роль відстійника V_{nn} :

$$V_n = V_{nv} + V_{nn}. \quad (9.15)$$

Верхня пасивна частина V_{nv} зумовлена тим, що резервуар не можна заповнювати до краю. Максимальна висота заповнення бака на 0,2-0,3 м нижче верхнього обрізу його стінок, глибина відстійної частини бака – 0,15-0,2 м. Тобто пасивний об'єм бака зумовлюється переважно конструктивними міркуваннями і лише частково – технологічними (передбачення можливості осідання важких домішок).

Таким чином, розрахунок місткості водонапірної споруди практично зводиться до визначення величини робочого об'єму та об'єму для створення і зберігання необхідного запасу води. Для зберігання протипожежного запасу води потрібно мати досить значні місткості резервуарів, тому в сільському господарстві для цього часто використовують природні або штучні водойми, а також підземні чи наземні безнапірні резервуари, з яких воду забирають пожежними насосами.

Регульовальна місткість бака залежить від величини максимальної добової потреби води, характеру її витрачання в різні години доби та режиму роботи насосної станції. Визначити її можна так:

- скласти таблиці витрат води і подачі її насосами;
- розробити суміщений добовий графік споживання води та подачі її насосами;
- побудувати інтегральні криві витрат і подачі води;
- наближено розрахунковим шляхом залежно від середньодобової потреби води:

$$V_p = (0,15-0,3)Q_{доб}. \quad (9.16)$$

Застосування інтегрального методу дозволяє встановити оптимальний час роботи насосної станції, який суттєво впливає на зменшення регульовального об'єму бака і вартості водонапірної споруди.

На інтегральному графіку (рис. 9.23) наведено сумарне споживання води від початку доби до кожної наступної її години, а також інтегральні криві подачі води насосною станцією. Аналізуючи різні варіанти початку включення і тривалості роботи насоса протягом доби, вибирають найкращий з них.

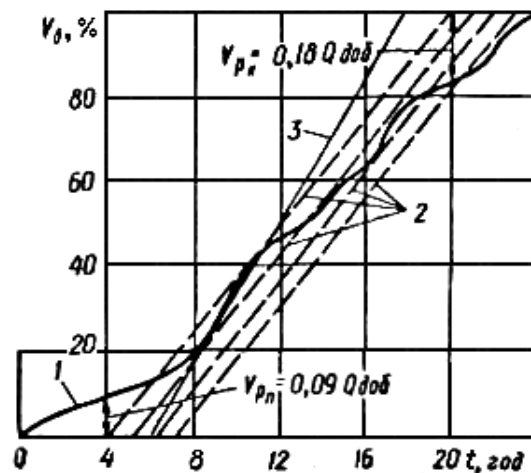


Рис. 9.23. Інтегральний графік використання (1) і варіанти подавання води в резервуар при роботі насосної станції протягом 16 (2) та 12 (3) год на добу

Так, відповідно до графіка споживання води при 16-годинній тривалості роботи насосної станції мінімальна місткість V_p буде при початку роботи станції – о 7-7.30 год і становитиме:

$$V_p = V_{pn} + V_{pk} = 0,19 Q_{доб}, \quad (9.17)$$

де V_{pn} , V_{pk} – регулювальні запаси, що забезпечують споживання води відповідно від початку доби до включення насосної станції, а також після зупинки її до кінця доби, м³. У варіантах початку роботи насосної станції о 6; 5 або 4 год цей запас повинен бути відповідно 0,23; 0,26 та 0,27 від добової витрати води.

Щоб забезпечити запас води, який виключив би можливість повного спорожнення резервуара бака у пікові години, вибрану регулювальну місткість необхідно збільшити на 2-3 %.

У варіанті автоматизованого керування роботою насосної станції за дотримання умови, що продуктивність насоса перевищує

максимальне споживання води протягом години ($Q_n > Q_{год. max}$), регулювальна місткість бака визначається за виразом:

$$V_p = \frac{Q_{год. max}}{z} \left(1 - \frac{Q_{год. max}}{Q_n} \right), \quad (9.18)$$

де z – частота включень насоса протягом години.

У цьому разі шляхом збільшення частоти включень насоса можна суттєво зменшити регулювальний об'єм води, за рахунок чого при тій самій загальній місткості водонапірної споруди зростає запас води. Максимальна частота включень насосної станції становить:

$$z = \frac{Q_n}{4V_p}. \quad (9.19)$$

З економічних міркувань частота включень насоса не повинна бути більшою 2-3 на годину.

Аварійний запас води $V_{ав}$ приймають з розрахунку вимушеної зупинки насосної станції для усунення можливих неполадок протягом двох годин:

$$V_{ав} = 2Q_{год. max}. \quad (9.20)$$

У водонапірній башті рекомендується мати протипожежний запас води $V_{пож}$ (з розрахунку на 10 хв гасіння пожежі при витраті води 10 л/с) до 6 м³.

Тоді

$$V_3 = V_{ав} + V_{пож}. \quad (9.21)$$

Розрахунковий загальний об'єм резервуара водонапірної споруди округлюють до найближчого за стандартом і вибирають необхідну марку башти.

Висота водонапірної башти повинна бути такою, щоб забезпечити подачу води до найвіддаленішого від неї і найвище розміщеного пункту споживання води, який називають диктуючою точкою. До того ж, у цій точці потрібно підтримувати достатній вільний напір $H_в$. Відповідно до діючих норм і правил (СНіП) мінімальний вільний напір при одноповерховій забудові приміщень приймають рівним 10 м, двоповерховій – 12, при багатоповерховій на

кожний поверх додають по 4 м. Тоді необхідна висота водонапірної башти H_6 становитиме:

$$H_6 = H_e + h + (h_d - h_6), \quad (9.22)$$

де H_e – вільний напір найвіддаленішого і найвище розташованого споживача, м; h – загальні втрати тиску в трубопроводі на ділянці від башти до диктуючої точки, м; $(h_d - h_6)$ – різниця геодезичних позначок землі у місці розміщення диктуючої точки та башти, м.

Безбаштова система водопостачання з пневматичними автоматизованими насосними установками має недолік, пов'язаний з практичною відсутністю аварійного запасу води. Необхідний регульовальний об'єм води у повітряно-водяній місткості (котлі) розраховують за формулою (9.18). При цьому допустима частота включень насосної станції може бути збільшена до 8-12 за годину.

Повна місткість гідропневматичного бака автоматичної безбаштової водокачки обчислюють за формулою:

$$V_6 = V_p \frac{\beta}{1 - \mu}, \quad (9.23)$$

де β – коефіцієнт запасу місткості бака, $\beta = 1,1-1,3$; μ – відношення абсолютних значень мінімального тиску до максимального.

Для систем з повним напором до 75 м $\mu = 0,75$, при напорі понад 75 м $\mu = 0,6$.

Максимальний тиск $P_{\max}$ у гідропневматичному баці, за якого вимикається насос, становить:

$$P_{\max} = \frac{P_{\kappa} + 1}{\mu}, \quad (9.24)$$

де P_{κ} – тиск у котлі, при якому вмикається насосна станція.

За об'ємом гідропневматичного бака і необхідним максимальним тиском у ньому вибирають марку автоматичної безбаштової водокачки.

9.10.6. Вибір та визначення кількості напувалок

Вибір засобів напування зумовлюється видом та віком тварин чи птиці, а також способом їх утримання. Індивідуальні напувалки використовують при фіксованому утриманні (наприклад, прив'язне, станкове, кліткове) водоспоживачів, а групові засоби – при вигульному. На вигульних майданчиках рекомендується застосовувати засоби, оснащені електропідігрівачем, який забезпечує функціонування напувалки в холодну пору року.

Необхідну кількість напувалок n_n розраховують за відношенням:

$$n_n = \frac{m}{m_1}, \quad (9.25)$$

де m – кількість тварин даної групи, голів; m_1 – кількість голів, що обслуговується однією напувалкою,

9.10.7. Пункти напування тварин на пасовищах

Для забезпечення водою тварин на пасовищах можна використовувати пересувні засоби або обладнувати стаціонарні пункти. Радіус водопою останніх становить, км: для ВРХ – до 3-4, коней – 4-5; овець – 2,5-4; свиней – 1-2.

Кількість води, яку споживають тварини протягом одного циклу напування, розраховується за формулою:

$$Q_p = \frac{Q_{доб. \max}}{K}, \quad (9.26)$$

де Q_p – разові витрати води, м³/л; K – кратність напування тварин протягом доби, рекомендується $K = 2-4$.

Максимальні витрати води за годину зумовлюються тривалістю одного циклу напування тварин:

$$Q_{год} = \frac{Q_p}{T}, \quad (9.27)$$

де T – час напування тварин, год. Для напування одного табуна (отари) приймають $T = 0,5-1$ год.

Необхідний об'єм бака V_u , м³, на пункті або цистерни пересувного засобу становить:

$$V_u = \frac{qm'}{1000K}, \quad (9.28)$$

де q – добова норма споживання води на одну голову, л; m' – кількість тварин в одному табуні (отарі), голів.

Загальна довжина корита L на пункті напування тварин розраховується за формулою:

$$L = \frac{m'lt}{T}, \quad (9.29)$$

де l – довжина корита (фронт напування), що припадає на одну тварину, м; t – час напування однієї групи тварин, год.

Вказані параметри рекомендується приймати в межах: для великої рогатої худоби $l = 0,5-0,75$ м і $t = 7$ хв; для овець та кіз $l = 0,25-0,35$ м та $t = 3$ хв; для коней $l = 0,4-0,6$ м і $t = 6$ хв.

10. РОЗДАВАННЯ КОРМІВ

10.1. Значення механізації і зоотехнічні вимоги

Ефективність годівлі тварин і птиці суттєво залежить від вирішення питань щодо роздавання кормів. Цей процес за трудомісткістю займає від 25 до 35 % всіх затрат праці на виробництво молока або м'яса. В процесі доставки і роздавання кормів виконується значний обсяг робіт. Так, на кожні 100 голів великої рогатої худоби потрібно щодоби роздавати 3–4 т кормів, на кожну 1000 голів свиней – до 10 т, причому весь кормовий вантаж потрібно своєчасно доставляти і нормовано розподіляти між тваринами. Порушення цих умов різко знижує ефективність інших зоотехнічних заходів.

Досвід свідчить, що затримка при годівлі корів до 15 хв практично не призводить до помітних втрат продуктивності. Проте уже 20–хвилинна затримка знижує до 2,5 %, перетримка протягом 30 хв супроводжується недобором продукції до 5 %, а при перервах у роботі відповідного обладнання 1,5–2 год втрати продукції становлять 16–22%.

Необхідно зауважити, що навіть усунення відказу чи затримки в роботі обладнання по обслуговуванню тварин повне відновлення їхньої продуктивності настає не відразу, а протягом певного часу, іноді триває кілька діб.

Зазначені положення підкреслюють особливе значення механізації процесу роздавання кормів. При цьому від вибору засобів механізації вказаного процесу залежать рівень і якість годівлі тварин та птиці.

Засоби механізації роздавання кормів повинні задовольняти таким вимогам:

- забезпечувати задану точність дозування та рівномірність ви-дачі всіх видів кормів;
- мати можливість дозувати корм кожній тварині окремо або групі тварин з рівними нормами споживання;
- робочі органи кормороздавача не повинні погіршувати якість (додаткове подрібнення, забруднення тощо) чи допускати втрати кор-

мів;

- не створювати небезпеки для тварин і обслуговуючого персоналу, бути простими в експлуатації та обслуговуванні, надійними і довговічними в роботі;

- забезпечувати можливість автоматизації технологічних процесів.

Допустимі відхилення від заданої норми видачі для стеблових кормів повинні бути в межах $\pm 15\%$, а концентрованих – $\pm 5\%$. Незворотні втрати корму в процесі роздавання не повинні перевищувати 1 %.

Тривалість циклу роздавання кормів в одному приміщенні мобільними засобами не повинна перевищувати 30 хв, а стаціонарними – 20 хв.

Кормороздавачі повинні відзначатися універсальністю щодо можливості роздавання різних видів кормів у межах однієї ферми та регулювання норми видачі від мінімального до максимального значень, а також високою продуктивністю; не створювати надмірного шуму в приміщенні; легко очищатися від залишків корму та бруду; мати строк окупності не більше двох років і коефіцієнт готовності не менше 0,98.

Рівномірність та норму роздавання кормів визначають візуально або ж методом зважування проб, зібраних із метрових ділянок годівниці.

10.2. Типи сховищ кормів та їх будова

У кліматичних умовах України тварин годують свіжими кормами протягом шести місяців. Половину ж або трохи більше кормів (у перерахунку на свіжі корми) необхідно запасати для годівлі тварин у осінньо-зимовий період. Крім того, запас кормів необхідний для балансування раціону в будь-який період року. Тому їх консервують тим чи іншим способом і зберігають.

Важливу роль у зменшенні втрат кормів у процесі їх приготування і зберігання мають сховища, які доцільно розташовувати поблизу тваринницьких ферм.

Результати українських і закордонних досліджень свідчать, що при неправильному зберіганні різко зростають як втрати як самих

кормів так і їх поживних речовин. Тому для зберігання кормів необхідно використовувати такі сховища, в яких втрати поживних речовин були б найменшими.

10.2.1. Зберігання силосу

Силос закладають і зберігають у горизонтальних (траншеї, бурти) та вертикальних (башти) сховищах.

За даними порівняльної оцінки при силосуванні зелених кормів у звичайних траншеях втрати складають 15–25 %, у облицьованих – 10–25 %, а у баштах – 10–11 %. При закладанні силосу в наземні бурти втрати становлять до 40 %, а в разі накриття їх плівкою зменшуються до 10 %.

При зберіганні силосу в буртах капіталовкладення на 1 м³ у 7–7,5 разів менші порівняно із залізобетонними сховищами. Вартість сховищ баштового типу залежить від їх розмірів і виду будівельних матеріалів. В перерахунку на 1 м³ сховища вартість цегляної башти діаметром 4,5 м (висотою 10–20 м) в 1,4–1,6 разів вища за бетонну, а при діаметрі 12 м знижується в 1,9–2,3 рази.

Для консервування зелених кормів використовують тимчасові і капітальні силососховища. Тимчасові споруди рекомендують у тих випадках, коли на території ферми з тих чи інших міркувань неможливо чи недоцільно будувати капітальні силосні споруди. Розрізняють солом'яні, земляні і комбіновані солом'яно-земляні тимчасові споруди. Повздовжні стінки таких сховищ будують із забитих в землю стовпів (стійок), які скріплюють підпірками (рис. 10.1). На стовпах закріплюють жердини для підтримання солом'яних пак.

Стійки встановлюють під кутом 10° до вертикалі. Усі дерев'яні елементи слід обробити захисними розчинами.

Постійні сховища можуть бути горизонтальні (траншеї) і вертикальні (башти).

Траншеї, в свою чергу, бувають наземні, напівзаглиблені і заглиблені (рис. 10.2).

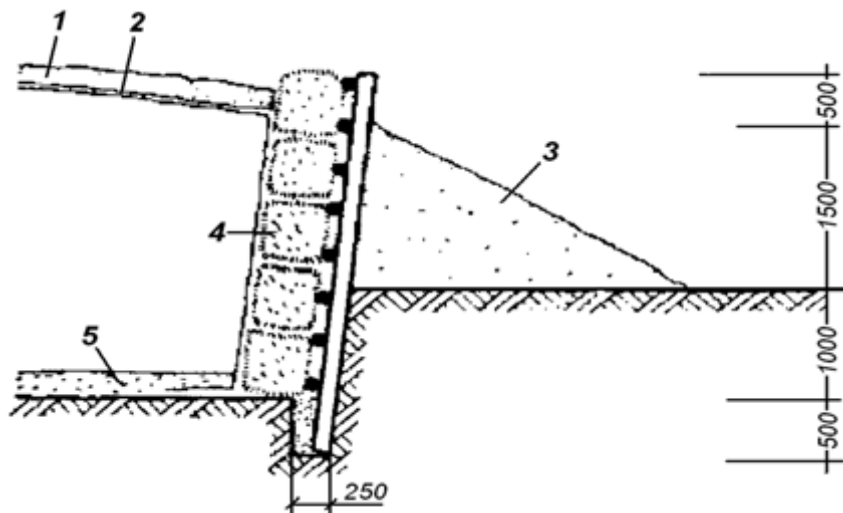


Рис. 10.1. Солом'яно-земляне силосне спорудження з похилою стінкою:
 1 – земля; 2 – силосний папір; 3 – земляний насип; 4 – солом'яні тюки;
 5 – полова

Бокові стінки траншеї встановлюють з нахилом (близько 6°), що сприяє трамбуванню і самоуцільненню маси. Ширина траншеї повинна бути не менше 10 м (для використання засобів механізації), а її дно – поздовжній нахил в один бік. Стіни наземних силосних траншей виконують переважно із залізобетонних плит, а основу – з бетону.

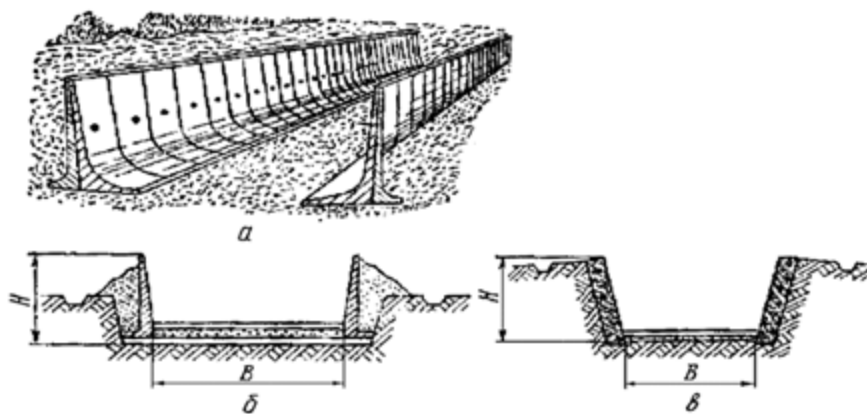


Рис. 10.2. Варіанти силосних траншей:
 а – наземна; б – напівзаглибна; в – заглибна

Для будівництва заглибних і напівзаглибних траншей можна використовувати як залізобетонні плити, так і цеглу, вапняки та інші будівельні матеріали.

Горизонтальні сховища з великорозмірних плит з опорними стовпами (рис. 10.3) будують на поверхні землі або при заглиблені не

більше 1 м. Стінові плити в основному виготовляють на монолітній основі. При розміщенні кількох силосних споруд паралельно потрібні А-подібні стояки, на дві сторони яких укладають плити.

Широко розповсюджені *L*-, *T*- або *A*-подібні елементи виготовляють на заводах залізобетонних конструкцій і встановлюють на горизонтальну основу з крупного гравію або бетону (рис. 10.4). Їх використання прискорює збирання сховищ при малій кількості швів у стінах.

Силосні башти (рис. 10.5) також можуть бути частково заглиблені і наземні. Силосними баштами називають вертикальні сховища, висота яких більше за діаметр їх основи. Висота башти, як правило, більше 6 м, причому не менше 3 м над рівнем землі. В таких сховищах порівняно незначна поверхня силосу, яку закривають плівкою або кришкою, має обмежений контакт з повітрям. Завдяки цьому підвищується якість корму і зменшуються його втрати. Крім того, при зберіганні силосу в баштах значно полегшуються умови використання ефективних стаціонарних засобів механізації розвантаження і роздавання кормів.

Башти доцільніше виконувати круглими діаметром 4–9 м. Висота завантаженого корму повинна бути не менше 10 м. При висоті більше 10 м зростає питомий тиск маси, тому краще використовується ємність і підвищується якість силосу.

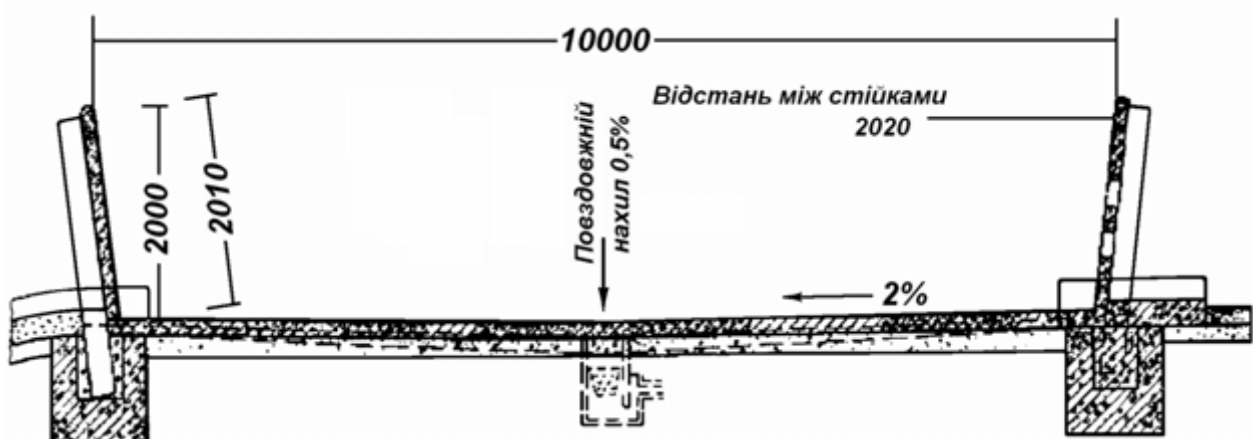


Рис. 10.3. Горизонтальне силососховище зі стійками у стаканах фундаменту із залізобетонних плит

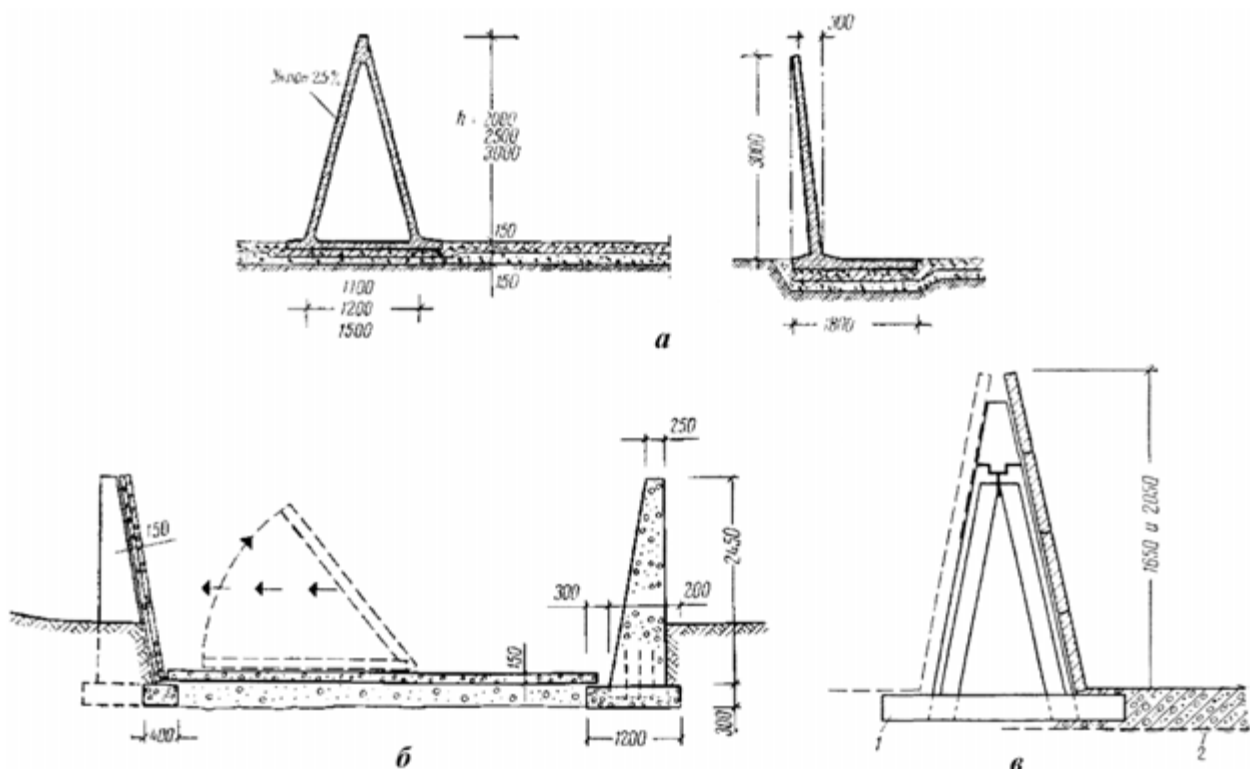


Рис. 10.4. Елементи конструкцій силососховищ:

а – *A*- і *L*-подібні стояки; *б* – стінові панелі та контрформи;
в – козлова конструкція зі стіновими плитами для багаторядних
силососховищ: 1 – бетонна плита фундаменту; 2 – бетонна підлога

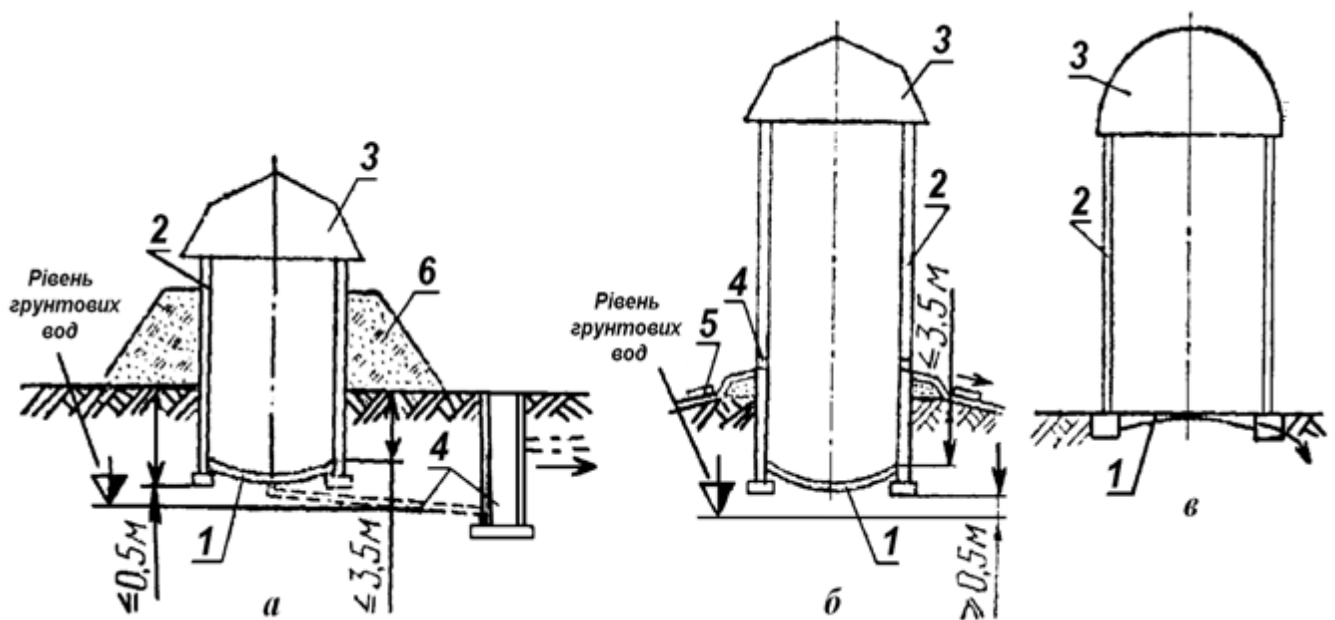


Рис. 10.5. Варіанти конструктивних рішень силосних башт:

а, б – частково заглиблені; *в* – наземна: 1 – днище; 2 – стіни; 3 – дах;
4 – соковідвідний пристрій; 5 – відмостка; 6 – ґрунт для утеплення

Башти будують з дерева, бетону і сталі. Останнім часом використовують також алюміній і пластмасу. Внутрішня поверхня стін повинна бути гладенькою і кислотостійкою. Сталеві башти типу Харвестер покривають зсередини емаллю, у бетонних баштах крім силосних лаків, використовують захисні покриття з пластмас, спеціальну штукатурку, а також емалеві фарби.

Башти виконують з таких елементів: стіни, шатрові дахи і бетонні днища. Їх обладнують пристроями відведення соків, відмостками і утепленнями.

У Швеції будують башти з фанери, деревоволокнистих плит та алюмінієвих листів діаметром 3–4 м і висотою 8–10 м. Перевагою таких споруд є невелика вага і малі будівельні витрати. До недоліків слід віднести: недовговічність, недостатній механічний опір, особливо при використанні обертових механічних пристроїв для виїмки силосу (рис. 10.5 *а, б*).

Суцільнометалеві башти виробляються з оцинкованих листів сталі або з алюмінію. Завантаження і вивантаження силосу повністю механізовані. Стіну роблять зварну або збирають на болтах чи заклепках з кільцевих сегментів, які мають ребра жорсткості.

Для ущільнення швів між листами використовують спеціальну гумову пасту. У баштах типу Харвестер сталеві листи покривають емаллю з обох боків.

Маса, яка приходить на одиницю місткості силососховища, залежить від виду корму, способу його підготовки, вмісту сухої речовини і форми силосної споруди. У горизонтальних сховищах 1 м³ силосу у середньому має вагу 850 кг. Мінімальну вагу – 650 кг має трав'яний силос, максимальну – 1000 кг – силос з бурякового бадилля.

У баштових сховищах мають місце також великі коливання тиску: від 400–550 кг/м³ для силосу з сильно підв'яленого матеріалу, до 900–1000 кг/м³ для силосу із свіжої зеленої маси.

Середня ступінь заповнення – це відношення корисного обсягу до повної ємності сховища. Для напівзаглиблених горизонтальних сховищ приймається рівною 0,8; для незаглиблених сховищ – 0,7. У баштах ступінь наповнення може бути 0,9.

10.2.2. Зберігання грубих кормів

В Україні грубі корми зберігають переважно під відкритим небом у скиртах та ожередах. Крім того, для цього використовують навіси, сараї, горища тощо. У першому випадку зменшуються капіталовкладення і спрощуються підготовка сховищ, закладка і розвантаження з них кормів.

При зберіганні під відкритим небом для захисту від дощу, снігу, і вітру скирти та ожереди укривають плівками, брезентом чи іншими засобами.

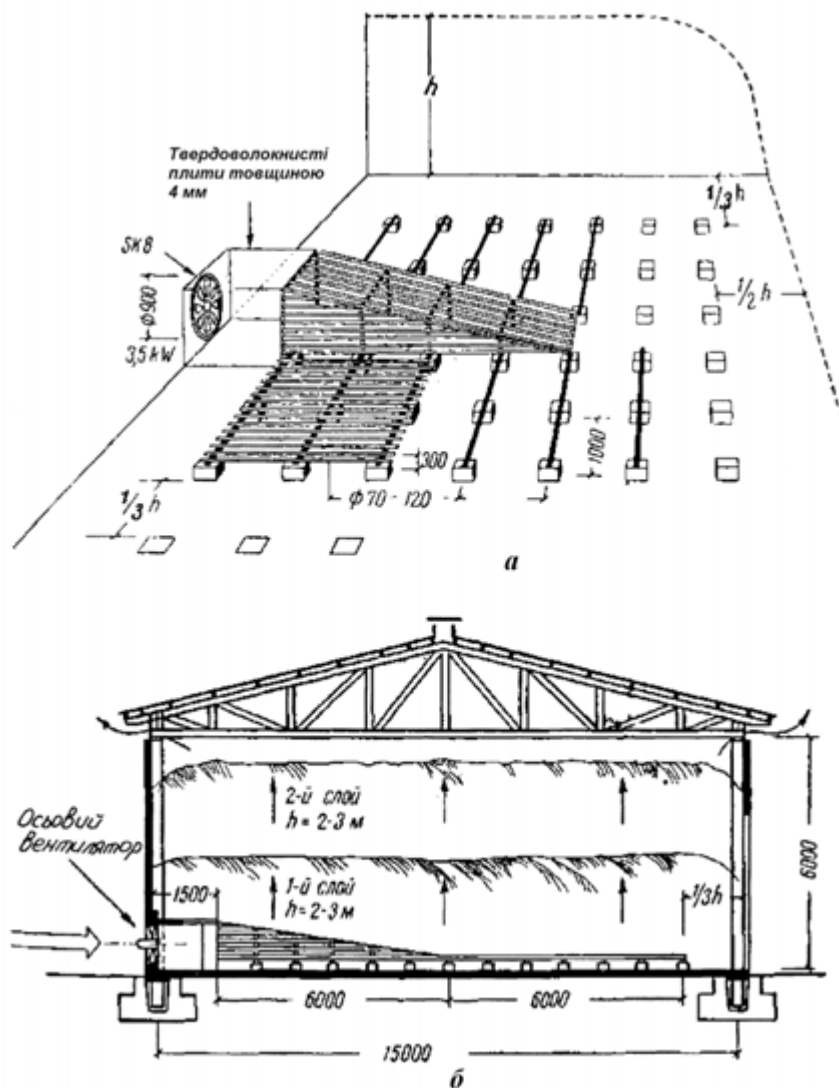


Рис. 10.6. Схема наземного сіносховища з вентиляційною установкою:
а – система Гундорф для активного вентиляювання (площа решітки на один вентилятор – 50–100 м²); *б* – поперечний розріз сховища

Невелику кількість соломи або грубих кормів зберігають в оже-редах, оснащених підйомним дахом. Опорами для даху служать дере-в'яні шести або сталеві труби. Для підйому даху використовують троси. Зокрема, варіанти з дахом розповсюджені в країнах Скандинавії, Прибалтики та деяких інших.

Закриті сховища для грубих кормів будують без теплової ізо-ляції. Для захисту від ґрунтової води сховища повинні мати основу з гравію. У стінах знизу передбачають водоізоляційний шар. Форма і конструкція сховищ залежить від засобів, які застосовують для за-вантаження і вивантаження кормів.

Слід відзначити, що на збереженість грубих кормів впливає рівень вологості. У неподрібнених грубих кормах (сіно, солома) вона повинна бути до 20 %, а в подрібнених – 16–18 %. Сушку кормів проводять безпосередньо у полі, у сховищах шляхом активного вентилявання, а також з використанням спеціальних сушарок (рис. 10.6). При сушінні у полі втрати досягають до 30 %, за активного вентилявання – 15 %, а в сушарках – 5–10 %.

Існують проекти башт для зберігання сіна. Їх діаметр 7 м, висота від 8 до 12 м, а місткість від 300 до 450 м³. Башта складається (рис. 10.7) із сталевого каркасу, консольного даху і центральної щогли. Каркас обшивають хвилястими азбоце-ментними плитами з отворами для виходу повітря. Башту монтують на бетонні плити. У фундаменті встановлюють вентилятор, який на-гнітає повітря через центральну шахту. Центральна шахта служить також для вивантаження сіна.

10.2.3. Зберігання коренебульбоплодів

На тваринницьких фермах коренебульбоплоди зберігають пере-важно у буртах. Для створення їх запасу на випадок негоди викорис-товують тимчасові (до 30 днів) сховища.

Механізоване сховище коренебульбоплодів (рис. 10.8) – це інже-нерна споруда, яка включає приміщення для їх накопичення, осна-щене засобами механізації завантаження та розвантаження, а також регулювання температури і вологості.

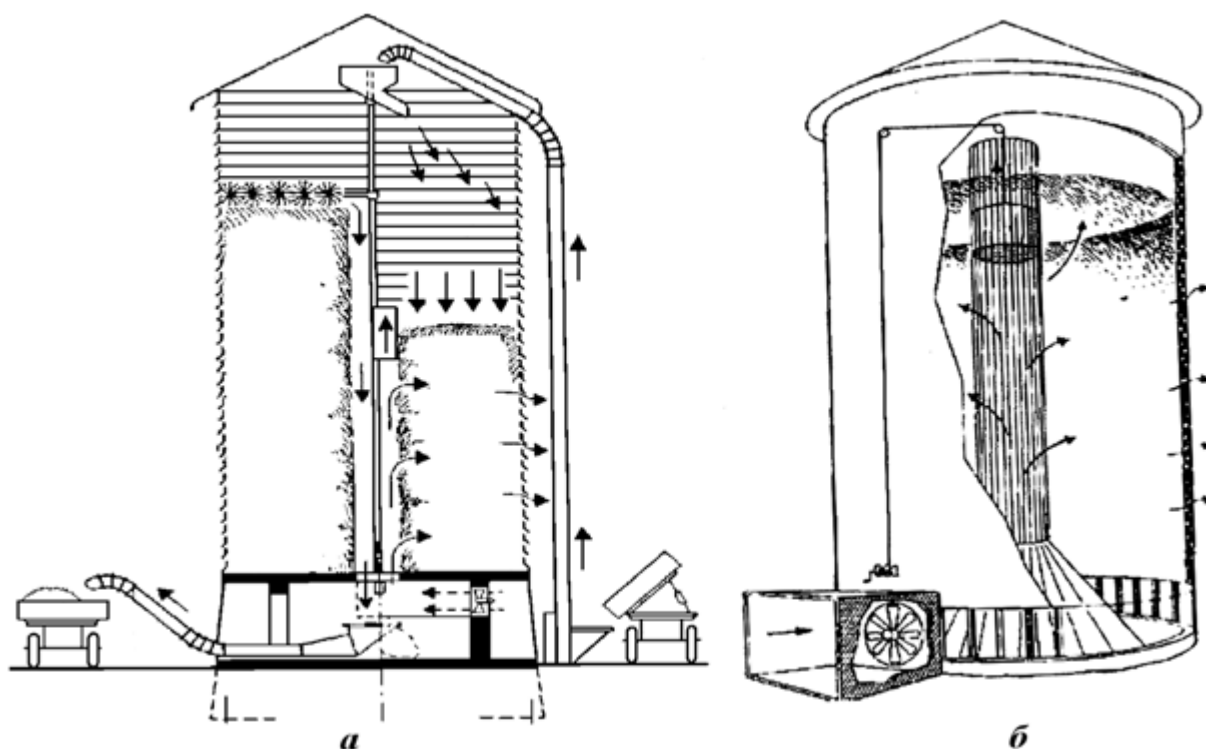


**Рис. 10.7. Схеми башт для зберігання сіна з активним вентиляванням
оснащених: *а* – засобами завантаження та розвантаження;
б – самогодівницями**

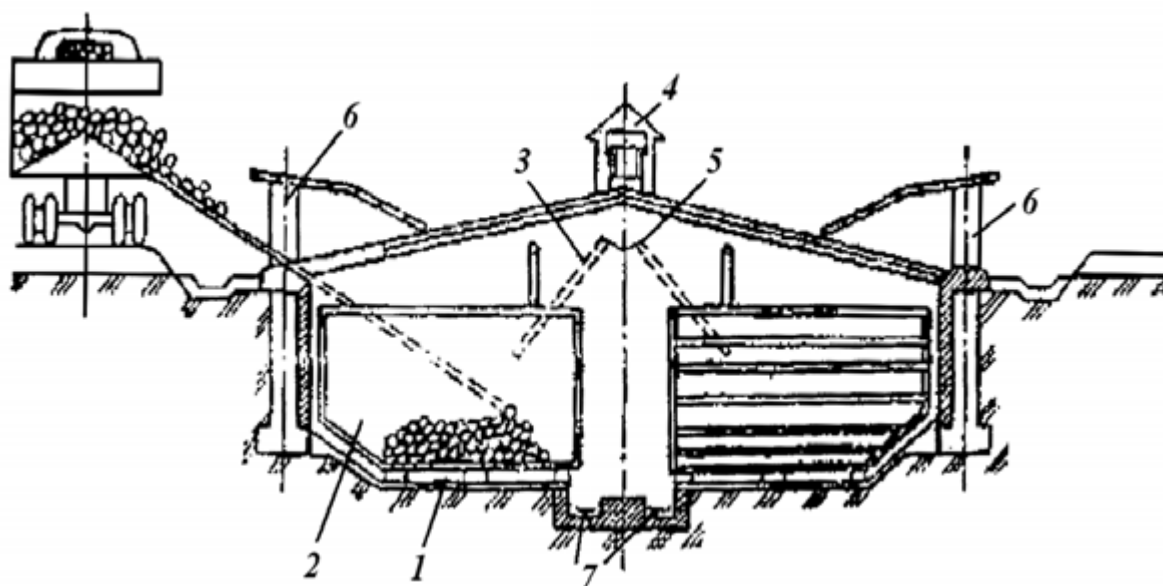


**Рис. 10. 8. Схема капітального механізованого сховища
коренебульбоплодів:**
**1 – вентиляційний простір; 2 – засік; 3 – скатний лотік; 4 – витяжна
вентиляційна труба; 5 – верхній центральний конвеєр;
6 – завантажувальний люк; 7 – вивантажувальний підлоговий конвеєр**

10.2.4. Зберігання концкормів

Для зберігання запасу концентрованих кормів на великих фермах будують склади, окремі чи зблоковані з кормоцехом. Останній варіант підвищує ефективність використання механізації і зменшує втрати кормів. Механізоване сховище для зберігання концкормів практично нічим не відрізняється від механізованого сховища коренеплодів (див. рис. 10.8). Сховище концкормів, як правило, наземне, завантаження його здійснюється за допомогою похилого ланцюгово-скребкового або стрічкового транспортерів чи ковшової норії.

10.3. Технологічні схеми механізованих ліній доставки і роздавання кормів

Комплекс робіт, пов'язаних із роздаванням кормів тваринам чи птиці, включає: завантаження їх у транспортні засоби – доставку до місць згодовування – перевантаження у засоби роздавання – транспортування вздовж фронту годівлі – дозовану видачу в годівниці – очищення годівниць.

У загальному вигляді система годівлі включає (рис. 10.9) цілеспрямовану сукупність споруд і технічних засобів, які забезпечують доставку кормів від місць зберігання або з кормових угідь, а також дозований їх розподіл у зонах обслуговування тварин чи птиці.

Потокові лінії роздавання кормів можна класифікувати за такими ознаками:

- місце зберігання і завантаження кормів: у полі, зі сховища наземного чи баштового типу, від кормоцеху або заводу;
- характер використання навантажувачів кормів: з одночасним подрібненням, без подрібнення;
- варіант транспортування кормів: мобільними чи стаціонарними засобами або комбіновано;
- тип використовуваних кормороздавачів: мобільні, стаціонарні чи їх поєднання;

- місце годівлі тварин (роздавання кормів): у виробничих приміщеннях, у „їдальнях”, на вигульних майданчиках, у літніх таборах.

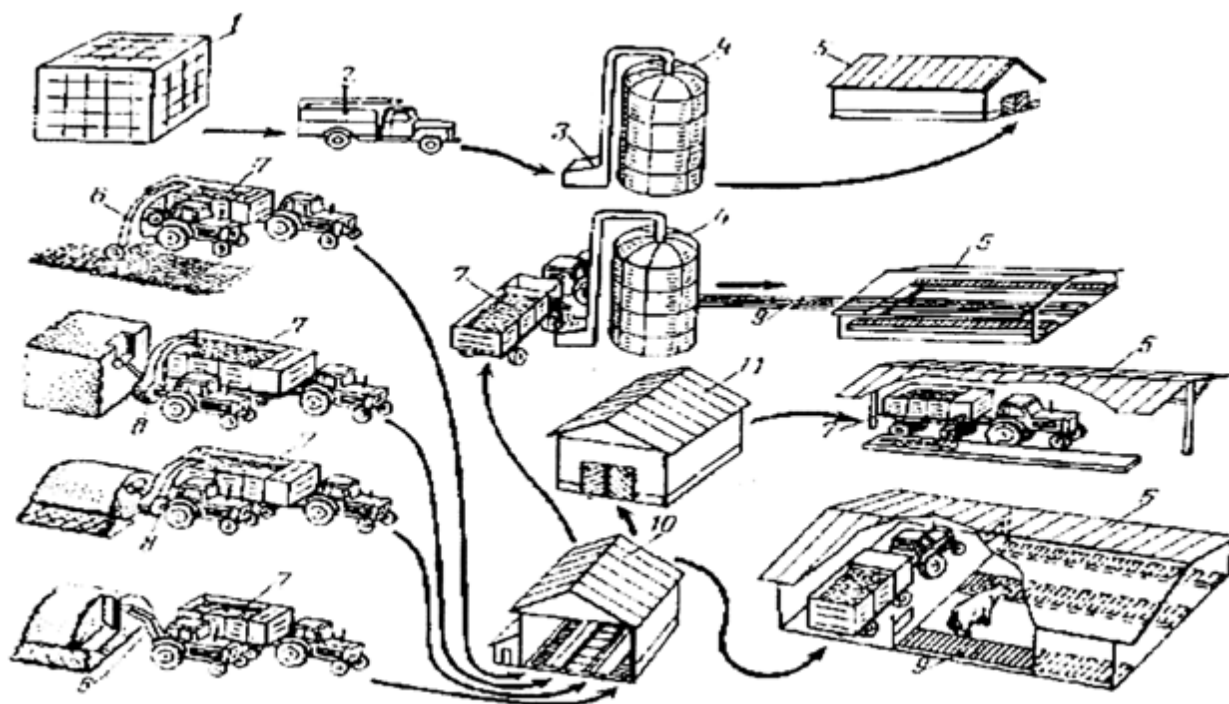


Рис. 10.9. Структурна схема технологічного процесу роздавання кормів:

- 1 – комбікормовий завод; 2 – мобільний завантажувач кормів;
3 – станіонарний завантажувач; 4 – башта або бункер для зберігання кормів; 5 – виробничі приміщення; 6 – косарка-подрібнювач; 7 – пересувні кормороздавачі; 8 – навантажувач кормів; 9 – станіонарні кормороздавачі; 10 – вагова; 11 – кормоцех**

Структура технологічного процесу роздавання кормів зумовлюється типом годівлі, видом кормосховищ, видом використовуваних технічних засобів і має такі варіанти:

- зелену масу скошують косаркою і завантажують в бункер кормороздавача, транспортують її на ферму і роздають безпосередньо у годівниці;
- силос, сінаж або грубі корми завантажують у бункер роздавача, доставляють зі сховища до тваринницьких приміщень і розподіляють по годівницям;
- силос або сінаж з башти вивантажують за допомогою станіонарних засобів, транспортують до приміщення і видають безпосередньо в годівниці;

- грубі корми, сінаж або силос завантажують у пересувні само-годівниці і згодовують тваринам на вигульних майданчиках;
- вихідні компоненти доставляють у кормоцех, звідки приготовлені сумішки кормороздавачем транспортують у тваринницьке приміщення і роздають у годівниці.

Можливі й інші варіанти.

Для механізації перевантажувальних робіт і роздавання кормів використовується велика кількість технічного обладнання з якого можна скласти різні варіанти технологічних ліній.

10.4. Засоби завантаження кормів

10.4.1. Класифікація обладнання

Початковою ланкою у потокових технологічних лініях роздавання кормів є їх завантаження, яке здійснюють у місцях складування чи приготування кормів. Засоби завантаження можна класифікувати за різними ознаками (рис. 10.10).

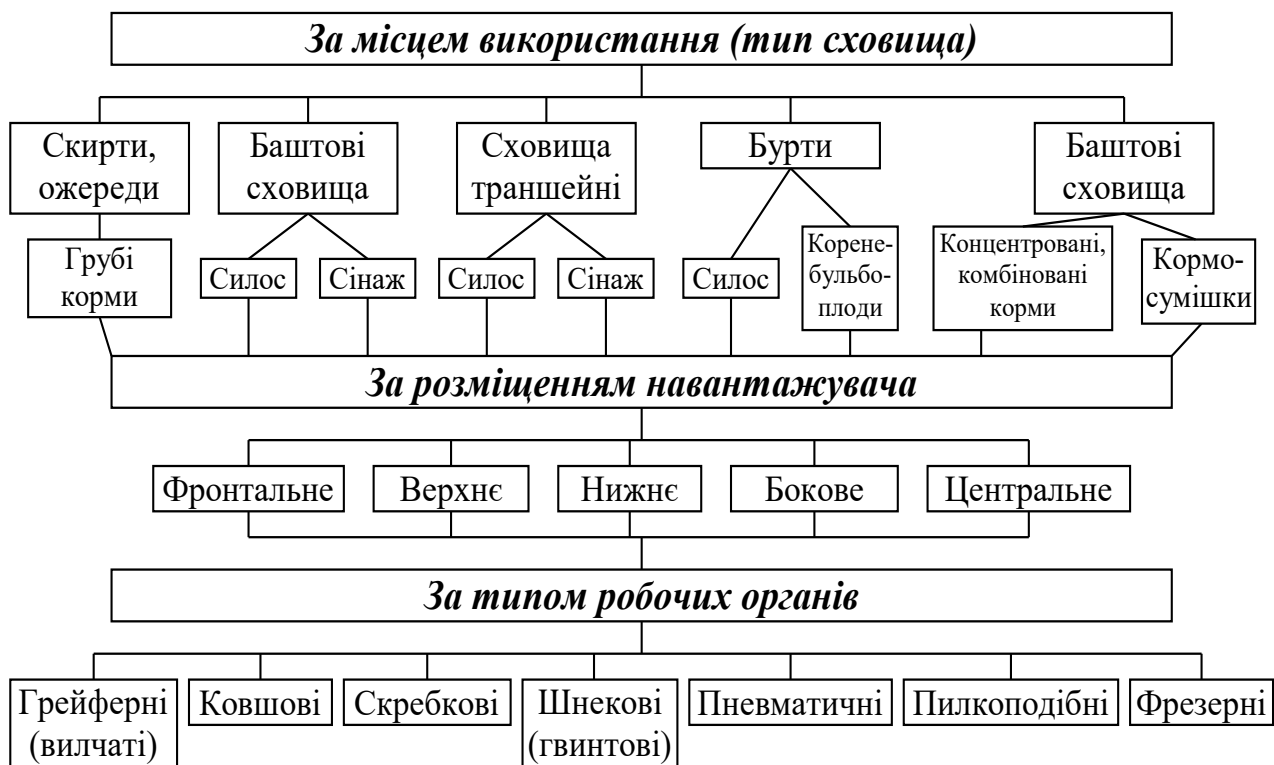


Рис. 10.10. Класифікація засобів завантаження кормів

У тваринництві широко використовують навантажувачі як загального призначення, так і спеціальні. Крім того, вони розрізняються за характером використання (пересувні, стаціонарні), за призначенням щодо виду кормів, конструктивними особливостями (типом) робочих органів, розміщенням, типом приводу тощо. Пересувні засоби, у свою чергу, можуть бути мобільними (самохідні, начіпні) і координатні (наземні, підвісні).

Вибір машин і обладнання для навантажувально-розвантажувальних робіт залежить від виду кормової сировини та типу сховища. Так, для завантаження кормів у баштові сховища використовують (рис. 10.11) поворотні крани з грейферними робочими органами і пневматичні транспортери, а для їх розвантаження – ті ж крани, верхні чи нижні фрези та деякі інші засоби.

При використанні верхньої фрези можливі варіанти розвантаження силосу (сінажу) з башти через бокову або ж центральну шахту. Досвід свідчить, що у випадку вивантаження крізь центральну шахту продуктивність збільшується майже у 2 рази. Однак силос, який знаходиться біля центральної шахти, швидко псується. Верхня фреза надійно працює за умови, якщо довжина різки не більше 5 см, а вміст сухої маси не менше 25 %.

Продуктивність нижньої фрези значно поступається варіанту верхнього розміщення. Крім того, вона ще вимогливіша щодо якості подрібнення вихідної сировини і може спричинити більші ускладнення в разі виходу з ладу.

Із сховищ траншейного типу, скірт та ожередів стеблові корми можна забирати навантажувачами загального призначення (грейферні; фронтальні; навантажувачі-копновози), а також спеціальними навантажувачами безперервної дії з фрезерними робочими органами.

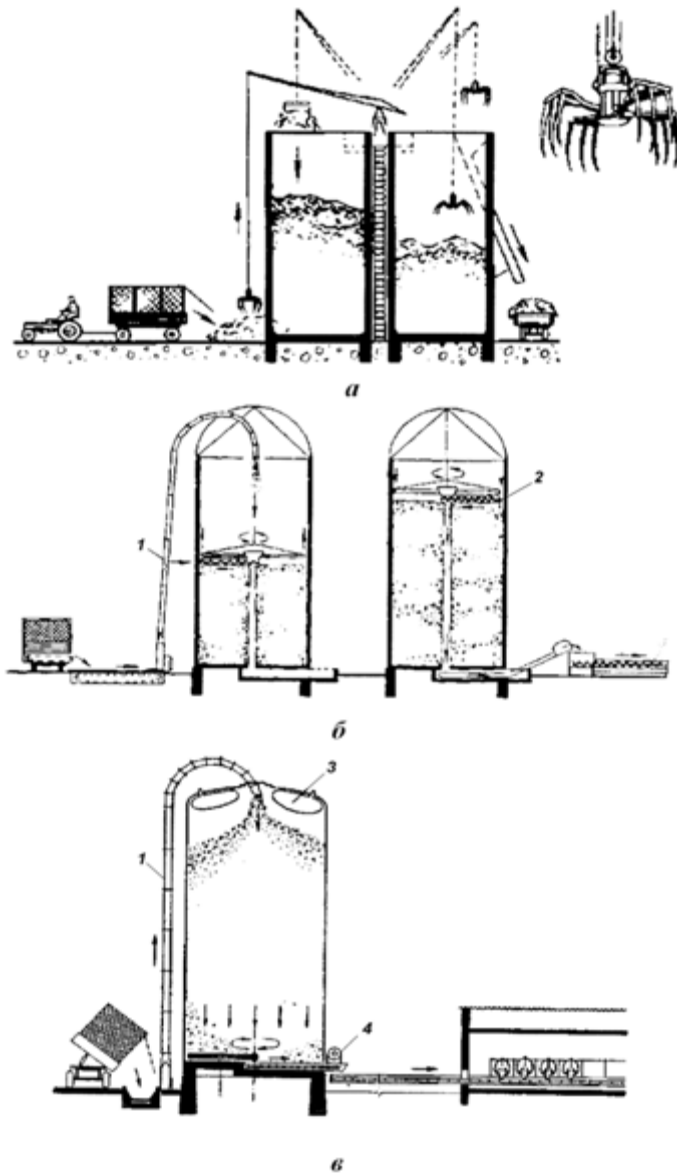


Рис. 10.11. Схеми завантаження та розвантаження башт: а – за допомогою поворотного крана з грейфером; б – верхньою фрезою через центральну шахту (система Кольмана); в – нижньою фрезою (система Харвестер); 1 – пневматичний транспортер; 2 – верхня фреза; 3 – мішок для вирівнювання тиску повітря; 4 – нижня фреза

10.4.2. Будова і принцип дії обладнання

Сучасні баштові сховища комплектуються такими засобами механізації завантаження, розрівнювання і вивантаження кормів: транспортером-завантажувачем, розподільником маси, вивантажувачем і ступеневим транспортером.

Транспортер-завантажувач башт (рис. 10.12) призначений для завантаження сінажу у башту вертикальним трубопроводом на висоту до 24 м. Завантажувач являє собою пересувний транспортер, робочими органами якого є вентилятор-шпурлялка і горизонтальний стрічковий транспортер.

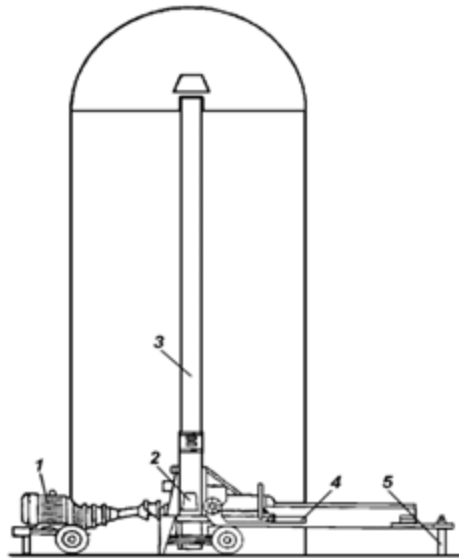


Рис. 10.12. Конструктивна схема пневматичного транспортера-завантажувача башт: 1 – електропривід; 2 – вентилятор-шпурлялка; 3 – кормопровід; 4 – стрічковий транспортер; 5 – підставка

Розподільувач маси у башті (рис. 10.13) забезпечує розосередження кормової маси, що завантажується в башту, рівномірно по всій її поверхні. Розподільувач ротаційного типу взаємодіє з дефлектором завантажувача, жорстко закріпленого на верхньому обрізі стінки башти за допомогою упора. Розподільувач складається з основи, робочих органів, механізмів приводу і кронштейна навіски. Диск-розкидач приводиться від електродвигуна.

Розвантажувач башт верхній (рис. 10.14) призначений для верхнього бокового вивантаження корму із сховищ баштового типу. Розвантажувач двошнековий з одностросовою підвіскою приводиться в дію електродвигуном. Розвантажувач складається з двох основних частин: рухомої, яка обертається навколо вертикальної осі башти, і нерухомої, підвішеної канатом до стелі. Інший кінець канату намотаний на барабан ручної лебідки, яка змонтована на стіні башти із зовнішнього боку для керування положенням вивантажувача.

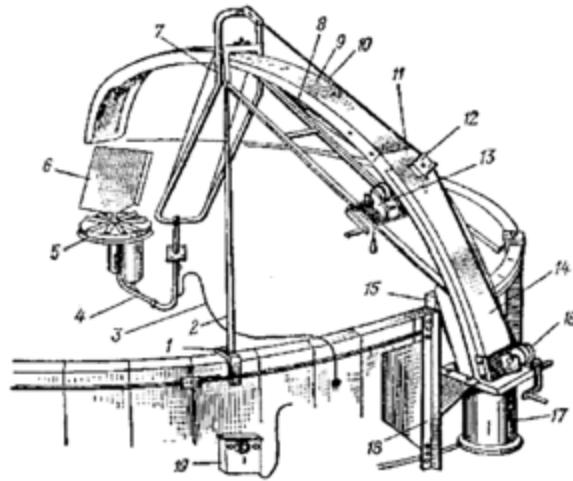


Рис. 10.13. Конструктивна схема розподілювача маси у башті: 1 – скоба; 2 – стійка; 3 – електрокабель; 4 – кронштейн; 5 – диск-розкидач; 6 – напрямний лотік; 7 – бугель; 8 – розпірний пристрій; 9 – рухома секція дефлектора; 10 – трос; 11 – проміжна секція дефлектора; 12 – опірний ролик; 13 – мала лебідка; 14 – головна труба; 15 – упор; 16 – велика лебідка; 17 – коротка секція завантажувальної труби; 18 – опора; 19 – пульт керування

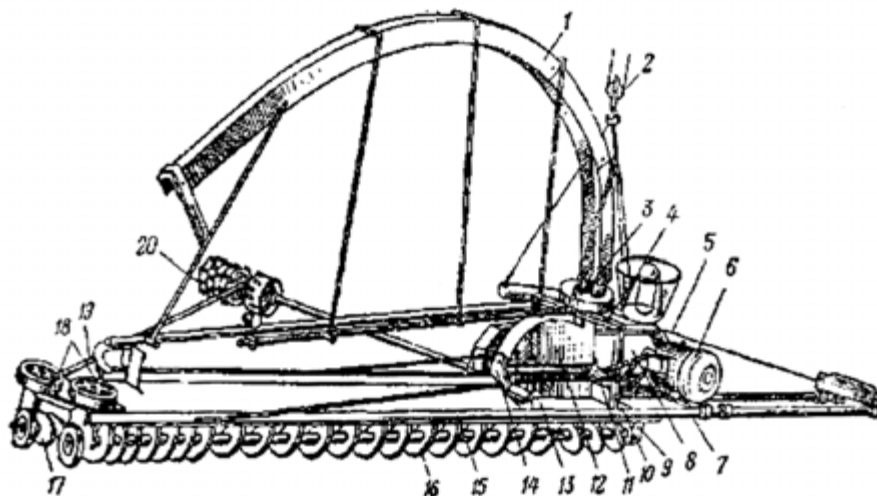


Рис. 10.14. Конструктивна схема розвантажувача башт: 1 – дефлектор; 2 – блок підвіски; 3 – струмознімач; 4 – трикутна підвіска; 5 – трос; 6 – електродвигун; 7 – рама; 8 – кожух; 9 – редуктор; 10, 13 – щитки; 11 – натяжний пристрій; 12 – шпурлялка; 14 – кронштейн; 15 – огороження; 16 – шнек передній; 17 – шнек задній; 18 – центрувальні ролики; 19 – штанга; 20 – ведуче колесо

Навантажувач стеблових кормів (рис. 10.15) призначений для відокремлювання грубих кормів від скирт, а також силосу і сінажу з

траншей, додаткового подрібнювання і навантаження їх у транспортні засоби. Начіплюють навантажувач на трактори, які мають поворотні сидіння та реверсивне керування. Привод робочих органів здійснюється від ВВП трактора.

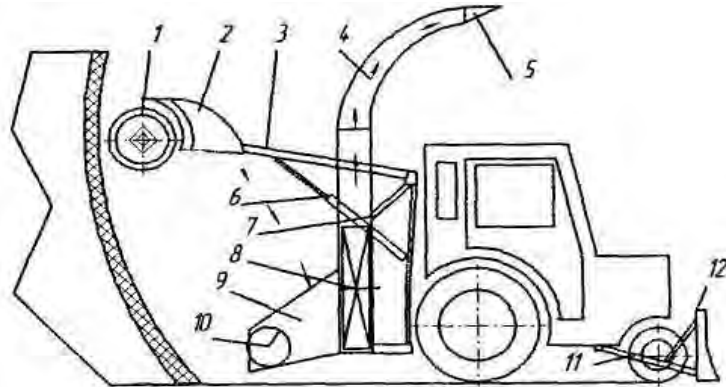


Рис. 10.15. Конструктивно-функціональна схема завантажувача стеблових кормів: 1 – фрезбарабани; 2 – напрямний кожух; 3 – стріла; 4 – вивантажувальна труба; 5 – козирок; 6 – гідроциліндр; 7 – рама навантажувача; 8 – вентилятор-кидалка; 9 – приймальний ківш; 10 – шнек; 11 – рама бульдозера; 12 – бульдозерна лопата

Фуражир – це мобільний агрегат безперервної дії, який навішують на трактор і застосовують для тих же цілей, що й навантажувач. Фуражир складається (рис. 10.16) з рами, подрібнюючого барабана (фрезбарабана), всмоктувального та вивантажувального трубопроводів, вентилятора-шпурлялки, механізму підйому та приводу.

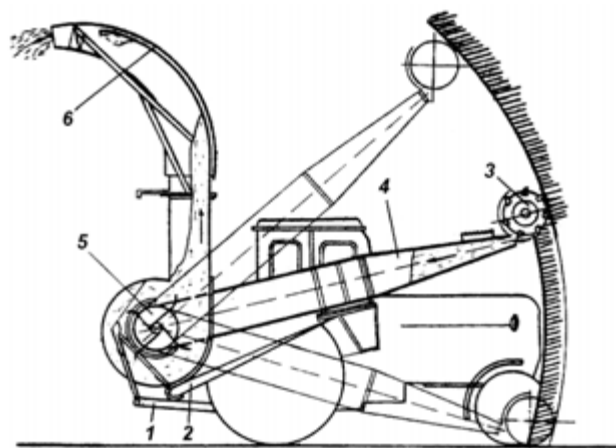


Рис. 10.16. Конструктивно-функціональна схема фуражира: 1 – рама; 2 – підймальний механізм; 3 – фрезбарабан; 4 – всмоктувальний трубопровід; 5 – вентилятор; 6 – вивантажувальний трубопровід; 7 – несучі диски; 8 – сегментні ножі

10.5. Засоби роздавання кормів

10.5.1. Класифікація і оцінка роздавачів

У першу чергу кормороздавачі розрізняють за призначенням:

- залежно від виду тварин вони бувають для ферм рогатої худоби, свинарських, птахівничих, звірівничих;
- залежно від типу годівлі і стану кормів, які вони здатні роздавати – спеціальні, універсальні та комбіновані.

Спеціальні засоби мають обмежені можливості. До цієї групи машин відносяться, наприклад, роздавачі стеблових кормів, сухих сипких кормів, напіврідких кормів, поживних розчинів. Вузька спеціалізація засобів ускладнює проблему механізації, оскільки спричиняє потребу в збільшенні номенклатури машин для роздавання різних видів кормів навіть в межах однієї конкретної ферми.

Універсальні засоби здатні роздавати різні види кормів в межах тваринницьких ферм одного виробничого напрямку. Вони мають ту перевагу, що здатні замінити кілька спеціальних роздавачів.

Ще ширші можливості мають *комбіновані засоби*, оскільки власне роздавання кормів поєднують з виконанням деяких інших операцій, наприклад, приготування сумішок.

Сучасні зразки універсальних комбінованих транспортно-технологічних агрегатів забезпечують цілий комплекс операцій: подрібнення, змішування, доставка і роздавання. В разі використання таких комбінованих агрегатів практично відпадає потреба в кормоприготувальних цехах.

За характером використання кормороздавачі можна поділити на дві групи – стаціонарні і пересувні (рис. 10.17).

Стаціонарними називаються кормороздавачі, встановлені в одному приміщенні, де відбувається годівля тварин або птиці. При їх використанні корм до тваринницьких приміщень, як правило, треба доставляти іншими транспортними засобами. Винятком є гідравлічні або пневматичні системи роздавання, за допомогою яких корми від кормоцеху до тваринницьких приміщень надходять кормопроводами.

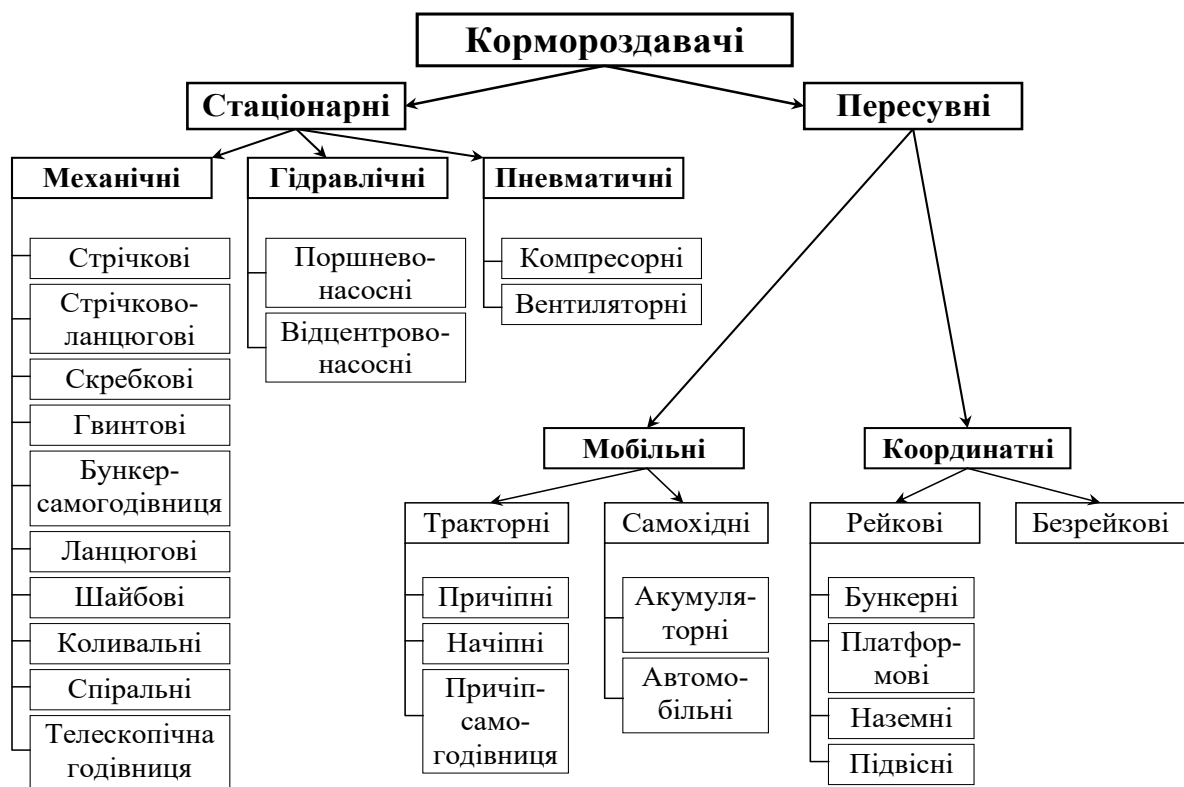


Рис. 10.19. Класифікація кормороздавачів

Мобільні кормороздавачі можна використовувати не тільки для роздавання, а й для доставки кормів від кормоцеху чи місця зберігання до місць їх згодовування тваринам чи завантаження в приймальні пристрої стаціонарних засобів роздавання.

Координатні кормороздавачі переміщуються всередині тваринницьких приміщень чи за їх межах по рейках або інших напрямних пристроях. Можливості їх використання обмежуються рейками або кабелем, яким вони з'єднуються з електромережею.

Механічні стаціонарні кормороздавачі діють за такою технологічною схемою: завантажування кормів у транспортні засоби – транспортування кормів до місць згодовування – перевантаження кормів у стаціонарний кормороздавач – транспортування кормів останнім у приміщенні й роздавання в годівниці.

Мобільні кормороздавачі забезпечують транспортування і роздавання кормів. Технологічна схема спрощується до такого вигляду: завантажування кормів у кормороздавач – транспортування до місць згодовування – транспортування кормів у приміщенні й роздавання в годівниці.

Координатні кормороздавачі за своїми характеристиками займають проміжне місце між стаціонарними і мобільними.

Отже, до переваг мобільних кормороздавачів відносять можливість суміщення операцій всього циклу (крім очищення годівниць), спрощення технології роздавання кормів. У зв'язку з цим зменшується обсяг робіт, пов'язаних із годівлею тварин. Крім того, один мобільний кормороздавач за зміщеним графіком може обслуговувати ряд тваринницьких приміщень, а в літній період використовуватись для роздавання кормів на відгодівельних або вигульних майданчиках. У цьому разі скорочуються капіталовкладення в засоби механізації роздавання кормів.

Більшість мобільних кормороздавачів, що використовуються на тваринницьких фермах, – це причіпні чи напівпричіпні машини, які агрегатуються з колісними тракторами, що мають дизельні двигуни. Такі агрегати виділяють малотоксичні для людей і тварин продукти згорання (вуглекислий газ CO_2), що дозволяє їх короточасну експлуатацію безпосередньо у тваринницьких приміщеннях.

До недоліків мобільних кормороздавачів відносять:

- застосування їх у тваринницьких приміщеннях можливе лише при наявності відповідної ширини кормових проходів, що призводить до збільшення площі приміщення та його вартості;
- забруднення атмосфери приміщень вихлопними газами, що вимагає додаткових витрат на повітрообмін, а необхідність відкривання дверей при в'їзді-виїзді мобільного засобу в холодну погоду призводить до охолодження приміщення;
- мобільні тракторні агрегати не узгоджуються з варіантами автоматизації роздавання кормів.

Стаціонарні варіанти засобів механізації роздавання кормів вимагають значних капіталовкладень. Проте вони легко узгоджуються з будь-яким типом тваринницьких приміщень, пристосовані до автоматизованих систем керування, не створюють надмірного шуму чи забруднення середовища.

Технологія роздавання кормів ще більше спрощується, якщо кормосховища (силосні, сінажні башти) або бункери-накопичувачі

готових кормів (наприклад, комбінованих) розташовані безпосередньо біля тваринницьких приміщень чи заблоковані з ними. У цьому випадку технологічна схема має такий вигляд: завантаження кормів із сховища на стаціонарні транспортні засоби – транспортування вздовж лінії годівлі – дозована видача в годівниці – очищення годівниць.

Така схема є найдосконалішою. Її застосовують на фермах великої рогатої худоби промислового типу, в свинарстві та птахівництві. При цьому виникає потреба у достатній кількості споруд для зберігання кормів, але в цьому випадку всі роботи, пов'язані з годівлею тварин, можна не тільки механізувати, а й автоматизувати.

З урахуванням конкретних умов (тип виробничих приміщень та спосіб утримання тварин, тип їх годівлі) вибирають той чи інший варіант технологічної схеми, а також засобів механізації роздавання кормів. Зараз широко починають застосовувати автоматизовані системи годівлі тварин залежно від їх продуктивності. Для прикладу на рис.10.18 наведена автоматизована система годівлі корів. Така система для оптимізації норм видавання і керування автоматизованим дозуванням кормів на фермі дає змогу врахувати вік і масу тварини, її надій, період лактації, видає на пульт оператора всю потрібну інформацію для керування зооветеринарною роботою.

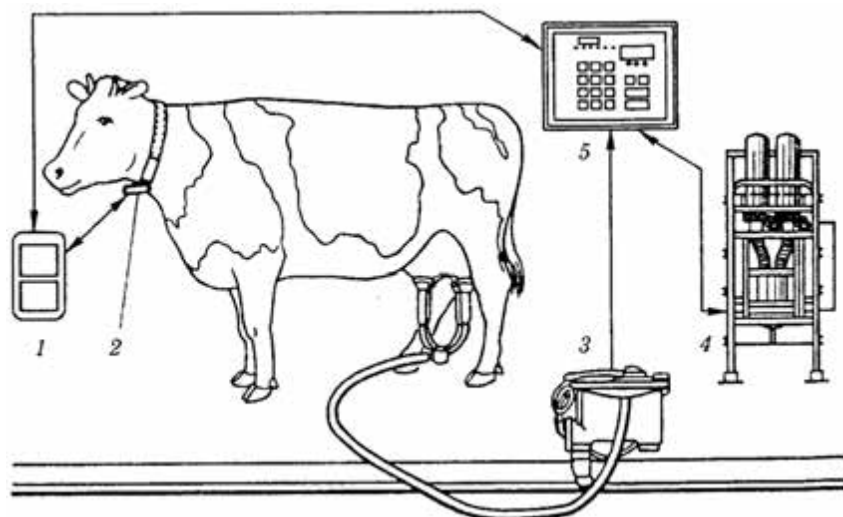


Рис. 10.18. Принципова схема автоматизованої системи годівлі корів:
1 – приймач-передавач командного сигналу; 2 – нашийник з електронною биркою; 3 – лічильник молока; 4 – автоматизована кормова станція;
5 – термінал для введення даних і контролю доїння (ЕОМ).

10.5.2. Стационарні кормороздавачі

У сучасному тваринництві використовується широка номенклатура стаціонарних механічних засобів роздавання кормів з різними конструктивними рішеннями робочих органів (стрічкові, скребкові, шнекові, штангові, шайбові, спіральні або пружинні тощо), а також гідравлічні і пневматичні системи.

Найбільшого поширення набули кормороздавачі з ланцюгово-скребковими, канатно-стрічковими, стрічковими, канатно-дисковими та гвинтовими робочими органами. Для роздавання вологих кормів застосовують кормороздавачі з гвинтовими насосами. Транспортування і роздавання кормів у годівниці під дією повітряного потоку здійснюється пневматичними кормороздавачами.

Розглянемо детальніше найбільш розповсюджені з них.

Ланцюгово-скребкові транспортери використовують на фермах для роздавання сухих концентрованих, грубих та соковитих кормів, вологих мішанок. Переваги цих транспортерів – простота конструкції, можливість подачі кормів під кутом до горизонталі та реверсування напрямку. Основні недоліки ланцюгово-скребкових транспортерів – перетирання корму в процесі транспортування, великий опір від тертя корму по стінкам жолоба, швидке зношування деталей (тягового органу – ланцюга і скребків, жолоба).

Скребковий транспортер-роздавач призначений для роздавання різних кормів на фермах великої рогатої худоби. Він являє собою розміщений в середині годівниць скребково-ланцюговий конвеєр (рис. 10.19) і складається з привода 1, жолоба 2, робочого органа 3, натяжної станції 4 із завантажувальним бункером та пульта керування 5. Робочий орган має дві частини однакової довжини: скребки і ланцюг. Корм з бункера поступає у кормовий жолоб на скребками, які переміщуються вздовж його. При заповненні останнього кормового місця спрацьовує кінцевий вимикач і ланцюг зі скребками автоматично зупиняється. Після закінчення годівлі при холостому ході ланцюга зі скребками і без них жолоб очищується, залишки скидаються в приямок. Працює транспортер-роздавач в напівавтоматичному режимі.

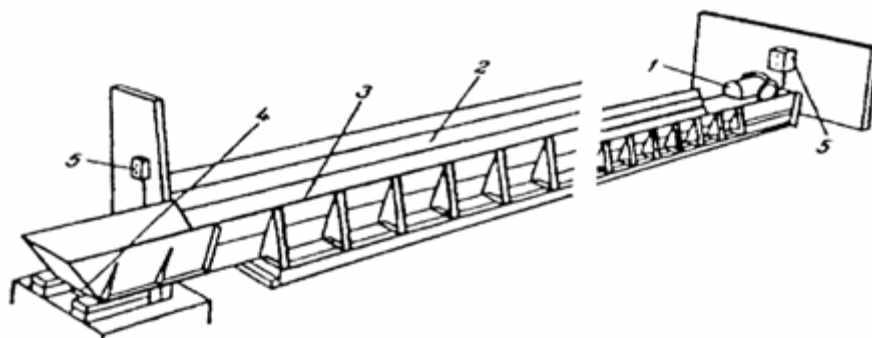


Рис. 10.19. Загальний вигляд скребкового транспортера-роздавача:
1 – привід; 2 – жолоб кормовий (годівниця); 3 – робочий орган; 4 – натяжна станція з бункером; 5 – пульт керування

Стрічкові транспортери, на відміну від скребкових, не перетирають корми в процесі їх переміщення, проте мають обмежені можливості щодо транспортування під кутом до горизонталі.

Роздавач всередині годівниці (рис. 10.20) – призначений для роздавання кормів (крім рідких) на молочно-тваринних та відгодівельних фермах великої рогатої худоби у приміщеннях з довжиною фронту годівлі не більше 75 м (загальна довжина – 80 м). Виготовляють роздавач кормів у шести виконаннях з несучим елементом у вигляді стрічки для монтажу у залізобетонних годівницях; стрічки з дерев'яним кормовим жолобом; ланцюга зі скребками з дерев'яним жолобом. Кормороздавач забезпечує рівномірну видачу корму в кількості 15–35 кг на 1 м довжини годівниці. Відхилення від установленної норми не перевищує $\pm 10\%$. Деталі роздавача виготовлені з матеріалів, які не виявляють шкідливих хімічних дій на кормову масу.

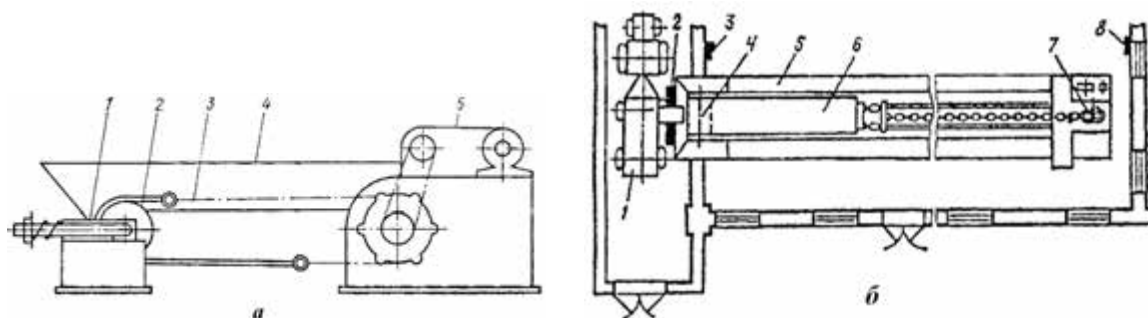


Рис. 10.20. Стрічковий роздавач кормів: а – конструктивно-функціональна схема: 1 – натяжна станція; 2 – ведений барабан; 3 – робочий орган; 4 – годівниця; 5 – приводна станція; б – план розміщення обладнання та конструкція робочого органа: 1 – мобільний кормороздавач; 2 – прямок; 3, 8 – лінійні вимикачі; 4 – натяжна станція; 5 – кормовий жолоб; 6 – робочий орган; 7 – приводна станція;

Багато інших конструкцій стрічкових кормороздавачів використовуються для роздавання подрібнених зелених кормів, силосу, сінажу, сіна, соломи та сумішок, а також очищення годівниць від залишків. Як приклад, схему одного з стаціонарних роздавачів кормів наведено на рис. 10.21.

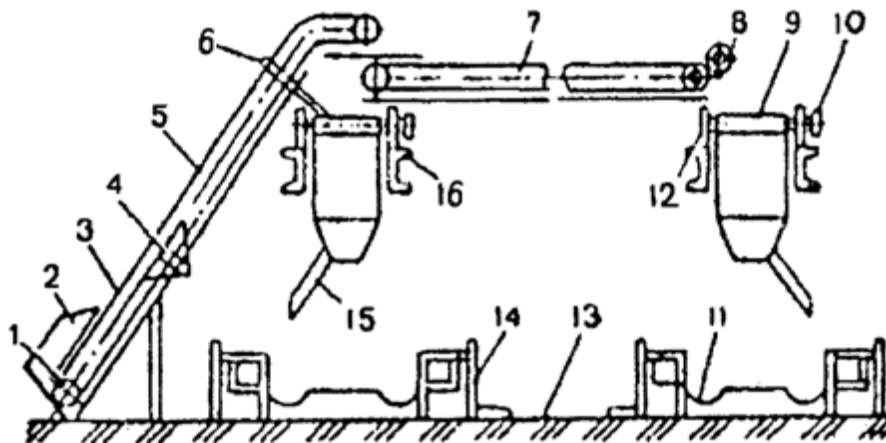


Рис. 10.21. Структурна схема стаціонарного стрічкового роздавача кормів: 1 – барабан; 2 – завантажувальний бункер; 3 – стрічка; 4 – натяжний пристрій; 5 – транспортер похилий; 6 – кронштейн; 7 – поперечний транспортер; 8 – привод поперечного транспортера; 9 – транспортер-роздавач; 10 – коноїд; 11 – годівниця; 12 – ролик; 13 – гнойовий прохід; 14 – стійла; 15 – поворотний лотік; 16 – напрямна

За кордоном, особливо в США, широкого розповсюдження набули *шнекові (гвинтові) кормороздавачі* (рис. 10.22). Їх переваги: простота будови (в них рухомих елементів є лише гвинт), універсальність (служать для транспортування, змішування та роздавання кормів), компактність конструкції, зручність в обслуговуванні. Недоліки таких кормороздавачів: висока енергоємність порівняно з іншими транспортерами, спричиняють часткове подрібнення та розташування компонентів за фракціями в процесі переміщення.

Відомо кілька варіантів конструктивних рішень роздавачів такого типу: шнек в трубі, в якій є збоку по всій довжині отвори для виходу корму; шнек в кожусі зі скошеною розвантажувальною стінкою; шнек у поворотному кожусі; шнек між вертикально розташованими напрямними стінками. Норму корму регулюють зміною висоти отворів, поворотом напрямної дошки, збільшенням або зміною висоти розташування шнека над поворотним кожухом чи дном годівниці.

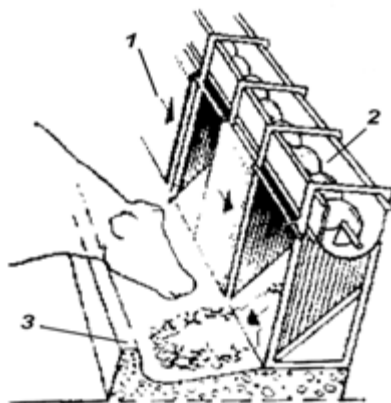


Рис. 10.22. Принципова схема шнекового кормороздавача:
1 – засувка; 2 – шнек; 3 – годинниці

Технологічні лінії роздавання сухих сипких кормів (наприклад, комбіновані) комплектуються з уніфікованих елементів: приводні пристрої, бункери, кормопроводи, тяговий орган з шайбами, індивідуальні та групові дозатори, засоби контролю та керування. На рис. 10.23 показані різні варіанти робочих органів.

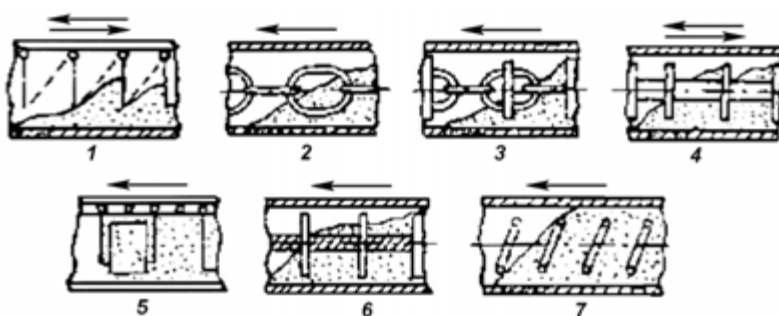


Рис. 10.23. Варіанти робочих органів, які використовуються в поточних лініях транспортування і роздавання сухих сипких кормів:
1 – штангово-скребковий; 2 – ланцюговий; 3 – ланцюгово-шайбовий;
4 – штангово-шайбовий; 5 – ланцюгово-скребковий;
6 – канатно-шайбовий; 7 – спіральний

Спірально-пружинні роздавачі (рис. 10.24) використовують для видачі тваринам та птиці сухих концентрованих кормів. Робочий орган роздавача – спіральна пружина (гнучкий шнек), розміщена у трубопроводі з отворами у нижній частині. Трубопровід з'єднаний з бункером-живильником, який встановлено над кормовим лотком або самогодівницею. При обертанні пружини в трубопроводі корм захоплюється нею з бункера і переміщується вздовж лінії годівлі тварин. Годівниці заповнюються кормом крізь отвори в дні трубопроводу.

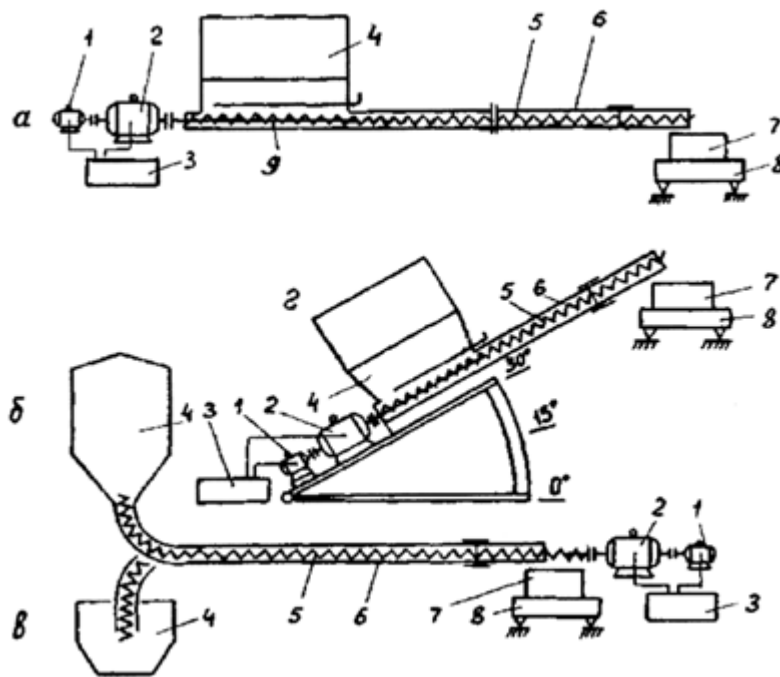


Рис. 10.24. Варіанти схем технологічних ліній роздавання сипучих кормів спіральними робочими органами: *а* – радіальне завантаження корму; *б, в* – осьове завантаження відповідно з верхньою та нижньою подачами корму; *г* – кутове завантаження корма: 1 – тахогенератор; 2 – електродвигун; 3 – пульт керування; 4 – бункер; 5 – спіраль; 6 – кормопровід; 7 – дозатор; 8 – годівниця

Привод спіральньо-пружинного роздавача не має проміжних механізмів для передачі руху від двигуна робочого органу, оскільки частота обертання останнього значно вища, ніж шнека. Тому при однаковій продуктивності конструкція спірального роздавача компактніша і менш металоємка порівняно з іншими варіантами транспортерів.

Основні недоліки спіральньо-пружинного транспортера – технологічна складність виконання спіралі великої довжини і занижена його експлуатаційна надійність.

Шайбові конвеєри можуть транспортувати сипкі матеріали склад-ними за конфігурацією кормопроводами з горизонтальними, похилими та вертикальними ділянками. Такі конвеєри складаються з тягового органа (ланцюг або канат), на якому закріплені шайби (працюють як скребки), приводної і натяжної станцій, поворотних пристроїв і системи трубопроводів.

Для свиноферм з груповим або індивідуальним (в станках) спосо-
бами обслуговування тварин застосовують комплекти шайбових кормо-

роздавачів (рис. 10.25), що являють собою шайбовий транспортер з об'ємними груповими дозаторами 8 та системою зволоження сухих кормів у годівницях.

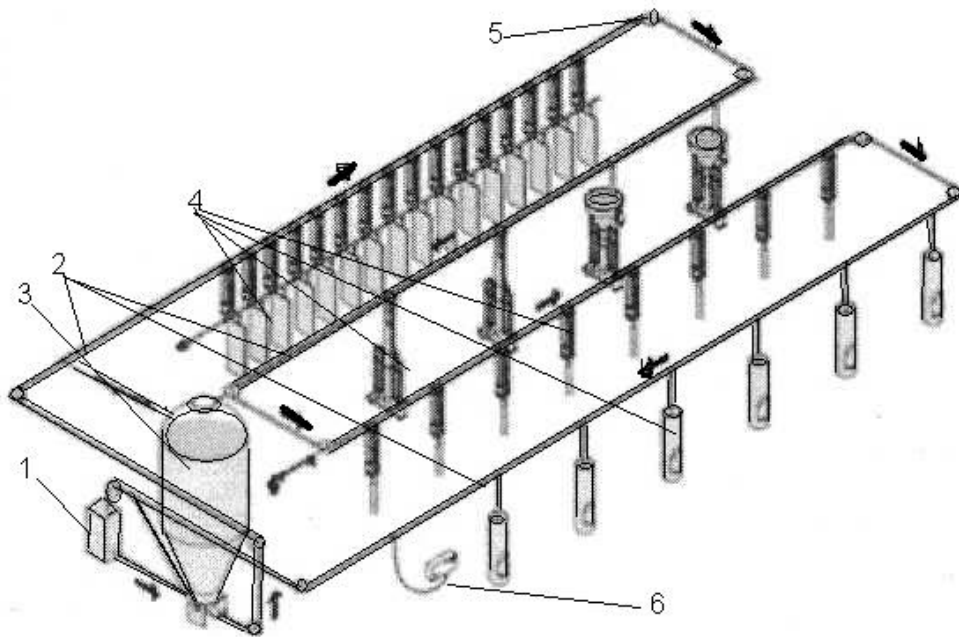


Рис. 10.25. Структурна схема шайбового кормороздавача:
1 – приводна станція; 2 – кормопровід; 3 – бункер-накопичувач;
4 – дозатор; 5 – поворотні блоки; 6 – датчик заповнення;

Пневматичні системи використовують головним чином для транспортування напіврідких кормів закритими трубопроводами за допомогою стиснутого повітря, створюваного компресором. В окремих випадках такі системи застосовують і для переміщення сухих сипких кормів потоком повітря за допомогою відцентрового вентилятора (ексгаустера).

Пневматичні транспортери мають ряд переваг порівняно з механічними: широкі можливості зміни напрямку і кута підйому, більша дальність транспортування, а також примусове охолодження й провітрювання кормів; прості в технічному обслуговуванні; не впливають на санітарно-гігієнічні умови. Їхні недоліки: підвищена енергомісткість.

Гідравлічні системи використовують для транспортування напіврідких кормових сумішок на свинофермах. Вони бувають двох типів: гідропневматичні з продувочними котлами і компресорами, а також гідравлічні з фекальними чи іншими варіантами насосів.

Робота системи полягає в тому, що кормова суміш з продувочного котла 10 витісняється трубопроводом в бункери-накопичувачі 3 за допомогою стиснутого повітря. Бункери накопичувачі розміщують в зоні годівлі тварин. З них корми через кормопроводи-дозатори 4 розподіляються в годівниці 5.

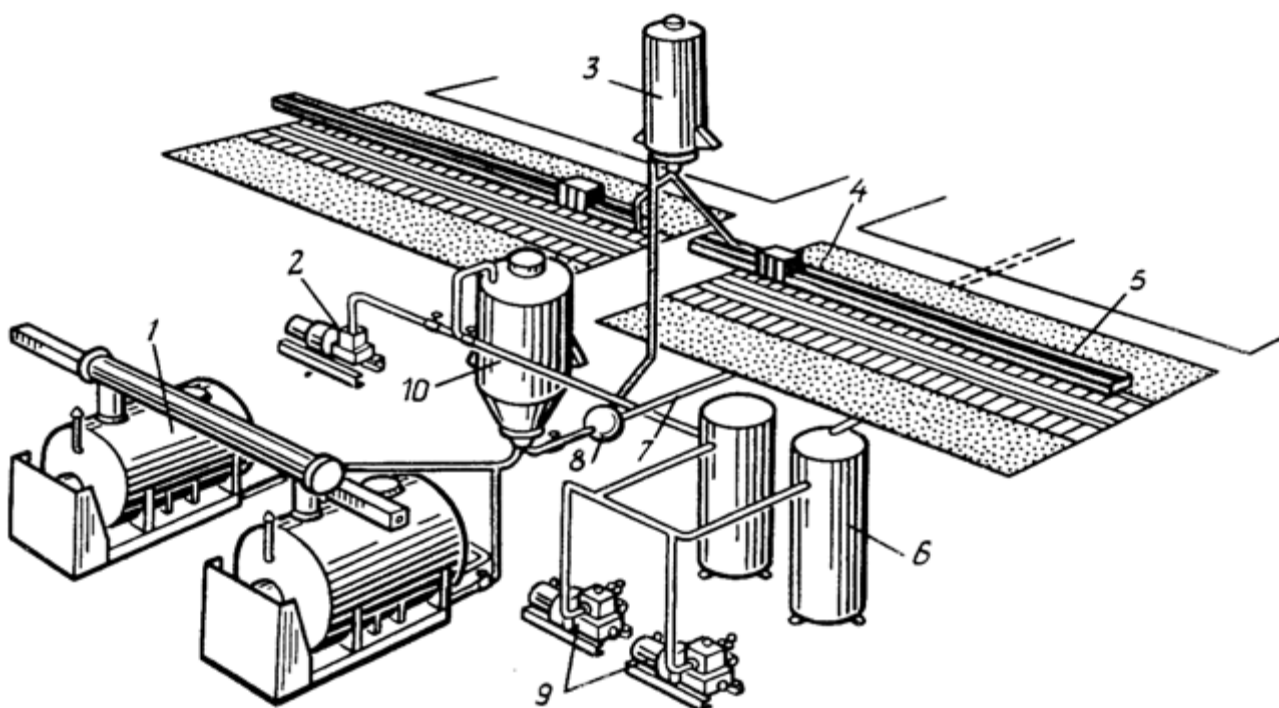


Рис. 10.26. Схема роздавання кормів по трубах стиснутим повітрям:
1 – змішувач; 2 – вакуумний насос; 3 – бункер-накопичувач;
4 – кормопровід; 5 – годівниця; 6 – ресивер; 7 – трубопровід;
8 – перемикач трубопроводу; 9 – компресор; 10 – продувочний котел

Замість компресора і продувочного котла для транспортування кормів трубопроводом можна використовувати фекальні насоси (гідравлічна система). Недоліком такого варіанту є те, що після роздавання в проміжках між черговими циклами в трубопроводі залишаються корми. В разі тривалої перерви між циклами роздавання ці залишки можуть стати непридатними.

10.5.3. Мобільні кормороздавачі

Нині промисловість виробляє більше 50 різних за конструктивним рішенням та типорозмірами пересувних кормороздавачів. У сільськогосподарському виробництві широкого розповсюдження набули мобільні варіанти кормороздавачів з приводом від вала відбору потужності (ВВП) трактора, а також координатні електрифіковані засоби.

Мобільні роздавачі – це вискоєфективні засоби доставки і роздавання кормів. Ця ефективність забезпечується, в першу чергу, їх широким радіусом дії, універсальністю і можливістю суміщення операцій (наприклад, транспортування та роздавання; транспортування – змішування – роздавання), простота використання і обслуговування, економічність. Ці машини можна використовувати також при заготівлі кормів як саморозвантажувальні транспортні засоби, як бункери-живильники з регульованою подачею в технологічних лініях кормоприготування. Проте практика свідчить, що мобільні роздавачі можуть бути використані з найбільшою ефективністю за наявності на території ферми під'їзних шляхів з твердим покриттям і достатньо широких кормових проходів у тваринницьких приміщеннях.

Мобільні роздавачі кормів бувають причіпними до тракторів, а також самохідними, змонтованими на шасі автомобіля чи окремий самохідний агрегат. Вони можуть роздавати корми на один або два боки одночасно. Одні з них призначені тільки для роздавання кормів, інші – для самозавантаження, перемішування та роздавання. Особливістю змішувачів-роздавачів є те, що змішування віддозованих кормових компонентів здійснюється під час транспортування їх до місця роздавання.

Сучасні транспортно-технологічні засоби є комбінованими агрегатами, які забезпечують приготування кормосумішок (подрібнення і змішування компонентів), їх доставку і дозоване роздавання.

Один з поширених мобільних кормороздавачів (рис. 10.27) використовують у літніх таборах, на вигульних майданчиках, у

тваринницьких приміщеннях з висотою годівниць не більше 750 мм, з висотою і шириною воріт 2600 мм та з шириною кормового проходу не менше 2200 мм. Агрегатується з тракторами і приводиться в дію від його ВВП. Кормороздавач являє собою двовісний тракторний причіп. Він складається з ходової частини 1, рами 2, кузова 4, поздовжнього 3 та поперечного 6 транспортерів, блоку бітерів 5.

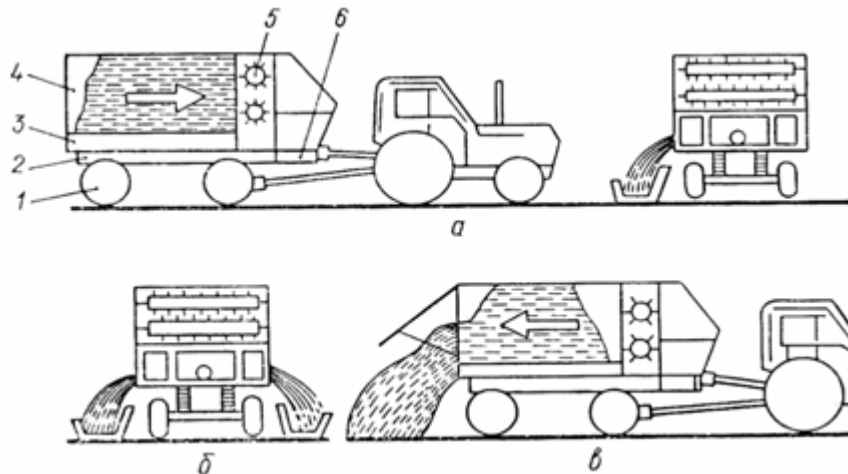


Рис. 10.27. Технологічна схема мобільного причіпного кормороздавача:
а – однобічна роздача; б – двобічна роздача; в – розвантаження через задній борт; 1 – ходова частина; 2 – рама; 3 – поздовжній транспортер; 4 – кузов; 5 – бітер; 6 – поперечний транспортер

Поздовжній транспортер складається з чотирьох замкнутих контурів втулково-роликів або круглоланкових каліброваних ланцюгів з приєднаними до них скребками. Він приводиться в дію шатунно-храповим механізмом, який дозволяє змінювати норму видачі корму.

У передній частині кузова над поздовжнім транспортером розміщені розрихлювальні бітери, а після них – поперечний транспортер, що служить для подачі корму в годівниці.

Шнековий змішувач-роздавач кормів призначений для приймання в заданому співвідношенні подрібненого сіна, сінажу, силосу, гранул, концентрованих кормів з добавками та деяких інших компонентів, змішування, транспортування та роздавання одержаної кормосуміші на фермах великої рогатої худоби, де ширина кормового проїзду приміщень становить не менше 2,20 м, висота воріт – не менше 2,45 м, ширина воріт – не менше 2,50 м і висота годівниці – не більше 0,75 м, а також на відгодівельних майданчиках.

Змішувач-роздавач агрегатується з тракторами, привод робочих органів здійснюється від ВВП трактора. Основними складовими елементами змішувача-роздавача є ходова частина 1 (рис. 10.28) з рамою 2, на якій змонтований кузов 3. У кузові знаходяться верхні 6 та нижній 10 шнеки. У середній частині лівої боковини кузова розміщений вивантажувальний транспортер 9 із засувкою 8, яка приводиться у дію гідроциліндром. Кузов являє собою зварну конструкцію із листової сталі. У торцевих стінках кузова виготовлені отвори для кріплення підшипни-кових вузлів, шнеків та привода. На задній торцевій стінці кузова розміщена коробка для привода робочих органів через ланцюгові пе-редачі 4.

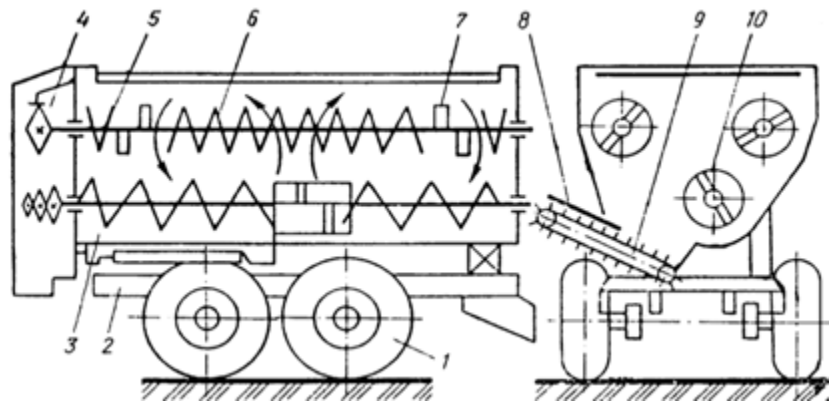


Рис. 10.28. Конструктивно-технологічна схема шнекового змішувача-роздавача: 1 – ходова частина; 2 – рама; 3 – кузов; 4 – коробка ланцюгових передач; 5 – відбивні витки; 6 – верхні шнеки; 7 – пальці; 8 – засувка; 9 – вивантажувальний транспортер; 10 – нижній шнек

Комбіновані агрегати для приготування і роздавання кормових сумішок – це своєрідні „кормоцехи на колесах” – є найсучаснішими технічними рішеннями при роздаванні кормів рогатій худобі. Вони оснащені шнеково-ножевими робочими органами, які бувають розміщені як горизонтально так і вертикально. Існують одно-, дво- та багатовавальні змішувачі-роздавачі. Виробляють їх закордонні і вітчизняні фірми, зокрема, відомі варіанти українського підприємства «Брацлав», білоруського виробництва ИСРК, „Хозяин”, а також багато відомих світових брендів: фірми KUHN, Siloking, Lucas, SEKO, BvL, DeLaval, Storti, Faresin, Triolet та інші.

Один із таких комбінованих транспортно-технологічних агрегатів для приготування і роздавання кормів має таку будову. На одно- чи двовісному шасі розміщений бункер 1 (рис. 10.29) з конусоподібним шнековим робочим органом 2 і розвантажувальною горловиною 3. Конусоподібний шнек встановлено широкою основою до низу (дна) бункера, а по периметру його гвинтової поверхні 6 розміщено ножі 7. Останні можуть мати різні конструктивні особливості.

Роздавач агрегується з трактором і приводиться в дію від його ВВП. Існують також самохідні варіанти змішувачів-роздавачів.

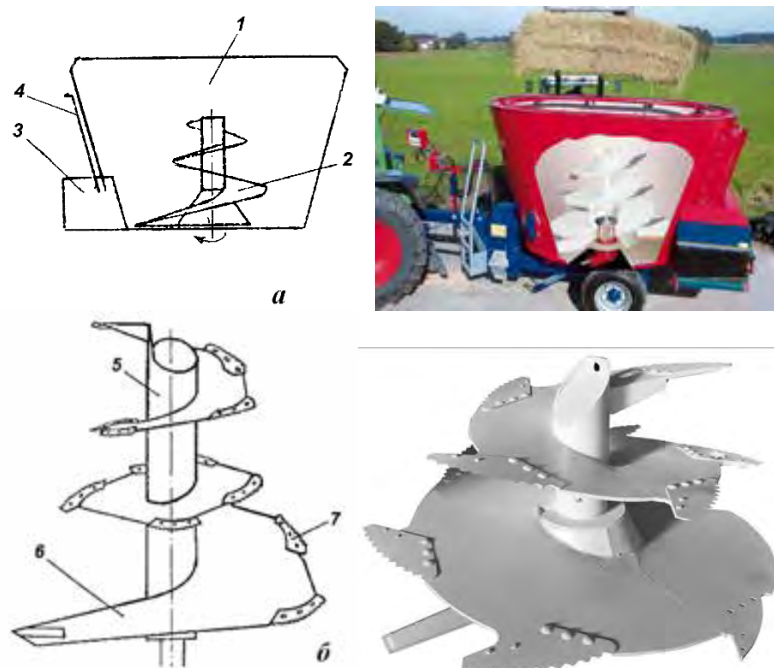


Рис. 10. 29. Схема (а) та робочий орган (б) комбінованого агрегата для приготування і роздавання кормів: 1 – бункер; 2 – робочий орган (ротор); 3 – розвантажувальна горловина; 4 – регулювальна заслінка; 5 – вал; 6 – гвинтова поверхня; 7 – ніж

Роздавач рідких сумішей призначений для транспортування і роздавання суміші м'яси та карбаміду, а також інших рідких кормових сумішок та добавок у годівниці на відгодівельних майданчиках. Роздавач – це одновісний причіп із змонтованою на ньому цис-терною, яка встановлюється на раму за допомогою трьох опор і ком-плектується пристроями для роздавання суміші на два боки так, як показано на рис. 10.30. По обидва боки цистерни 9 приєднуються розбризкувачі для подавання суміші у годівниці.

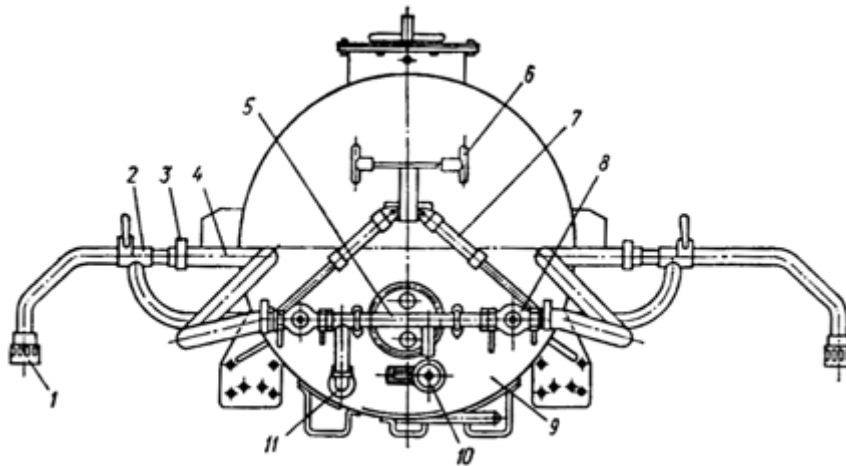


Рис. 10.30. Конструктивна схема роздавача рідких сумішей:
 1 – розбризкувач; 2 – важіль; 3 – хомут; 4 – гофрований рукав;
 5 – колектор; 6 – затискач; 7 – гідроциліндр; 8 – муфтовий кран;
 9 – цистерна; 10 – натяжна зірочка; 11 – перепускний клапан

Завантажувачі сухих кормів (рис. 10.31) призначені для транспортування і подачі сухих кормів у бункери. Можуть використовуватися також для перевезення зерна та білково-вітамінних добавок.

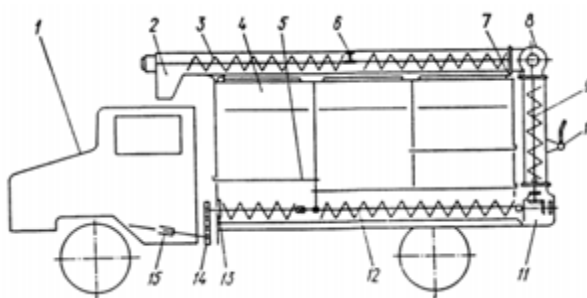


Рис. 11.31. Технологічна схема і вигляд завантажувача сухих кормів:
 1 – автомобіль; 2 – напрямний лотік; 3 – вивантажувальний шнек;
 4 – секційний бункер; 5 – шиберна заслінка; 6, 13 – підшипники;
 7 – піднімальний пристрій; 8 – перехідник; 9 – вертикальний шнек;
 10 – поворотний пристрій; 11 – редуктор; 12 – горизонтальний шнек;
 14, 15 – ланцюгова і карданна передачі

10.5.4. Координатні роздавачі

До групи пересувних координатних належать електрифіковані кормороздавачі, протяжність пересування яких обмежується довжиною рейкового шляху та кабелю живлення. Застосовують їх на свинарських фермах. Якщо рейки прокладені уздовж кормового проїзду

свинарника, то завантаження роздавачів кормами здійснюється у тамбурі завантажувальними мобільними або стаціонарними засобами. При зблокованому розміщенні свинарника і кормоприготувального цеху завантаження кормороздавачів може здійснюватися безпосередньо з вивантажувального транспортера кормоцеху.

Спеціальні кормороздавачі призначені для роздавання або перемішування і роздавання кормосумішок у годівниці дорослому поголів'ю свиней, а універсальні роздавачі, крім того, – для роздавання сухих і рідких кормів поросятам. При цьому роздавання кормів може здійснюватися на один або одночасно на обидва боки.

Змішувач-роздавач кормів (рис. 10.32) застосовують на репродукторних та відгодівельних свинарських фермах. При відсутності на фермі кормоцеху змішувач-роздавач кормів може використовуватися для приготування і роздавання вологих мішанок напіврідких та сухих кормів.

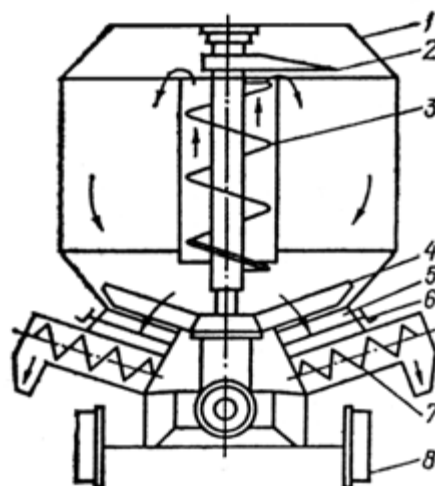


Рис. 10.32. Конструктивно-технологічна схема змішувача-роздавача кормів: 1 – бункер; 2 – розрівнювач; 3 – вертикальний шнек; 4 – мішалка лопатева; 5 – рама; 6 – шиберна засувка; 7 – вивантажувальний шнек; 8 – опорний каток

Керування роздавачем здійснюють за допомогою кнопочних командних постів, а живлення електроенергією – за допомогою електричного кабеля, який укладають в спеціальний жолоб, розміщений вздовж усього кормового проїзду.

10.5.5. Розрахунок параметрів технологічного процесу і засобів роздавання кормів

10.5.5.1. Норма видачі

Норма видачі q або кількість корму, яку необхідно видати на 1 погонний метр годівниці – це основний показник технологічного процесу, який повинні забезпечувати засоби механізації. Встановлюють норму видачі залежно від біологічного виду тварин, що обслуговуються, та заданих норм їх годівлі:

$$q = \frac{g_{\text{раз}} K}{b}, \quad (10.1)$$

де $g_{\text{раз}}$ – разова норма видачі корму на 1 голову, кг; K – змінність годівлі тварин на одному скотомісці; b – ширина фронту годівлі для однієї тварини, м.

Оптимальний варіант, коли забезпечується найбільш повноцінна годівля всього поголів'я тварин, досягається за умови $K = 1$, тобто коли кожна тварина має індивідуальне місце годівлі. Якщо ж умови утримання не дозволяють цього, тоді коефіцієнт змінності дозволяється збільшувати до $K \leq (3-5)$.

Фронт годівлі залежить від виду та віку тварин і рекомендується з такого розрахунку на 1 голову, м:

корови –	0,8–1,1
відгодівельне поголів'я –	0,4–0,8
свиноматки –	0,4–0,45
відгодівельне поголів'я –	0,3–0,35
поросята 4 міс –	0,2
кури-несучки при годівлі:	
сухими кормами –	0,05–0,06
вологими мішанками –	0,1
курчата –	0,04–0,05

10.5.5.2. Об'єм бункера

Усі пересувні засоби роздавання кормів оснащені бункерами. Стационарні системи також мають в своїй структурі бункери-живильники. Вони призначені для створення разового запасу кормів, а їх об'єм $V_б$ визначають залежно від разової норми ($g_{раз}$) видачі корму на 1 голову та кількість останніх, що обслуговується роздавачем за один цикл:

$$V_б = \frac{m_1 g_{раз}}{\beta \gamma}, \quad (10.2)$$

де m_1 – поголів'я тварин, що обслуговується роздавачем протягом одного циклу; β – коефіцієнт заповнення бункера кормом; γ – об'ємна маса корму, кг/м³.

Коефіцієнт заповнення бункерів спеціальних засобів механізації (виконують функцію лише роздавача) може досягати $\beta = 0,9 - 0,95$. У варіантах з комбінованими засобами, коли роздавач здійснює ще й інші функції (наприклад, подрібнення, змішування) коефіцієнт заповнення бункера визначають з умов ефективного виконання зазначених функцій. Так, стосовно порційних змішувачів коефіцієнт β рекомендується $\beta \leq 0,7 - 0,8$, а для подрібнювачів – $\beta < 2/3$.

10.5.5.3. Продуктивність агрегата

До визначення цього параметра можна підходити, наприклад, з норм зоотехнічних вимог, якими обмежується допустима тривалість роздавання кормів у тваринницькому приміщенні. Тоді за відомої довжини фронту годівлі (або приміщення) можна визначити швидкість $v_{агр}$ переміщення агрегату (чи його робочого органу – для стаціонарних засобів) вздовж годівниць:

$$v_{агр} = \frac{L_{ф.г}}{t_{доп}}, \quad (10.3)$$

де $L_{ф.г}$ – шлях переміщення агрегату в процесі роздавання кормів у тваринницькому приміщенні, м; $t_{доп}$ – допустима тривалість роздавання кормів в одному приміщенні, с.

З урахуванням швидкості переміщення кормороздавача та забезпечення заданої норми видачі q корму і визначають необхідну продуктивність процесу і засобів роздавання $Q_{\text{роз}}$:

$$Q_{\text{роз}} = q z v_{\text{агр}}, \quad (10.4)$$

де z – кількість ліній годівлі, що забезпечуються кормами за один цикл їх роздавання одним засобом.

10.5.5.4. Основні параметри роздавачів

Відповідно до визначеної рівнянням (10.4) продуктивності роздавача і конструктивних особливостей функціональної схеми розраховують його основні параметри.

Стрічкові роздавачі. Їх використовують на фермах для доставки кормів від кормоцехів або сховищ і їх роздавання. Вони виготовляються із безконечної, покритої гумою, стрічки, в якій одна або обидві вітки робочі, а також із стрічки з тросом або ланцюгом. Залежно від призначення транспортерів використовують різні конструкції опор стрічки.

Стрічка може мати форму жолоба, що дає можливість краще її завантажити і збільшити продуктивність транспортера, рухатися по суцільному або з вікнами дну годівниці.

Продуктивність стрічкового транспортера Q_c (кг/с) можна визначити за такою формулою:

$$Q_c = F_{\Pi} v_c \gamma_k, \quad (10.5)$$

де F_{Π} – площа поперечного перерізу корму на стрічці, м^2 ; v_c – швидкість стрічки, м/с ; γ_k – щільність корму на стрічці, кг/м^3 .

Площа поперечного перерізу корму на стрічці (рис. 10.33) становить:

$$F = F_1 + F_2. \quad (10.6)$$

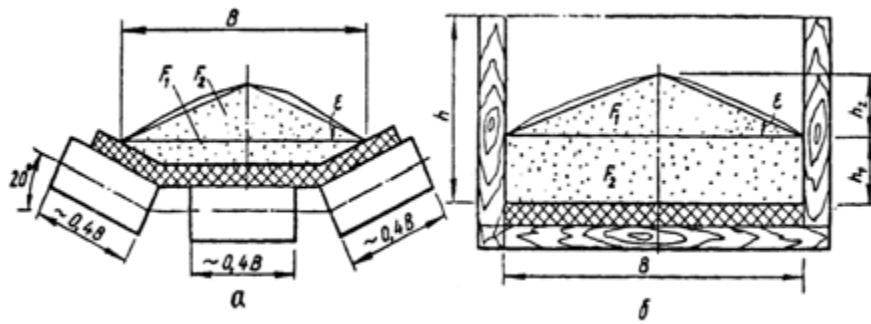


Рис. 10.33. Поперечний переріз стрічкового транспортера на роликових опорах (а) та на дні жолоба (б)

Для стрічки з роликовими опорами (рис. 10.33, а) F_1 – це площа трапеції, а F_2 – площа рівнобедреного трикутника, бокові сторони якого мають нахил до основи під кутом природного схилу ε корму на стрічці під час руху.

Цей кут дорівнює:

$$\varepsilon = 0,35 \varepsilon_0,$$

де ε_0 – кут природного схилу корму в спокої, град.

Щоб запобігти втрати корму, ширина його b на стрічці повинна дорівнювати:

$$b = (0,80 \dots 0,85) B, \quad (10.7)$$

де B – ширина стрічки, м.

З урахуванням залежностей (11.6) і (11.7) визначимо:

$$F_1 = \frac{(0,80 \dots 0,85)B + (0,45 \dots 0,55)B}{2} 0,2B \sin 20^\circ \approx 0,045B^2;$$

$$F_2 = \frac{0,8B \cdot 0,4B \tan \varepsilon}{2} = 0,16B^2 \tan \varepsilon;$$

$$F = B^2 (0,045 + 0,16k_c \tan \varepsilon), \quad (10.8)$$

де $k_c = 0,85 \dots 1$ – коефіцієнт, який враховує зменшення висоти шару корму залежно від нахилу стрічки в межах $0 \dots 20^\circ$.

Підставляємо значення F у рівняння (11.5) і одержимо формулу для визначення продуктивності транспортера з роликовими опорами:

$$Q_c = B^2 v_c \gamma_k (0,045 + 0,16 k_c \tan \varepsilon). \quad (10.9)$$

Відповідно виразу (11.9) необхідна ширина стрічки становить:

$$B = \sqrt{\frac{Q_c}{v_c \gamma_k (0,045 + 0,16 k_c \operatorname{tg} \varepsilon)}}. \quad (10.10)$$

Для плоскої стрічки, розміщеної у жолобі годівниці (рис. 10.33, б), загальна площа F може бути визначена як сума площ чотирикутника F_1 і трикутника F_2 :

$$F_1 = h_1 B, F_2 = h_2 B/2,$$

$$\text{а } F = h_1 B + h_2 B/2.$$

$$\text{Якщо } h = \frac{B}{2} \operatorname{tg} \varepsilon, \text{ то}$$

$$F = B(0,25 k_c B \operatorname{tg} \varepsilon + h_1). \quad (10.11)$$

За рівняннями (10.5) і (10.11) одержимо формула для визначення продуктивності транспортера з плоскою стрічкою:

$$Q_{\Pi} = v_c \gamma_k B (0,25 k_c B \operatorname{tg} \varepsilon + h_1). \quad (10.12)$$

Ланцюгово-скребкові роздавачі транспортують корм у відкритих жолобах годівниць. Кожен скребок транспортує порцію корму, яка приблизно дорівнює призмі волочіння (рис. 10.34).

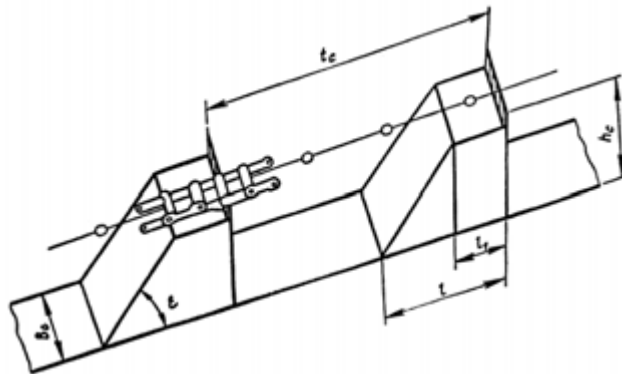


Рис. 10.34. Схема до розрахунку параметрів ланцюгово-скребкового транспортера

Об'єм V_{Π} порції корму перед скребком становить:

$$V_{\Pi} = \frac{l_1 + l}{2} h_c b_c, \quad (10.13)$$

де h_c – висота скребка, м; b_c – ширина скребка, м; l_1 і l – верхня і нижня основа призми переміщуваного корму, м:

$$l = l_1 + h_c \operatorname{tg} \varepsilon.$$

Після підстановки l у рівняння (10.13), одержимо:

$$V_{\Pi} = \left(l_1 + \frac{h_c c \operatorname{tg} \varepsilon}{2} \right) h_c b_c; \quad \varepsilon = (0,7 \dots 0,8) \varepsilon_0 \quad (10.14)$$

Продуктивність ланцюгово-скребкового транспортера Q_{Π} (кг/с) становить:

$$Q_{\Pi} = \frac{V_{\Pi} v_{\Pi} \gamma_K}{t_c}, \quad (10.15)$$

де $v_{\Pi} = 0,25\text{--}0,5$ м/с – швидкість руху ланцюга із скребками; t_c – крок скребоків, $t_c = (6 \dots 8) h_c$, м.

Враховуючи, що $l_1 = k_1 h_c$ і $b_c = k_2 h_c$, де k_1 і k_2 – коефіцієнти пропорційності, формула (11.15) матиме вигляд:

$$Q_{\Pi} = \left(k_1 + \frac{c \operatorname{tg} \varepsilon}{2} \right) k_2 \gamma_K \frac{v_{\Pi}}{t_c} h_c^3. \quad (10.16)$$

Звідси висота скребка:

$$h_c = \sqrt{\frac{Q_{\Pi} t_c}{(k_1 + (c \operatorname{tg} \varepsilon) / 2) k_2 \gamma_K v_{\Pi}}}. \quad (10.17)$$

У деяких випадках транспортери працюють в умовах, коли їх скребки повністю заглиблені в корм і товщина його шару в кілька разів перевищує висоту скребка.

Продуктивність такого транспортера визначається за формулою:

$$Q_{\Pi} = k_0 k_v k_{\Gamma} k_{\Pi} b h v_{\Pi} \gamma_K \varphi, \quad (10.18)$$

де k_0 – коефіцієнт швидкості, який враховує відставання корму від ланцюга із скребками ($k_0 = 0,45\text{--}0,8$ – для подрібнення зернових кормів; $k_0 = 0,6\text{--}0,9$ – для неподрібнених зернових кормів); $k_v = 1,05\text{--}1,30$ – коефіцієнт ущільнення корму в жолобі; $k_{\Gamma} = 0,95$ – коефіцієнт, який враховує об'єм жолоба, зайнятий ланцюгом і скребками; $\varphi = 0,5\text{--}0,9$ – коефіцієнт заповнення жолоба кормом.

Трубчасті (гвинтові, спіральні, шайбові) конвеєри. Їх пропускна здатність або продуктивність $Q_{\text{тр}}$ (кг/с) залежить від площі поперечного перерізу кормопроводу, коефіцієнта його заповнення та швидкості переміщення корму v_K (м/с) і визначається рівнянням:

$$Q_{\text{тр}} = \frac{\pi d_{\text{тр}}^2}{4} v_K \gamma_K \beta, \quad (10.19)$$

де $d_{\text{тр}}$ – внутрішній діаметр кормопроводу, м; β – коефіцієнт заповнення кормом трубопроводу, $\beta = 0,8\text{--}0,9$.

Швидкість переміщення корму в трубопроводі обумовлюється вибором типу робочого (тягового) органу. Так, для шайбових (скребкових) варіантів вона дорівнює швидкості руху самого робочого органу; для гвинтових та спіральних – залежить від кроку гвинтової поверхні S та частоти обертання $n_{\text{г}}$ робочого органу:

$$v_{\text{к}} = S n_{\text{г}}. \quad (10.20)$$

Крім того слід мати на увазі, що частота обертання гвинта (шнека або спіралі) повинна задовольняти умові переміщення корму в осьовому напрямку кормопроводу.

За результатами аналізу траєкторії переміщення матеріалу у гвинтовому конвеєрі М.К. Штуков отримав рівняння, що визначає критичну (мінімальну) частоту обертання $n_{\text{кр}}$ (с^{-1}) робочого органу. Для найскладніших умов транспортування вертикальними ділянками $n_{\text{кр}}$ можна визначити за формулою:

$$n_{\text{кр}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g \operatorname{tg}(\alpha + \varphi)}{f_{\text{к}} R_{\text{г}}}}, \quad (10.21)$$

де g – прискорення сили тяжіння, м/с^2 ; α – кут підймання (нахилу) гвинтової поверхні, град; φ – кут тертя матеріалу по гвинтовій поверхні, град; $f_{\text{к}}$ – коефіцієнт тертя матеріалу по кожуху гвинта; $R_{\text{г}}$ – внутрішній радіус кормопроводу.

Пересувні бункерні роздавачі. Вони оснащуються транспортерно-бітерними, скребковими, шнековими чи іншими розвантажувально-дозуючими пристроями, які й визначають продуктивність відповідного роздавача.

Для варіанту з транспортерно-бітерними дозуючими пристроями продуктивність $Q_{\text{р}}$ (кг/с) залежить від площі поперечного перерізу бункера (кузова) та швидкості подачі $v_{\text{п}}$ (м/с) повздовжнього транспортера і становить:

$$Q_{\text{р}} = B_{\text{к}} H_{\text{к}} v_{\text{п}} \gamma_{\text{к}} \mu, \quad (10.22)$$

де $B_{\text{к}}$ і $H_{\text{к}}$ – відповідно ширина та висота шару корму в кузові роздавача, м; γ – щільність корму, кг/м^3 ; μ – коефіцієнт, що враховує

відставання корму від полотна повздовжнього транспортера (для ущільненого шару $\mu = 0,96\text{--}0,98$, а не ущільненого $\mu = 0,8\text{--}0,96$).

Можливі максимальні розміри B_k і H_k обумовлюються розмірами кормового проходу (дверей тваринницького приміщення, рис. 10.35):

$$B_k = B_{\text{пр}} - 2\Delta B; \quad H_k = H_{\text{пр}} - (\Delta H + H_{\text{пл}}),$$

де $B_{\text{пр}}$ і $H_{\text{пр}}$ – відповідно ширина і висота дверного проїому тварин-ницького приміщення, м; ΔB і ΔH – відповідно боковий та верхній зазори (запаси), які забезпечують вільний в'їзд-виїзд кормороздавача у приміщення та з нього (рекомендується не менше 0,1 м); $H_{\text{пл}}$ – висота платформи роздавача, м.

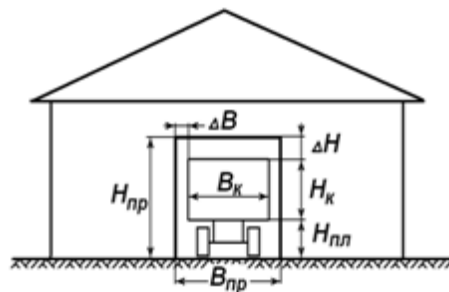


Рис. 10.35. Схема до визначення ширини і висоти мобільного кормороздавача

При визначених B_k і H_k необхідний корисний об'єм бункера згідно рівняння (10.2) досягається за рахунок відповідної довжини його:

$$L_6 = \frac{V_6}{B_k H_k}.$$

Для забезпечення стабільної роботи роздавача необхідно дотримуватися умови, щоб пропускна здатність бітерного пристрою була рівною або ж перевищувала максимально можливу подачу повздовжнього транспортера. Це досягається вибором більшої швидкості штифтів бітерів за величину подачі транспортера.

Безперервність процесу при заданій нормі видачі корму в годівниці відповідно до рівняння (10.4) буде забезпечена у тому випадку, коли подача корму повздовжнім транспортером за рівнянням (10.22) узгоджується із швидкістю переміщення агрегату. За цієї умови і визначають швидкість $v_{\text{п}}$ подачі повздовжнього транспортера:

$$v_{\Pi} = \frac{qz v_a}{BH \gamma_k \mu}, \quad (10.23)$$

де v_a – швидкість переміщення агрегата, м/с.

Гідравлічні та пневматичні системи транспортування і роздавання кормів повинні мати таку мінімальну продуктивність $Q_{\Gamma-\Pi}$ (м³/с), яка б забезпечувала тварин, що знаходяться в одному блоці чи приміщенні, необхідною нормою годівлі протягом обумовленого зоотехнічними нормативами часу:

$$Q_{\Gamma-\Pi} = \frac{m g_{\text{раз}}}{t_d \gamma_k}, \quad (10.24)$$

де m – поголів'я тварин, яке обслуговується установкою протягом допустимого часу t_d роздавання кормів (для стаціонарних засобів, $t_d \leq 600$ с); $g_{\text{раз}}$ – разова норма видачі корму на 1 голову, кг; γ_k – об'ємна щільність корму, кг/м³.

Відповідно до продуктивності гідравлічної системи вибирають потужність насоса. Продуктивність компресора Π_k (м³/с) для пневматичних систем розраховують за формулою:

$$\Pi_k = \frac{Q_{\Gamma-\Pi} P}{\phi}, \quad (10.25)$$

де P – величина робочого тиску в системі, кН/м²; ϕ – коефіцієнт, що враховує лінійні втрати, $\phi = 0,8$.

Для попередження залягання корму у трубопроводі необхідно, щоб він рухався не повільно, а під певним швидкісним тиском. Тому робочий тиск в системі кормопроводів повинен бути не нижчим $P=20-30$ кН/м². Деякі інші параметри пневматичної системи роздавання кормів можна визначати, дотримуючись закону Бойля-Маріотта:

$$VP = V_p P_p, \quad (10.26)$$

де V – загальний об'єм пневмосистеми, м³:

$$V = V_{\text{пр}} + V_{\text{кп}}, \quad (10.27)$$

$V_{\text{пр}}$ – об'єм продувочного котла (див. рівняння (11.2), м³; $V_{\text{кп}}$ – об'єм кормопроводу, м³:

$$V_{\text{кп}} = \frac{\pi d_{\text{тр}}^2}{4} l_{\text{тр}}, \quad (10.28)$$

$d_{\text{тр}}$ і $l_{\text{тр}}$ – відповідно діаметр і довжина (максимальна) кормопроводу, м; V_p і P_p – відповідно об'єм (м^3) і тиск повітря (кН/м^3) ресивера.

Тиск у ресивері вибирають з таким розрахунком, щоб він перевищував робочий P (у системі) на величину, достатню для компенсації місцевих втрат тиску у кормопроводі (вони залежать від конкретної схеми трубопровідної мережі). Тоді:

$$V_p = \frac{VP}{P_p}. \quad (10.29)$$

Діаметр кормопроводу $d_{\text{тр}}$ визначають з рівняння його пропускної здатності, яка повинна бути не менше продуктивності пневматичної (гідравлічної) системи:

$$d_{\text{тр}} \geq \sqrt{\frac{Q_{\text{Г-П}}}{\pi v_c}}, \quad (10.30)$$

де v_c – середня швидкість переміщення корму трубопроводом, м/с.

10.5.5.5. Загальна потужність приводу

При роботі *механічних транспортерних засобів* потужність приводу споживається на переміщення корму в зону годівлі тварин, підймання його на необхідну висоту, подолання супутніх опорів руху корму тощо. У загальному вигляді потужність приводу N (кВт) залежить від продуктивності транспортера Q і має такий вираз:

$$N = \frac{1}{\eta} k_{\text{п}} Q L (\xi \cos \alpha + \sin \alpha), \quad (10.31)$$

де $k_{\text{п}}$ – коефіцієнт, що враховує опір на поворотах та деякі інші, $k_{\text{п}} = 1,2$; L – довжина транспортера, м; ξ – коефіцієнт опору рухові корму, який залежить від типу транспортера та виду вантажу (корму), вибору матеріалу для жолоба транспортера; η – коефіцієнт корисної дії (к.к.д) транспортера.

Для визначення потужності приводу *пневматичної (гідравлічної) установки* необхідно знати її продуктивність $Q_{\text{Г-П}}$ ($\text{м}^3/\text{с}$) та повний

робочий тиск P_{Π} в системі, який складається з динамічного P_d і статичного P_c тисків. Тоді:

$$N = \frac{Q_{\Gamma-\Pi} P}{\eta_{\Pi}}, \quad (10.32)$$

де η_{Π} - повний к.к.д системи, визначається як добуток к.к.д складових елементів системи (компресора, вентилятора чи насоса; підшипників, передач тощо).

Загальна потужність привода *платформного кормороздавача*:

$$N = N_{\Pi} + N_c, \quad (10.33)$$

де N_{Π} – потужність приводу на переміщення завантаженої платформи, кВт; N_c – споживана потужність приводу дозуючих та скидальних робочих органів, кВт.

Перша складова рівняння (10.33) має вираз:

$$N_{\Pi} = 9,81 \frac{G_{\Pi} \nu_{\Pi} \omega_c}{\eta}, \quad (10.34)$$

де G_{Π} – маса завантаженої платформи, кг; ν_{Π} – швидкість переміщення платформи, м/с; $\omega_c = 0,15 - 0,3$ – коефіцієнт опору перекочуванню платформи; η – к.к.д передачі.

Дозуючі ж органи потребують такої потужності приводу:

$$N_c = \frac{R_x \nu_c k_c}{\eta}, \quad (10.35)$$

де R_x – опір руху робочих органів, Н; $k_c = 1,3 - 1,5$ – коефіцієнт, який враховує тип робочих органів, зміну фізико-механічних властивостей кормів тощо; ν_c – швидкість дозуючих робочих органів, м/с.

11. ПРИБИРАННЯ ТА УТИЛІЗАЦЯ ГНОЮ

11.1. Загальні відомості

Своєчасне прибирання тваринницьких приміщень та видалення гною, ефективне використання його – одна з важливих народногосподарських проблем, значення якої зростає залежно від укрупнення ферм. Удосконалення їх технічного оснащення, підвищення вимог до санітарно-гігієнічних умов утримання тварин, а також до якості продукції, що виробляється. Проблему прибирання та утилізації гною розглядають, враховуючи такі питання: забезпечення фізіологічного комфорту для утримання тварин, захист навколишнього середовища, використання гною, в першу чергу, як органічного добрива. Ця проблема охоплює три складних завдання: прибирання тваринницьких приміщень і видалення гною в сховища; складування, знезараження, зберігання та використання.

Досвід проектування та експлуатації тваринницьких підприємств свідчить, що технологічні і технічні рішення стосовно наведених завдань зумовлюються способом утримання тварин, консистенцією гною та напрямом його використання.

Основні вимоги до технології і засобів для видалення, зберігання, переробки та використання гною визначені нормативно-технічними документами на проектування таких систем, а також ветеринарно-санітарними і гігієнічними вимогами щодо обладнання технологічних ліній прибирання, обробки, знезараження та утилізації гною на тваринницьких фермах і комплексах.

При проектуванні систем прибирання, видалення, обробки та використання гною слід враховувати прогресивні технології і дотримуватися умов, які забезпечують:

- повне використання всіх видів гною та його складових як добрива для сільськогосподарських угідь або сировини для виробництва комплексних органічно-мінеральних добрив чи інших виробничих потреб;
- виконання ветеринарних і санітарно-гігієнічних вимог експлуатації тваринницьких підприємств при мінімальних витратах води, а також вимог законодавства щодо охорони навколишнього середовища;

- підвищення рівня механізації та автоматизації виробничих процесів.

Особливу увагу необхідно приділяти правильному вибору технології і способів видалення гною з тваринницьких приміщень, оскільки від цього залежать капіталовкладення в будівництво споруд подальшої обробки та експлуатаційні витрати, пов'язані з утилізацією гною.

Систему та способи видалення гною вибирають залежно від виробничого напрямку, потужності тваринницького підприємства. Місця його розміщення. Технології утримання і годівлі тварин, наявності водних та енергетичних ресурсів тощо. Важливе значення для створення умов нормальної експлуатації тваринницьких приміщень взагалі і видалення з них гною, зокрема, має конструктивно-технічне рішення стійл, чи станків для тварин, а також вибір засобів механізації прибирання та видалення гною.

При утриманні тварин на суцільній підлозі у стійлах та боксах гній нагромаджується протягом доби у задній частині їх підлоги, а також у проходах для тварин. У стійлах більша частина його розміщується на відстані $1/3$, а в боксах на $2/3$ довжини підлоги від гнойового проходу. У боксах, на вигульно-кормових майданчиках та проходах для тварин гній збирається протягом 2-3 діб. Інтенсивне занесення гною ногами у бокси починається тоді, коли товщина його шару в проходах і на вигульно-кормових майданчиках перевищує 2-3 см.

Для забезпечення необхідних санітарних умов і мікроклімату в приміщеннях зі стійл гній видаляють 3-5 разів на добу вручну або за допомогою засобів механізації, а з боксів, проходів для тварин і вигульно-кормових майданчиків один раз через 2-3 доби. Зі станків для утримання свиней гній видаляють не менше одного разу на добу.

Якщо після прибирання місць відпочинку тварин залишається гною більше $0,15-0,20 \text{ кг/м}^2$, то дуже забруднюються їх шкіра і вим'я, утворюються умови виникнення інфекційних та інвазійних захворювань. При випарюванні вологи із залишеного гною повітря у приміщенні забруднюється шкідливими газами, підвищується його відносна вологість. Крім того, на випарювання 1 кг вологи необхідно витратити 2,4 МДж теплоти.

Щоб забезпечити потрібний мікроклімат у приміщенні, необхідно шкідливі гази і вологу видалити з нього за допомогою системи вентиляції, а це потребує додаткової витрати енергії.

Видалення гною із приміщень і вигульно-кормових майданчиків – найбільш трудомісткий процес, який становить від 30 до 50 % затрат праці по догляду за тваринами, із них половина припадає на транспортування гною. Так, на фермі, де утримується одна тисяча голів великої рогатої худоби, щорічно одержують до 20 тис. м³ гнойових стоків, а на свинокомплексі для вирощування і відгодівлі 108 тис. голів – до 1 млн. м³ гнойових стоків.

Гній – це якісне органічне добриво. Проте він потребує знезараження, оскільки містить велику кількість різних мікроорганізмів, яєць і личинок гельмінтів, насіння бур'янів та інших шкідливих речовин, які забруднюють навколишнє середовище.

Ефективне вирішення проблеми механізації прибирання та утилізації гною потребує комплексного підходу, починаючи з виробничих операцій всієї технологічної лінії від стійла тварин і до місця використання гною як добрива із дотримання вимог охорони навколишнього середовища та забезпечення необхідних санітарно-гігієнічних умов роботи обслуговуючого персоналу.

Технологічний процес видалення і утилізації гною включає такі операції: доставка і розподіл підстилки у місцях відпочинку тварин; прибирання тваринницьких приміщень і видалення з них гною; транспортування гною від приміщень до гноєсховища або місць приготування компосту; знешкодження і переробка його або приготування компосту.

11.2. Значення механізації та основні вимоги

Роботи, пов'язані з доставкою і внесенням підстилки, прибиранням та транспортуванням гною, складають більше 50 % вантажів, що перевозять на тваринницьких фермах, а затрати праці на виконання цих робіт, залежно від рівня механізації та способів утримання тварин чи птиці складають від 10 до 50 % від всіх затрат на

їх обслуговування. Таким чином прибирання та видалення гною (особливо за низького рівня механізації) – це досить трудомісткий процес.

В умовах високої концентрації тварин і недостатнього рівня механізації чи не надійної роботи системи прибирання, транспортування та утилізації гній, замість цінної сировини для одержання органічного добрива може стати джерелом забруднення навколишнього середовища.

В зв'язку з відміченим вирішення проблеми гною, підвищення продуктивності і поліпшення умов праці, а також забезпечення високої якості органічного добрива безпосередньо обумовлюється раціоналізацією та автоматизацією виробничих процесів прибирання і утилізації гною.

Системи та технічні засоби прибирання і утилізації гною повинні забезпечувати постійну чистоту приміщень для утримання тварин та вигульних майданчиків, обмежувати утворення і проникнення в зону перебування худоби чи людей шкідливих газів.

Найтрудомісткішою операцією є очищення стійл чи станків. За більшості існуючих систем утримання цю роботу виконують переважно вручну або ж з частковою механізацією. Затрати праці на цю операцію досягають 65-85 % при прив'язному і до 50 % при безприв'язному утриманні від загальної трудомісткості процесу прибирання та видалення гною.

Трудомісткість прибирання гною значною мірою залежить від конструктивних особливостей стійлового або станкового (кліткового) обладнання. Основною величиною до його вибору повинно бути максимальне скорочення зон забруднення і створення зручностей як для тварин, так і для роботи обслуговуючого персоналу.

Поряд зі способом утримання, досить суттєвими стосовно затрат праці, а також дотримання санітарно-ветеринарних вимог є організаційні фактори, зокрема, кратність і періодичність прибирання гною. Так, за безприв'язного утримання рогатої худоби затрати праці значно менші порівняно з прив'язним. В першу чергу це пов'язано з тим, що кратність очищення боксів (один раз в 2-3 дня) менша ніж

стійл (3-6 разів за добу), оскільки в боксах гною накопичується значно менше (більша його частина зосереджена в проходах), ніж у стійлах.

Найменші затрати праці на прибирання гною мають місце в разі використання щілинної (сітчастої) підлоги за безпідстилкового утримання. Виробничий досвід свідчить, що утримання тварин на щілинній підлозі не справляє шкідливого впливу на тварин, якщо ця підлога відповідає певним вимогам. Співвідношення ширини щілин та планок повинне забезпечувати максимальне очищення підлоги від гною і поряд з тим не створювати незручностей для переміщення тварин. Для великої рогатої худоби рекомендується ширину планок підлоги приймати 40-100 мм, а щілин 30-40 мм; для свиней відповідно 35-40 і 20 мм.

Щілинну підлогу виготовляють з достатньо міцного, стійкого до агресивного середовища і дешевого матеріалу. Бажано, щоб цей матеріал мав теплоізоляційні властивості і не спричиняв інтенсивне стирання ратиць. Важливою характеристикою матеріалу підлоги є здатність до самоочищення, що зменшує затрати праці на прибирання приміщень (гною). Найчастіше для виготовлення щілинної підлоги використовують дерево, пластмасу, чавун, залізобетон. Кліткові батареї для утримання птиці мають підлогу з оцинкованої сталевий сітки.

11.3. Характеристика гною і підстилки

Для розрахунку технічних систем і засобів механізації видалення та утилізації гною необхідно знати деякі його властивості.

Гній – це складна полідисперсна багатофазна система, яка складається із твердих, рідких і газоподібних речовин. Структура і властивості його залежать від раціону і типу годівлі тварин, їх породи, виду, статі, віку та технології утримання. Підстилковий гній умовно називають твердим, а безпідстилковий – рідким (при вмісті сухих речовин менше 8 %) чи напіврідким (якщо їх більше 8 %).

Середня вологість підстилкового гною від великої рогатої худоби становить 75-90%, а без підстилкового 88-95 %: після видалення його гідравлічними системами – 94-98 %. На свинофермах відповідно

параметри становлять 80-90, 90-95, 96-99 %. Вологість, при якій коефіцієнти тертя мають найбільшу величину, називають критичною.

Соломистий гній має такі коефіцієнти тертя: по сталі – 0,7-1,3; по дереву – 0,6-1,2; по бетону – 0,6-1,4. Збільшення товщини шару гною у каналі призводить до зменшення коефіцієнтів тертя. Коефіцієнт тертя покою більше коефіцієнта тертя руху для торф'яного гною на 5-15 %, для соломистого на 15-30, для екскрементів на 30-40 %.

Важливою характеристикою гною є його щільність. Для соломистого гною великої рогатої худоби вона становить 530-890 кг/м³ (вологість 75-85 %), у межах 1010-1020 кг/м³; свинячого – 1050-1070 кг/м³; курячого посліду – 700-1005 кг/м³.

Показник липкості характеризує зусилля, необхідне для відривання гною від поверхні контакту. Із найбільшим зусиллям гній прилипає до дерева і гуми, з найменшим – до полімерних матеріалів. Максимальна липкість гною великої рогатої худоби – 6 кПа, свиней – 3 кПа. Щоб створити найкращі умови для відпочинку (теплої і сухої підлоги) застосовують підстилку.

Для цього використовують солому, торф, тирсу, стружку, листя і хвою дерев тощо. Підстилка зменшує втрати тепла тварин на нагрівання підлоги, поглинає рідкі виділення, технологічну воду і аміачний азот. Щоб збільшити поглинання води і газів, соломі подрібнюють на частки довжиною не більше 100 мм. Якщо підстилки недостатньо, то втрачається значна кількість вказаних речовин, а тварини і місця їх відпочинку дуже забруднюються, що призводить до втрат продуктивності. Кожен вид підстилки поглинає певну кількість води (табл. 11.1).

Найбільше вологопоглинання мають торф і тирса, проте вони дуже забруднюють поверхню тварин і кількість їх для підстилки обмежена. Тому для підстилки використовують в основному подрібнену солому.

Таблиця 11.1. - Здатність до поглинання води різних видів підстилкових матеріалів

Вид підстилки	Початкова вологість, %	Кількість вагових часток води, які поглинає одна частка підстилки
Солома озимої пшениці	14-30	2,8-3,5
Солома гороху	12-25	2,5-2,8
Солома ячменю	15-30	2,8-3,0
Торф	15-30	4,3-6,8
Тирса	14-25	4,0-4,5
Стружка дерева	12-20	3,0-3,5
Листя дерев	12-20	1,8-4,0
Хвоя дерев	15-30	1,5-2,5

11.4. Основні технології видалення та утилізації гною

Технологія видалення та утилізації гною зумовлюється насамперед його вологістю, яка залежить від способу утримання тварин у приміщеннях, а також кількості та варіанту використання підстилки.

На фермах великої рогатої худоби (при утриманні тварин на прив'язі) стійла прибирають 2-5 разів на добу. Гній видаляють за межі приміщення і транспортують у гноєсховище або на місце приготування компосту. При безприв'язному утриманні тварин на глибокому шарі підстилки гній видаляють двічі-тричі на рік, а з вигульних майданчиків – щоденно або раз у два-три дні, залежно від пори року. З приміщень, обладнаних боксами, гній прибирають також через два-три дні.

Якщо тваринницькі приміщення мають щільну підлогу, гній нагромаджується в каналах або сховищах під такою підлогою, звідки його видаляють періодично (з каналів у міру їх заповнення, зі сховищ – у міжсезоннях).

Структура технологічного процесу прибирання тваринницьких приміщень та використання гною включає комплекс операцій;

доставка і розподіл підстилки в місцях утримання тварин; прибирання й видалення гною з приміщень; транспортування його в гноєсховища або до місця приготування компосту; знешкодження і переробка гною або приготування компості; доставка органічних добрив на поле та внесення їх в ґрунт. Ефективнішими є технології, що забезпечують мінімальну вологу і максимальну збереженість цінних для добрива речовин.

Залежно від конкретних умов утримання тварин та консистенції гною набули поширення різні технологічні схеми його видалення і використання.

При прив'язному утриманні підстилковий гній (рис.11.1) із стійл прибирають вручну й завантажують на скребкові або скреперні установки. Останні видаляють гній за межі приміщення і завантажують у мобільні транспортні засоби. Складують гній у траншеї чи бурти.

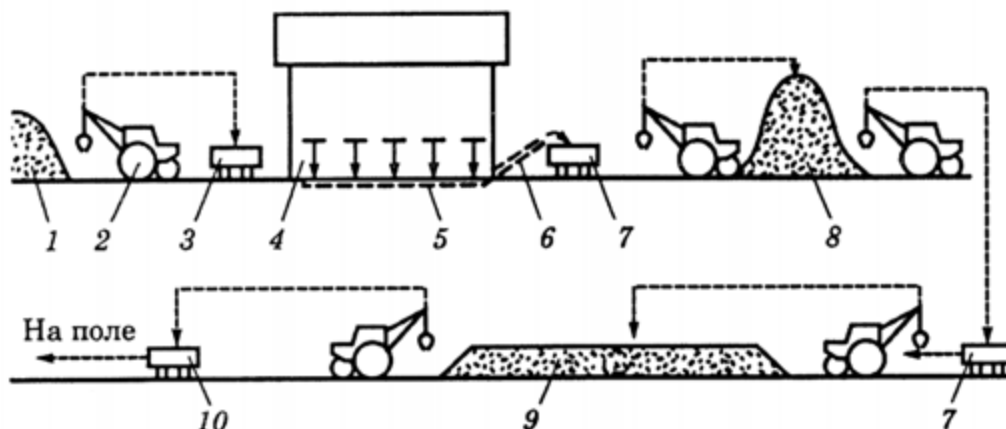


Рис. 11.1. Технологічна схема прибирання та утилізації підстилкового гною: 1 – склад підстилки; 2 – навантажувач; 3 – розкидач підстилки; 4 – тваринницьке приміщення; 5 – конвеєр для видалення гною; 6 – конвеєр-навантажувач; 7 – транспортний засіб; 8 – карантинно-компостний майданчик; 9 – гноєсховище; 10 – розкидач гною

Напіврідкий гній (рис.11.2) транспортером завантажується в приймальник насоса, який трубопроводом подає його в гноєзбірник. Після карантинної витримки гній використовують для приготування як органічного добрива.

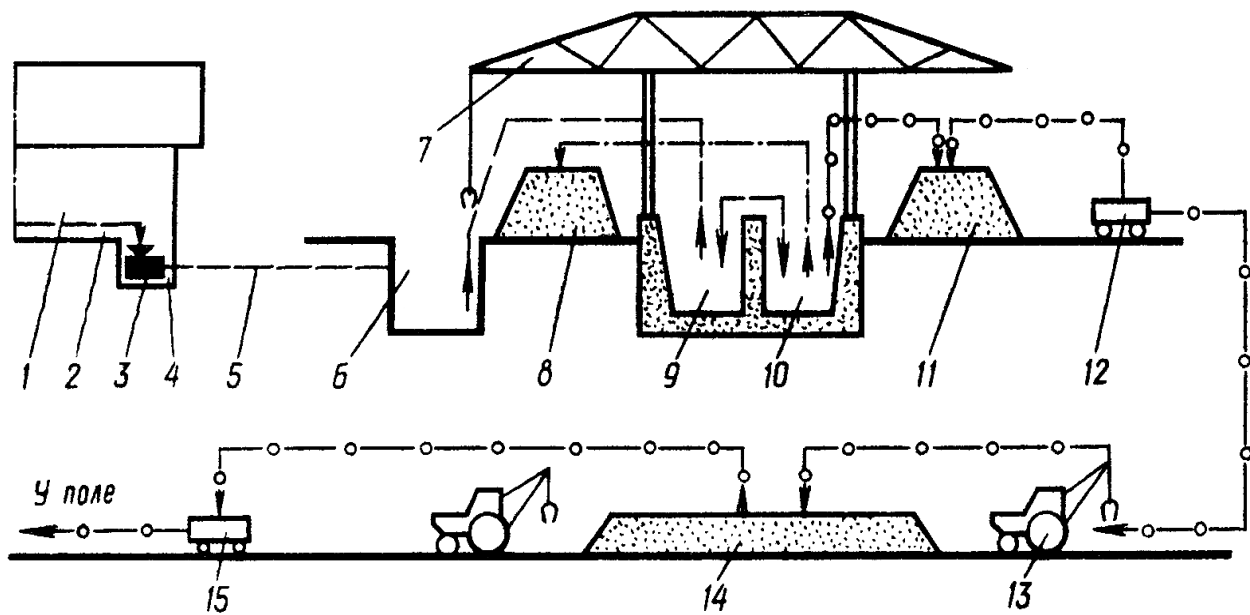


Рис. 11.2. Технологічна схема прибирання та утилізації напіврідкого гною:
1 – тваринницьке приміщення; 2 – транспортер для видалення гною;
3 – насосна установка; 4 – приямок; 5 – гноєспровод; 6 – гноєзбірник;
7 – кран; 8 – склад для зберігання торфу; 9 – карантинна секція
гноєсховища; 10 – секція приготування суміші; 11 – майданчик
компостування; 12 – транспортний засіб; 13 – навантажувач; 14 – сховище
для компосту; 15 – розкидач органічних добрив

Рідкий гній (рис. 11.3) крізь щілинну підлогу потрапляє в канали гідравлічної системи і надходить у гноєзбірник. Далі проходить переробку за однією із схем. Яка полягає у відокремленні грубо дисперсних включень, розділені на тверду та рідку фракції, гомогенізації, знезараженні, роздільному використанні фракцій як добрива чи для приготування компосту.

Застосування транспортерних установок для видалення гною полегшує ручну працю робітників ферми, але не усуває її, оскільки робітникам вручну доводиться очищати стійла від гною і скидати його у гнойовий канал (завантажувати на транспортер). З метою подальшого зниження затрат ручної праці застосовують варіанти утримання тварин на щілинній підлозі, яка в поєднанні з механічними засобами. Гідравлічними або гідропневматичними системами дає змогу повністю механізувати роботи, пов'язані з очищенням приміщень від гною, видалення його й транспортування у гноєсховища.

Надійне функціонування щільної підлоги можливе при виключенні або обмеженні використання дрібної підстилки (не більше 0,5-1 кг на одну голову великої рогатої худоби), що погіршує умови утримання тварин щодо сухості і теплоти підлоги. Для послаблення цього недоліку в корівниках з прив'язним утриманням щільну підлогу влаштовують тільки у кінці стійл, тобто там, де нагромаджується найбільше калу й сечі тварин. У свинарниках щільну підлогу обладнують теж тільки на певній площі підлоги свинарника (в зоні годівля – напування), де найбільше нагромадження гною. Зони відпочинку тварин (лігва) мають суцільну підлогу.



Рис. 11.3 Структурна схема переробки і використання рідкого гною:
 1 – тваринницьке підприємство; 2 – ємкість для прийому екскрементів;
 3 – біогазова установка; 4 – газгольдер для збору біогазу; 5 – вуглекислотна роздільна колонка; 6 – газгольдер з метаном; 7 – газгольдер вуглекислою;
 8 – отримання біологічного вітамінного концентрату;
 9 – газогенератор; 10 – вивіз отриманих мінеральних азотних добрив;
 11 – електронасос; 12 – пункт знезараження гною у випадках епізоотії;
 13 – теплиця вирощування гідропоніки; 14 - внесення мінеральних азотних добрив; 15 – лінія електропередач.

Крім того, недоліком гідравлічних систем видалення і транспортування гною є значні витрати води, випаровування якої

збільшує вологість повітря у тваринницькому приміщенні, що, в свою чергу, вимагає застосування інтенсивнішої вентиляції. Розрідження гною водою збільшує вихід його маси, утруднює зберігання, транспортування і подальше використання, особливо в зимовий період.

11.5. Класифікація і загальна оцінка технічних систем та засобів механізації

Технологічний процес прибирання тваринницьких приміщень, видалення та утилізації гною, як і будь-який інший, складається з основних та допоміжних операцій. Тому засоби їх механізації можна класифікувати, в першу чергу, за призначенням (рис. 11.4)

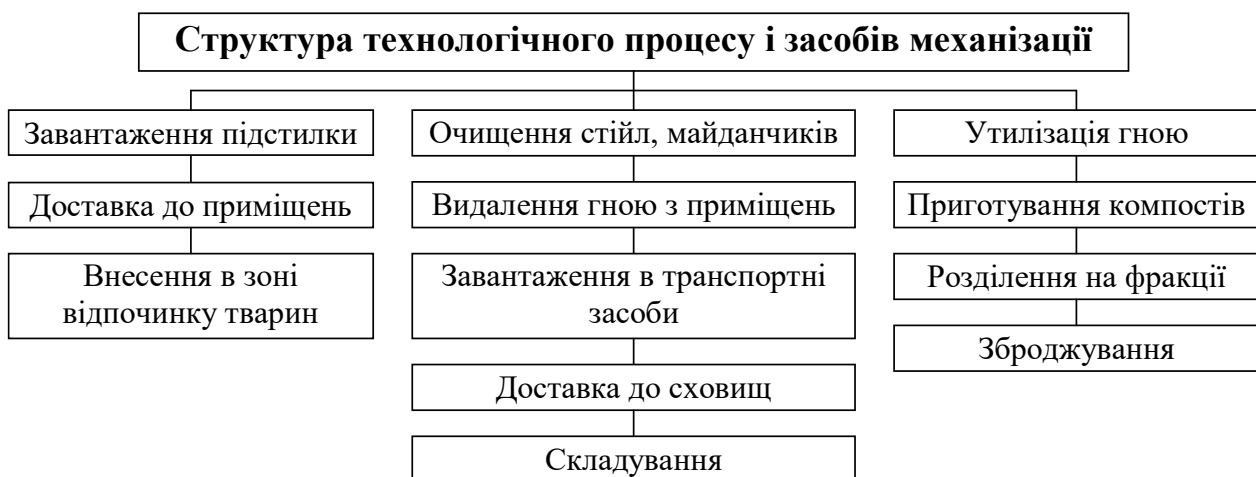


Рис. 11.4. Загальна схема технологічного процесу і класифікація за призначенням внесення підстилки, прибирання і утилізації гною засобів механізації

Крім призначення технічні системи та засоби механізації можна класифікувати і за іншими ознаками (рис. 11.5): спосіб використання: принцип дії, конструктивні ознаки робочих органів, тип їх приводу тощо.

За способом використання вони бувають пересувні та стаціонарні. Пересувні застосовуються для видалення гною зі стійл, боксів, вигульних майданчиків, а стаціонарні лише зі стійл і боксів. Привод робочих органів засобів механізації здійснюється за

допомогою двигунів внутрішнього згорання, а також від електродвигунів.

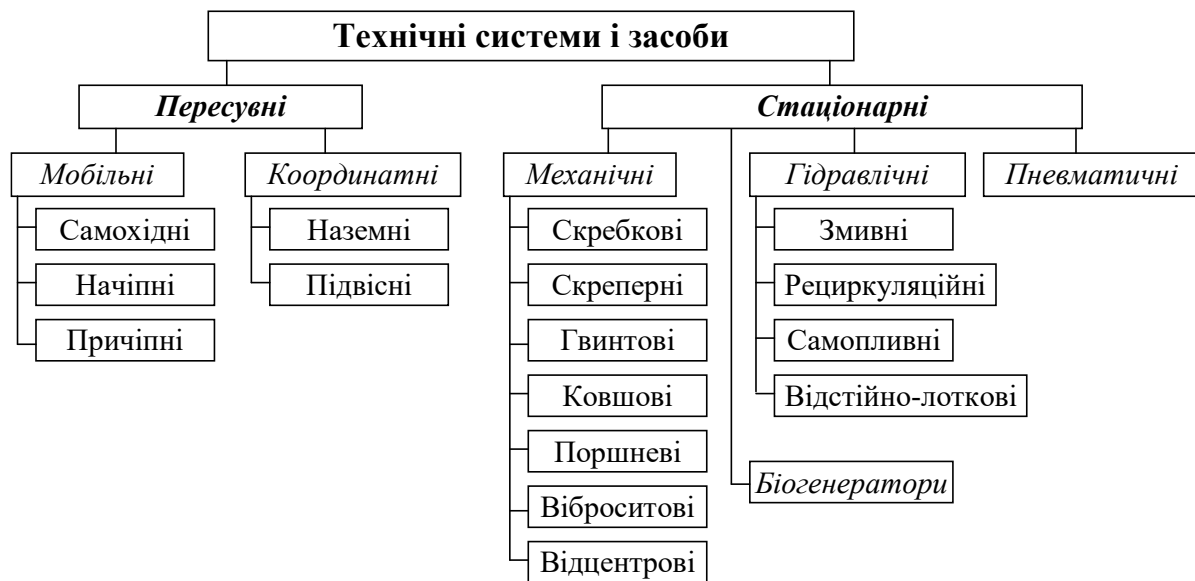


Рис. 11.5. Загальна класифікація технічних систем і засобів прибирання, видалення та утилізації гною

Детальніше можливі варіанти засобів механізації розглянемо залежно від їх призначення та конструктивних особливостей.

11.6. Внесення підстилки

Затрати праці на внесення підстилки і затрати праці на її внесення – на фермах великої рогатої худоби з безприв’язним утриманням на глибокому шарі незмінної підстилки і найменші – за безприв’язного утримання у приміщеннях з боксами.

Доцільно використовувати такий спосіб доставки і внесення підстилки, при якому відсутні перевантажувальні операції, тобто доставка підстилки у тваринницькі приміщення та її внесення виконуються однією машиною.

За характером використання засоби механізації доставки і внесення підстилки поділяються на стаціонарні і мобільні. До стаціонарних належать всі види транспортерів, розміщені у годівниці або за її межами. Ці транспортери розподіляють підстилку по стійлах, станках або клітках. До мобільних належать тракторні або

автомобільні бункерні роздавачі, розкидачі чи інші машини, якими можна перевозити та вносити підстилку.

Стаціонарні засоби внесення підстилки не знайшли широкого використання на фермах, тому що вони конструктивно складні і мало завантажені протягом доби. Ширше використовують мобільні. Ці засоби механізації мають велику маневреність і продуктивність, крім того, використовуються й на інших операціях (наприклад, роздавання кормів). Особливо це важливо на невеликих або середніх фермах, де нераціонально мати спеціальну машину для внесення підстилки, оскільки вона буде недостатньо завантажена протягом доби.

На фермах великої рогатої худоби при безприв'язному утриманні підстилку необхідно розподілити по поверхні зони відпочинку тварин рівномірним шаром, а при прив'язному в стійлах – 2/3 норми вносити під передні ноги тварин, тобто на 1/3 довжини стійла з боку годівниці. На свинофермах і вівцефермах підстилку необхідно розподіляти рівномірно по всій площі зони відпочинку тварин.

Продуктивність W_n (кг/с) визначається за формулою:

$$W_n = L_n v_k h_n \rho_n, \quad (11.1)$$

де L_n – ширина смуги розкидання підстилки, м; v_k – швидкість руху агрегату, м/с; h_n – товщина шару підстилки, м; ρ_n – щільність підстилки, кг/м³.

Швидкість руху агрегату у приміщеннях повинна бути не більше 1,5-2 км/год, (0,3-0,6 м/с).

Ширина смуги розкидання визначається рівнянням:

$$L_n = \frac{k_d k_m v_e^2}{g} \left\{ \ln \left(\frac{v_a}{2v_e} \left[\frac{2h_0 g}{v_e^2} + 0,7 + \frac{1}{2} \ln \left(1 + \frac{v_a^2}{v_e^2} + \arctg \frac{v_a}{v_e} \right) \right] \right) + 1 \right\}, \quad (11.2)$$

де v_e – швидкість вільного падіння, м/с; v_a – швидкість кидання часток підстилки, м/с; h_0 – висота розміщення ротора над підлогою, м; g – прискорення від сили тяжіння, м/с²; $k_d = 0,95-1,25$ – коефіцієнт, який враховує норму внесення підстилки; $k_m = 1,5-2,5$ – коефіцієнт, який враховує швидкість руху ротора.

Радіус ротора R можна визначити за формулою:

$$R = \frac{v_a}{\omega \sqrt{1 + (\sqrt{f^2 + 1} - f)^2}}, \quad (11.3)$$

де ω – колова швидкість, 1/с; f – коефіцієнт тертя підстилки по пальцю ротора.

Кількість рядів пальців на роторі:

$$K_p = \frac{2\pi}{\omega t_e}, \quad (11.4)$$

де ωt_e – кут розвантаження пальців ротора, рад

$$\omega t_e = \frac{1}{\sqrt{f^2 + 1} - f} \ln \frac{2R(1 + f^2 - f\sqrt{f^2 + 1})}{r_0}$$

Радіус r_0 – вала ротора:

$$r_0 = R + \delta - \frac{q k_c}{b_c v_m k_m \rho_n}, \quad (11.5)$$

де δ – відстань між кінцями пальців ротора і транспортером, м; q – подача транспортера, кг/с; b_c – ширина транспортера, м; v_m – швидкість руху транспортера, м/с; $k_c = 0,90-0,95$ – коефіцієнт ущільнення підстилки; k_m – коефіцієнт проковзування підстилки на транспортері.

11.7. Прибирання та видалення гною з приміщень

Належно від способу використання (пересувні, стаціонарні) засоби механізації прибирання гною можуть мати робочі органи різного типу (скребкові, лопатеві, щіткові або комбіновані) та характеру дії (активні чи пасивні).

Скребкові робочі органи у свою чергу, бувають з жорстко і шарнірно закріпленими скребками. Засоби механізації із шарнірно закріпленими скребками значно зменшують травматизм під час їх роботи, обминаючи перепони, а надійність і довговічність їх значно вища.

Лопатеві та щіткові засоби закріплюють на горизонтальному або вертикальному валу (роторі) який обертається навколо своєї осі.

Залежно від технології утримання тварин технічні системи і засоби механізації видалення гною із приміщень поділяються на механічні і гідравлічні. Перші у свою чергу, за характером використання бувають пересувні (мобільні, координатні) і стаціонарні.

Гідравлічні системи включають канали, виготовлені з бетону для нагромадження і транспортування гною, щільну підлогу, яка перекриває канали, зливні бачки і трубопроводи для подачі води в канали.

За способом видалення гною з каналів вони поділяються на самопливні і змивні, самопливні у свою чергу – на системи безперервної дії і періодичної. Зливні системи бувають каналні та безканалні, з використанням води для змиву або гнойових стоків, тобто прямозмивні або рециркуляційні.

11.7.1. Мобільні засоби

До мобільних засобів видалення гною із приміщень, вигульно-кормових майданчиків, проходів для тварин та інших місць належать: бульдозери, фронтальні важільні навантажувачі періодичної дії, обладнані бульдозерною начіпкою ковшового типу, і гноєприбиральні машини безперервної дії різних конструкцій. На тваринницьких фермах використовують в основному бульдозери загального призначення, начеплені на колісні або гусеничні трактори.

Бульдозери виготовляють з неповоротним відвалом, жорстко закріпленим у положенні, перпендикулярному до поздовжньої осі трактора, або з поворотним, положення якого можна змінювати на кут до 45° у горизонтальній площині і до 5-10° у вертикальній. З метою підвищення продуктивності бульдозера його обладнують боковими рухомими або нерухомими закрілками. Їх застосовують для прибирання гною в приміщеннях і на вигульних майданчиках.

Агрегат мобільний (рис.11.6) призначений для очищення відкритих гноєпроходів в тваринницьких приміщеннях, а також вигульних майданчиків з твердим покриттям. Він складається із змонтованої на трубчастій зварній рамі лопати, яка має короб і дві опорні лижі.

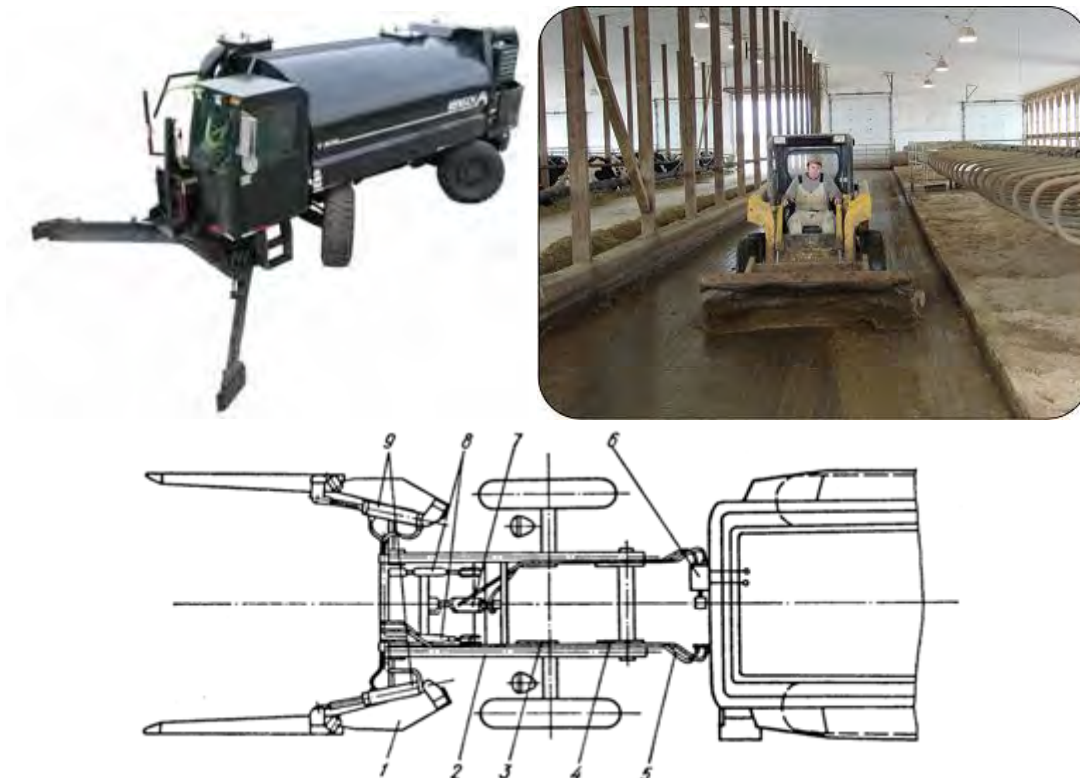


Рис. 12.6. Загальні вигляди (зверху) та схема мобільного агрегату для видалення гною:

1 – лопата; 2 – рама; 3 – кронштейн; 4 – навіска; 5 – маслопроводи гідросистеми; 6 – гідророзподільник; 7 – гідроциліндр для опускання і підймання лопати; 8 – регулювальні тяги; 9 – гідроциліндри лопати

Агрегат оснащений гідросистемою (два гідро циліндра для відкриття і закриття лопатей, гідроциліндр для підймання та опускання лопати, гідророзподільник)

Продуктивність бульдозера Π при видаленні і переміщенні гною в гноєсховище дорівнює:

$$\Pi = \frac{V_n k_e \rho}{t_u}, \quad (11.6)$$

де V_n – об'єм гною, який переміщує відвал, м^3 ; k_e – коефіцієнт використання часу роботи бульдозера; ρ – щільність розрихленого гною, кг/м^3 ; t_u – тривалість одного циклу видалення гною, с.

Об'єм гною, який переміщує відвал бульдозера, дорівнює призмі волочіння (рис. 11.7) і розраховується за формулою:

$$V_n = \frac{LB^2 K_n}{2K_p \text{tg}\varphi_0}, \quad (11.7)$$

де L – ширина відвала, м; B – висота відвала, м; K_n – коефіцієнт, який враховує втрати гною під час його переміщення, $K_n=0,5-0,95$; K_p – коефіцієнт розпушення гною; φ_0 – кут схилу ґрунту.

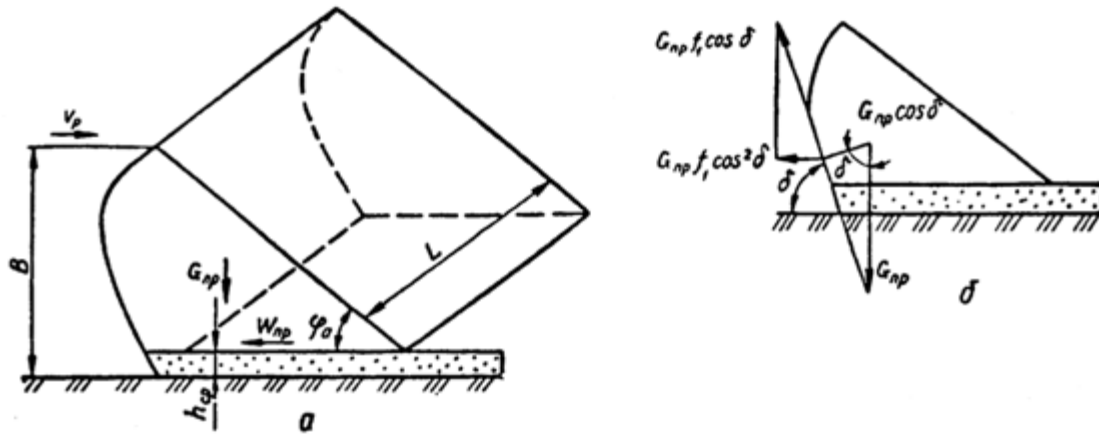


Рис. 11.7. Призма волочіння (а) та переріз призми (б) перед відвалом бульдозера

Тривалість циклу видалення гною дорівнює:

$$t_u = \frac{2l}{v_p + v_x} + 2t_c + t_0, \quad (11.8)$$

де l – відстань видалення і транспортування гною, м; v_p – робоча швидкість руху трактора, м/с; v_k – швидкість холостого ходу трактора, м/с; t_c – час переключення передач, $t_c = 4-5$ с; t_0 – час підйому і опускання відвалу, $t_0 = 1-2$ с.

У відвала ковшового типу об'єм гною, який він переміщує, збільшується на об'єм ковша. Такими відвалами обладнують фронтальні важільні навантажувачі.

З урахуванням геометричних розмірів відвалу бульдозера і кута природного схилу гною, масу G_{np} (кг) призми волочіння можна визначити з достатньою точністю за формулою:

$$G_{np} = \frac{\rho L B h_{cep}}{\operatorname{tg} \varphi_0}, \quad (11.9)$$

а площу F_h (м²) вертикального перерізу шару гною перед лопатою бульдозера:

$$F_h = h_{cep} b_0 \sin \varphi_0, \quad (11.10)$$

де $h_{сер}$ – середня товщина шару гною; m b_0 – частина довжини ножа, яка працює, м; φ_0 – кут повороту відвала в горизонтальній площині, град.

Аналогічно розраховуються продуктивність фронтальних навантажувачів, обладнаних відвалами ковшового типу, які використовуються для видалення гною з приміщень і вигульно-кормових майданчиків.

11.7.2. Стаціонарні механічні засоби

До стаціонарних засобів видалення гною із приміщень належать скребково-ланцюгові транспортери кругового і зворотно-поступального руху, гвинтові, а також скребкові і ковшові скреперні установки. Скребково-ланцюгові та гвинтові транспортери, як правило, використовуються для видалення гною із приміщень при прив'язному утриманні великої рогатої худоби і свиней в індивідуальних та групових станках.

Скреперні установки застосовуються при прив'язному і безприв'язному у боксах утриманні великої рогатої худоби, а також свиней в індивідуальних і групових станках. Найбільшого розповсюдження набули скребкові транспортери для видалення гною з приміщень і одночасного завантаження його у транспортні засоби, а при транспортуванні у гноєзбірник – конвеєри. При боксовому утриманні великої рогатої худоби для прибирання гною з відкритих гнойових проходів шириною 1,8-3 м призначені скреперні установки.

Більшість скребкових конвеєрів для видалення гною з тваринницьких приміщень аналогічні за конструкцією – мають горизонтальний і похилий транспортери переважно з індивідуальними, іноді із суміщеним проводами, а також шафу керування.

Скребковий конвеєр (рис. 11.8) призначений для видалення гною з тваринницьких приміщень та одночасного завантаження його в транспортні засоби. Він має горизонтальний і похилий конвеєри з індивідуальними приводами, а також шафу керування.

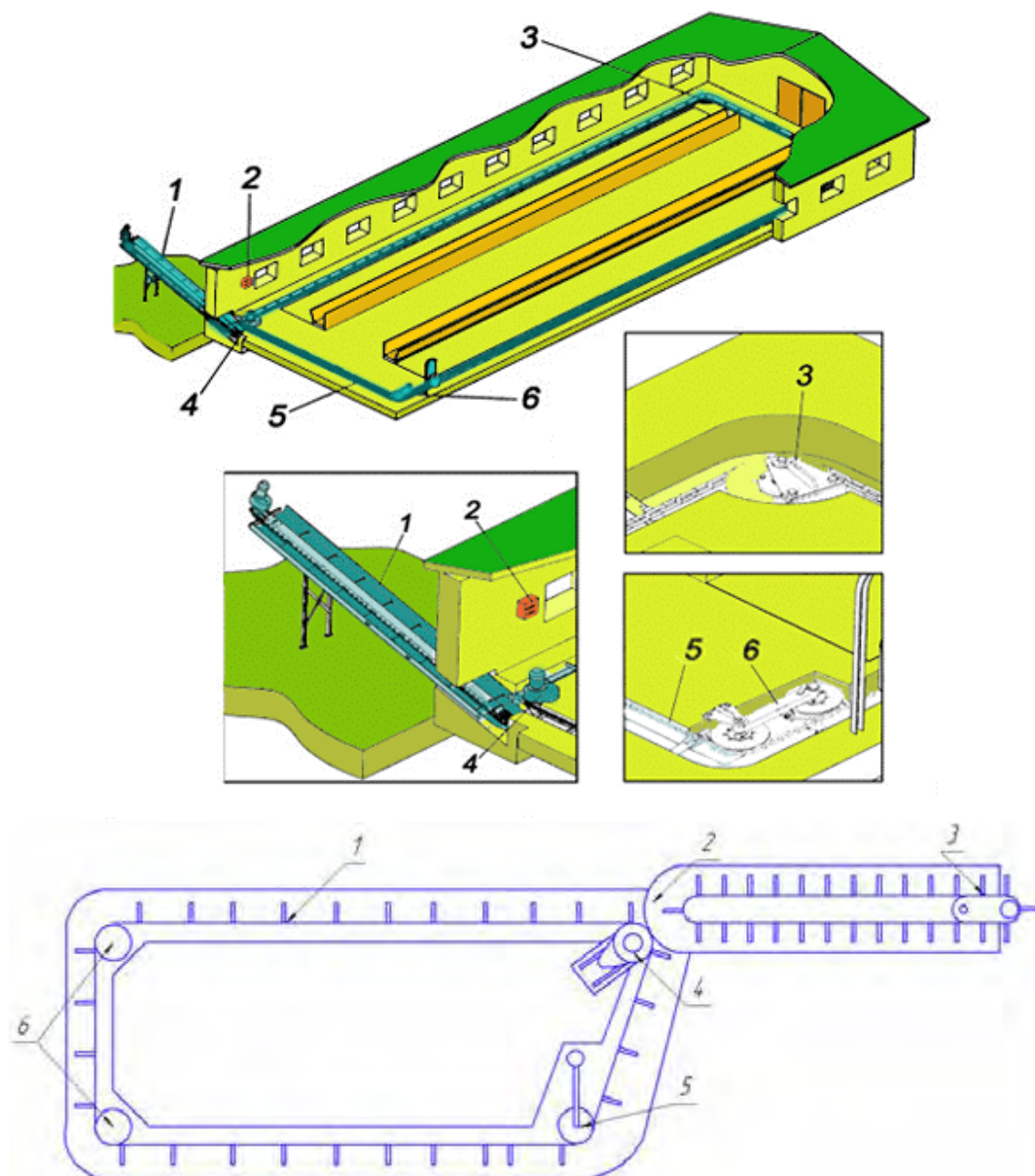


Рис. 11.8. Схема скрепкового гноєзбирального конвеєра:
1 – горизонтальний конвеєр; 2 – похилий конвеєр; 3 – привід похилого транспортеру; 4 – привідна станція горизонтального конвеєра;
5 – натяжний пристрій; 6 – поворотні зірочки

Ланцюг горизонтального конвеєра кругло ланковий, нерозбірний, термічно оброблений. Ланцюг складається з вертикальних і горизонтальних ланок і кронштейнів для кріплення скребок. Кронштейни приварені до вертикальних ланок, за допомогою болтів прикріплені скребки.

У процесі експлуатації ланки спрацьовуються і виникає потреба вкорочення горизонтального конвеєра вирізанням ланок. Це виконують на ділянці між приводом і натяжним пристроєм. Кінці

вкороченого ланцюга з'єднують за допомогою спеціальної ланки зі вставкою, яку після цього приварюють.

Натяжний пристрій призначений для підтримання постійного натягу ланцюга. Він складається з поворотного пристрою, ролика, важеля з напрямною, стояка, контейнера для вантажу і каната. Натягування здійснюється автоматично провертанням важеля з рухомим роликом в інтервалі 60° . Це відповідає подовженню ланцюга на 0,5 м. Зусилля натягу ланцюга регулюється масою вантажу, який вміщують у контейнер. Нормальний натяг ланцюга за його довжини 160 м і триразового прибирання гною (на добу) забезпечується загальною масою вантажу 100-120 кг. При цьому ланцюг вільно сходить із привідної зірочки, не намотуючись на неї.

Поворотний пристрій призначений для зміни напрямку руху ланцюга в місцях повороту гнойового каналу. Він складається зі скоби, до якої двома болтами прикріплена пластина. В отвори скоби та пластини встановлено вісь, на якій на двох підшипниках обертається зірочка.

Похилий конвеєр призначений для завантаження гною, що подається з горизонтального конвеєра у транспортні засоби. Він складається (рис. 11.9) з корита, поворотного пристрою, ланцюга зі скребками. Приводу та опорного стояка. Ланцюг похилого конвеєра уніфікований з ланцюгом горизонтального. Відстань між скребками похилого конвеєра менша, а швидкість більша, ніж горизонтального. Це передбачено для узгодження подачі конвеєрів і кращого видалення рідких фракцій гною. Натяг ланцюга похилого конвеєра здійснюється натяжним гвинтом.

Конвеєр може працювати в каналах із додатковим жолобом для ланцюга, коли скребки розміщені над ланцюгом і без додаткового жолоба з розміщенням скребків під ланцюгом. У першому випадку забезпечується якісніше прибирання гною за використання будь-якої кількості підстилки (солома, тирса, торф тощо).

У каналах без додаткового жолоба для ланцюга (з розміщенням скребків під ланцюгом) рекомендується використовувати конвеєри тільки для прибирання без підстилкового гною або гною з невеликою

кількістю подрібненої підстилки. За значної кількості підстилки конвеєр у цьому варіанті працює незадовільно. Для поліпшення його роботи у гнойовий канал подають воду.

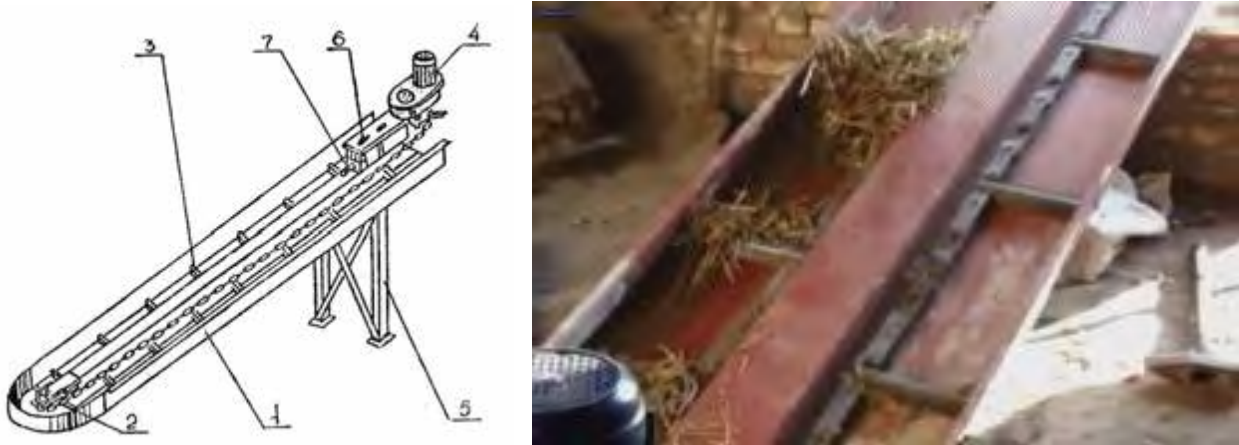


Рис. 11.9. Загальний вигляд похилого конвеєра:

**1 – стояк; 2 – корпус; 3 – поворотна зірочка; 4 – ланцюг зі скребками;
5 – натяжний гвинт; 6 – рама; 7 – привід**

Прибирати гній скребковими конвеєрами потрібно не менше трьох разів на добу. Крім того, в разі застосування для підстилки соломи її бажано подрібнювати на часточки не довші 100 мм, щоб скребки горизонтального конвеєра під час скидання гною на похилий конвеєр не доводилося очищати вручну за допомогою спеціального скребка. Безпосередньо перед пуском конвеєра потрібно впевнитися у відсутності сторонніх предметів у гнойовому каналі, в разі потреби зняти перехідні містки для забезпечення вільного проходу гною в зоні їх розміщення. Взимку, крім того, слід переконатися, що ланцюг і скребки похилого конвеєра не примерзли до жолобів, за потреби легкими ударами звільнити їх.

За ввімкненого конвеєра гній зі стійл вручну за допомогою скребка скидають у гноєві канали на конвеєр, який видаляє його з приміщення і завантажує у транспортні засоби. При цьому з метою скорочення часу роботи конвеєра очищати стійла потрібно за напрямком руху ланцюга, починаючи від натяжного пристрою.

Перевагою такого конвеєра порівняно з іншими скребковими конвеєрами є поліпшення умов праці внаслідок використання

автоматичного натяжного пристрою ланцюгового контуру, зменшення на 25 % на технічне обслуговування, скорочення затрат праці під час монтажу, зниження металомісткості.

Продуктивність (подача) Q кг/с скребкового конвеєра визначається за формулою:

$$Q = hb\rho_2 vk, \quad (11.10)$$

де h – висота призми волочіння, яка дорівнює в середньому глибині канавки, м; b – ширина канавки, м; ρ_2 – щільність гною, кг/м³; v – швидкість руху ланцюга транспортера, м/с; k – коефіцієнт подачі.

Щоб виключити травмування тварин при можливому контакті їх зі скребками, швидкість транспортера рекомендується вибирати в межах $v=0,15-0,24$ м/с (тобто не більше 0,24 м/с).

Коефіцієнт подачі:

$$k = k_1 k_2 k_3 k_4 k_5,$$

де $k_1=0,5$ – коефіцієнт заповнення канавки; $k_2=1,13$ – коефіцієнт, який враховує ущільнення гною при його переміщенні скребками; $k_3=0,90-0,95$ – коефіцієнт, який враховує нерівномірність швидкості руху ланцюга; $k_4=0,97$ – коефіцієнт, який враховує об'єм канавки, зайнятий ланцюгом і скребками; $k_5=0,8-1$ коефіцієнт, який враховує кут нахилу похилого транспортера.

Висота скребка транспортера повинна бути в межах 1/2-2/3 глибини канавки, а його довжина – достатньою для того, щоб забезпечити зазор 0,015-0,025 м між його кінцем і стінкою жолоба при прибиранні соломистого гною і 0,005-0,01 м при прибиранні екскрементів і торф'яного гною.

Під час роботи транспортера скребок, закріплений консольно на ланцюгу, відхиляється від нормалі в бік стінки канавки (проти напрямку руху).

Для забезпечення нормальних умов його роботи (рис.11.10) необхідно, щоб виконувались умови $\operatorname{tg}\alpha < \operatorname{tg}\psi_1$, які забезпечують відсутність руху гною вздовж скребка, тобто кут α відхилення скребка від перпендикулярного положення до напрямку руху ланцюга не повинен перевищувати величину кута ψ_1 тертя гною по скребку.

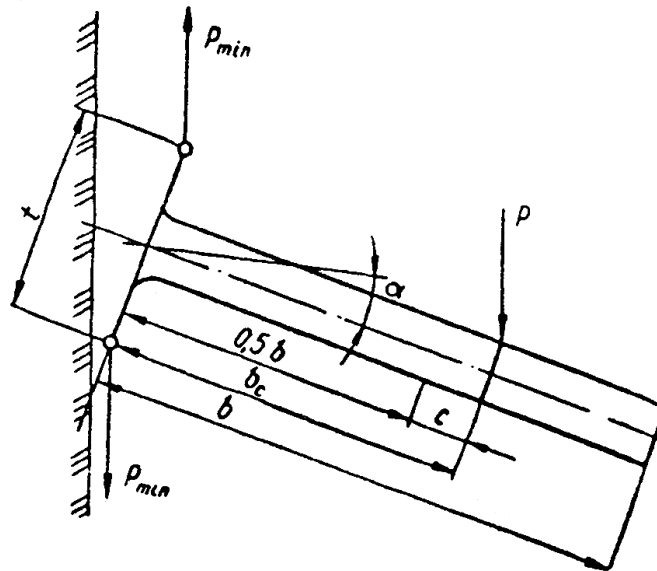


Рис. 11.10. Схема сил, які діють на скребок транспортера

Необхідний мінімальний попередній натяг P_{min} ланцюга визначають за формулою:

$$P_{min} = \frac{P_0 b_c}{t_{\psi} (\operatorname{tg} \alpha_{max} - f^2 \operatorname{tg}^2 \alpha_{max})} - \frac{P_0}{2(1 - f_1 \operatorname{tg} \alpha_{max})}, \quad (11.11)$$

де P_0 – опір руху скребка при його розташуванні перпендикулярно до стінки канавки, Н; b_c – відстань від ланцюга до місця прикладання сили P , м; t_{ψ} – крок ланцюга, м; $\alpha_{max}=15^\circ$ – максимально допустимий кут нахилу скребка; f_1 – коефіцієнт тертя гною по боковій стінці канавки.

$$P_0 = P(1 - f_1 \operatorname{tg} \alpha);$$

$$b_c = 0,5b + c.$$

При $\alpha=0$, $c=0,01-0,02$ м, а при $\alpha=15^\circ$ $c=0,03-0,04$ м.

Скребкові транспортери зі зворотно-поступальним рухом складаються з горизонтального і похилого транспортерів. Залежно від типу тягового органа вони поділяються на штангові і тросові з вертикальною або горизонтальною віссю кріплення скребоків.

Горизонтальний штанговий транспортер з вертикальною віссю кріплення скребоків складається з ланцюга зі скребками, з'єднувального ланцюга, штанги зі скребками, поворотного пристрою і приводної станції. Штанги зі скребками призначені для переміщення гною у поздовжній ділянці канавок. Штанга виготовлена з металевго прутка, на якому вертикально закріплені осі з надітими на них скребками. Дві

штанги з'єднані між собою ланцюгами, які обгинають натяжний пристрій і зірочку приводної станції. Під час роботи, при русі штанги уперед, скрепки просуваються в цьому ж напрямку гній; рухаючись назад, скрепки складаються і повертаються у вихідне положення.

При видаленні гною з відкритих гнойових каналів або проходів застосовуються скреперні установки зі зворотно-поступальним рухом робочих органів, так звані „дельта-скрепери”, які працюють подібно до скребоків штангових транспортерних установок.

Скреперні установки призначені для прибирання гною великої рогатої худоби із тваринницьких приміщень за боксового і комбінованого утримання тварин. Установки уніфіковані.

Скреперна установка (рис. 11.11) складається з приводу 1, тягових ланцюгів 4 і 8, проміжних штанг 3 і 7, поворотних роликів 5. Привід установки включає два спарені редуктори, електродвигун, механізм реверсування та ведучу зірочку.

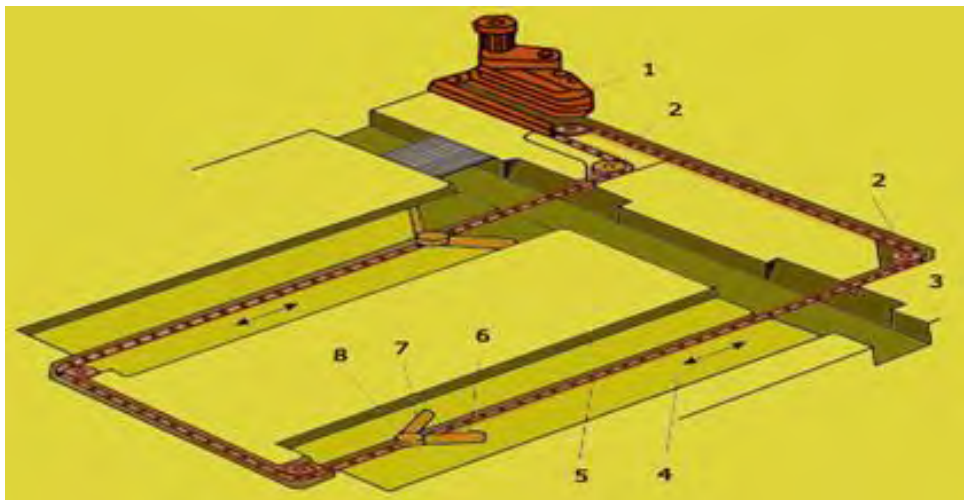


Рис. 11.11. Схема скреперної установки:

1 – урухомник; 2 – поворотні ролики, 3 – поперечний гнойовий канал, 4 – повздовжні гнойові канали, 5 – тягові ланцюги, 6 – скрепери; 7 – повзун, 8 – шарнір

Тяговий орган установки має два відрізки кругло ланкового ланцюга: перший з'єднує два передні скрепери і приводиться в рух ведучою зірочкою приводу, другий з'єднує два задні скрепери і переміщується по роликах поворотних пристроїв. Кожна пара скреперів сполучена між собою за допомогою проміжних штанг.

Скрепер – це робочий орган, що збирає і переміщує гній каналами. Він складається з повзуна 6 (рис. 11.12) шарніра 2, натяжного пристрою 3 та двох скребків 1 і 4. Залежно від ширини каналу розсувні скребки виставляють на ширину очищення від 1,8 до 3 м. На кінцях скребків болтами прикріплені гумові чистики, які очищають від гною стінки каналу.

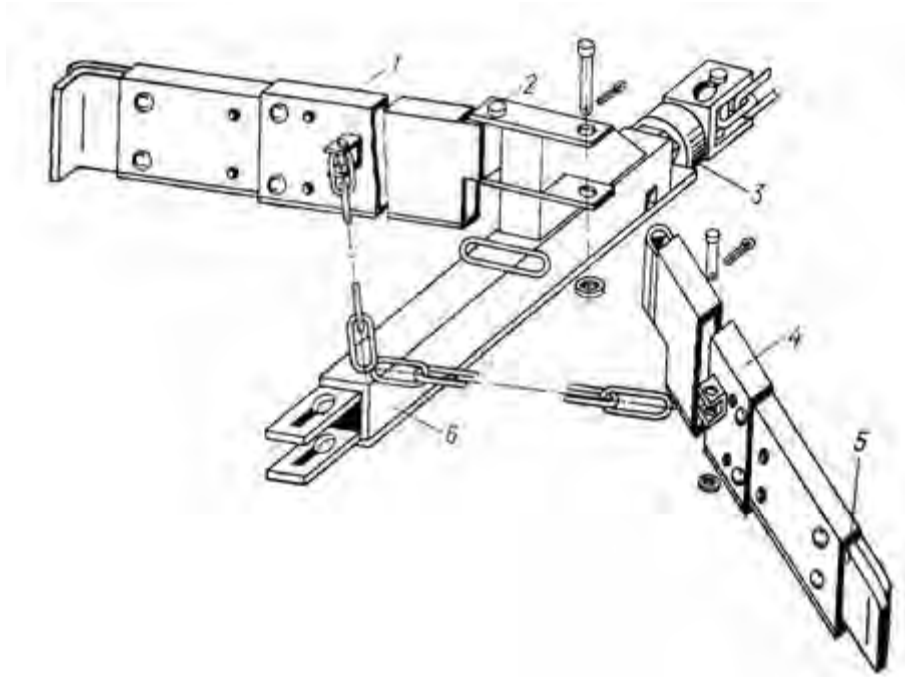


Рис. 11.12. Скрепер установки:
1, 4 – скребки; 2 – шарнір; 3 – натяжний пристрій;
5 – гумовий чистик; 6 – повзун

Поворотні пристрої для зміни напрямку руху ланцюга встановлені на анкерних болтах, забетонованих у гнізда.

Скреперна установка має поступально-зворотний рух. За робочого ходу скребки в одному гнойовому проході за рахунок тертя з підлогою розкриваються на ширину каналу, захоплюють гній і переміщують його до поперечного гнойового каналу. Скребки іншого проходу в цей час складаються і здійснюють холостий хід у зворотному напрямку. Після того як скребок із гноєм дійде до місця розвантаження у поперечний канал (це може бути в кінці або посередині приміщення), напрямок руху скребків змінюється на зворотний. Установка працює в автоматичному режимі.

Швидкість руху конвеєра для видалення гною беруть $v \leq 0,24$ м/с, щоб запобігти травматизму тварин.

Застосування конвеєрних установок для видалення гною полегшує працю людей, але не усуває потребу в ній, бо вручну доводиться очищати стійла від гною і скидати його у гнойовий канал. З метою подальшого зниження затрат ручної праці влаштовують щілинну підлогу, яка у поєднанні з механічними, гідравлічними чи гідропневматичними засобами дає змогу повністю механізувати всі роботи, пов'язані з очищенням приміщень від гною, видалення його з приміщень і транспортування у гноєсховища.

Гній і сечу, що проходять крізь щілини і потрапляють у гнойовий канал. Можна видаляти конвеєрами, скреперами. Проте розміщення їх у гнойових каналах, закритих зверху щілинною підлогою, погіршує умови експлуатації. Тому частіше щілинну підлогу поєднують із гідравлічними системами видалення гною.

Подача Q скреперної установки штангового транспортера визначається за формулою:

$$Q = B_c \sin \alpha \cdot h_{сер} v_c \rho k_c, \quad (11.12)$$

де B_c – довжина скребка, м; α – кут установки скребка до напрямку його руху, град; $h_{сер}$ – середня товщина шару гною, м; v_c – швидкість руху скребка, м/с; ρ – щільність гною, кг/м³; $k_c=0,55-0,65$ – коефіцієнт подачі.

Довжина ходу штанги S залежить від кроку розміщення скребоків та кута нахилу скребка до штанги при холостому положенні. Щоб визначити оптимальне значення кута α , необхідно знати його вплив на подачу транспортера. Остання в свою чергу, залежить від площі поперечного перерізу маси гною, яку формує у вигляді валка скребок при холостому ході. Площа перерізу залежить в основному від величини верхньої і нижньої основ валка (рис. 12.13), середнє значення m_c яких дорівнює:

$$m_c = \frac{m + n}{2},$$

де m – нижня основа перерізу валка, м; n – верхня основа перерізу валка, м.

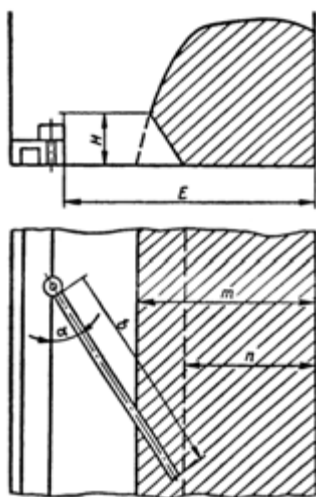


Рис. 11.13. Формування т призми волочіння перед скребком штангового транспортера

З іншого боку:

$$m_c = E - b \sin \alpha, \quad (11.13)$$

де E – робоча ширина канавки, м; b – довжина скребка, м.

Раціональна величина кута α , при якому забезпечується максимальне значення m_c , знаходиться у межах 17-20°.

Для обґрунтування кроку розміщення скребоків на штанзі визначимо довжину нижньої основи l_2 призми волочіння перед скребком (рис. 11.14):

$$l_2 = l_1 + \frac{h}{\operatorname{tg} \varphi_0},$$

де l_1 – довжина верхньої основи, м; h – висота призми волочіння, м; φ_0 – кут схилу гною, град.

Крок скребоків t повинен бути більше довжини основи призми волочіння l_2 .

Хід S штанги повинен забезпечувати вільний розворот скребка в робоче положення після того, як він пройде повз порцію гною, залишену переднім скребком. За таких умов:

$$S \geq a \cdot t + \Delta l, \quad (11.14)$$

де a – ціле число, що означає кількість, яку перекриває один хід штанги (для скреперних установок частіше за все приймають $a=1$); Δl – довжина ходу штанги, на якому забезпечується розворот скребка у робоче положення, м:

$$\Delta l = b \cos \lambda.$$

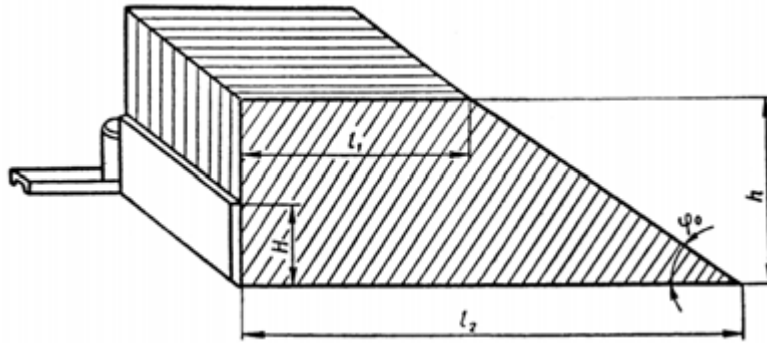


Рис. 11.14. Параметри призми волочіння перед скребком штангового транспортера

Значний вплив на якість видалення гною мають форма скребка і зазор між боковими стінками канавки і скребком.

Найкраще транспортують гній скребки, які мають відношення висоти H до його довжини у межах 0,2-0,25. У широкої і мілкої канавки зусилля на транспортування гною менше, ніж у вузької. Для усунення защемлення соломистого гною між скребком і стінкою канавки в час його розвороту необхідно кінець скребка зрізати під кутом до дна канавки. Величина кута защемлення має бути більшою суми кутів тертя гною по стінці канавки і скребку. Швидкість руху скребоків не повинна перевищувати 0,24 м/с.

11.7.3. Гідравлічні системи

Застосування транспортерних установок для видалення гною тільки полегшує працю людей, але не усуває її, бо вручну доводиться очищати стійла від гною і скидати його у гнойовий канал. З метою дальшого зниження затрат ручної праці останнім часом почали застосовувати щілинну підлогу, яка у поєднанні з механічними, гідравлічними або гідропневматичними засобами дає змогу повністю механізувати всі роботи, пов'язані з очищенням приміщень від гною, видалення його з приміщень і транспортування у гноєсховища.

Гній і сечу, що проходить крізь щілини і потрапляють у гнойовий канал, можна видаляти транспортерними установками або іншими механічними засобами. Проте розташування транспортерів для

видалення гною у гнойових каналах, закритих зверху щільною підлогою, погіршує умови їх експлуатації. Тому частіше щільну підлогу поєднують з гідравлічним способом видалення гною.

Розрізняють два типи систем видалення гною з приміщень: прямого змиву і самопливу. Системи прямого змиву бувають каналні та безканалні, з одноразовим або багаторазовим (рециркуляційні) використанням змивної рідини. Самопливні системи бувають тільки каналні безперервної або періодичної дії.

Прямозмивна канална і самопливні системи складаються із поздовжніх гноєприймальних каналів (лотків) перекритих щільною підлогою, і загального поперечного колектора, розміщеного посередині приміщення. Колектор проходить під одним чи кількома приміщеннями і з'єднаний з приймальним резервуаром (гноєзбірник).

Основними умовами безвідмовного функціонування систем є, перш за все, забезпечення ретельної гідроізоляції стиків та поверхні гнойових каналів, а також виключення потрапляння в них кормів, особливо стеблових, під час роздавання та згодовування тваринам.

Конструкція решіток має задовольняти певні виробничі та зооветеринарні вимоги: безпечність для тварин, надійність опори при їх вставанні та переходах (відстані між перегородками мають виключати можливість травмування ніг та дійок); зручність для прибирання з них гною; міцність і стійкість проти механічного та хімічного впливу.

На тваринницьких комплексах можна використовувати залізобетонні, азбестоцементні та чавунні решітчасті панелі.

Ширину і довжину поздовжніх каналів визначають залежно від рішень тваринницьких приміщень, виду та віку тварин, технології їх утримання. Мінімальну глибину каналу – 0,6 м, якщо довжина його не перевищує 10 м. При збільшенні довжини каналу до 20-25 м його глибина повинна бути не менше 1-1,2 м. У тому ж разі, коли довжина каналу перевищує 30 м, його доцільно виготовляти каскадним, поступово заглиблюючи його в напрямку поперечного каналу (колектора).

Дно каналу роблять горизонтальним або з нахилом до 0,005 у бік колектора. Для підвищення якості монтажу та зменшення затрат праці канали доцільно виготовляти із збірних елементів довжиною 3-6 м.

Поперечний канал обладнують на 0,35-0,5 м глибше порівняно з поздовжніми в місці їх стикування. Для виготовлення поперечного каналу (колектора) використовують азбестоцементні або залізобетонні труби діаметром 0,5-0,6 м.

У кінці кожного поздовжнього каналу, у місці його стикування з колектором встановлюють поріг, шибер та гідро-затвор. Гідрозатвор також слід обладнати і в кінці колектора перед гноєзбірником.

Крім того, в разі каскадного варіанта поздовжнього каналу, встановлюють пороги висотою 0,1-0,2 м, а також в кінці кожного каскаду.

Гідрозатвор – це металева перегородка, до якої кріпиться гумовий „фартух”, що вільно лежить на поверхні шару гною.

У варіантах *змивної системи* гній змивають і видаляють брандспойтами вручну або за допомогою спеціальних водоструминних пристроїв (рис. 11.15), які автоматично вмикаються через певні інтервали часу.

Недоліком такої системи видалення і транспортування гною є велика витрата води, випаровування якої збільшує вологість повітря у тваринницькому приміщенні, що, в свою чергу, вимагає застосування інтенсивнішої вентиляції. Крім того. Розрідження гною водою збільшує обсяг маси й утруднює її зберігання, транспортування і подальше використання, особливо в зимовий період.

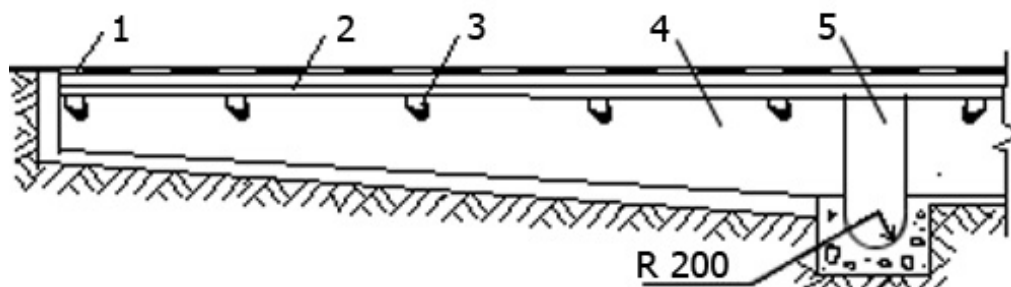


Рис. 11.15. Схема змивної системи прибирання гною:

Принцип дії *самопливної системи безперервної дії* (рис. 11.16, б) такий. Гній крізь щілини підлоги проштовхується ногами тварин у повздовжній канал, на дно якого попередньо заливають воду до рівня висоти порогу. У каналі гній перемішується з водою і починає бродити, утворивши рідку суміш з води, газів і твердих речовин. Щільність твердих речовин, а це в основному часточки екскрементів, менша, ніж рідини, тому вони спливають у верхні шари суміші. У разі потрапляння у канал нових порцій гною, а їх щільність більша, ніж суміші, вони провалюються на дно і змішуються з нижніми шарами рідини. При цьому верхні шари рідкого гною перетікають через поріг, потрапляють у магістральний колектор, а далі – у гноєзбірник.

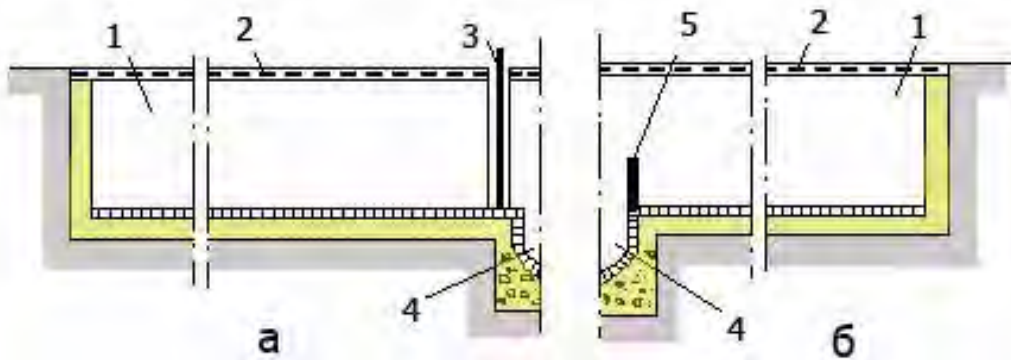


Рис. 11.16. Схеми відстійно-лоткової (а) та самопливної (б) систем прибирання і видалення гною

Така система працює надійно і безперервно протягом усього часу перебування тварин у приміщенні. Її недолік в тому, що постійний контакт через поперечний колектор гноєзбірника взимку призводить до охолодження щілинної підлоги і тварин, які на ній знаходяться. Цей недолік значно послаблюється у варіанті відстійно-лоткової гідросистеми.

Гноєприймальний канал самопливної системи періодичної дії (відстійно-лоткова) на виході обладнаний шибером (див. рис. 11.16, а), який роз'єднує його з магістральним колектором. Принцип дії цієї системи полягає в тому, що гній у каналі нагромаджується протягом 10-12 діб. Потім відкривають шибер, і гній перетікає у магістральний колектор, а по ньому – у гноєзбірник.

В процесі нагромадження у каналі гною і його бродіння виділяється тепло, яке підігріває щільну підлогу, чим підтримуються комфортніші умови в зоні перебування тварин.

На принципі дії самопливної системи видалення гною ґрунтується спосіб, який набув поширення у багатьох закордонних країнах і отримав назву «вакуумний спосіб» видалення гною свиней вологістю 85...92%. Монтують його так. Копають траншею, ґрунт ретельно ущільнюють і витримують нахил у бік накопичувача гною 0,5см на 1п.м. Вкладають труби діаметром 315 мм на дно траншеї. Монтують витяжно-всмоктувальний вентиль і витяжний вентиль біля коліна стояка труби.

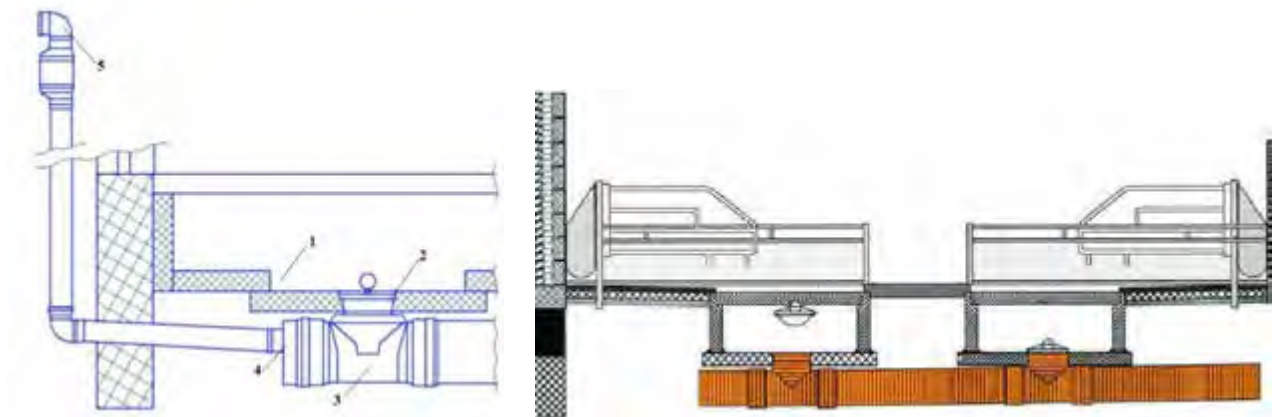


Рис. 11.16. Вакуумна система видалення гною

1 – чаша; 2 – пробка; 3 – трійник; 4 – редуктор; 5 – витяжка

Вакуумна система видалення гною працює так. Коли накопився гній під щільною підлогою, оператор за допомогою повідка піднімає за петлю корок, гній починає самопливом пересуватися в трійник і далі пластмасовою трубою до накопичувальної ємності біля приміщення свинарника. Відбувається засмоктування гною і протягом 5...7 хв увесь гній потрапляє в накопичувальну ємність. Потім оператор встановлює корок у попереднє положення. Витяжно-всмоктувальний вентиль виконує дві операції: коли система не працює, то він працює як витяжна вентиляція, а коли відбувається видалення гною із приміщення, через вентиль надходить повітря, яке допомагає транспортувати гній трубою в накопичувальну ємність. Залежно від способу утримання свиней видалення гною відбувається

один раз на тиждень (при дорошуванні) або два рази на тиждень (при відгодівлі).

11.7.4. Розрахунок параметрів гідравлічних систем.

Основними параметрами поздовжніх каналів є їх довжина L_k , ширина B_k і глибина H_k . Вони залежать від розмірів і планування тваринницьких приміщень, технології утримання, виду і віку тварин, вибору форми перерізу каналу.

Довжина гноєприймального каналу L_k дорівнює:

$$L_k = m_p b_c + l_c, \quad (11.15)$$

де m_p – кількість тварин у ряду, звідки гній потрапляє в канал; b_c – фронт годівлі однієї тварини, м; l_c – частина каналу, перекрита суцільною плитою, в межах якої не розміщені тварини, м.

Для приміщень, де тварин утримують у станках або боксах:

$$L_k = n_c b_c + l_c, \quad (11.15, a)$$

де n_c – кількість станків або боксів, які обслуговує канал; b_c – ширина станка або боксу, м.

Мінімальну ширину поздовжнього каналу в приміщеннях для утримання великої рогатої худоби визначають за формулою:

$$B_k = 2(l_k(1 - \varepsilon_p) + 0,2), \quad (11.16)$$

де l_k – коса довжина тулуба тварини, м; ε_p – коефіцієнт, що враховує різницю в розмірах тварин. Приймається 0,91 для стада з вирівняними розмірами тварин, 0,88 – для стада з різнорозмірними тваринами.

При утриманні свиней у групових станках ширину поздовжнього каналу визначають за умови:

$$B_k \geq l_m - \left(A + \frac{2}{3} B_c\right), \quad (11.17)$$

а в індивідуальних станках і боксах

$$B_k \geq (L_{cm} - l_m) + l_p, \quad (11.17, a)$$

де l_m – довжина тварини, м; A – ширина суцільної бетонної годівниці; $B_c=0,3-0,45$ м; L_{cm} – довжина станка або боксу, м; l_p – довжина решітчастої частини підлоги, де знаходяться тварини, $l_p=0,35-0,5$ м.

Для відлучення порослят і ремонтного молодняку рекомендується $B_k \geq 0,8$ м, для дорослих свиней – $B_k \geq 1,2$ м.

Ширину B_k збільшують з метою скорочення затрат праці на прибирання підлоги в стійлах, боксах, станках.

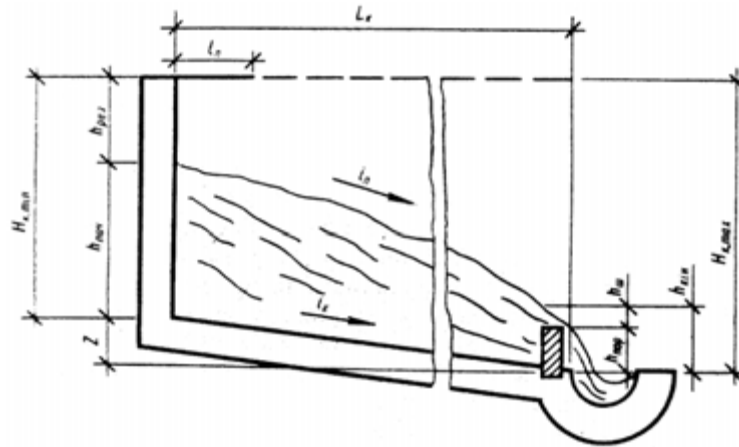


Рис. 11.18. Розрахункова схема самопливної системи видалення гною

Глибина поздовжнього каналу залежить від його довжини та нахилу дна, фізико-механічних властивостей гною. Глибину каналу самопливної системи неперервної дії визначають (рис. 11.18) за таким виразом:

$$H_{к. max} = L_k i_k + h_{рез} + h_{ш} + h_{пор}, \quad (11.18)$$

де $H_{к. max}$ – максимальна глибина самопливного каналу, м; i_k – номінальний ухил дна каналу, $i_k = 0,005-0,006$; $h_{рез}$ – мінімально допустима відстань від поверхні маси гною в каналі до щільної підлоги, $h_{рез} = 0,15-0,2$ м; $h_{ш}$ – товщина шару гнойової маси, що рухається через поріжок, $h_{пор}$ – висота поріжка, м.

Фактичний ухил поверхні гнойової маси

$$i_{гн} = \frac{Z + (h_n - h_k)}{L_k}, \quad (11.19)$$

де Z – різниця між верхньою і нижньою позначками каналу, м; $Z = L_k i_k$; h_n , h_k – рівень гнойової маси відповідно на початку та в кінці каналу, м.

Необхідна висота поріжка дорівнює:

$$h_{пор} = L_k i_k + 0,1. \quad (11.20)$$

Мінімальна глибина с самопливного каналу:

$$H_{к.min} = H_{к.max} - Z, \quad (11.21)$$

Глибину поздовжніх самопливних каналів для свиноферм приймають не менше 0,8 м. Для ферм великої рогатої худоби – 1 м при ухилі дна 0,005, навіть при незначній їх довжині.

Уздовж самопливного каналу, в бокових станках, влаштовують повітрозабірні отвори витяжної вентиляції. Їх розміщують нижче щільної підлоги і вище рівня гнойової маси.

Над отворами встановлюють козирок, який захищає їх від рідини, що стікає по стінках каналу.

Мінімальну глибину каналу *відстійно-лоткової системи* (самопливна періодичної дії) $H_{кв}$ визначають за формулою:

$$H_{кв} = L_{к} i_{гн} + \sqrt{\frac{2\tau_0 L_{к}}{\gamma_{гн}}} + h_{рез}, \quad (11.22)$$

де τ_0 – граничний опір зсуву гною, залежно від консистенції; $\gamma_{гн}$ – щільність гною, кг/м³.

Глибину каналу відстійно-лоткової системи збільшують у разі необхідності подовження терміну накопичення гною відповідно до залежності:

$$H_{к} = \frac{(q_{гн} - q_{в})m'D_n}{L_{к} B_{к} \gamma_{гн}} + h_{рез}, \quad (11.23)$$

де m' – кількість тварин, гній від яких надходить до даного каналу, голів; D_n – період нагромадження гною в каналі до початку його розвантаження, днів; $q_{в}$ – середньодобові витрати води на технологічні потреби (підмивання вим'я, дезінфекція приміщень, витікання з напувалок тощо) на 1 голову, кг. Приймається до 30 % від загальних потреб води на приміщення.

Мінімально допустимий ухил поперечних колекторів i_n у гідравлічних системах видалення гною становить

$$i_n = \frac{5}{D_{mp}}, \quad (11.24)$$

де D_{mp} – внутрішній діаметр труби, м.

Час, необхідний для самопливного розвантаження каналу $t_{роз}$ і на який потрібно відкривати шиберний пристрій відстійно-лоткової системи, залежить від довжини каналу до поперечного колектора:

$$t_{роз} = \frac{L_{m-к}}{v_{сам}}, \quad (11.25)$$

де $L_{m-к}$ – відстань від торця каналу до поперечного колектора, м; $v_{сам}$ – швидкість переміщення гною в каналі, м/с.

Швидкість самопливного потоку зумовлюється гідравлічними характеристиками як самого гною, так і каналу, по якому він переміщується, $v_{сам}=1-3$ м/год.

Об'єм гноєзбірника $V_{зб}$, куди надходить рідкий гній безпосередньо з приміщення, визначають за формулою:

$$V_{зб} = \frac{q_{гн} m_n k_{np} D_n}{\gamma_{гн}}, \quad (11.26)$$

де $q_{гн}$ – кількість рідкого гною, що одержують від однієї тварини протягом доби, кг; m_n – кількість тварин, які утримуються в приміщенні; k_{np} – коефіцієнт, що враховує час простою насосів через пошкодження чи інші причини, $k_{np}=1,1-1,2$; D_n – періодичність перекачування гною насосами у карантинне гноєсховище, діб.

Розрахунок трубопроводу для подачі гною із збірника у сховище зводиться до визначення його діаметра при відомій продуктивності вибраного насоса. Орієнтовний діаметр d_{mp} трубопроводу:

$$d_{mp} = \sqrt{\frac{Q_n}{0,785 v_{гн}}}, \quad (11.27)$$

де Q_n – подача насоса, м³/с; $v_{гн}$ – швидкість руху гною в трубопроводі, м/с.

Для забезпечення самоочищення швидкість $v_{гн}$ повинна бути більшою за критичну (при діаметрі трубопроводу до 0,5 м для гною великої рогатої худоби $v_{кр}=0,55-0,6$ м/с, для гною свиней – $v_{кр}=0,8-0,9$ м/с).

11.8. Транспортування гною у гноєсховища

Видаляють гній із приміщень за розпорядком роботи ферми до п'яти разів на добу, а транспортування його в гноєсховище або на переробку – залежно від об'єму проміжних місткостей.

У разі видалення із приміщень підстилкового гною його завантажують у тракторні причеми або в ковші скіпових підйомників.

Рідкий гній накопичують у проміжних місткостях (гноєзбірники), заглиблених нижче рівня засобів видалення гною із приміщень.

Завантаження підстилкового гною в тракторні причеми здійснюється похилими транспортерами засобів механізації видалення гною із приміщень, скіповими підйомниками, бульдозерами, а рідко в цистерни – ковшовими навантажувачами, насосами та пневматичними установками.

Для транспортування гною від приміщень до гноєсховищ або місць його переробки використовують засоби загального призначення (бульдозери, тракторні причеми), а також спеціальні цистерни та обладнання, самопливні канали, фекальні та гвинтові насоси).

Детальніше розглянемо найвідоміші спеціальні установки.

Установка для транспортування гною призначена для транспортування гною будь-якої консистенції (рідкого, напіврідкого, підстилкового) у різних кліматичних зонах (за температури навколишнього середовища від -40 до +50 °C) за умови прокладання трубопроводу під землею нижче рівня промерзання. Гноєсховище заповнюється знизу, що запобігає замерзанню вихідного кінця гноєпроводу і самого гною. Особливо ефективна установка в багаторядних корівниках з поперечним конвеєром. Вона може працювати в автоматичному режимі.

Установка для транспортування гною (рис. 11.19) складається з поршневого насоса, завантажувальної лійки, гідро привідної станції, апаратури керування та гноєпроводу.

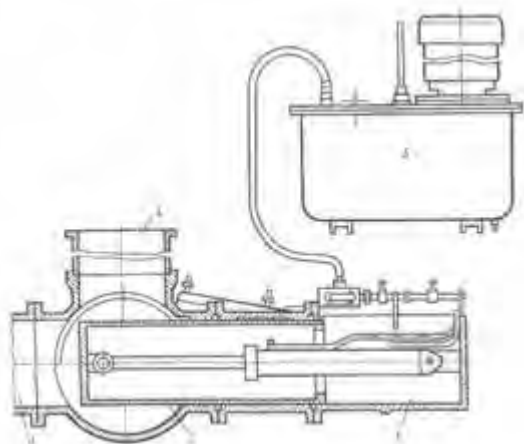


Рис. 11.19. Установка для транспортирования гною:

1 – поршневий насос; 2 – поршень; 3 – трубопровід; 4 – горловина; 5 – гідропривідна станція.

Гідропривідна станція створює тиск оливи в гідросистемі і вмикає поршневий насос. До її складу входить електродвигун, змонтований на кришці гідробака, шестеренний оливний насос. Запобіжний клапан і фільтр тонкого очищення. Тиск у гідросистемі (він не повинен перевищувати 10 МПа) контролюється манометром, під'єднаним до напірного оливопроводу. Гідропривідна станція з'єднана з поршневим насосом за допомогою гідравлічних рукавів і трубопроводів.

Поршневий насос – це гідравлічна машина, що забезпечує переміщення гною трубопроводом за допомогою поршня. Останній приводиться в дію гідро циліндром гідропривідної станції. У корпусі насоса є всмоктувальний-напірний клапан, який вмикається окремим гідро циліндром і залежно від такту поршня забезпечує перекривання завантажувальної горловини лійки чи напірного каналу гноєпроводу. Зверху на корпусі насоса закріплена завантажувальна лійка, а спереду – конус, до якого приєднаний гноєпровід. Гостра кромка забірної камери і термічно оброблений хромовий поршень дають змогу легко розрізати стеблові матеріали. Це забезпечує надійне транспортування трубопроводом підстилкового гною.

Автоматичне керування роботою насоса забезпечується двома реверсивними золотниками, які перемикають за допомогою важеля.

Всмоктувально-напірний клапан регулюють у такій послідовності:

- перевіряють ходи штоків гідроциліндрів та поршня (мають бути в межах відповідно 305-320 і 615-630 мм); у разі потреби упори пересувають від важеля;
- за допомогою манометра здійснюють контроль тиску у гідросистемі; за робочого ходу поршня він має бути в межах 2-10 МПа, за холостого – 2-5 МПа; якщо ці умови не дотримуються і в момент перемикавання золотника тиск різко зростає, то упор пересувають до важеля.

Гноєпровід монтують із металевих труб із внутрішнім діаметром 315 мм і товщиною стінок не менше 5 мм. Допускається комплектування установки трубами з внутрішнім діаметром 315-426 мм.

Гній із тваринницьких приміщень скребковими, скреперними чи іншими пристроями подається до завантажувальної лійки установки для транспортування гною. Під дією власної ваги та розрідження, що створюється за холостого ходу поршня, канал гноєпроводу перекривається клапаном, а вікно завантажувальної лійки відкривається і гній із неї надходить у робочу камеру корпусу. Після заповнення робочої камери клапан перекриває вікно завантажувальної лійки, відкриває напірний канал гноєпроводу і поршень насоса, здійснюючи робочий хід, виштовхує гній із робочого циліндра у гноєпровід, по якому він надходить у гноєсховище. Цей цикл повторюється.

Для надійної роботи установки вологість гною має бути не менше 76 %, а довжина часточок підстилкового матеріалу – не більше 100 мм.

Продуктивність Q (кг/с) гідрофікованої поршневої, а також пневматичної установки можна визначити за формулою:

$$Q = \frac{V_k \rho_z \varphi}{t_u}, \quad (11.28)$$

де V_k – місткість робочої камери поршневої установки (продувальної цистерни пневмоустановки), м^3 ; φ – коефіцієнт заповнення; $t_{\text{ц}}$ – час одного циклу виштовхування гною у гноєпровід, с.

Розрахунок трубопроводу установок зводиться до визначення діаметра труби при заданій довжині L , подачу Q і конкретних фізико-механічних та реологічних властивостях гною:

$$d = \frac{4Q\rho_{\text{г}}}{\pi \text{Re} \eta}, \quad (11.29)$$

де d – діаметр трубопроводу, м; $\rho_{\text{г}}$ – густина гною, $\text{кг}/\text{м}^3$; Re – число Рейнольдса; η – в'язкість гною.

Величина Re визначається із залежності:

$$\text{Re} = \frac{vd\rho_{\text{г}}}{\eta}.$$

Середня швидкість v руху рідини у трубопроводі повинна бути такою, щоб тверді включення не випадали в осад, а втрати т напору були мінімальними. В разі перекачування рідкого гною вологістю 92-96 % осад випадає при швидкості 0,8-0,6 м/с. При швидкості вище 2 м/с різко зростають гідравлічні втрати.

Насос для рідкого гною призначений для перекачування рідкого і напіврідкого гною із гноєзбірників і гноєсховищ у транспортні засоби. Виготовляють у двох виконаннях: пересувні (із приводом від вала потужності трактора класу 1,4) і стаціонарний (з електроприводом).

Він складається з насосної частини (рис. 11.20), поворотної рами з ползками, системи блоків із лебідкою, опорної рами з двома пневматичними колесами, зливного рукава та пульта керування.

Насосна частина включає робоче колесо та шнек. У верхній частині корпусу знаходяться два вікна, що перекриваються поворотною обоймою. Нижче обойми розміщені дверцята, які відчиняються поворотом важеля. На кінці шнека на обгінній муфті встановлена мішалка.

У корпусі робочого колеса відцентрового насоса є подрібнювальний апарат. Він складається із жорстко закріплених на нижній частині корпусу нерухомих штифтів (протирізів) та активних

ножів на нижньому торці робочого колеса. Зазор між ножами і штифтами (1-1,5 мм) регулюють прокладками під час складання насоса.

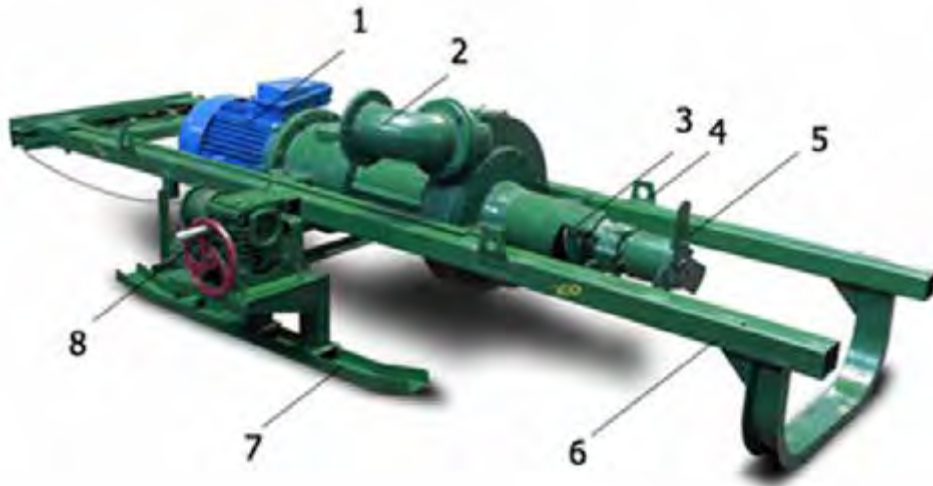


Рис. 11.20. Загальний вигляд насоса для рідкого гною:

- 1 — електричний двигун; 2 — коліно для приєднання відвідного рукава;
3 — шнек; 4 — отвір для транспортування; 5 — лопатева мішалка;
6 — поворотна рама; 7 — лапа; 8 — лебідка**

Опорна рама оснащена пневматичними колесами, на ній за допомогою цапф встановлена поворотна рама, яка є напрямним пристроєм при переміщенні полозків із насосом, електродвигуном і напірним трубопроводом за допомогою системи блоків. Поворотну раму можна встановити у н горизонтальне (транспортне) або вертикальне (робоче) положення. Лебідка призначена для підймання та опускання насосної частини.

Вікно для опускання насоса в гноєзбірник чи в гноєсховище повинне мати розміри 1300х2500 мм. За глибини гноєсховища менше 3 м дно в місці встановлення насоса заглиблюють на 0,5 м. Це дає змогу повніше забирати гній.

До місця використання насос доставляють трактором і встановлюють його над вікном (рис. 11.21). Для цього опускають дві опори в робоче положення і фіксують їх пальцями; знімають болти кріплення рами і вручну переводять її у вертикальне положення; приєднують рукав і звільняють насос від фіксації у полозках.

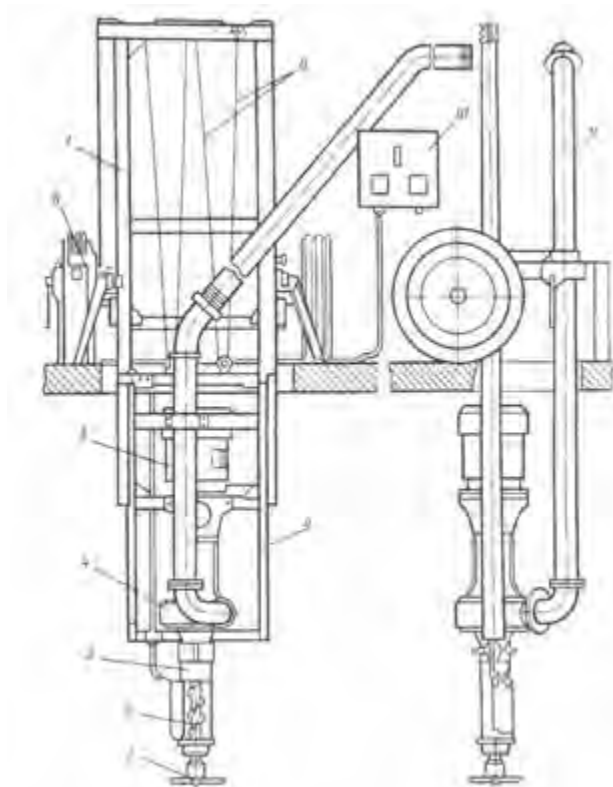


Рис. 11.21. Схема установки насоса:

**1 – дверці; 2 – обойма; 3 – опорна рама; 4 – лебідка; 5 – рукав; 6 – напрямні;
7 – болт фіксації; 8 – привод; 9 – візок; 10 – відцентровий насос;
11 – корпус; 12 – шнек; 13 – лопатева мішалка**

Переконавшись, що насос опущений на достатню глибину в гній. Спрямовують вихідний кінець рукава в горловину резервуара транспортного засобу або приєднують його до магістрального трубопроводу. Після цього вмикають насос на режим „відкачування”. За допомогою важеля відчиняють дверцята, добиваються максимальної подачі від фізико-механічних властивостей гною і фіксують їх у такому положенні.

Рідкий гній крізь приймальне вікно у нижній частині насоса засмоктується в корпус шнека і витками транспортується вгору до відцентрового насосу. Домішки, що потрапили в гній подрібнюються різальною парою, розміщеною в корпусі насоса, і разом із гноєм подаються в нагнітальний трубопровід.

У разі зменшення подачі більш ніж на 50 % насос перемикають на режим „перемішування”. Мішалку в цьому разі заглиблюють не більше ніж на 0,5 м. Для цього місця прогин рукава підіймають і вмикають насос на режим „перемішування”, потім підіймають рукав

на максимальну висоту і переконуються, що весь гній витік із напірного рукава.

Відцентровий насос (рис. 11.22) призначений для перекачування гною вологістю не менше 92 % із приямків, гноєзбірників та каналів у транспортні засоби чи гноєсховища. Він також забезпечує гомогенізацію рідкого гною і подрібнення великих краплень, що містяться в ньому.

Гомогенізований рідкий гній за допомогою насоса далі можна подавати на зрошення, фракціонування або в технологічну лінію метанового зброджування.

Робоче колесо виконане у вигляді диска з трьома криволінійними лопатями, на яких закріплено ножі. Два нерухомі протирізальні ножі знаходяться з внутрішнього боку кришки.

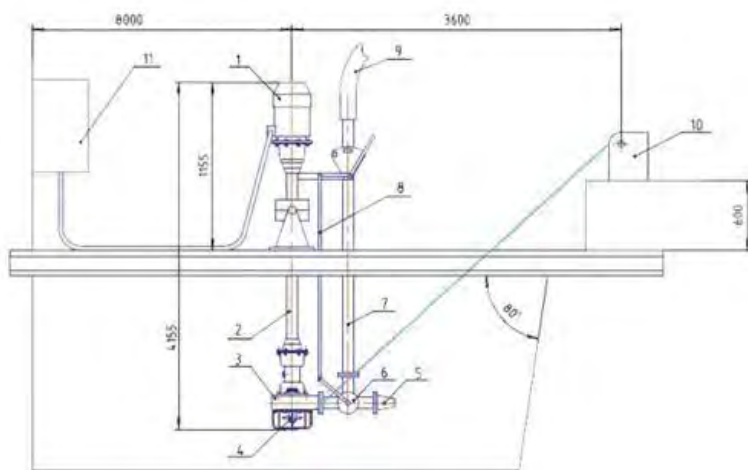


Рис. 11.22. Схема відцентрового насоса:
1 - електроурухомник; 2 - труба з привідним валом; 3 - насос; 4 - подрібнювач; 5 - сопло;
6 - кран; 7 - вивантажувальна труба; 8 - тяга;
9 - вивантажувальний рукав; 10 - лебідка;
11 - шафа керування



Рис. 11.23.
Відцентровий насос:
1 - електроурухомник;
2 - вивантажувальний рукав; 3 - труба з привідним валом;
4 - насос;
5 - подрібнювач

Біля забірної відкритої частини насоса розміщена лопатева мішалка, приєднана до диска робочого колеса. Вона оснащена прутковою огорожею. Магістраль насоса має розподільний затвор, що є трійником із виходами на гомогенізувальний насадок і в натискний

трубопровід. Насос установлений на опорних кронштейнах і може повертатися навколо горизонтальної осі у вертикальній площині за допомогою лебідки. Керують роботою насоса дистанційно від електрошафи.

Після вмикання насоса лопатева мішалка перемішує осад з основною масою гною в прямку. Побічні важкі вкраплення відкидаються при цьому до його стінок, а гній надходить до забірної частини насоса, де великі волокнисті часточки подрібнюються і спрямовуються на лопаті робочого колеса. У разі встановлення клапана затвора в положення для гомогенізації маса, яка нагнітається, крізь конічний насадок виходить у вигляді сильного струменя в прямок, і забезпечує інтенсивне перемішування гною. За перемикавання затвора на режим подачі вся маса напірним трубопроводом йде на завантаження транспортного засобу чи в трубопровід подачі у гноєсховище.

11.9. Зберігання гною

Для створення належних санітарно-гігієнічних умов утримання тварин на фермах і раціонального використання гною, який є дуже цінним органічним добривом, на кожній тваринницькій фермі споруджують капітальне гноєсховище. Відповідно до способу утримання тварин на фермі й технології видалення гною із тваринницьких приміщень гноєсховища бувають наземні, заглиблені або напівзаглиблені. Дно і стіни гноєсховища виконують з бетону або облицьовують панелями, інколи їх покривають шаром утрамбованої глини на основі із щебеню.

Гноєсховища розміщують так, щоб шляхи до них не перетиналися на території ферми з іншими шляхами, особливо для підвезення кормів.

Згідно із санітарними нормами, крім основних гноєсховищ для постійного зберігання гною, на фермах передбачають також карантинні секційні резервуари чи карантинні майданчики. Таких секцій повинно бути не менше двох.

Видалена з ферми в карантинне гноєсховище добова порція гною витримується в ньому не менше 6 діб і, якщо на фермі, за цей час не виявлено інфекційних хвороб, перевантажується до основного гноєсховища.

Площа карантинного майданчика для зберігання підстилкового гною $F_{к.м}$ визначається за формулою:

$$F_{к.м} = \frac{q_{гн} m D_{к} \mu}{\gamma_{гн} H_{б}}, \quad (11.30)$$

де q_n – кількість гною від однієї тварини за добу, кг; m – кількість тварин на фермі, голів; D_k – тривалість карантинного витримування гною, $D_k=6-18$ днів; $\gamma_{гн}$ – щільність гною, кг/м, H_b – висота бурту гною, $H_b=1,5-2,5$ м; μ – коефіцієнт, який враховує відстань між окремими буртами гною, $\mu=1,3$.

Місткість однієї секції карантинного резервуара $V_{к.с}$ повинна бути не менша за:

$$V_{к.с} = \frac{q_{гн} m D_{к}}{\gamma_{гн} n_c}, \quad (11.31)$$

де n_c – кількість секцій.

Загальна місткість основного гноєсховища $V_{сх}$ дорівнює:

$$V_{сх} = \frac{q_{гн} m D_{сх} k_y}{\gamma_{гн}}, \quad (11.32)$$

де $D_{сх}$ – тривалість зберігання гною в сховищі, днів; $k_y=0,82$ – коефіцієнт, який враховує зменшення об'єму гною за рахунок його усадки, випаровування вологи тощо.

Місткість гноєсховищ має забезпечувати зберігання гною, що нагромаджується протягом зимового періоду ($D_{сх}=120-200$ днів).

Для видалення твердого підстилкового гною із гноєсховищ і завантаження його в транспортні засоби застосовують грейферні навантажувачі, навантажувачі-бульдозери чи інші мобільні або стаціонарні засоби механізації. Іноді капітальні гноєсховища обладнують кран-балками і навіть мостовими кранами з грейферними навантажувачами.

11.10. Утилізація гною

11.10.1. Основні схеми переробки гною та напрями його використання

Відомо кілька схем переробки та використання гною. Основні з них такі.

Біотермічне знезараження твердого підстилкового гною відбувається безпосередньо у сховищах поблизу місць утримання тварин або на польових майданчиках. Після цього гній можна використовувати безпосередньо як органічне добриво. Таку технологію застосовують на тваринницьких підприємствах практично будь-якого типорозміру, де використовують механічні засоби видалення гною.

Іншим способом використання гною є *виготовлення* поблизу гноєсховища *органо-мінеральних компостів* із гною, торфу й мінеральних добрив. На спеціально відведеній ділянці рівним шаром завтовшки 15-20 см укладають торф'яну кришку, а зверху накладають гній і суміш фосфоритного борошна з калійною сіллю. Все це добре перемішують дисковою бороною і згрібають бульдозером у бурти, в яких внаслідок перебігу біотермічного процесу відбувається дозрівання і знезараження гною. Органо-мінеральні компости виготовляють також і з рідкого гною.

Розділення гною на тверду та рідку фракції здійснюють на великих тваринницьких фермах і комплексах (800 корів, 3-5 тис. голів великої рогатої худоби на відгодівлі, 12 тис. і більше свиней) з гідравлічними системами видалення гною. Рідку фракцію після цього використовують для поливу в зрошувальних системах, дощувальних установках тощо. Тверду фракцію можна переробляти на компост чи після біотермічного знезараження застосовувати як органічне добриво.

Рідкий гній можна розділяти на фракції у відстійниках або за допомогою спеціальних фільтрувальних машин і апаратів. Проте слід мати на увазі, що відстоювання рідкого гною малоефективне, а спорудження відстійників потребує досить значних затрат праці й коштів. Ефективнішим є розділення гною на рідку і тверду фракції за

допомогою вібраційних засобів (решіт, грохотів) або центрифуг. Вони розділяють рідкий гній на тверду фракцію вологістю 65-70 % і рідку, в якій залишається 2-3 % гною.

Тверду фракцію складують у бурти і після дозрівання використовують як добриво, а рідку після біологічного очищення повторно використовують для видалення гною гідрозмиванням або для зрошування полів.

Біологічне очищення рідкої фракції гною провадять переважно на промислових свинарських комплексах, коли всі стоки використати на підживлення полів неможливо через обмеженість площ земельних угідь.

У разі насичення рідкого гною повітрям розпочинаються аеробні процеси розкладання органічних речовин, що супроводжуються виділенням теплоти (температура підвищується до 40-60 °C). Під впливом аеробних бактерій та теплоти в рідкому гною гинуть патогенна мікрофлора, яйця і личинки гельмінтів, насіння бур'янів втрачає схожість, а речовини з неприємним запахом (аміак, сірководень, жирні кислоти тощо) окислюються і втрачають його. Очищені так стоки можна без екологічної чи іншої шкоди повторно використовувати на технічні потреби в господарстві.

Доочищення рідких стоків здійснюють відповідно до норм, які забезпечують можливість скидання їх у відкриті водойми.

Метанове зброджування гною набуває все більшого поширення в нашій країні і за кордоном. Особливо прийнятна вона для господарств, розміщених у районах із теплим кліматом. Ця технологія може бути використана як на фермах великої рогатої худоби, так і на свинарських. Особливості технології: гній не повинен містити великих часточок; мати вологість 92-95 %; надходити в метантенк після попереднього підігрівання; температура підігрівання гною не повинна перевищувати температуру бродіння (38 °C).

11.10.2. Біоконверсійні комплекси для утилізації гною та інших органічних відходів

Досі у сільському господарстві України переважає концепція виробництва у відкритих екосистемах, які потребують постійного

збільшення затрат ресурсів. За такого підходу, як правило, частка використання у господарствах власної первинної продукції зменшується, а частка енергетичних та деяких інших ресурсів (електрика, пальне, корми, добрива, пестициди тощо) зростає. Відкриті системи значно різняться від природних екосистем незбалансованим коло-обігом речовини та енергії. За подальшого неконтрольованого постійного збільшення витрат ресурсів виробництво сільськогосподарської продукції може стати економічно збитковим, а процеси деградації навколишнього середовища і руйнації екологічних структур – незворотними.

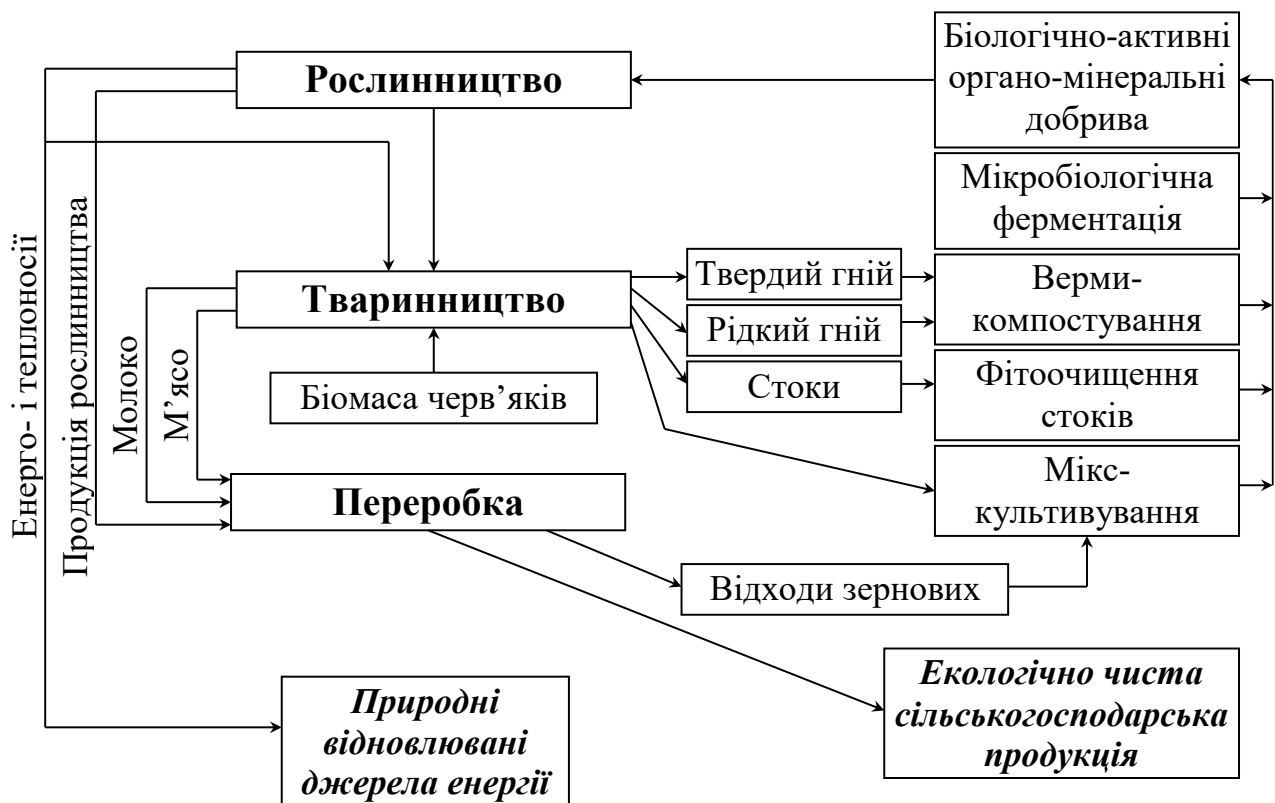


Рис. 11.24. Принципова схема повнокомплектного біоконверсійного комплексу

Вітчизняний і закордонний досвід засвідчує, що з метою підвищення екологічної безпеки виробництва, а також зменшення витрат матеріальних і енергетичних ресурсів для отримання сільськогосподарської продукції доцільно і необхідно розробляти і впроваджувати біоконверсійні технології переробки та ефективного використання відходів цього виробництва, зокрема гною (рис. 11.24).

Альтернативою мінеральним добривам є *органомінеральні суміші*, виробництво яких ґрунтується на біоконверсійних технологіях, а їх застосування в рослинництві дасть змогу досягти істотного приросту врожаю порівняно з традиційними варіантами використання гною.

У технічному плані біоконверсійний комплекс складається з двох блоків (установок):

- інтенсивної мікробіологічної ферментації органічної маси (гній великої рогатої худоби і свиней, пташиний послід, сапропель, мул, відходи харчової промисловості і виробництва крохмалю тощо);
- виробництва біологічно активних мінеральних добрив.

Біоконверсійний комплекс включає в себе обладнання, яке забезпечує підготовку, транспортування, дозування, зброджування органічної маси, відведення, збирання та утилізацію біогазу, керування процесом його використання. Його особливості полягають у тому, що конструкція технічних засобів, а також їх модульність дасть змогу, залежно від поставлених товаровиробником завдань застосовувати гнучкі технології виробництва біологічно активних органомінеральних добрив чи кормових добавок. Крім того, конструкція мікробіологічного реактора (ферментатора) забезпечує виготовлення біостимулювальної сировини для виробництва органомінеральних добрив, а також субстрату вермикюльтури для вирощування у закритих екосистемах, наприклад грибів.

Перспективною технологією є сумісна переробка відходів рослинництва і тваринництва у ферментаторах на біологічно активні добрива, що дає змогу балансувати останні за співвідношенням вуглецю й азоту і тим самим поліпшувати агрохімічні властивості ґрунту.

Зброджену органічну масу піддають сепарації (розділення на тверду і рідку фази). Рідку фазу після біодинамічного фільтрування можна використовувати у зворотному процесі, а тверда змішується разом з іншим органомінеральними компонентами, проходить через високотемпературну сушарку, піддають гранулюванню, охолодженню, після чого її фасують у тару.

Технологічний процес виготовлення *активних органо-мінеральних добрив* здійснюється так. Органічна маса із ферми надходить у гноєприймач, в якому додатково встановлені: відокремлювач механічних домішок, відцентрово-шнековий насос з подрібнювачем та змішувальним пристроєм, розподільна гребінка з трьома шланговими затворами, подрібнювач гною і система автоматичного керування. Основною метою цього обладнання є забезпечення періодичної подачі в підігрівач-витримувач вихідного подрібненого і гомогенізованого гною, що здійснюється за такою схемою. Якщо рівень гною у підігрівнику нижчий від верхнього заданого рівня (за сигналом датчика верхнього рівня), відкривається шланговий затвор у гноєзбірнику, вмикається насос і протягом 5 хв здійснюється перемішування. Після цього вмикається подрібнювач, закривається перший і відкривається другий затвор подачі маси в підігрівач-витримувач. Третій шланговий затвор призначений для аварійного видалення надлишку вихідної маси у приймальну посудину. У підігрівачі-витримувачі вихідна органічна маса нагрівається до заданої температури (+40 °C) і відбувається біохімічна підготовка до основного анаеробного бродіння. Біомаса тут перемішується і періодично (один раз на годину) дозами подається в реактор. У біореакторі за сталої температури (+40 °C) в безкисневому середовищі і періодичному (двічі на годину) автоматичному вмиканні мішалки за участю метаноутворювальних бактерій маса зброджується з утворенням горючого біогазу, основними компонентами якого є метан і вуглекислий газ.

Біомаса, що перебродила, синхронно з подачею видалається з реактора в такій самій кількості, як і подавалася в нього крізь гідрозатвор зливного трубопроводу, і потрапляє в накопичувальний резервуар. Газ, що утворюється в біореакторі, періодично видалається з газового ковпака реактора в газгольдер за допомогою насоса-компресора. Між вакуум-насосами і газгольдером встановлені вологовбирачі, лічильник біогазу і зворотний клапан.

Від газгольдера через газошафову установку біогаз надходить до пальника теплогенератора для підігрівання води або повітря яке використовують у теплообмінниках підігрівання вихідної маси, для підтримання температури бродіння в реакторі, а також опалення приміщень.

Воду в системі теплообмінника рекомендується нагрівати до температури $+65\text{ }^{\circ}\text{C}$. За вищої її температури тверді часточки органічної маси активно налипають на теплообміннику, що значно ослаблює теплообмін.

Зброджену масу після центрифугування вологістю 65-69 % направляють у класифікатор, куди після підготовки на подрібнювачі-сепараторі надходять інші органо-мінеральні компоненти, наприклад сапропель, біогумус, послід, попіл соломи та лузга гречки. Із класифікатора в заданих технологією співвідношеннях органо-мінеральні компоненти подаються у змішувач періодичної дії.

Процес змішування передбачає два завдання: якісне змішування компонентів до заданих нормативів і зниження вологості суміші до 49-51 %, оскільки такі компоненти, як попіл, вермикуліт, бентонітова глина та деякі інші мають адсорбційні властивості. Суміш заданої вологості періодично вивантажується в накопичувач, з якого шнековим конвеєром безперервно подається у високотемпературну барабанну сушарку ($T_c=115\ldots125\text{ }^{\circ}\text{C}$), де вона знезаражується, а також підсушується до вологості 42-45 %.

Знезаражена і підсушена суміш подається у змішувач прес-гранулятора, куди додають біостимулятори методом розсипання. Прес-гранулятор формує гранули циліндричної форми, розмір яких залежить від встановленої матриці (розміру її отворів). У процесі гранулювання суміш не можна нагрівати до температури понад $70\text{ }^{\circ}\text{C}$, оскільки може загинути корисна мікрофлора. Крім того, в результаті нагрівання гранули втрачають частину вологи (до 4 %). Після цього гранули надходять на аеродинамічну сушарку-охолодник вологістю 40-41 %.

Завершальні технологічні операції – це класифікація гранул, призначених до реалізації згідно зі стандартом, підсушування відповідно до вимог ТУ до вологості 18 – 20 % та охолодження до температури навколишнього середовища. Готові гранули надходять у бункер-накопичувач фасувальника, звідки їх розфасовують у мішки по 20 кг і відправляють на склад.

Розділення рідкого гною на фракції проводять у відстійниках або за допомогою спеціальних фільтрувальних машин і апаратів. Сучасним приладдям для розділення гною на фракції є шнековий сепаратор (рис. 11.25). Він робить це за допомогою шнека, що дає змогу відокремити тверду фракцію від води. Порівняно з центрифугами й пресами вальцевої конструкції, які дорожчі, продуктивність шнекових сепараторів більша – ефективність відокремлення твердих складових може перевищувати 85%. Декантаційні центрифуги, преси зі стрічковими ситами, сітчасті сепаратори, гвинти для видалення води чи преси, спричиняють високі витрати, споживають багато потужності і при цьому видаляють недостатньо сухих речовин. Розділення гною на рідку і тверду фракції за допомогою вібраційних засобів (решіт, грохотів) або центрифуг, розділяють рідкий гній на тверду фракцію вологістю 65—70% і рідку, в якій залишається 2-3% гною. Така тверда фракція погано зберігається, пакується та компостується.

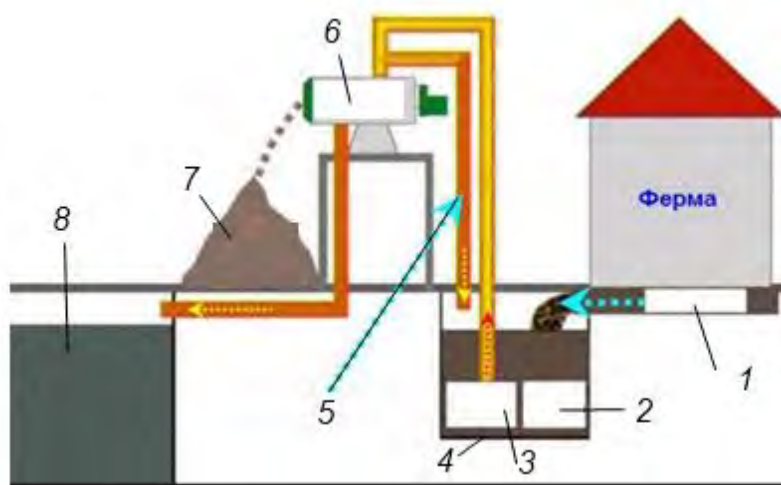


Рис. 11.25. Структурна схема розділення гною на фракції:

1 – гнойові стоки з тваринницького приміщення; 2 – міксер; 3 – насос 4 – станція перекачування гною; 5 – перепускна труба; 6 – сепаратор; 7 – тверда фракція; 8 – освітлена фракція

Одна з переваг сепарації – те, що саме вона дає змогу отримати високоякісне добриво як у рідкому, так і твердому стані, що уможливлює достатньо просте його застосування. В обох фракціях відсепарованого гною розподіл поживних речовин рівномірніший. Завдяки значному покращенню фізичних властивостей такого гною та його однорідності,

внесення з використанням шлангових насадок чи форсунок значно спрощується і стає точнішим. До того ж, завдяки швидшому проникненню маси в ґрунт втрачається менше азоту з аміаком через випаровування й поширення запаху. При використанні сепарованого гною зі зменшеним умістом твердих елементів припікання рослин зводиться до мінімуму. Це дозволяє очікувати швидкий ріст трав і можливість раніше використовувати пасовища та отримувати додаткові укоси. Через те, що нема потреби в гомогенізації рідкої фракції гною, можна заощадити на такому обладнанні, як мішалки й насоси. При цьому об'єм зберігання рідкої фракції гною після сепарації, залежно від умісту сухої речовини, зменшується на 10-20%.

Інший варіант відстоювання рідкого гною – це використання відкритих лагун (рис. 11.26 а).

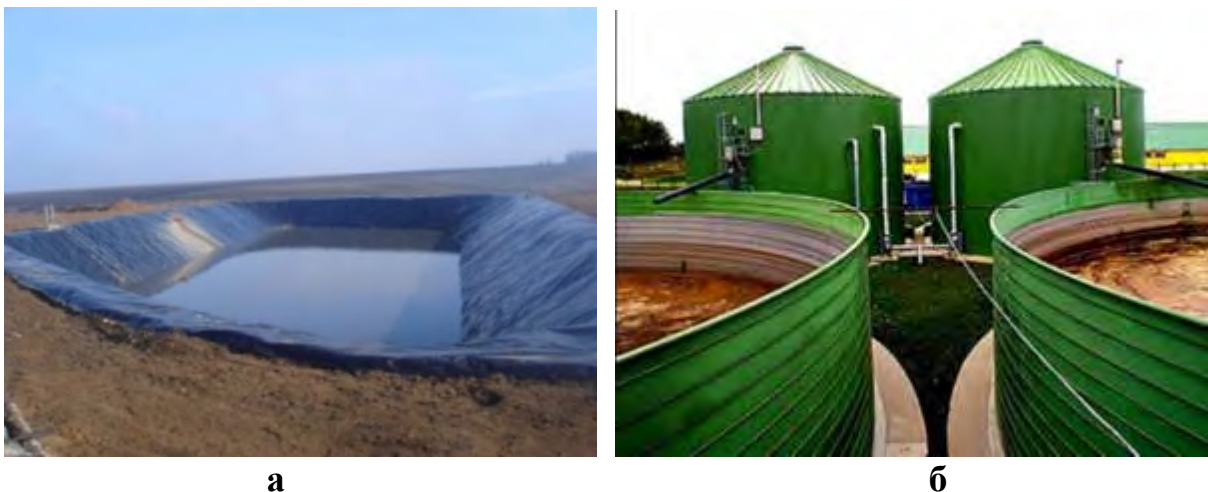


Рис. 11.26 Споруди для відстоювання рідкого гною типу лагуна (а) та гноєнакопичувачі (б).

Таке відстоювання рідкого гною малоефективне, а спорудження відстійників потребує досить значних затрат праці й коштів. Тверду фракцію складують у бурти і після дозрівання використовують як добриво, а рідку після біологічного очищення повторно використовують для видалення гною гідрозмиванням або для зрошування полів.

Також, нерозділений гній можна витримувати у гноєнакопичувачах (рис. 11.26 б), обладнаних мішалками. Вони повинні забезпечувати гомогенізацію й перемішування перед відкачуванням. Але, так чи

інакше, при витримуванні гною в накопичувачах він розшаровується на три частини. На поверхні залишається кірка, що складається з твердих частинок, які містять лігнін із неперетравленого корму та грубі рештки. Її товщина, залежно від годівлі й віку тварин, може змінюватися від 0,3 до 1 м. Посередині — шар рідини без завислих часток, товщина якого може сягати від половини до трьох чвертей глибини гноєсховища. Нижній шар становить собою мул з органічних часток різного розміру й може займати до чверті глибини резервуару. Якщо відкачувати такий гній без попереднього перемішування, виникає ціла низка проблем. Передовсім тому, що насос не може відкачати ні поверхневу кірку, яка не містить води, ані злежаний нижній шар. Тож із кожним циклом корисний об'єм гноєсховища буде зменшуватися, допоки вже через два–три роки воно цілковито не замулиться. Крім того отримані таким чином добрива дуже ненадійні. Через нерівномірність розподілу основних поживних і органічних речовин у шарах неперемішаного гною контроль якості такого добрива практично неможливий.

Для забезпечення безперервної роботи гноєнакопичувачів їх має бути не менше двох, а бажано навіть три або чотири. Коли в одному накопичується гній, в другому відбувається його знезараження і карантинування. Через те, що в різних регіонах періоди оптимального внесення гною можуть значно відрізнятися з огляду на клімат, об'єм гноєсховища не можна визначати тільки за чисельністю тварин.

Біологічне очищення рідкої фракції гною провадять переважно на промислових свинарських комплексах, коли всі стоки використати на підживлення полів неможливо через обмеженість площ земельних угідь.

У разі насичення рідкого гною повітрям розпочинаються аеробні процеси розкладання органічних речовин, що супроводжуються виділенням теплоти (температура підвищується до 40-60°C). Під впливом аеробних бактерій та теплоти в рідкому гною гинуть патогенна мікрофлора, яйця і личинки гельмінтів, насіння бур'янів втрачає схожість, а речовини з неприємним запахом (аміак, сірководень, жирні кислоти тощо) окиснюються і втрачають його. Очищені так стоки можна без екологічної чи іншої шкоди повторно використовувати на технічні потреби в господарстві.

Доочищення рідких стоків здійснюють відповідно до норм, які забезпечують можливість скидання їх у відкриті водойми. Технологія метанового зброджування гною (рис. 11.27) набуває все більшого поширення в нашій країні і за кордоном. Особливо прийнятна вона для господарств, розміщених у районах із теплим кліматом. Ця технологія може бути використана як на фермах великої рогатої худоби, так і на свинарських. Особливості технології: гній не повинен містити великих часточок; мати вологість 92-95%; надходити в метантенк після попереднього підігрівання; температура підігрівання гною не повинна перевищувати температуру бродіння (38°C).

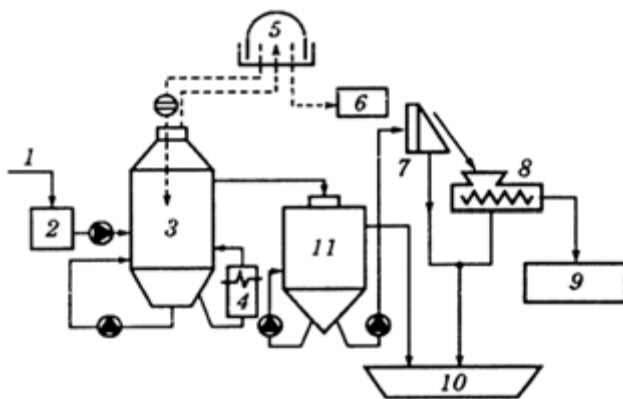


Рис. 11.27. Технологічна схема метанового зброджування гною та загальний вигляд фермських біогазових установок:

- 1 – трубопровід подавання гною з ферми; 2 – приймальний резервуар;
 3 – метантенк; 4 – котел-теплообмінник; 5 – газгольдер; 6 – котельня;
 7 – дугове сито; 8 – прес; 9 – склад твердої фракції; 10 – ставок-накопичувач рідкої фракції; 11 – відстійник

Біогазові установки. Існують чотири основні типи реалізації технології анаеробного зброджування, а саме: криті лагуни і метантанк, що працюють в режимі реактора-змішувача і реактора з

носієм біомаси. Технічна і економічна доцільність застосування того чи іншого типу залежить, головним чином, від вологості субстратів і кліматичних умов в районі розташування біогазової установки. Тип застосованого біореактора відбивається на загальній тривалості процесу метаноутворення.

Найпоширеніший тип реактора з інтенсивним режимом зброджування - циліндричні бетонні або сталеві з центральною колоною, перекриті еластичною мембраною, яка служить для герметизації споруди і накопичення утвореного біогазу. Такі реактори працюють за принципом повного змішування, коли кожна свіжа порція суміші вихідних субстратів змішується з усією зброджуваною масою реактора.

Утворюється біогаз. Газоподібне біопаливо - це горюча речовина, що виділяється в результаті хімічної реакції бродіння органічних відходів без присутності кисню. Тому основним елементом технологічного обладнання є закрита циліндрична ємність (реактор) великої місткості. Загальна схема біогазової установки подано на рис. 11.28.

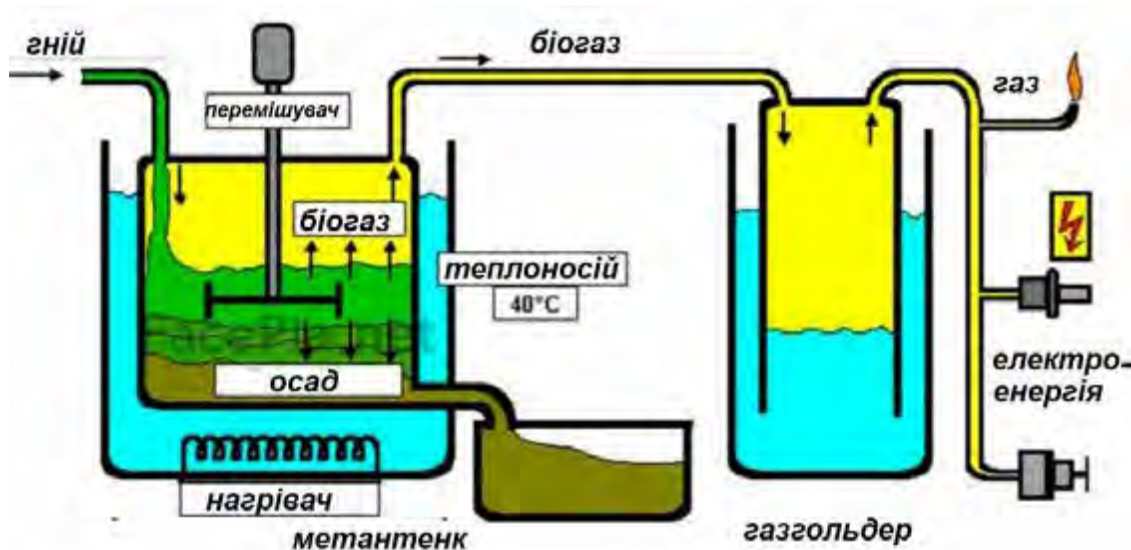


Рис. 12.28. Принципова схема біогазової установки

12.10.3. Технологічне обладнання для переробки рідкого гною

Переробка рідкого гною здійснюється, як було показано в 12.10.1, шляхом його розділення на тверду та рідку фракції, приготування компостів, анаеробного зброджування. Розділення рідкого гною на

фракції, здійснюється шляхом фільтрації (за допомогою дугових сит, інерційних грохотів, віброфільтрів, центрифуг тощо) та флотації (в результаті осідання твердих часток). Для механізації цих процесів використовують відповідне обладнання.

Установка для попереднього розділення рідкого гною на тверду і рідку фракції може бути використана на тваринницьких фермах при без підстилкового утриманні і використанні гідравлічних систем видалення гною. Установка складається з корпусу, робочого органа (дугове сито), приймального бункера, підвідного патрубка, піддона для фільтра, пресуючого пристрою, електропривода і шафи керування.

Гнойові стоки трубопроводом подаються в приймальний бункер, заповнюють його, переливаються через поріг і потрапляють на дугове сито, де розділяються на фракції. Тверда фракція поверхнею сита переміщається до пресуючого пристрою. Додатково зневоджується і скатною поверхнею подається скребком у бункер-дозатор, а потім транспортерами завантажується в транспортні засоби. Рідка ж фракція відводиться трубопроводом на подальшу обробку. Дугове сито можна встановлювати під різними кутами до горизонталі. Цим змінюються режими розділення залежно від концентрації твердих часток у вихідній масі.

Лінія розділення гною включає віброгрохот, гвинтовий прес, розвантажувальний і завантажувальний насос, транспортер.

Віброгрохот барабанний призначений для розділення рідкого гною на фракції. Використовується в технологічних лініях розділення стоків на тваринницьких фермах та комплексах рогатої худоби і свиней. Віброгрохот являє собою розміщений в піддоні перфорований барабан, оснащений віброприводом.

В процесі роботи рідкі стоки від насоса шлангом подаються на віброгрохот. Крізь перфоровану поверхню барабана рідка фракція протікає в піддон і відводить шлангом на подальшу обробку. З протилежного кінця барабана, по відношенню до завантаження вихідної маси, тверда фракція сходить на розвантажувальний транспортер і подається ним у гвинтовий прес.

Прес гвинтовий призначений для зневоднення рідкого гною (чи його твердої фракції) вологістю 84-92 % до вологості не більше 75 %. Може бути використаний в технологічних лініях переробки рідкого гною на тваринницьких підприємствах з без підстилкового утримання тварин і гідравлічних системах видалення гною. Він складається з рами, робочих органів (два шнеки), фільтрувального барабана, механізму створення зустрічного тиску в конічній камері, завантажувального бункера, піддона, електропривода і шафи керування. Ступінь віджимання гною залежить від величини кільцевого зазору між конусами і камерою тиску. Цей зазор, а отже і ступінь зневоднення твердої фракції гною регулюється положенням конусів.

Шнековий прес-сепаратор (рис. 11.29) призначений для сепарації твердих та рідких фракцій матеріалів, багатих на волокнисті включення, такі як свинячий і коров'ячий гній, птишиний послід, спиртова барда, пивна дробина, відходи паперової промисловості та забійних цехів. Найчастіше сепаратор застосовується для зневоднення гною.

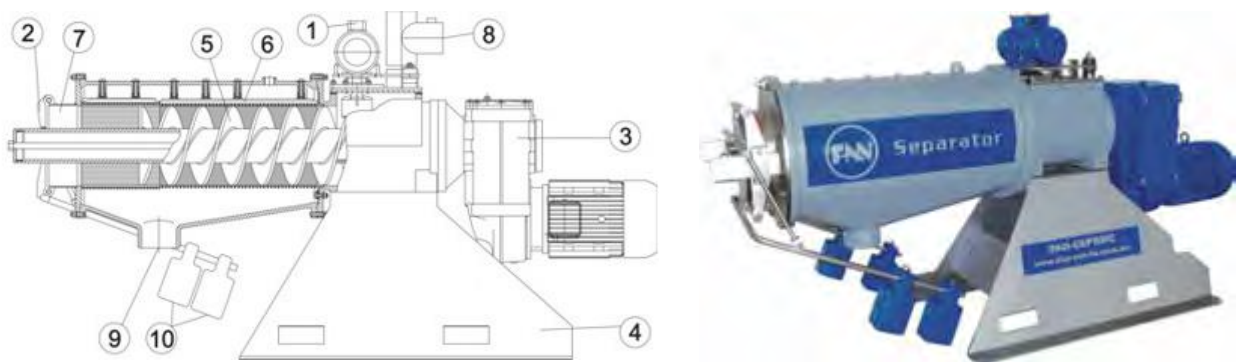


Рис. 11.29. Шнековий прес-сепаратор:

- 1 – осцилятор; 2 – вижимний пристрій; 3 – мотор-редуктор; 4 – станина;
5 – шнек; 6 – сито; 7 – вхідний отвір; 8 – т-подібна труба; 9 – вихідний патрубок; 10 – вантажі**

Сепаратор завантажується за допомогою насоса з подрібнюючим механізмом, транспортером або самопливом з накопичувального резервуара. У середині впускної секції осцилятор створює коливальний тиск в рідині. У ситі волокнисті тверді речовини відділяються від рідини. Волокна створюють фільтруючий шар, який затримує більш дрібні частинки в рідині. Лопаті шнека просувають цей шар до випускного отвору. Поверхня сита очищена і утворюється новий

фільтруючий шар. Конструкція сита не допускає утворення пробок. Тиск в першій частині сита низький, який збільшується в міру зростання концентрації твердих речовин у вихідному продукті. Між шнеком і подвійний засувкою віджимаючого пристрою створюється робоча пробка з твердих речовин. Тиск шнека, постійно додає тверді речовини. Сила, з якою віджимний пристрій діє на робочу пробку регулюється кількістю і положенням вантажів.

11.10.4. Технологічні розрахунки ліній переробки гною

Відповідно до конкретної розробленої схеми переробки гною необхідно вибрати і розрахувати потреби в технологічному обладнанні залежно від характеру та ефективності його використання, а також планової пропускної здатності відповідної лінії.

Кількість установок n_y (дугові сита, центрифуги, віброгрохоти та інше механічне обладнання), призначених для розділення гною на тверду і рідку фракції, розраховують за формулою:

$$n_y = \frac{G_{\text{доб}}}{Q_y t_p}, \quad (11.33)$$

де $G_{\text{доб}}$ – кількість добового виходу гною, що підлягає переробці, м³ (т); Q_y – продуктивність установки, м³/год (т/год); t_p – тривалість роботи установки, год.

Основний показник оцінки роботи установок для розділення рідкого гною на фракції – ефективність виділення твердих речовин E_y , яка визначається відношенням:

$$E_y = \frac{G_k}{G_n}, \quad (11.34)$$

де G_k і G_n – вміст твердих речовин відповідно в рідкій фракції та у вихідному гною, г/л (г/кг).

Кількість відстійників n_e для розділення гною вологістю 96-98 % становить:

$$n_e = \frac{G_{\text{доб}} t_e}{V_e}, \quad (11.35)$$

де t_g – тривалість знаходження гною у відстійнику, діб; V_g – робочий об’єм відстійника, м³.

При переробці гною в метантенках їх необхідний робочий об’єм V_{mt} обчислюють за формулою:

$$V_{mt} = \frac{G_{доб} D_{зб}}{\beta}, \quad (11.36)$$

де $D_{зб}$ – тривалість зброджування гною, діб; $\beta=0,9-0,98$.

Вихід біогазу $V_{газ}$ в процесі зброджування гною становить:

$$V_{газ} = P_{o.m} k_{роз} q_{газ}, \quad (11.37)$$

де $P_{o.m.}$ – маса органічних речовин, що міститься у вихідному гною, кг; $k_{роз}$ – коефіцієнт розкладання органічних речовин при бродінні, $k_{роз}=0,3$; $q_{газ}$ – вихід біогазу при розкладанні 1 кг органічної речовини, м³.

Біологічне очищення за допомогою аеробних бактерій при насиченні рідкої фракції гною повітрям проводять у механічних або пневматичних аераторах. На відміну від механічних. Використання пневматичних аераторів не потребує будівництва спеціальних приміщень.

Фактичне навантаження на аератор можна розрахувати за формулою:

$$П = \frac{q_n (X_g - X_o) G_p}{n_a \alpha_m \alpha_n \delta}, \quad (11.38)$$

де $П$ – витрати повітря при роботі аератора, кг; q_n – витрати повітря на окислення 1 кг органіки, приймають $q_n=1$ кг; X_g і X_o – вміст органіки відповідно у вихідній рідкій фракції гною та в очищених стоках, кг/м³; G_p – об’єм рідкої фракції гною, що подається на очищення, м³; n_a – кількість аераторів; α_m – коефіцієнт, що враховує вплив температури на інтенсивність розчинення кисню, $\alpha_m = 1 + 0,02(T-20)$; T – температура мулу, °С; α_n – коефіцієнт, що враховує вплив домішок на ефективність дії кисню (для стоків свиноферм $\alpha_n=0,7$); δ – дефіцит кисню (для суміші в аеротенках першого ступеня очищення $\delta=1$).

12. ВЕТЕРИНАРНО-САНІТАРНІ РОБОТИ

12.1. Види робіт та основні вимоги до них

Запобігання появі та ліквідація інфекційних, паразитарних і неінфекційних захворювань, а також підтримання належного санітарного стану на тваринницьких фермах і комплексах забезпечуються проведенням певних ветеринарно-санітарних заходів: очищення (миття), дезінфекція і дезінсекція тварин, приміщень, в яких їх утримують, машин та обладнання, дрібного інвентарю, тари, спецодягу тощо. Всі ці заходи планується здійснювати з метою збереження здоров'я обслуговуючого персоналу і тварин, їх захисту від хвороб, а також створення передумов підвищення якості вироблюваної продукції тваринництва та птахівництва.

Дезінфекція – це комплекс ветеринарно-санітарних заходів, які спрямовані на попередження заразних хвороб сільськогосподарських тварин та птиці.

Метою дезінсекції є знищення шкідливих комах, які є переносниками збуджувачів небезпечних інфекцій (сибірська виразка, бруцельоз, туберкульоз та деякі інші), а також яєць гельмінтів.

Дератизація – це захід, націлений на знищення небезпечних для тварин шкідників (пацюки, миші та інші). Вони псують і знищують корми, призначені для тварин та птиці, розповсюджують різні небезпечні інвазійні та інфекційні хвороби, руйнують огорожувальні конструкції приміщень.

На тваринницьких підприємствах застосовують різні методи обробки тих чи інших об'єктів при проведенні ветеринарно-санітарних заходів. Збудників заразних хвороб знищують переважно хімічними методами, коли відповідні препарати в тому або іншому вигляді наносяться на поверхні об'єктів обробки. Ці методи обробки набули найбільшого розповсюдження. Поряд з тим все частіше використовують фізичні і біологічні способи.

До фізичних належать термічна обробка приміщень, обладнання і території променями, вогнем, парою.

Біологічні методи полягають у використанні природних ворогів комах та гризунів. Ними можуть бути птахи, риби, корисні мікроби та комахи тощо.

Дератизацію здійснюють шляхом використання харчових та водяних приманок, обпилюванням, нанесенням отруйної піни тощо.

Проте основним видом ветеринарно-санітарних робіт є дезінфекція. Стосовно приміщень для утримання тварин вона передбачає очищення поверхонь, що підлягають обробці, і власне дезінфекцію. Очищення сприяє доступу дезінфекційних речовин до оброблюваних поверхонь. Особливу увагу слід приділяти очищенню тих елементів, з якими безпосередньо контактують тварини: годівниці, напувалки, перегородки, нижні частини стін, підлога, канали. Для очищення поверхонь використовують різні механічні засоби (лопати, скребки, щітки, граблі, вила) та гідравлічні пристрої.

Після дезінфекції приміщення провітрюють до повного зникнення запахів дезінфекційних засобів. Структура ветеринарних заходів і технологія їх проведення залежать від виробничого напрямку господарства, виду та концентрації тварин, системи їх утримання.

У тваринницьких підприємствах із невеликим поголів'ям і „традиційною” системою утримання тварин профілактичну дезінфекцію приміщень, технологічного обладнання, території проводять двічі на рік – навесні та восени. На спеціалізованих відгодівельних фермах профілактичну обробку здійснюють після завершення чергового циклу відгодівлі перед початком нового виробничого циклу.

Значно складніша технологія профілактичних заходів на молочно-товарних фермах промислового типу. Санітарне очищення та дезінфекцію поверхонь кожної секції корівника проводять через кожні 8 тижнів, переважно у теплі дні, коли тварин можна видалити на вигульні майданчики. У родильному відділенні підлогу миють і дезінфікують після кожного розтелення. Повністю приміщення очищають і дезінфікують один раз на місяць.

Крім планових профілактичних ветеринарно-санітарних робіт у разі виникнення інфекційного захворювання господарство вдається також до вимушених заходів. Поточну вимушену дезінфекцію здій-

снюють у день першого випадку інфекційного захворювання і щоразу, коли виявляють нову хвору тварину та під час чергового обстеження тварин у терміни, передбачені інструкціями щодо боротьби з інфекційними захворюваннями. У відділеннях та ізоляторах для утримання хворих тварин дезінфекцію виконують щодня.

Перед зняттям карантину після повної ліквідації інфекційного захворювання здійснюють завершальну дезінфекцію тими самими дезінфекційними засобами, що і за поточної обробки стосовно даного виду інфекційного захворювання. Контрольну дезінфекцію повторюють 2–3 рази.

Найширше ветеринарно-санітарну обробку застосовують у вівчарстві. Головний ектопаразит овець – коростяний кліщ. Заражені ним вівці, особливо молодняк, втрачають вовну, значно знижують свою продуктивність, худнуть, а інколи й гинуть. Щорічною профілактичною обробкою овець запобігають цьому захворюванню.

Для очищення від ектопаразитів на вовну овець наносять відповідні інсектициди, за властивостями яких визначають спосіб обробки тварин. Поверхневого насичення вовняного покриву досягають методами обприскування, обпилювання чи обробкою аерозолями та газами.

Для обприскування овець поміщають у спеціальну камеру, відкриту зверху, й обробляють струменями розчину з різних боків. Метод характеризується відносно невеликими витратами дезінфекційних розчинів і компактністю установки. Обприскування застосовують для лікування окремих тварин, особливо взимку при коростяних захворюваннях. Проте така обробка ефективна, якщо довжина вовни овець не перевищує 2 см.

Обпилювання й обробка газами та аерозолями широкого застосування не набули, оскільки при цьому насичується тільки поверхневий шар покриву. Крім того, у процесі обробки тварини тривалий час змушені дихати повітрям, сильно насиченим інсектицидами, що часто призводить до отруєння.

Поширені способи цілковитого насичення вовняного покриву (овець купують і занурюють з головою у спеціальних ваннах) та комбінований (купають у ваннах, а голову і частину шиї обробляють

струменями розчину). Такий процес наближений до природного купання овець у відкритих водоймах й значно ослаблює стресові реакції. В цьому разі крім антипаразитарної дії має місце сприятливий гігієнічний ефект.

Профілактичну обробку овець проводять двічі на рік: навесні – через 3–5 діб після стрижки і восени – перед переведенням тварин на зимове утримання, за 2–3 тижні до штучного осіменіння вівцематок. Обробці підлягають вівці всіх статевих-вікових груп.

Механізовані установки повинні забезпечувати купання овець без травмування та передбачати ізольоване утримання оброблених і необроблених тварин. Викупаних овець розміщують на відстійних майданчиках, які обладнані стоком для відведення розчину у ванну. Купання овець проводять у суху, теплу і безвітряну погоду при температурі повітря не нижче 12 °С, а емульсії – 18–25 °С. Обробка повинна забезпечувати 100 процентне змочування вовняного покриву і шкіри. Тривалість перебування овець у ванні 30–60 с, занурення з головою – 1–2 с.

Для купальних установок ванного типу найхарактерніший такий технологічний процес: від отари овець відокремлюють їх групами і подають до ванни; скидають або занурюють відокремлену групу у ванну, де вівці витримуються або плавають (30–60 с); занурюють їх з головою (1–2 с), після чого вівці виходять на відстійний майданчик. За такою технологією працюють установки при ручному і механізованому способах купання овець у ваннах. При цьому найбільш трудомістка операція – подавання й скидання овець у ванну. Саме вирішенням цієї операції й обумовлюються певні конструктивні відмінності різних установок.

З метою дотримання ветеринарно-санітарних норм і ефективного приведення ветеринарно-санітарних заходів необхідно дотримуватися таких вимог:

- тваринницькі приміщення потрібно будувати за проектами, погодженими із ветеринарно-санітарними службами;
- на тваринницьких фермах (комплексах) необхідно мати огороження, дезбар'єри, санпропускники, ізолятори або карантинні

приміщення для хворих тварин, ветеринарні лікарні або пункти, забійні пункти, типові гноєсховища;

- своєчасно здійснювати перевірку якості препаратів, що використовуються при проведенні ветеринарно-санітарних робіт;
- застосовувати відповідні засоби механізації для проведення вказаних робіт;
- за можливості об'єднувати і проводити одночасно кілька ветеринарно-санітарних заходів (наприклад, дезінфекція та дезінсекція приміщень);
- мати добре підготовлені кадри.

12.2. Засоби механізації

12.2.1. Загальна характеристика машин і обладнання

Різноманітність ветеринарно-санітарних заходів, висока трудомісткість планових та вимушених робіт, пов'язаних із систематичною обробкою великих площ території та виробничих приміщень, значної кількості поголів'я тварин або птиці потребують застосування відповідних засобів механізації. Механізація ветеринарно-санітарних робіт значно полегшує умови і підвищує продуктивність праці тваринників, поліпшує якість обробки, зменшує витрати дезінфекційних засобів, сприяє надійності профілактики захворювань тварин.

Структура дезінфекційних робіт і вибір для цього засобів механізації залежить як від видового і вікового складу тварин, так і від способу їх утримання: безвигульне (прив'язне і безприв'язне), вигульне та пасовищне. Засоби механізації поділяються за характером використання на портативні, переносні і пересувні пристрої, мобільні агрегати на транспортних шасі, самохідні установки на внутрішньогосподарському транспорті, а також стаціонарні установки з подачею робочої речовини по трубопроводах.

Система машин передбачає більше 50 найменувань технічних засобів для механізації ветеринарно-санітарних робіт.

За призначенням вони бувають:

- універсальні автомобільні агрегати;
- мобільні агрегати для дезінфекції і дезінсекції холодними або гарячими розчинами;
- пересувні дезінфекційні установки для тваринницьких ферм та комплексів;
- малогабаритні мийно-дезінфекційні установки;
- портативні обприскувачі та обпилювачі з ручним приводом чи електрифіковані;
- установки для миття тварин;
- вогневі пароповітряні, пароформалінові камери;
- аерозольні установки та пристосування;
- установки для знезараження води;
- установки для опромінення тварин та іонізації повітря;
- установки для спалювання трупів тварин і вогневої обробки об'єктів;
- автомобілі швидкої ветеринарної допомоги та ветеринарної амбулаторії.

Крім того, для проведення ветеринарно-санітарних заходів у тваринництві часто залучається й різна польова (наприклад, для хімічного захисту рослин), дорожня (автоприбирачі), побутова (пилососи, обприскувачі) та деяка інша техніка.

Мобільні дезінфекційні установки – це машини які забезпечують санітарно-ветеринарну обробку приміщень, території, а також тварин холодними або гарячими розчинами, аерозолями чи інсектицидними препаратами, санітарне гідроочищення приміщень, їх побіл, термічне знезаражування поверхонь, камерну дезінфекцію спецодягу, дрібного інвентарю, тари, вовни тощо. Мобільними агрегатами оснащують переважно ветеринарно-санітарні загони.

На фермах і комплексах промислового типу обладнують стаціонарні пункти для приготування робочих і концентрованих розчинів, очищення та дезінфекції тварин, а також дезінфекційні камери для обробки одягу, інвентарю. На цих пунктах використовують, як правило, електрифіковане технічне оснащення. Крім того, на пунктах є

пересувні мийно-дезінфекційні установки для проведення робіт безпосередньо на робочих місцях.

Портативні дезінфекційні апарати призначені для обробки невеликих тваринницьких приміщень, допоміжних об'єктів, окремих ділянок, коли недоцільне використання іншої, потужнішої техніки. Основне призначення такого обладнання – обробка окремих тварин в умовах пасовищ.

Аерозольну техніку застосовують у тваринництві та птахівництві для дезінфекції та дезінсекції приміщень, повітряного середовища в них, проведення аерозольної терапії та вакцинації тварин.

12.2.2 Будова та принцип дії

У ветеринарній службі найбільш поширені дезінфекційні установки. В них багато спільних конструктивно-функціональних ознак, тому розглянемо їх на прикладі деяких базових машин цього типу.

Для проведення комплексу ветеринарно-санітарних заходів силами господарської, районної або обласної ветеринарних служб чи спеціалізованих ветеринарно-санітарних загонів на тваринницьких об'єктах, що розміщені на значній відстані один від одного, призначені мобільні установки. Вони оснащені резервуарами для робочих і концентрованих дезрозчинів, пристосуванням для нагрівання робочої рідини, насосним устаткуванням, рукавами, розпилювачами тощо. Більшість установок можуть працювати автономно за відсутності електричних мереж

Дезінфекційна установка забезпечує санітарну обробку тваринницьких приміщень холодним або гарячим дезрозчином, їх побіл свіжогашеним вапном чи крейдою, обприскування і миття тварин підігрітими розчинами. Її використовують також для дезінфікування деяких інших сільськогосподарських об'єктів.

Установка (рис. 12.1) змонтована на шасі автомобіля і складається з цистерни для робочого розчину місткістю 1200 літрів, чотирьох баків для концентрованих дезрозчинів, котла для підігрівання розчину, паливного бака для роботи топки котла, компресора,

ящиків для приладів та рукавів. До комплекту установки входять також пристосування для заповнення баків хімікатами, обробки території і вертикальних поверхонь, брандспойтами зі змінними розпилювачами та душовою насадкою, контрольно-вимірювальні прилади (манометр, вакуумметр, термометр).

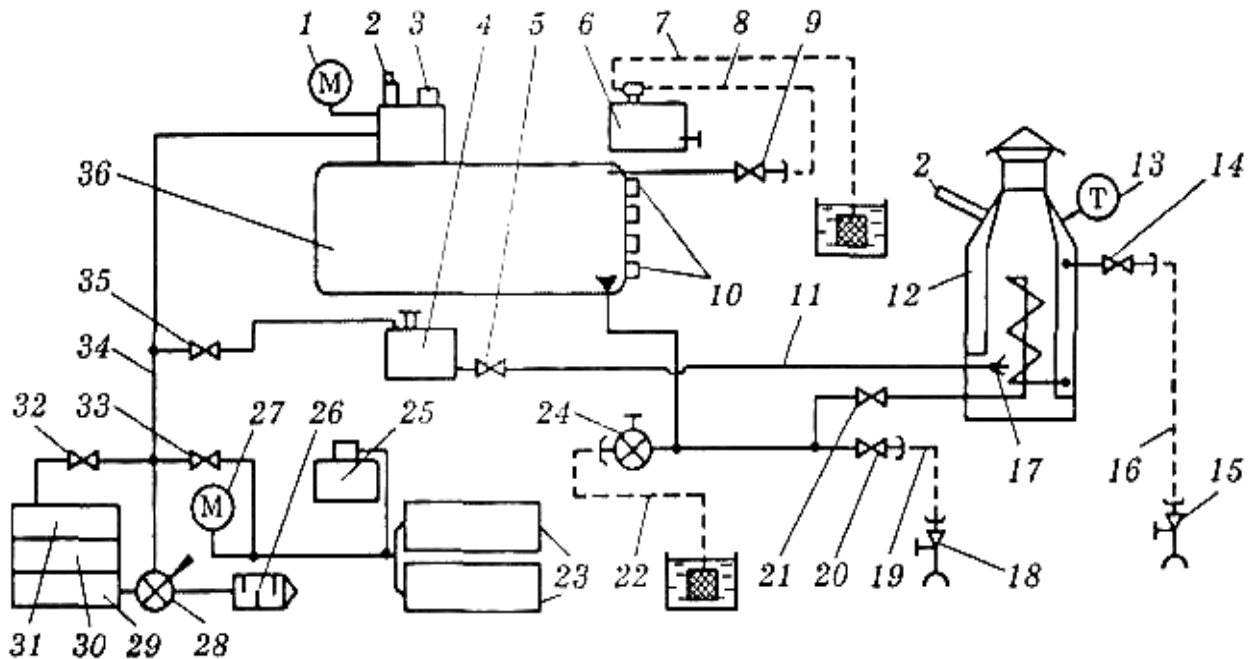


Рис. 12.1. Структурна схема дезінфекційної установки: 1 – вакуумметр; 2 – запобіжний клапан; 3 – люк; 4 – паливний бак; 5, 9, 14, 20, 21, 32, 33, 35 – вентилі; 6 – бак концентрованих дезасобів; 7, 22 – забірні рукави; 8 – з'єднувальний рукав; 10 – оглядові пристрої (стекла); 11 – паливопровід; 12 – котел; 13 – термометр; 15, 18 – брандспойти; 16, 19 – напірні рукави; 17 – форсунка; 23 – ресивери; 24 – клапан; 25 – компресор; 26 – глушник; 27 – манометр; 28 – клапанна коробка; 29 – викидний колектор; 30 – двигун автомобіля; 31 – всмоктувальний колектор; 34 – напірний трубопровід; 36 – цистерна

Цистерна обладнана горловиною, що герметично закривається кришкою на болтах. На кришці є запобіжний клапан, який обмежує тиск у цистерні до 0,25 МПа. Для заправлення цистерни водою з мережі за допомогою шланга на кришці передбачено люк, що герметично закривається фланцем. Внизу цистерни є отвір з фланцем для приєднання приймально-роздавального трубопроводу. Цистерна обладнана оглядовими стеклами. Патрубок горловини цистерни напірним трубопроводом сполучається з клапанною коробкою, яка, в свою

чергу, з'єднана з викидною трубою двигуна. Керування клапанною коробкою і заслінкою викидної труби винесено в кабінку автомобіля. Всмоктувальний колектор двигуна автомобіля з'єднаний з цистерною за допомогою вакуум-трубопроводу. На ньому є вентиль, керування яким теж виведено в кабінку.

Котел місткістю 25 л має водяну сорочку, змійовик, форсунку і димову трубу. З цистерною котел з'єднаний гнучким рукавом. На котлі встановлено запобіжний клапан.

Компресор, що розміщений на головці двигуна автомобіля, приводиться пасовою передачею від вентилятора і має два ресивери, розрахованих на максимальний тиск 0,8 МПа. При під'їзді до об'єкту обробки включають компресор і в ресиверах створюють резервний тиск, щоб забезпечити тривалу роботу дезустановки.

Перед виїздом на об'єкт баки заповнюють концентрованим дезрозчином та паливом. Рівень заповнення контролюють крізь оглядове скло. Безпосередньо на об'єкті проведення ветеринарно-зоотехнічних заходів розгортають і приєднують до установки рукави. В окремій посудині готують потрібну кількість дезрозчину відповідно до обсягу робіт, які планується виконувати. Цистерну заповнюють водою або розчином. Робочий розчин у цистерні готують змішуванням води з дезрозчином, що засмоктується з відповідного бака під дією розрідження, створюваного в цистерні.

Холодну обробку об'єкта дезрозчином здійснюють за допомогою напірного рукава, з'єданого з вентилем цистерни. На брандспойт встановлюють відповідний розпилювач або щітку, а в цистерні створюють тиск 0,20–0,25 МПа. За відкритого вентиля робочий розчин брандспойтом наносять на об'єкт обробки. В разі потреби можна використати і другий брандспойт, який з'єднують рукавом із вентилем водогрійного котла.

Для обробки об'єкта гарячим розчином воду або дезрозчин потрібно подати в котел і розпалити топку котла. Для цього паливо з бачка подають на форсунку під тиском 0,10–0,15 МПа. У процесі нагрівання рідини в котлі періодично відкривають вентиль трубопроводу, що веде до цистерни, для створення циркуляції розчину і

перевірки наявності його в котлі. Інакше в котлі утвориться пара, під тиском якої розчин може повернутися в цистерну, що, в свою чергу, спричинить швидке прогоряння котла. Температуру розчину в котлі контролюють за показами термометра. Приблизно через 10–20 хв після розпалювання топки котла при досягненні потрібної температури рідини приступають до обробки об'єкта. Під час обробки стежать за температурою рідини, що надходить у роздавальний рукав (для дезінфекції приміщень і обладнання її рекомендується підтримувати на рівні 60–70 °С, а для миття тварин – 30–35 °С), за тиском у цистерні (в разі зниження його до 0,05 МПа треба знову запустити двигун і підвищити тиск або використати запас стисненого повітря з ресиверів).

За надмірної температури дезрозчину потрібно збільшити подачу рідини крізь роздавальний рукав з підвищенням тиску в цистерні до 0,20–0,25 МПа або ж зменшити подачі палива до форсунки. Для підвищення температури дезрозчину слід тимчасово припинити розпилення чи зменшити видачу його або збільшити подачу палива в топку.

У разі переміщення установки в межах одного двору (ферми) перекривають видачу рідини та палива, гасять форсунку і прочищають розпилювачі. Коли рівень рідини в цистерні опускається до нижнього оглядового скла, інтенсивність горіння в топці (подачу палива) зменшують, а після повного використання розчину гасять форсунку і перезаряджають цистерну. Для запобігання осіданню часто-чок суміші у цистерні через кожні 20–30 хв роботи доцільно збовтувати розчин переміщенням установки на 10–15 м і різким гальмуванням.

Дезінфекцію території, вертикальних об'єктів (стіни), а також поливання території водою здійснюють за допомогою спеціального пристрою у вигляді трубчастого розбризкувача з отворами, яку встановлюють під ящиком для приладів або на ящику для рукавів.

Для дезінфекції і дезінсекції території тваринницьких підприємств, а також очищення поверхонь приміщень та їх внутрішнього обладнання, в тому числі суцільної і щілинної підлоги, призначені спеціальні установки, які можна використовувати безпосередньо в приміщеннях.

Агрегат дезінфекційний автомобільний призначений для механізації ветеринарно-санітарних заходів, пов'язаних з обробкою тварин, тваринницьких приміщень, території, спецодягу тощо.

Агрегат змонтовано на шасі автомобіля і має такі елементи (рис. 12.2): основний резервуар, баки для розчину та палива, насос і компресор, дезінфекційну камеру, барабан, ящик ЗІП, пристрій автоматичного запалювання. Для обслуговуючого персоналу є допоміжна кабіна. Привід насоса, компресора, вентилятора і топки здійснюється від коробки відбору потужності двигуна автомобіля. Основний резервуар 4, призначений для перевезення та нагрівання води, оснащений ежектором для забору води. В середині його вмонтований котел з теплогенератором. Керування пристроєм запалювання палива здійснюється з кабіни водія. Паливний бак має запобіжний клапан надмірного тиску. Для намотування рукавів барабанів є знімні ручки.

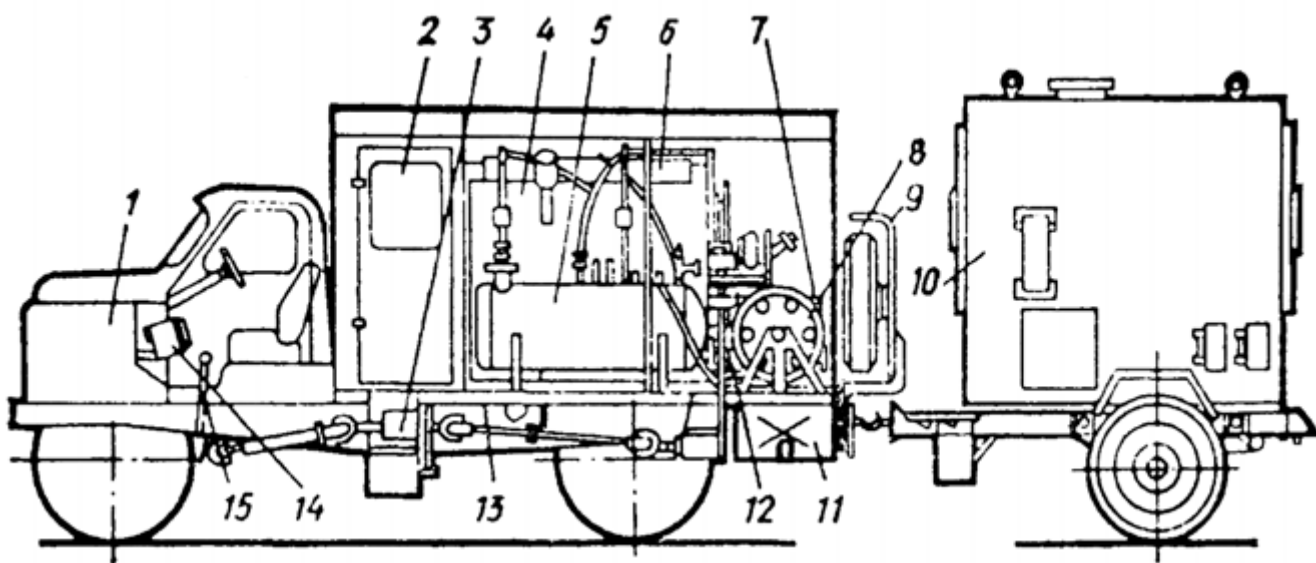


Рис. 12.2. Загальний вигляд та комплектація дезінфекційного агрегата:

- 1 – автомобіль; 2 – допоміжна кабіна; 3 – приводний пристрій;
4 – основний резервуар; 5 – бак для палива; 6 – бак для маточного розчину; 7 – компресор; 8 – барабан із шлангами; 9 – кронштейн для кріплення колеса; 10 – причіпна камера; 11 – ящик ЗІП; 12 – насос високого тиску; 13 – рама установки; 14 – пристрій автоматичного запалювання; 15 – важіль керування

Обробку розпочинають з дальнього кінця приміщення і поступово переміщуються до виходу. Аерозольну дезінфекцію проводять об'ємним чи направленим способами. При об'ємному способі аерозольні форсунки 32 закріплюють стаціонарно у приміщенні, при направленим – оператори вручну здійснюють обробку поверхонь приміщення, обладнання або тварин.

Ветеринарно-дезінфекційна машина (рис. 12.3) призначена для проведення комплексу ветеринарно-санітарних заходів у тваринницьких господарствах, розосереджених на значних територіях. Вказаний комплекс робіт включає мийку, вологу санітарну обробку тваринницьких приміщень та обладнання, аерозольну дезінфекцію і дезінсекцію, термічне знезаражування.

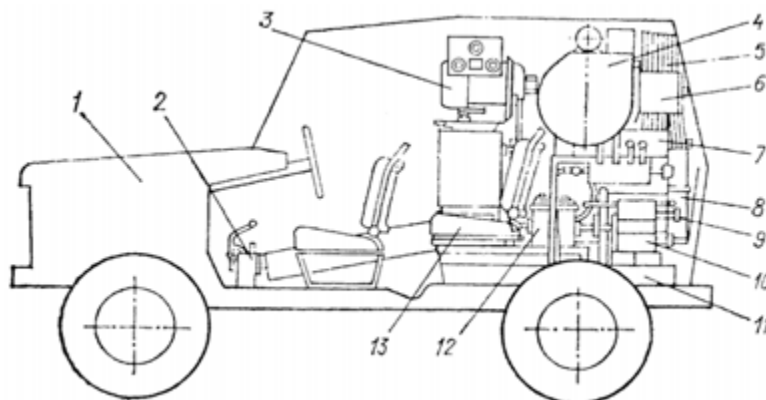


Рис. 12.3. Дезінфекційна машина: 1 – автомобіль; 2 – коробка відбору потужності; 3 – електрогенераторна установка; 4 – тепло-генератор; 5 – укладка рукавів; 6 – система електрообладнання і контролю; 7 – компресор; 8 – напірний бак; 9 – гідропневмосистема; 10 – насос; 11 – рама; 12 – роздавальна коробка; 13 – сидіння

Привід від коробки відбору потужності автомобіля передається карданним валом на розподільну коробку, а потім клинопасовою передачею на генераторну установку і через компенсуючі ланцюгові муфти – на насос і компресор. Насос створює тиск і подає розчин до робочих органів у процесі мийки і вологої дезінфекції.

Компресор забезпечує агрегати і робочі органи машини стиснутим повітрям, подає концентрований дезрозчин у процесі виконання вологої обробки, а також аерозольні рідини та паливо при проведенні аерозольної дезінфекції або термічного знезараження.

Генераторна установка перемінного струму призначена для живлення електричним струмом електрообладнання, системи контролю та керування. Напірний бак подає дезрозчин або паливо до робочих органів за допомогою стиснутого повітря. За допомогою робочих органів виконують такі операції: пістолетом-розпилювачем миють та дезинфікують, термоаерозольним розпилювачем проводять аерозольну та термічну обробку.

Залежно від виду передбачуваної обробки напірний бак машини заправляють водою, паливом або дезрозчином. Живлення машини водою виконується від водопровідної мережі чи з водоймищ (технологічних місткостей).

Аерозольний генератор (рис. 12.4) призначений для обробки тваринницьких приміщень аерозолями, які одержують термохімічним способом з розчинених у мінеральних оливах токсикантів.

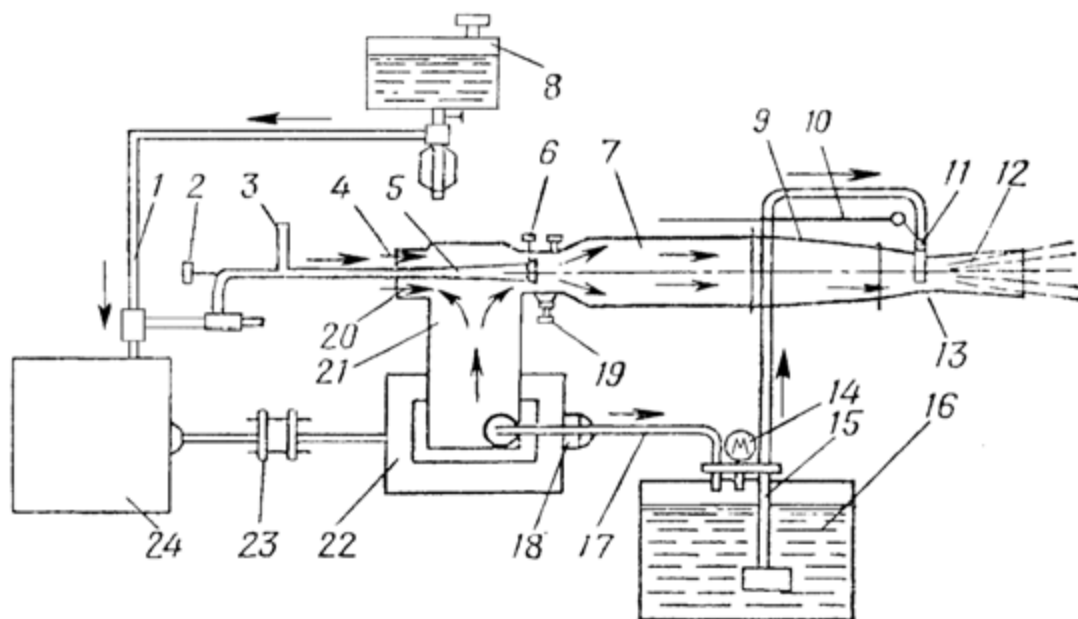


Рис.12.4. Конструктивно-технологічна схема генератора: 1 – бензопровід; 2 – кран бензинової горілки; 3 – компресор; 4, 20 – регулятори подачі повітря; 5 – горілка; 6 – регулятор дифузора горілки; 7 – камера згоряння; 8 – бензобак; 9 – жарова труба; 10 – тяга дистанційного управління; 11 – кран дозування робочого розчину; 12 – сопло; 13 – розпилювач робочого розчину; 14 – манометр; 15 – приймач робочого розчину; 16 – бак з робочим розчином; 17 – трубка повітряна; 18 – магнето; 19 – запальвальна свіча; 21 – напірний повітропровід; 22 – нагрівач повітря; 23 – муфта з'єднувальна; 24 – бензиновий двигун

Робочий орган аерозольних генераторів – це форсунка-розпилювач, яка утворює високодисперсну суміш. Деякі типи розпилювачів показані на рис. 12.5.

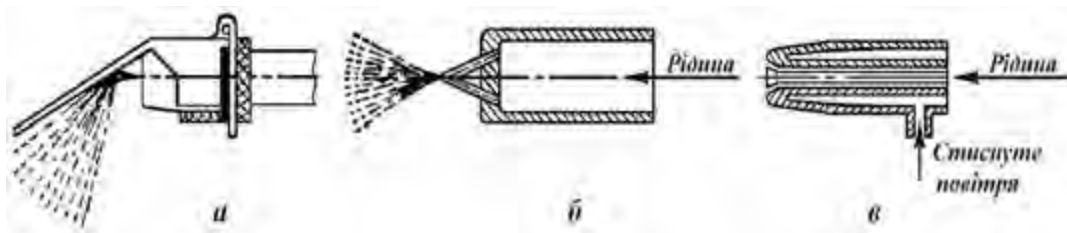


Рис. 12.5. Варіанти форсунок-розпилювачів: а – розпилення від плоскої металевієї пластини; б – розпилювання від удару струменів, що перехрещуються; в – пневматична

Розміри часток в аерозолі коливається в дуже широких межах – від 10^{-7} до 10^{-8} см. Саме вони визначають швидкість осідання, дифузію, коагуляцію, випаровування, глибину проникання у дихальні шляхи людини або тварини, проникнення з легенів до кровоносної та лімфатичної систем організму тощо. Однією з властивостей речовин, переведених в аерозольний стан, є значне збільшення їх питомої поверхні або відношення поверхні до маси.

Аерозольний метод дезінфекції потребує дотримання ряду вимог, невиконання яких різко знижує ефективність обробки. В першу чергу - це необхідність ізоляції оброблюваних приміщень і створення в них відповідного мікроклімату.

Для обробки невеликих за розміром тваринницьких приміщень чи ділянок у важкодоступних місцях, а також окремих тварин доцільно використовувати *портативні дезінфекційні апарати* (рис. 12.6). Вони бувають гідравлічні та пневматичні, а за характером використання – ранцеві і встановлені на підлозі на спеціальні підставки. В міру обробки об'єкта їх переносять з місця на місце.

У портативних апаратах використовують прості за будовою поршневі чи діафрагмові насоси, які найчастіше приводяться в дію від руки працівника, іноді – малогабаритним бензиновим чи електро-двигуном.

За принципом дії апарати поділяють на обприскувачі та обпилювачі. За допомогою обприскувача дезінфікуючий розчин під тиском

поршневого насоса наносять на оброблювану поверхню, а за допомогою обпилювача порошкоподібні препарати розпилюють потоком повітря, створюваним відцентровим насосом.

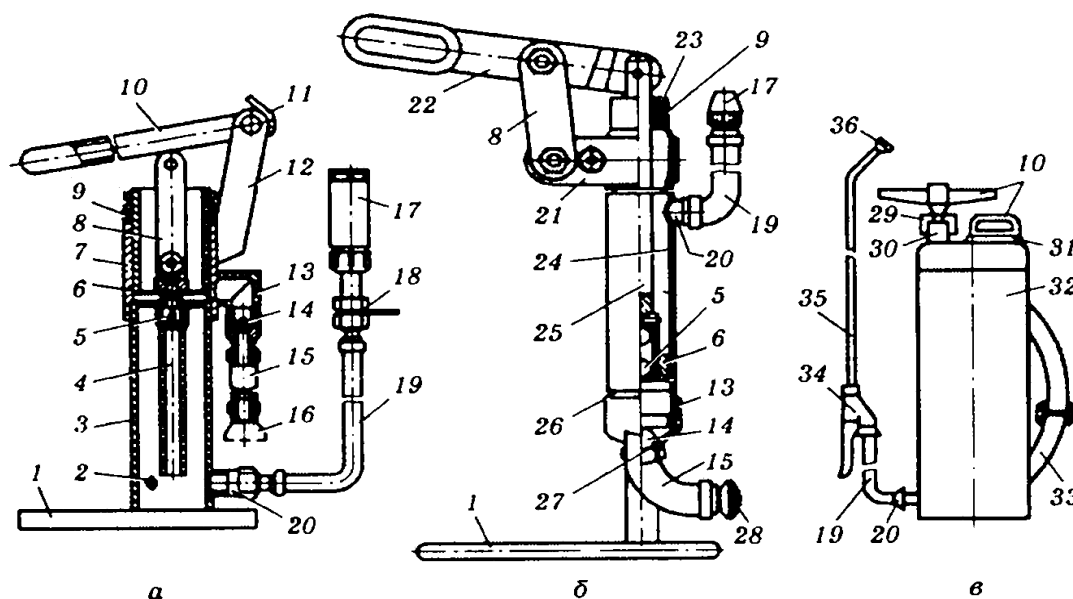


Рис. 12.6. Портативні ручні обприскувачі: а – апарат ручний;

б – гідропульт ручний; в – розпилювач рідини;

- 1 – плита; 2 – отвір штуцера напірного рукава; 3 – труба плити; 4 – трубка;**
5 – нагнітальний клапан; 6 – поршень; 7 – циліндр; 8 – планка;
9 – ущільнення; 10 – ручка; 11 – упор; 12 – кронштейн; 13 – штуцер
всмоктувального рукава; 14 – всмоктувальний клапан;
15 – всмоктувальний рукав; 16 – фільтр; 17 – розпилювач; 18 – держак;
19 – напірний рукав; 20 – штуцер напірного рукава; 21 – хомут;
22 – важіль; 23 – кришка сальника; 24 – корпус; 25 – шток; 26 – сидло
нагнітального клапана; 27 – сидло всмоктувального клапана;
28 – ковпак із запобіжної сіткою; 29 – манометр; 30 – насос; 31 – кришка
зливна з болтом-клапаном; 32 – резервуар; 33 – пас наплічний;
34 – пусковий механізм; 35 – трубка розпилювача

Осьова купальна ванна (рис. 12.7) – це стаціонарна установка, призначена для профілактичної і лікувальної обробки овець із зануренням їх з головою в робочий розчин. Вона складається з будівельної частини і технологічного обладнання.

До будівельної частини установки входять кошари для некупаних овець, робочий загін, ванна для купання, два відстійних майданчики для скупаних овець і майданчик для розміщення технологічного обладнання, яким є підштовхувальний візок, осьовий занурювач, змі-

шувач, пароутворювач, система опалення, насосна станція, відстійники. Робочий загін (21×5 м) має входні ворота і забетоновану підлогу. Над загonom на рейках знаходиться візок для підштовхування овець у напрямку ванни. Візок складається з рами, на якій розміщені електродвигун, редуктор привода і сидіння оператора. Спереду на рамі влаштовано секцію з 62 підштовхувальними пальцями у вигляді трубок з гумовими наконечниками внизу для попередження травмування овець.

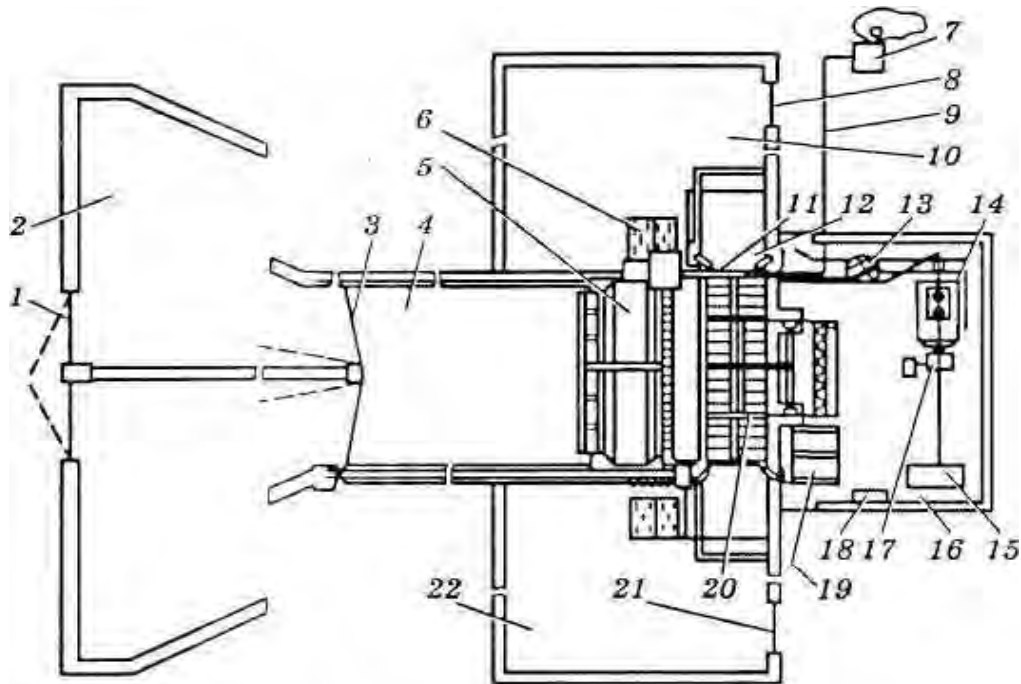


Рис. 12.7. Схема купальної ванни: 1 – ворота; 2 – загін для некупаних овець; 3 – впускні ворота робочого загону; 4 – робочий загін; 5 – підштовхувальний візок; 6 – відстійник; 7 – насосна станція; 8, 21 – впускні ворота; 9 – водопровід; 10, 22 – відстійні майданчики; 11 – двостулкові дверцята ванни; 12 – ванна; 13 – змішувач; 14 – котел-пароутворювач; 15 – паливний бак; 16 – майданчик для технологічного обладнання; 17 – апаратура подачі палива в топку; 18 – електрошкаф; 19 – робоче місце оператора; 20 – занурювач

Ззаду візка є ящик з баластом, який запобігає буксуванню. Візок переміщується в межах загону в робочому і зворотному напрямках. Хід візка обмежується кінцевими упорами біля ванни і впускних воріт. Ванна (5×2,5×1,5 м) – бетонна, з двох боків обладнана східцями для виходу овець на відстійні майданчики. У стінах ванни закладено труби системи підігрівання, а дно має нахил 4° в бік зливання

відпрацьованого розчину. Над ванною розміщено осьовий занурювач, який повністю перекриває простір ванни. Занурювач – це дерев'яна платформа, яка за допомогою двох гідроциліндрів може перемішуватись вгору і вниз (швидкість руху відповідно 0,2 та 0,1 м/с). На випадок аварії (відмова гідросистеми або електропостачання) передбачено противагу, що забезпечує термінове підймання занурювача вручну.

Вхідні і вихідні двері встановлено врівень із ванною з двох її боків. Вони забезпечують заданий час (експозицію) купання овець протягом 30–60 с. Кожна пара дверей відчиняється і зачиняється за допомогою гідроциліндра. Занурювачем та вихідними дверима керує оператор через золотниковий розподільник.

Майданчики для витримування овець (10×10 м) знаходяться поряд з ванною, огорожені сіткою, мають вихідні ворота і бетоновану підлогу з нахилом 0,02 у бік відстійників (1,6 м³). Сюди збирається рідина, що стікає з овець. Відстійники зверху накриті решітками і трубами з'єднані з ванною.

Пересувну купальну установку використовують для профілактичної і лікувальної обробки овець, а також при ліквідації осередків захворювання на невеликих фермах (до 5 тис. голів) та отар на пасовищах. Установка складається із стояків і решітчастих щитів для відгородження загонів некупаних та купаних овець, десяти контейнерів для подачі овець на купання, ванни з двома кришками, водопідігрівача.

Комплект обладнання майданчика для проведення зооветеринарної обробки овець (рис. 12.8) включає збірний розкіл з дверцятами гільйотинного типу, прохідну ванну для дезінфекції копитець, пристрій для відлучення і розділення овець, а також ваги.

Розкіл збирають із однакових секцій довжиною 1,5 м. Раму зварюють із труб діаметром 30 мм. Внизу рами на висоті 100 мм від її основи приварюють поперечні планки-відсікачі. Прохідна ванна (3,0×0,3×0,25 м) зварена з листової сталі. З торців ванни на шарнірах закріплені два дерев'яних решітчастих трапи, які в робочому стані опускаються у ванну.

Роздільний пристрій зварений із сталевих труб діаметром 20–25 мм у вигляді рами, всередині якої підвішені двоє дверцят, з'єднаних між собою шарнірною тягою. Гільйотинні двері встановлені у пазах рами. Для легкого їх відкривання до них за допомогою каната через трос підвішена противага.

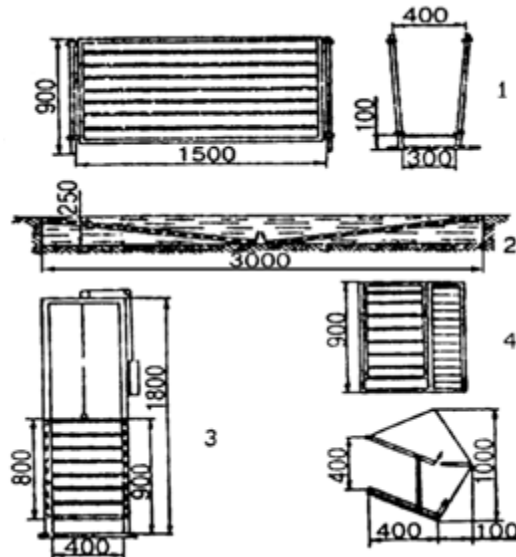


Рис. 12.8. Монтажні схеми обладнання для зооветеринарної обробки овець:
 1 – секція розколу; 2 – ванна для ніг; 3 – гільйотинні дверцята; 4 – роздільний пристрій

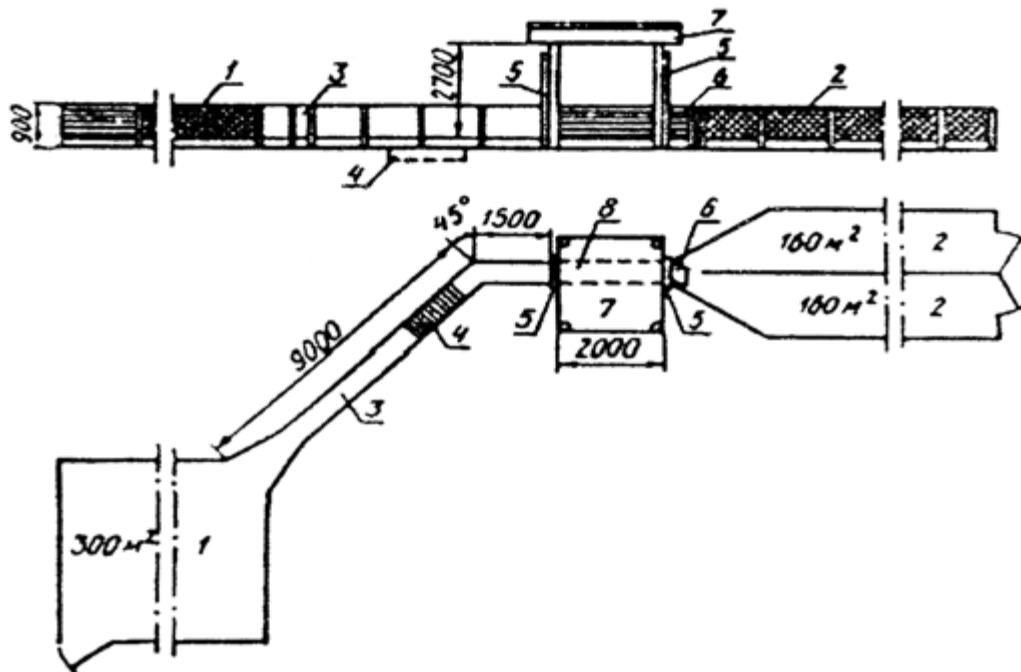


Рис. 12.9. Схема розміщення обладнання на майданчику для зооветеринарної обробки овець: 1, 2 – загони для оброблених овець; 3 – розкіл; 4 – ванна для ніг; 5 – гільйотинні дверці; 6 – роздільний пристрій; 7 – навіс; 8 – прохід для фіксації оброблених овець

Комплект обладнання встановлюють на відкритому майданчику (рис. 12.9). Це обладнання доцільно розміщувати поряд з купальною установкою і використовувати разом установкою для подавання овець на зооветеринарну обробку. Розкіс встановлюють перед установкою для подачі овець і він є переходом із загону необроблених овець до ванни для ніг. У розколі на рівні з підлогою у виямці встановлюють ванну для ніг. Останні секції розколу (після ванни для ніг) повертають на 30–45° до основної частини обладнання, а на виході з нього обладнують легкий навіс для обслуговуючого персоналу.

Під навісом при вході і виході встановлюють гільйотинні дверці. За вихідними дверцятами монтують роздільний пристрій.

Залежно від характеру обробки між вхідними і вихідними дверцятами роблять прохід із розбірних щитів шириною 0,4 і висотою 0,6 м, де встановлюють бонітувальний станок, станок для обрізки ратиць, ваги з кліткою для зважування овець.

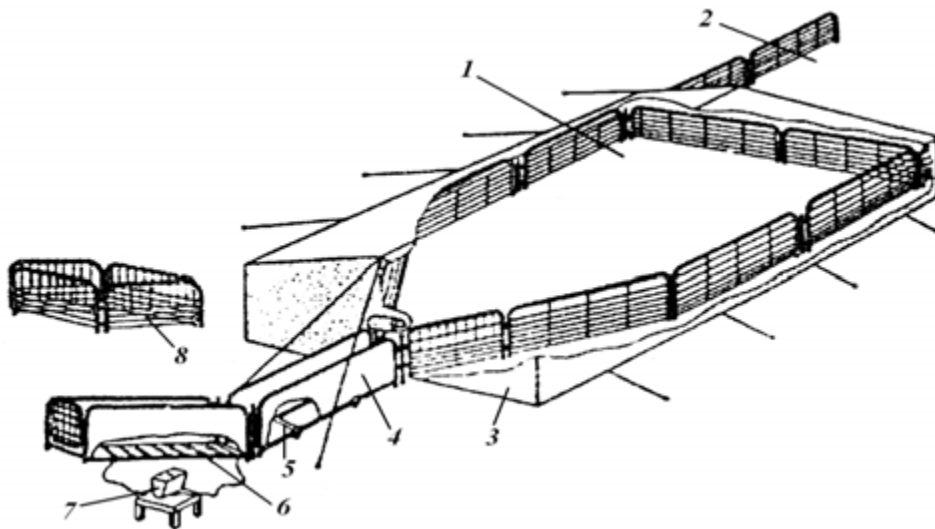


Рис. 12.10. Установка для подавання овець на зооветеринарну обробку:
1 – робочий загін; 2 – попередній загін; 3 – намет; 4 – розкіл; 5 – упор;
6 – настил з електрошин; 7 – генератор імпульсів; 8 – оцарок

Установку для подавання овець на зооветеринарну обробку монтують на рівному майданчику розміром не менше 30×8 м. Установка має намет (рис. 12.10), в середині якого розміщений робочий загін. Попередній і робочий загани, а також оцарок зібрані із стандартних решітчастих щитів (довжиною 3 і 1,5 м), стояків і шти-рів. Розкіл із суцільних щитів оснащений решітчастою хвірткою. На

відстані 1 м від виходу овець із розколу встановлено генератор імпульсів із джерелом живлення. Оцарок монтують напроти виходу тварин із розколу на відстані до 2 м. Штирі, до яких кріплять канатами стояки загонів і розколу, забивають в землю під невеликом кутом.

Ін'єктор напіваавтоматичний використовують для масового внутрішньом'язового введення вакцин проти хвороб молодняку птиці у добовому віці. Це портативний прилад настільного типу.

12.3 Технологічний розрахунок обладнання

12.3.1. Установки для купання овець

До основних параметрів установок для купання належать пропускна здатність, площа ванни, її глибина або об'єм.

Необхідна пропускна здатність – це основний показник, який впливає на вибір типу установки, її конструктивні розміри, витрати інсектицидів та води, затрати праці тощо.

Розрахункова пропускна здатність Q_p (голів/год) установки становить:

$$Q_p = \frac{60}{T_{\text{ц}}} m_1, \quad (12.1)$$

де m_1 – кількість овець, які обробляються за один цикл, голів; $T_{\text{ц}}$ – тривалість циклу, хв:

$$T_{\text{ц}} = t_{\text{заг}} + t_{\text{об}} + t_{\text{п}} + t_{\text{х}}; \quad (12.2)$$

$t_{\text{заг}}$ – час, необхідний для підготовки групи овець до купання, хв; $t_{\text{об}}$ – час їх обробки, хв; $t_{\text{х}}$ – тривалість заключних операцій при купанні однієї групи овець (наприклад, вихід овець з ванни, холостий хід робочого механізму), хв; $t_{\text{п}}$ – час підготовки установки до роботи, відне-сений до одного циклу обробки, хв.

Площа ванни для купання S установок скидального типу чи місткість контейнера розраховують так:

$$S = s_{\text{п}} m_1, \quad (12.3)$$

де $s_{\text{п}}$ – питома площа ванни чи контейнера на одну вівцю, $s_{\text{п}} = 0,3\text{--}0,5 \text{ м}^2$. Менше значення приймають для установок, в яких скидання

вико-нується поступово, вівці відпливають. Звільняючи місце іншим, а більше – для установок, де скидають всю групу овець одночасно.

Довжину ванни визначають відповідно до умови, щоб вівці в момент скидання не травмувалися. З цих міркувань вона повинна бути не менше $L = 2\text{--}2,5$ м.

Об'єм ванни для купання необхідно вибирати якомога меншим, оскільки збільшення об'єму призводить до значного зростання витрат, інсектицидів та палива, необхідного для підігрівання розчину. В той же час невелика глибина ванни може спричинити травмування тварин.

Площа базів для попереднього накопичення, а також витримки купаних овець визначається з розрахунку $0,3\text{--}0,5$ м² на одну необроблену вівцю та $0,2\text{--}0,3$ м² на одну голову після профілактичної обробки. Кожний баз повинен вміщувати отару з 700–800 голів.

12.3.2. Пересувні дезінфекційні установки

Для забезпечення рівномірного і відповідно до встановленої (заданої) норми покриття деззасобом оброблюваних поверхонь необхідно узгодити швидкість переміщення агрегату з пропускнуою здатністю пристосувань за допомогою яких розподіляється дезінфікуючий засіб. Згідно таких передумов швидкість руху пересувного агрегату визначають за формулою:

$$v = \frac{Q}{qB}, \quad (12.4)$$

де v – швидкість переміщення агрегату, м/с; Q – пропускна здатність (подача) розподільного пристрою (наприклад, штанга), л/с; q – питома норма витрат деззасобів, л/м²; B – ширина смуги оброблюваної поверхні (наприклад, рівна довжині штанги), м.

13. ДОЇННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ТВАРИН

13.1. Фізіологічні аспекти

Доїння є найвідповідальнішим і досить трудомістким процесом у технології виробництва молока. Цей процес містить дві фази: молоковіддача і молоковиведення.

Молоко утворюється і накопичується в молочній залозі тварини, причому основна його частина (до 90 %) міститься в альвеольному просторі вимені і недоступна для безпосереднього виведення без спонукання процесу молоковіддачі.

Молоковіддача – це складна реакція залози, в результаті якої молоко витісняється із альвеол у цистерни вимені. Процес молоковіддачі відбувається під впливом гормону окситоцину, який продукується придатком головного мозку (гіпофіз) тварини, потрапляє у кров і транспортується потоком крові до вимені.

Утворення окситоцину відбувається під дією факторів, які спричиняють механічний, тепловий чи інший вплив на рецепторні зони молочної залози, органи зору і слуху тварини, тощо. Повноцінність та інтенсивність процесу молоковіддачі залежать від концентрації окситоцину в крові тварини. Процес молоковіддачі припиняється у випадку зниження концентрації окситоцину нижче певної межі. У свою чергу концентрація окситоцину залежить від повноцінності рефлекторної діяльності тварини, обумовленої стереотипом доїння.

Повноцінна молоковіддача (інтенсивний припуск молока) може бути забезпечена системою стимулюючих факторів, які зумовлюють безумовні рефлекси молоковіддачі (масаж вимені, обмивання його теплою водою, масаж дійок тощо).

Зовнішні фактори повинні мобілізувати організм тварини на повноцінне протікання фізіологічних процесів, пов'язаних з молоковіддачею, і максимально відвернути її увагу від інших процесів на час доїння.

З цих міркувань, наприклад, недоцільно згодовувати коровам концентровані чи інші корми під час доїння, оскільки споживання корму і його травлення, можуть уповільнювати процес молоковіддачі. Хоча інколи й згодовують концентровані корми під час доїння з організаційних міркувань.

Динаміка процесу молоковіддачі в основному обумовлена концентрацією окситоцину в організмі тварини, що залежить від повноцінності рефлексу, швидкості його утворення і періоду розпаду. Характер цього процесу може бути проілюстрований графіком інтенсивності молоковіддачі (рис. 13.1). Від моменту надходження сигналів зовнішніх подразників до збільшення концентрації окситоцину до рівня, що відповідає активному припуску молока, проходить близько 45 с. Активний припуск триває близько 3–4 хв. і обумовлений розпадом окситоцину. Ці закономірності покладені в основу розробки вимог і правил доїння.

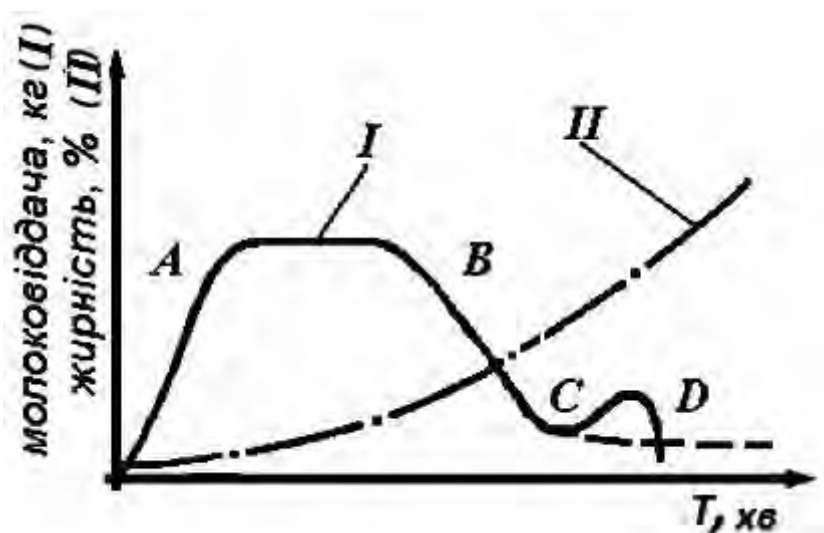


Рис. 13.1. Графіки інтенсивності молоковіддачі (I) та жирності (II) молока:
ОА – прихований (латентний) період; **AB** – період інтенсивної молоковіддачі (активний припуск молока); **BC** – закінчення припуску;
CD – повторний припуск при машинному додоюванні

Якщо забезпечення повноцінної молоковіддачі – це зооінженерні завдання, то ефективне виведення молока з вимені становить інженернотехнічні проблеми.

Молоковиведення здійснюється в результаті різниці тисків із внутрішнього і зовнішнього боків сфінктера шляхом забезпечення надлишкового тиску всередині дійки або пониження тиску (створення вакууму) навколо неї. Цього можна досягти в результаті різних способів дії та використання різних технічних засобів.

13.2. Способи доїння, їх оцінка

Розрізняють три способи доїння: природний – ссання вимені телям; ручний – втискання молока з дійок руками дояра; машинний – відсмоктування або витискання молока доїльним апаратом.

Природне доїння потребує найменших матеріальних і трудових затрат, але не дає змоги отримати товарне молоко. Крім того при цьому через відсутність контролю молочної продуктивності складно здійснювати нормовану годівлю корів.

Ручне доїння пов'язане зі значними затратами праці, спричиняє високу собівартість молока і зниження його якості, може також зумовити негативні соціальні наслідки (наприклад, професійні захворювання рук доярів).

Машинне доїння підвищує продуктивність праці оператора у кілька разів, забезпечує отримання молока високої якості з нижчою його собівартістю.

Затрати праці на доїння корів становлять близько половини загальних трудових затрат на обслуговування тварин. Тому великого значення набуває механізація цього процесу.

Машинне доїння добре поєднується також з механізованим транспортуванням молока із вимені до місць первинної обробки і зберігання, дає змогу суміщати виконання зазначених операцій. І ще, машинне доїння здатне підтримувати стабільний режим роботи доїльних стаканів чи автоматично адаптувати його відповідно до

інтенсивності молоковіддачі і саме цим сприяє підвищенню продуктивності тварин.

13.3. Основні вимоги та правила машинного доїння

Грунтуючись на закономірностях фізіологічних явищ, що відбуваються в процесі доїння, розроблено основний технологічний документ „Правила машинного доїння”, який регламентує виконання всіх технологічних операцій машинного доїння. Цей документ охоплює оцінку придатності корів до машинного доїння, технологію і організацію самого доїння, санітарну обробку і технічне обслуговування доїльного обладнання, вимоги до доїльномолочних приміщень, гігієну обслуговуючого персоналу і правила техніки безпеки.

Основними операціями, передбаченими технологією доїння, для забезпечення стабільності процесу є перевірка технічного стану доїльної апаратури; в холодну пору року підігрівання доїльних апаратів у гарячій воді; здоювання перших струменів молока; огляд стану вимені і дійок; обмивання вимені теплою (40–45 °С) водою; обтирання його чистим рушником; масаж дійок і вимені; вмикання доїльних апаратів і одівання стаканів на дійки; контроль за ходом доїння; здійснення машинного додоювання; знімання доїльних апаратів. Повне видоювання молока повинно здійснюватися без ручного додоювання.

Під час доїння повинні забезпечуватись такі основні вимоги:

- стабільність виконання всіх технологічних операцій;
- час перебування корів на переддоїльних майданчиках не більше 20 хв;
- тривалість операцій підготовки вимені до доїння не менше 40 і не більше 60 с, власне доїння не більше 4–6 хв, а операцій машинного додоювання до 30 с;
- доїльні апарати повинні вимикатися, якщо інтенсивність молоковіддачі знизилась до 200 мл/хв;
- робота доїльних апаратів після закінчення молоковіддачі – не більше 1 хв.

Доїльна апаратура також повинна відповідати певним вимогам. Основні з них такі: пропускна здатність має перевищувати максимально можливі значення інтенсивності молоковіддачі; частота пульсацій, співвідношення тактів і вакуумний режим доїльного апарата – бути незмінним у процесі доїння або автоматично пристосовуватись до інтенсивності молоковіддачі; технічний стан дійкової гуми – відповідати безпечним умовам доїння; конструктивні рішення і параметри колектора не повинні допускати зворотних потоків молока.

Під час доїння потрібно максимально виключити можливі стреси тварин, які здатні викликати порушення стереотипу доїння, зокрема, присутність сторонніх осіб, недоброзичливе ставленням оператора до тварин тощо.

Основними факторами, що можуть гальмувати процес молоковіддачі, є незадовільний технічний стан доїльного апарата, порушення вакуумного режиму, ритму доїння, травмування діжок в разі „сухого” доїння.

Механічне пошкодження діжок тварин може відбуватися в результаті перевищення вакууму в піддійковому просторі, неправильного складання доїльного стакану, наявності тріщин на дійковій гумі, значній тривалості доїння без молоковіддачі („сухе доїння”) тощо.

Шкідливий вплив на стан вимені і здоров'я тварин від біологічних чинників здійснюється за рахунок бактеріального осіменіння слизової оболонки дійки і пошкодження ділянок поверхні вимені корови мікроорганізмами, що є на робочих органах апарата. Особливо шкідливим є процес зворотного потоку молока із доїльних стаканів в цистерни діжок („мокре доїння”), з яким заноситься значна кількість бактерій. Це спостерігається при незадовільній евакуації молока із колектора.

Хімічне пошкодження вимені корови можливе під час потрапляння на нього із доїльних апаратів хімічних препаратів, що використовуються при їх технічному обслуговуванні.

Тепловий шкідливий вплив може виникнути в результаті надмірного охолодження або нагрівання доїльного апарата перед доїнням.

Ураження корів електричним струмом під час доїння може виникнути, якщо відсутня діелектрична вставка між вакуумним насосом і вакуумметричною мережею або вона знаходиться в незадовільному стані (наприклад, значно забруднена), а також внаслідок випадкового контакту вакуумпроводу зі струмопровідними частинами технологічного чи енергетичного обладнання.

13.4. Загальна будова доїльної машини

Виконавчим елементом доїльної машини є *доїльний апарат*, який доїльними стаканами взаємодіє з твариною і здійснює видоювання молока. Однак для його нормальної роботи потрібно забезпечити вакуумметричний тиск повітря з відповідними параметрами, можливість їх регулювання, контролю і стабілізації. До складу доїльної машини (рис. 13.2) крім доїльних апаратів входять вакуумні насос, балон, трубопровід, регулятор і крани, вакуумметр.

Вакуумний насос створює потрібний для роботи доїльних апаратів вакуум (вакуумметричний тиск). Насос оснащують (на викидній трубі) фільтромглушником, який зменшує шум і уловлює відпрацьовану оливу, що видаляється з повітрям із циліндра насоса.

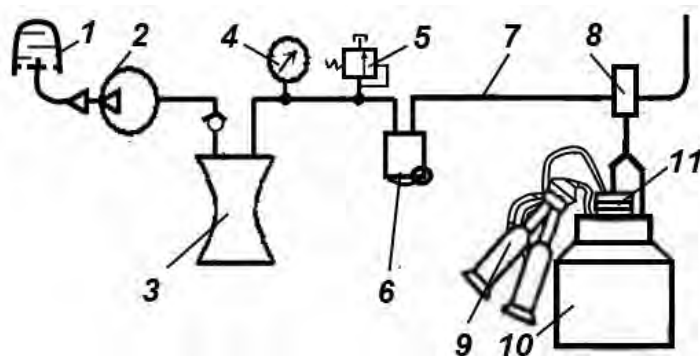


Рис. 13.2. Структурна схема доїльної машини:

- 1 – фільтрглушник; 2 – вакуумний насос; 3 – вакуумний балон;
- 4 – вакуумметр; 5 – регулятор вакууму; 6 – санітарний бачок;
- 7 – вакуумпровід; 8 – кран; 9 – підвісна частина доїльного апарата;
- 10 – доїльне відро; 11 – пульсатор

Більшість типів вакуумних насосів відкачують із вакуумної системи повітря порціями, тому для згладжування пульсацій вакууму

до системи під'єднують додатковий резервуар – *вакуумний балон* (із відкидним шарнірно закріпленим дном). Він виконує також функцію відстійника, де збираються волога і бруд (в окремих випадках і молоко, в разі переповнення доїльного відра), що потрапляють у вакуумпровід з повітрям. За відсутності такого відстійника вони потрапили б до вакуумного насоса і призвели б до передчасного виходу з ладу в результаті інтенсивного спрацювання і навіть до його поломки внаслідок обмеженого об'ємного стискання рідини. Через вакуумний балон видаляється також мийний розчин під час промивання вакуумпроводу.

У розрив вакуумпроводу між вакуумним насосом і балоном вмонтовують діелектричну вставку, яка запобігає ураженню електричним струмом тварин і обслуговуючого персоналу в разі пошкодження ізоляції в електродвигуні чи електричній мережі.

Для підтримання у вакуумній системі потрібного вакуумметричного тиску незалежно від зміни витрати повітря у процесі доїння, зміни технічного стану вакуумного насоса, вакуумного проводу й арматури, використовують *вакуумні регулятори*. Контроль вакуумметричного тиску здійснюють за допомогою *вакуумметра*, який встановлюють у машинному відділенні так, щоб його було добре видно з робочого місця оператора. Доїльні апарати за допомогою *кранів* під'єднують до *вакуумпроводу*, який забезпечує розподіл повітряного середовища (вакуум метричного тиску) в зоні робочих місць.

13.5. Доїльні апарати

13.5.1. Класифікація і оцінка

Основним елементом доїльної машини, що безпосередньо здійснює видоювання молока, є доїльний апарат. Для вилучення молока з цистерн вимені і дійок необхідно створити різницю тисків над і під сфінктером, достатню для його відкривання і подолання гідравлічних втрат напору. Залежно від способу створення цієї різниці тисків доїльні апарати поділяються на витискні і висмоктуючі.

Перші спроби створення механічних доїльних апаратів були спрямовані на розробку робочих органів, що імітують взаємодію дояра з дійкою під час ручного доїння, тобто витискуючого типу. Такі доїльні апарати не знайшли широкого практичного застосування в основному через складність і недосконалість конструкції. Всі сучасні доїльні апарати є висмоктувального (вакуумного) типу.

Робочими органами доїльного апарата, що здійснюють процес доїння і безпосередньо взаємодіють з твариною, є доїльні стакани. Розрізняють два типи доїльних стаканів – однокамерні і двокамерні (рис. 13.3). Нині в основному використовуються двокамерні доїльні стакани.

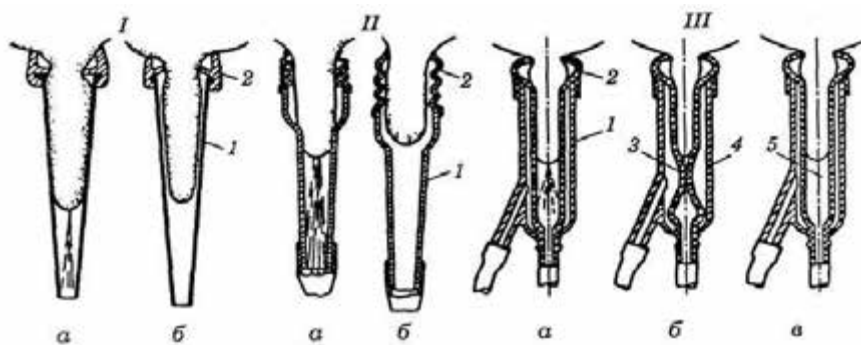


Рис. 13.3. Схеми роботи доїльних стаканів: I, II – однокамерний відповідно з незмінними і змінними розмірами присоска; III – двокамерний; а – такт ссання; б – такт відпочинку; в – такт стиску;

1 – гільза; 2 – гумовий присосок; 3 – дійкова гума; 4 – міжстінковий простір; 5 – піддійковий простір

За принципом роботи доїльних стаканів доїльні апарати поділяються на дво і три тактні, а також безперервного відсмоктування. Під *тактом* тут розуміють період часу, протягом якого залишається фізіологічно незмінна дія доїльного апарата на тварину. Період часу, протягом якого проходить чергування різнойменних тактів, називається *циклом*.

Є також доїльні апарати, які на всі дійки діють одночасно (рис. 13.4) і такі, що взаємодіють з дійками за схемою: коли в лівих дійках здійснюється такт ссання, у правих відбувається стискання. Такі апарати називають з попарним доїнням (рис. 13.5).

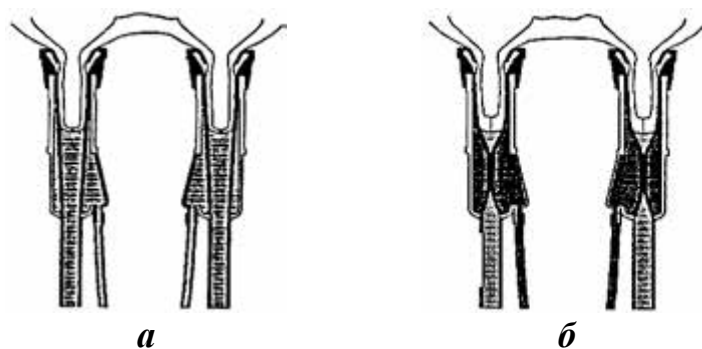


Рис. 13.4. Схема одночасної дії доїльних стаканів двотактного апарата:
а – такт ссання (доїння); б – такт стиску (масажу)

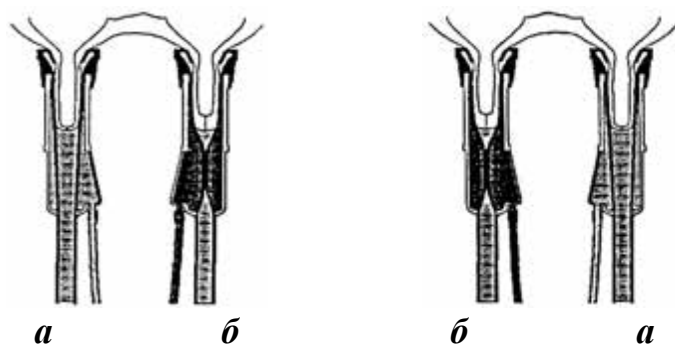


Рис. 13.5. Схема попарної дії доїльних стаканів двотактного апарата:
а – такт ссання (доїння); б – такт стиску (масажу)

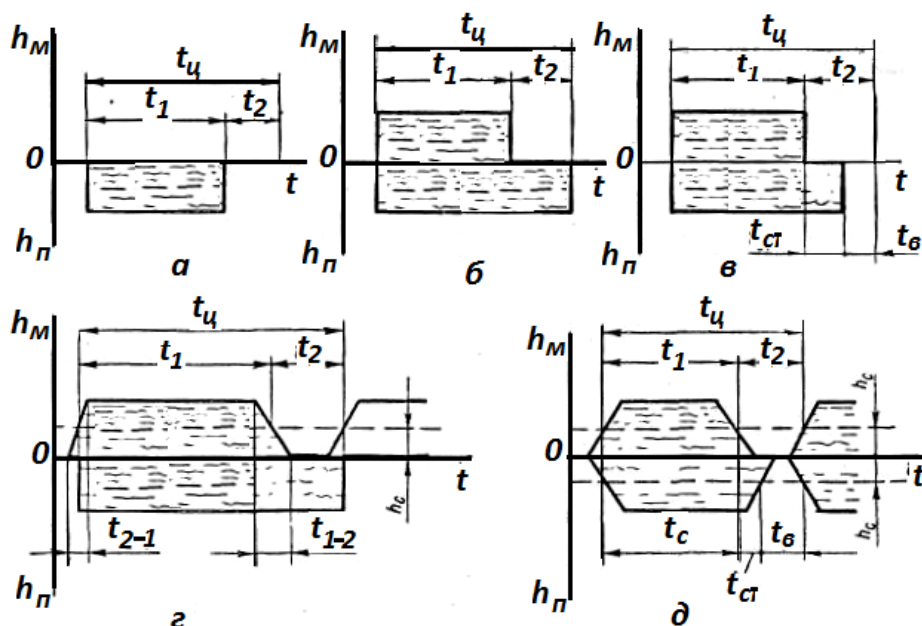


Рис. 13.6. Індикаторні діаграми роботи доїльних апаратів: а – двотактного з однокамерними стаканами; б – двотактного з двокамерними стаканами; в – тритактного; г – двотактного з урахуванням перехідних процесів; д – тритактного з урахуванням перехідних процесів; h_p – вакуумметричний тиск у піддійковій камері; h_m – вакуумметричний тиск у міжстінковій камері; t_c – тривалість циклу доїння; t_1 – час ссання; t_2 – час розвантаження; $t_{ст}$ – час стиску; t_v – час відпочинку; h_c – середній тиск

У камерах доїльного стакана може установлюватись (рис. 13.6) атмосферний чи надлишковий тиск або ж вакуум (вакуумметричний тиск). У доїльних апаратах вакуумного типу забезпечуються комбінації, що відповідають тактам ссання, стиску і відпочинку.

Під час такту ссання (доїння) створюється вакуум у міжстінковій (h_M) і піддійковій (h_n) камерах доїльних стаканів. Внаслідок рівності тисків з обох боків дійкової гуми остання не діє на дійку, а за рахунок різниці тисків з обох боків сфінктера (вакуум під ним і тиск, близький до атмосферного, всередині дійки) він відкривається і молоко витікає з дійки у піддійкову камеру доїльного стакана.

При такті стиску (масажу) у міжстінковій камері встановлюється атмосферний тиск, а у піддійковій залишається вакуум. На дійкову гуму діє сила з боку міжстінкової камери, обумовлена різницею тисків. Ця сила сплющує дійкову гуму, а вона, в свою чергу, стискає дійку. Дія вакууму на дійку з боку піддійкової камери припиняється внаслідок повного сплющення дійкової гуми і відокремлення дійки від піддійкової камери. Під час такту стиску масажується дійка, поновлюється кровообіг, подразнюються рецепторні зони дійки, що стимулює рефлекс молоковіддачі.

Під час такту відпочинку в обох камерах доїльного стакана установлюється тиск, близький до атмосферного. Відсутня дія сил як на дійку, так і на дійкову гуму. Дійка відпочиває від вакууму, кровообіг в ній нормалізується.

Досліди щодо визначення діаграми тисків, які виникають у ротовій порожнині теляти під час ссання корови свідчать, що цей процес складається із таких трьох тактів – ссання, стиску і відпочинку. Тритактний доїльний апарат найбільш наближений до фізіологічного процесу доїння і є найбезпечнішим для здоров'я тварин (навіть в разі тривалої роботи у період відсутності молоковіддачі). Але за конструкцією цей апарат дещо складніший і має меншу пропускну здатність порівняно з іншими типами доїльних апаратів, а сам процес доїння таким апаратом триває довше.

Найпоширенішим типом доїльних апаратів є двотактний, в якому чергуються такти ссання і стиску. Таке поєднання тактів дає змогу

значно спростити конструкцію і підвищити пропускну здатність за рахунок збільшення тривалості такту ссання у робочому циклі доїння. Основним недоліком даного апарата є підвищена загроза травмування дійки під час „сухого” доїння.

Доїльні апарати, що працюють за принципом постійного (безперервного) ссання, не використовуються внаслідок шкідливого впливу на здоров'я тварин, оскільки під час доїння за таким режимом різко порушується кровообіг у дійках.

Доїльні апарати, що діють за принципом попарного доїння, наприклад, німецьких фірм „Імпульс” та „Вестфалія”, шведської „Альфа Лаваль” та інші, хоча і складніші за конструкцією, але мають суттєві переваги: пом'якшується механічна дія на вим'я, стабільніший вакуумний режим (рис. 13.7), внаслідок одночасного випуску повітря тільки в двох доїльних стаканах, а також проходить часткове розгойдування доїльного апарата, що забезпечує ефективніший масаж не лише дійок, а й вим'я.

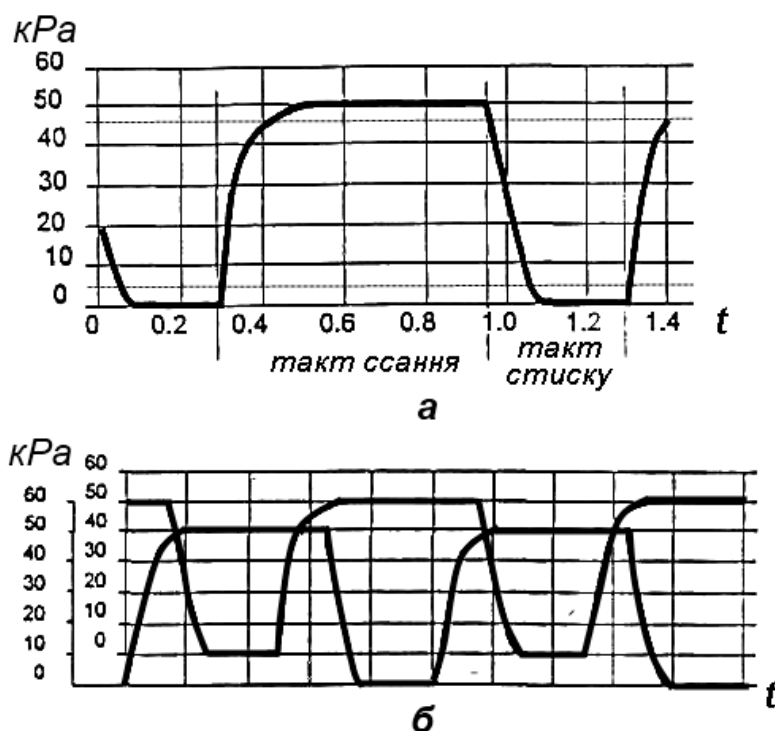


Рис. 13.7. Пульсограми доїльних апаратів з одночасною (а) та попарною (б) дією стаканів

13.5.2. Структура і призначення елементів

Доїльні стакани – це своєрідні „руки” доїльної машини, робочі органи доїльного апарата. Їх будова та принцип дії визначають спосіб машинного доїння і тип доїльного апарата. В цілому ж доїльний апарат як виконавчий механізм доїльної машини має підвісну частину (рис. 13.8), до складу якої входять колектор та комплекти доїльних стаканів, молочних і вакуумних трубок, молочний і повітряний шланги, з’єднані кільцями, а також ручка, на якій встановлено пульсатор і за допомогою якої апарат під’єднують до повітряного і молочного трубопроводів.

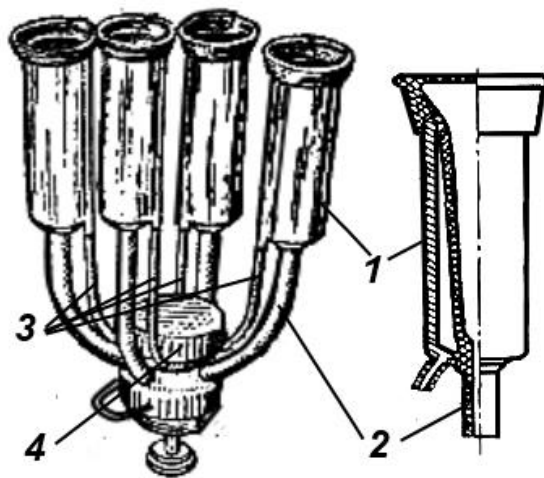


Рис. 13.8. Підвісна частина доїльного апарата:

1 – гільза; 2 – дійкова гума з молочною трубкою; 3 – повітряна трубка;
4 – колектор

До складу доїльної апаратури може також входити пристрій для зоотехнічного обліку молока (рис. 13.9). Його під’єднують послідовно в лінію молочного шланга. Якщо доїння здійснюють не в загальний молокопровід, а в переносні відра, то ручку підключення не використовують, а пульсатор розміщують на кришці відра, з’єднаний повітряним і молочним шлангами з підвісною частиною апарата (рис. 13.10). Відро шлангом сполучають також із вакуумпроводом.

Незалежно від типу, марки та конструктивних особливостей основні елементи доїльних апаратів мають чітко визначені функції:

- *доїльні стакани* безпосередньо видоюють молоко з вимені;
- *колектор* розподіляє вакуум у міжстінкові та піддійкові камери доїльних стаканів, збирає від них молоко і спрямовує його в молочний

шланг, крім того, за тритактного доїння забезпечує періодичну подачу атмосферного повітря в піддійкові камери доїльних стаканів і цим самим створює такт відпочинку;

- *пульсатор* перетворює постійний вакуум на пульсуючий, тобто такий, що чергується з атмосферним тиском;

- *молочні та повітряні шланги і трубки* (комплект) сполучають перелічені вище вузли в єдину систему (доїльний апарат) і водночас є магістралями для проходження повітря й молока.

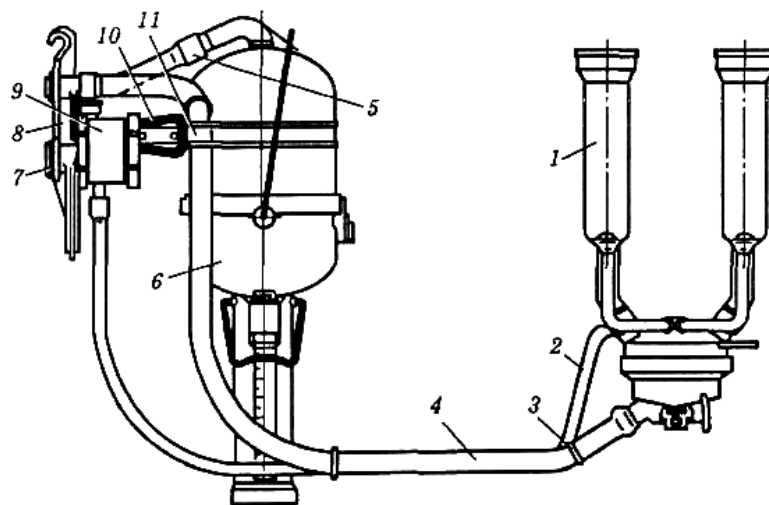


Рис. 13.9. Загальний вигляд доїльної апаратури при доїнні в молокопровід:

- 1 – підвісна частина; 2 – вакуумний шланг;
3 – з'єднувальне кільце; 4, 5 – молочні шланги; 6 – лічильник молока;
7 – прокладка; 8 – ручка; 9 – пульсатор; 10 – кільце; 11 – хомут

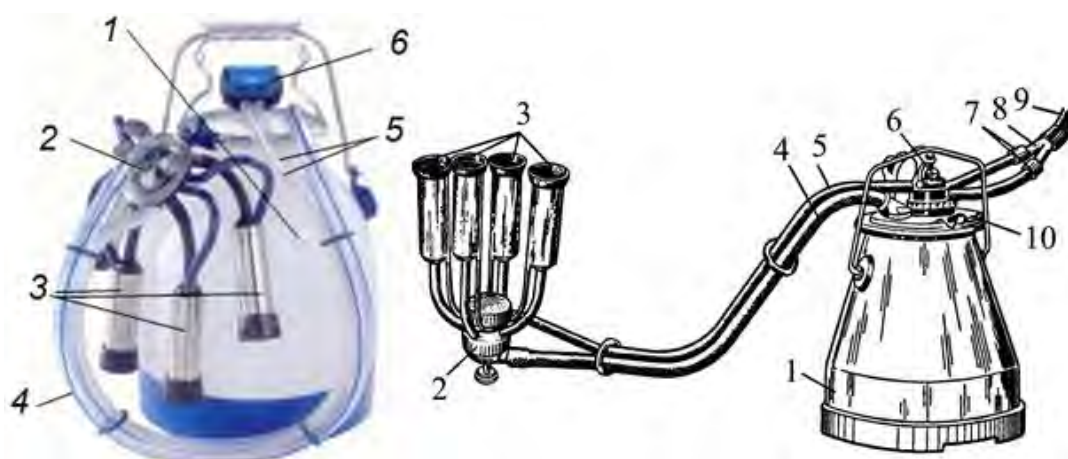


Рис. 13.10. Загальна будова доїльного апарата для доїння в переносні відра:

- 1 – доїльне відро (бідон); 2 – колектор; 3 – доїльні стакани; 4 – молочний шланг; 5 – повітряний шланг змінного вакууму; 6 – пульсатор;
7, 9 - повітряні шланги постійного вакууму; 8 - трійник; 10 - кришка бідона

Від маси підвісної частини доїльного апарата залежать: з одного боку, надійність утримання стаканів на дійках (для цього доцільно зменшувати масу підвісної частини); з іншого боку, ступінь наповнення стаканів на дійки (для його зменшення збільшують масу підвісної частини). З цих міркувань маса підвісної частини тритактних доїльних апаратів менша ніж у двотактних.

Пульсатори бувають (рис. 13.11): пневмомембранні, пневмогравітаційні та електромагнітні. Збудження коливань у пневмомембранних пульсаторах і пневмогравітаційних здійснюється за рахунок потенціальної енергії розрідженого повітря, тому інші види енергії не потрібно підводити до пульсатора. Це є основною їх перевагою. Недоліком таких пульсаторів є нестабільність частоти пульсацій при зміні вакуумметричного тиску. Пневмогравітаційний, крім того, потребує чіткого дотримання вертикального положення.

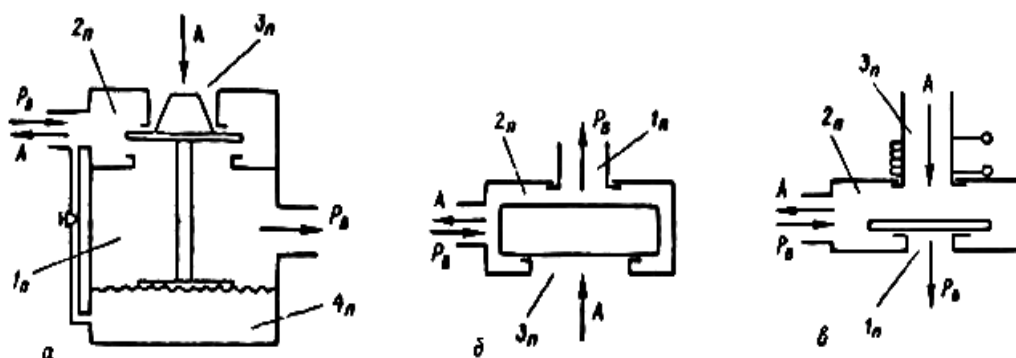


Рис. 13.11. Типи пульсаторів: а – мембранний; б – гравітаційний; в – електромагнітний; 1_п – камера постійного вакууму; 2_п і 4_п – камери змінного тиску; 3_п – камера атмосферного тиску

Електромагнітні пульсатори забезпечують стабільну частоту пульсацій, але потребують електричного живлення. Останнє ускладнює конструкцію, підвищує вартість і небезпечність обладнання.

Колектори бувають (рис. 13.12) дво, три і чотирикамерні. Перші два варіанти забезпечують двотактне доїння відповідно з одночасною та попарною роботою доїльних стаканів; чотирикамерний використовується в тритактних та низьковакуумних доїльних апаратах, а також у варіантах двотактних з однокамерними доїльними стаканами.

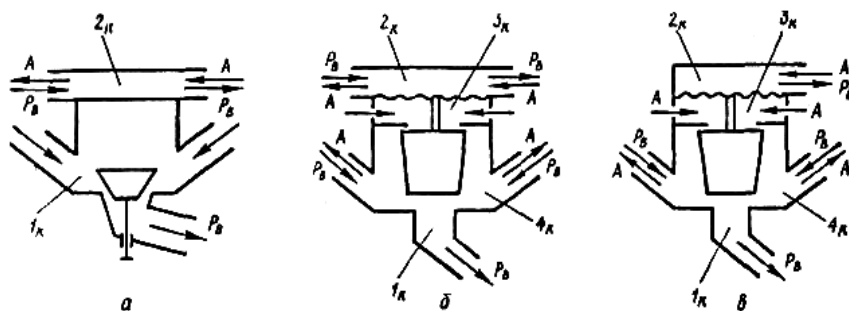


Рис. 13.12. Схеми колекторів: *a* – двотактного доїльного апарата; *б* – тритактного доїльного апарата; *в* – доїльного апарата з однокамерними стаканами; $1_{\text{к}}$ – камера постійного вакууму; $2_{\text{к}}$ і $4_{\text{к}}$ – камери змінного вакууму; $3_{\text{к}}$ – камера атмосферного тиску

За схемою відведення молока колектори бувають двох типів (рис. 13.13): з нижнім (в іноземній літературі має назву конвенційний) та верхнім потоками.

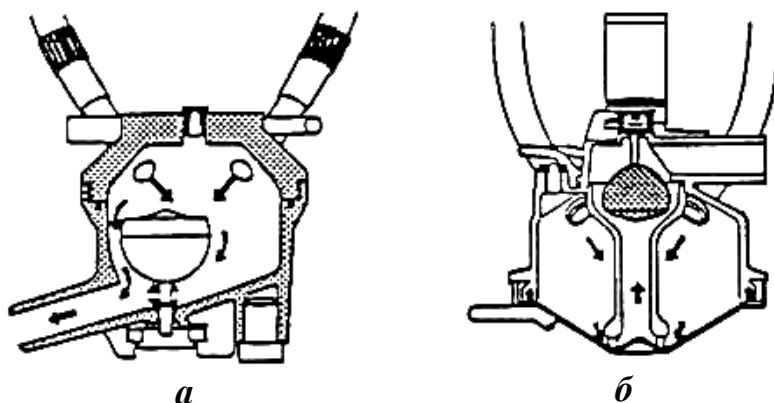


Рис. 13.13. Схеми колекторів з нижнім (*a*) та верхнім (*б*) потоками молока

У варіанті конвенційного колектора повітряний клапан порушує потік молока в патрубок. Ще більше цей потік порушується в разі не симетричного розміщення (див. рис. 13.12, *a*) молочного патрубка.

У колекторі з верхнім потоком молоко рівномірніше засмоктується крізь центральну трубку і за даними компанії „Альфа Лаваль” потужніше спрямовується в молочний шланг.

13.5.3. Будова та принцип дії

Зараз виготовляють уніфікований доїльний апарат АДУ-1, який має низку модифікацій (табл. 13.1). У цьому апараті збільшено об'єм молочної камери колектора, а також діаметри молочних і повітряних патрубків; використано нову конструкцію доїльного стакана із

суцільною металевою гільзою з неіржавіючої сталі та дійкову гуму, суміщену з молочною трубкою; пульсатор не має регулювання частоти пульсацій.

Вказані конструктивні зміни покращують умови відведення молока і значно спрощують обслуговування апарата.

Таблиця 14.1 – Загальна характеристика доїльних апаратів

Марка та модифікація	Характеристика	Вакуумметричний тиск, кПа	Частота пульсацій, хв ⁻¹	Витрати повітря, м ³ /год		Маса підвісної частини, кг
				загальні	колектором	
АДУ1 (основне виконання)	двотактний із постійним підсмоктуванням повітря в колектор	48	67 ±5	2,7	0,3 0,6	2,65
АДУ1–02	двотактний із постійним підсмоктуванням повітря в колектор і системою очищення повітря в пульсаторі	48	67 ±5	2,7	0,3 0,6	2,65
АДУ1–03	низьковакуумний двотактний із періодичним впуском повітря в молокозбірну камеру колектора	45	65 ±5	3,2	0,82,3	2,75
АДУ1–04	двотактний із вібропульсатором і постійним підсмоктуванням повітря в колектор	48	66 ±6 630 ± 90	3,5	0,30,6	2,75
АДУ1–05	двотактний із постійним підсмоктуванням повітря в колектор і оглядовими конусами в стаканах	48	67 ±5	2,7	0,30,6	2,65

АДУ1-09	низьковакуумний двотактний із вібропульсатором і періодичним (за такту стиску) впуском повітря в колектор	44	66 ± 6 630 ± 90	4,05	0,81,3	2,75
МДФ.03.100 (для автоматизованих установок)	двотактний із постійним підсмоктуванням повітря в колектор, оснащений механізмами додоювання та знімання доїльних стаканів з вимені	46	67 ± 5	2,7	0,32,6	2,4
ДА-2М «Майга»	двотактний із постійним підсмоктуванням повітря в колектор	48	80 ± 5	2,4	0,3	2,85
ДА-3 «Волга»	тритактний	53	60 ± 5	2,3		1,8
ДА-Ф-50	двотактний із пульсоколектором	50	66 ± 6	2,1		2,65
MU 210 (Дуовак 300) (пульсатор HP102 з блоком керування)	двохтактний, попарної дії, забезпечує режими низького та високого вакууму, гідропульсатор	50/33	60 ± 2 / 48 ± 1			3,0
L 02 Інтерпульс	двохтактний, попарної дії. пневматичний	50	60			2,4

Доїльний апарат АДУ-1 складається з чотирьох доїльних стаканів, колектора, пульсатора, комплекту молочних і вакуумних шлангів та трубок, а також доїльного відра (у разі доїння в переносні відра).

Доїльний стакан складається лише з двох деталей: металевої гільзи з патрубком для повітряної трубки та дійкової гуми з молочною трубкою. У місці надівання на патрубок колектора молочна трубка має потовщення для збільшення міцності та строку служби. На молочній

трубці перед дійковою гумою є три кільцеві буртики для періодичного, у міру спрацювання, натягування дійкової гуми. Гарантійний строк служби дійкової гуми (типу ДД.00-041А) – один рік з дня виготовлення, втім числі 900 год чистої роботи (доїння) та гуми Spaggiari (Італія) напрацювання складає 2500 корово-доїнь. Після спрацювання дійкову гуму замінюють на нову.

Доїльний стакан має дві камери: піддійкову – всередині дійкової гуми та міжстінкову – всередині гільзи навколо дійкової гуми.

Пульсатор (рис. 13.14) – мембранного типу, з нерегульованою частотою пульсації. Він складається з корпусу, камери керування, гумового кільця, кришки, прокладки, клапана, обойми, мембрани, повітряного фільтра, гайок та кришок.

На корпусі передбачено патрубки для сполучення з вакуумпроводом і встановлення фільтра (повітряного), а також змінного вакууму, що з'єднується з колектором.

Пульсатор поділено на чотири камери: $I_{\text{п}}$ (постійного вакуумметричного тиску, що сполучається з вакуумпроводом), $II_{\text{п}}$ (змінного тиску – сполучена з колектором), $III_{\text{п}}$ (постійного атмосферного тиску – через фільтр з'єднана з навколишнім середовищем), $IV_{\text{п}}$ (змінного тиску, яка керує положенням клапанного механізму). Остання за допомогою радіального отвору в камері, гвинтового вертикального каналу, кільцевих канавок та отвору в мембрані сполучена з патрубком і камерою $II_{\text{п}}$. Пульсатор встановлюють на кришці доїльного відра або на спеціальній рукоятці, за допомогою якої апарат під'єднують до системи трубопроводів (вакуумного і молочного).

У колекторі (рис. 13.15) є дві камери: $I_{\text{к}}$ – змінного і $II_{\text{к}}$ – постійного вакуумметричного тиску. Перша розміщена в розподільнику і сполучена патрубками і трубками з міжстінковими камерами доїльних стаканів, а також шлангом із камерою $II_{\text{к}}$ змінного вакууму пульсатора. Друга знаходиться в прозорому корпусі, постійно з'єднана молочними трубками з піддійковими камерами доїльних стаканів, а молочним шлангом – із відром чи молокопроводом.

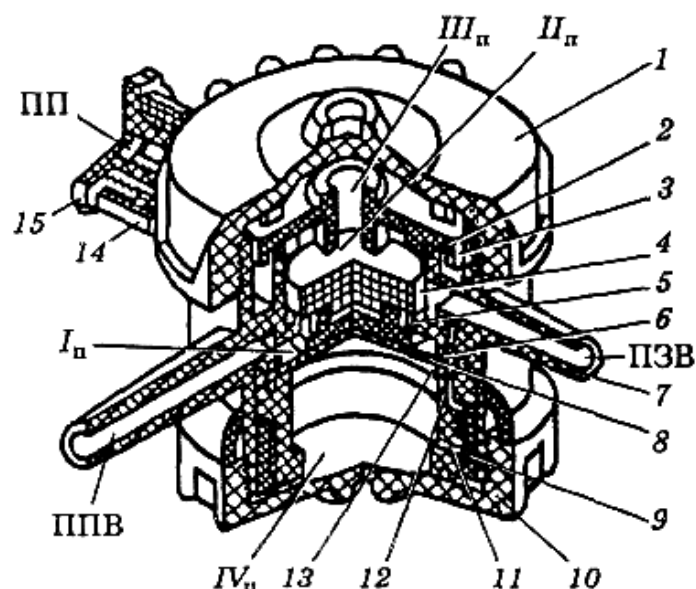


Рис. 13.14. Пульсатор АДУ 02.00 доїльного апарата АДУ-1 основного виконання: ПП – повітряний патрубок; ПЗВ – патрубок змінного вакууму; ППВ – патрубок постійного вакууму; $I_{\text{п}}$ – камера постійного вакууму; $II_{\text{п}}$, $IV_{\text{п}}$ – камери змінного вакууму; $III_{\text{п}}$ – камера атмосферного тиску; 1, 10, 15 – гайки; 2, 6 – прокладки; 3 – кришка; 4 – клапан; 5 – обойма; 7 – корпус; 8 – мембрана; 9 – гумове кільце; 11 – дросель; 12, 13 – канали з'єднання камер; 14 – повітряний фільтр

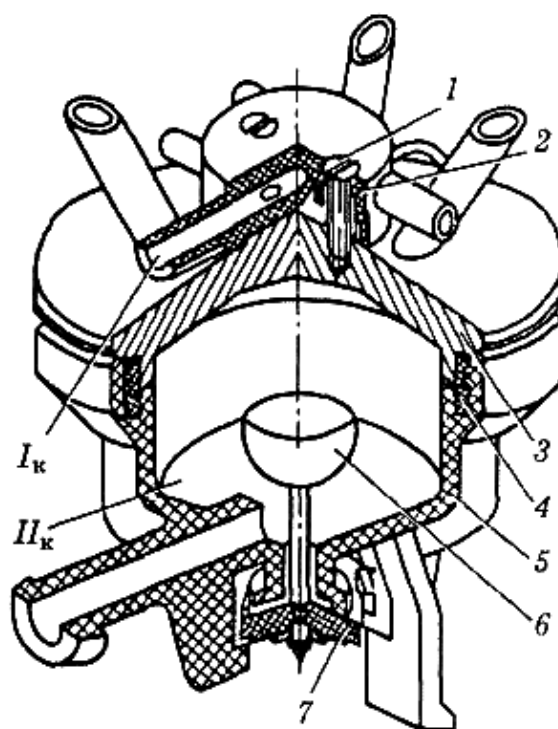


Рис. 13.15. Колектор доїльного апарата АДУ-1 двотактного виконання з камерами змінного ($I_{\text{к}}$) і постійного вакууму ($II_{\text{к}}$): 1 – гвинт; 2 – розподільна камера; 3 – корпус; 4 – гумова прокладка; 5 – молочна камера; 6 – клапан; 7 – гумова шайба

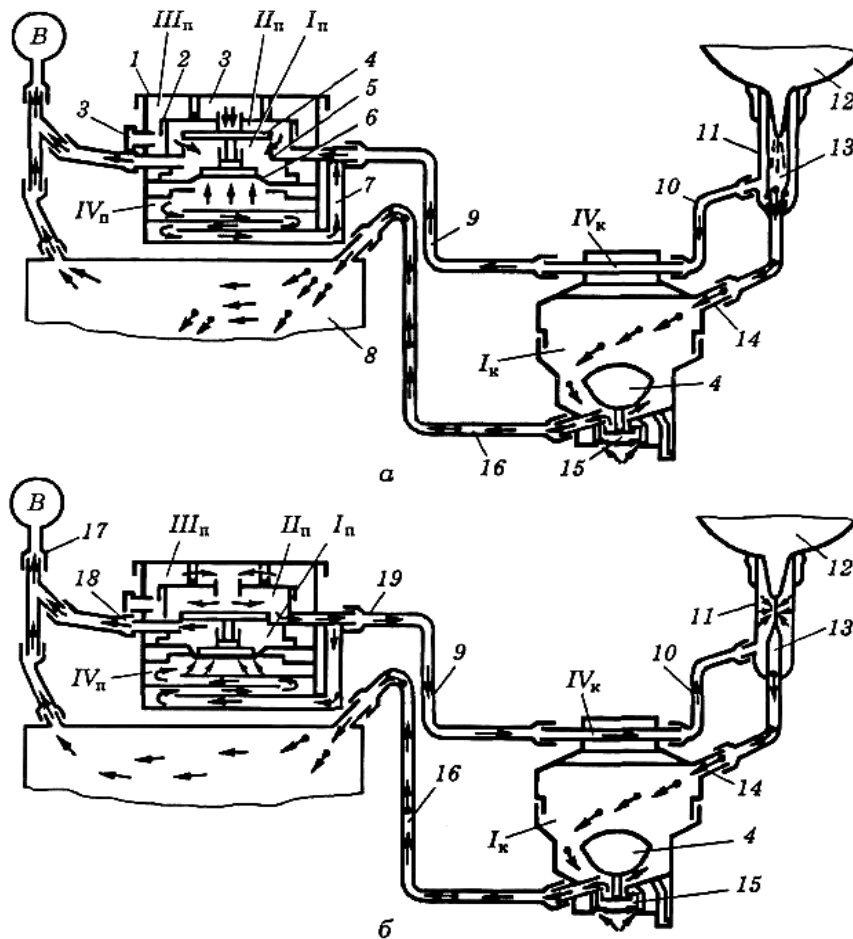


Рис. 13.16. Схема роботи уніфікованого доїльного апарата АДУ-1 двотактного виконання: а – такт ссання; б – такт стиску; $I_{\text{п}}$, $I_{\text{к}}$ – камери постійного вакууму відповідно пульсатора і колектора; $II_{\text{п}}$, $IV_{\text{п}}$, $IV_{\text{к}}$ – камери змінного вакууму пульсатора і колектора; $III_{\text{п}}$ – камера постійного атмосферного тиску пульсатора; B – вакуумпровід;
1 – гайка; 2 – прокладка; 3 – кришка; 4 – клапани; 5 – обойма; 6 – мембрана; 7 – з'єднувальний канал; 8 – доїльне відро; 9, 10 – відповідно шланг і трубка змінного вакууму; 11 – гільза стакана; 12 – вим'я; 13 – підійкова камера; 14 – молочний патрубок; 15 – фіксатор клапана; 16, 17 – молочний і вакуумний шланги; 18, 19 – патрубки відповідно постійного і змінного вакууму пульсатора

Доїльний апарат М-66 „Імпульс” (рис. 13. 17) двотактний, працює в попарному режимі, тобто зміна тактів ссання і стиску в доїльних стаканах відбувається не одночасно, а попарно.

Пульсатор має п'ять камер: $I_{\text{п}}$ – постійного вакууму, з'єднану шлангом з трубопроводом 4; дві камери $II_{\text{п}}$ – змінного вакууму (виконавчі); $III_{\text{п}}$ – постійного атмосферного тиску; $IV_{\text{п}}$ – змінного вакууму (керувальна). Остання камера каналом, переріз якого регулюється гвинтом 3, сполучається з верхньою камерою $II_{\text{п}}$.

Колектор трикамерний: I_k – постійного вакууму, яка за допомогою шланга 7 з'єднана з молокопроводом 6, а її чотири патрубки молочними трубками – з піддійковими просторами доїльних стаканів; II_k і III_k – змінного вакууму, якими повітряне середовище від пульсатора (камери II_n) попарно розподіляється в міжстінкові простори доїльних стаканів.

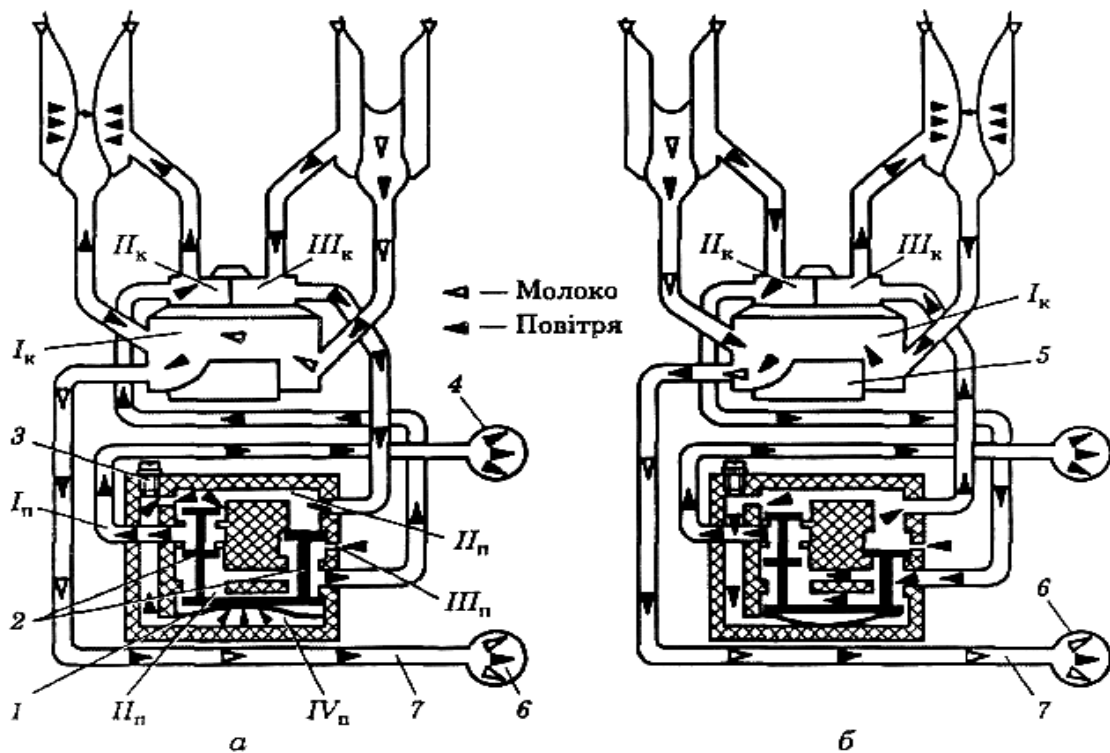


Рис. 13.16. Схема роботи доїльного апарата М-66 „Імпульс”:
 1 – мембрана; 2 – клапани; 3 – регулювальний гвинт; 4 – вакуумпровод;
 5 – конусний кран; 6 – молокопровод; 7 – молочний шланг

Частота зміни положення мембранноклапанного механізму, а отже, і частота пульсацій, залежить від перерізу каналу сполучення, який регулюють гвинтом 3.

Доїльний апарат MU210 шведської фірми "Де Лаваль" (DeLaval) з використанням функції "Дуовак" (рис. 13.18, забезпечує попарне доїння вимені з фіксованим співвідношенням тактів ссання і стиску 70:30 (65:35; 60:40). За постійної частоти пульсацій на режимах низького та високого вакууму, забезпечує три фази роботи апарату. З метою зниження шкідливої дії високого вакуумметричного тиску на

початку та в кінці доїння апарат автоматично переводить роботу доїльного апарата:

- при інтенсивності молоковіддачі до 0,2 кг/хв на вакуум 33 кПа з частотою 48 пульсацій за хвилину на режим низького вакууму;
- при молоковіддачі більше 0,2 кг/хв – на режим високого вакууму, відповідно, 50 кПа і 60 пульсацій за хвилину.

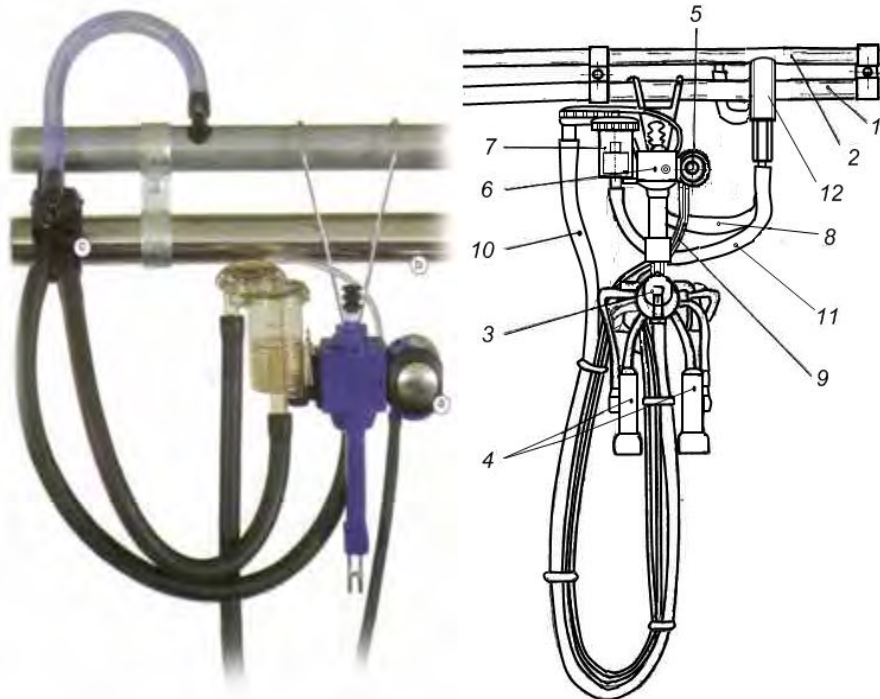


Рис. 13.18. Загальна будова доїльного апарату MU 210 з функцією «Дуовак»- для доїння в молокопровід:

- 1 – молокопровід; 2 – вакуумпровід; 3 – колектор (НСС-150); 4 – доїльні стакани; 5 – пульсатор; 6 – блок керування; 7 – регулятор з датчиком потоку молока (молоко приймач); 8 – шланг постійного вакууму; 9 – шланги змінного тиску; 10 – молочний шланг змінного вакууму; 11 – молочний шланг; 12 – молочний кран**

Після під'єднання апарата через молочний кран 12 до вакуумно-молокопровідної системи повітря відсмоктується з блоку керування 6, пульсатора 5 та молоко приймача 7.

Блок керування має два режими низького або високого вакууму. При обох режимах в камері І_{БК} блока керування створюється вакуум 50 кПа.

Режиму низького вакууму (рис. 13.19 б) відповідають дві фази стимуляції (масажу/стиску) та додоювання. При цьому, шток 8 і поплавки 7 знаходяться на дні камери ІІ_М молокоприймача. Все

молоко встигає пройти через дренажний отвір, розташований в нижній частині штока 8. Магнітний клапан 5 знаходиться у крайньому верхньому положенні і закриває отвір, що сполучає камери блока керування $\text{III}_{\text{БК}}$ з атмосферою. Клапан 5 утримується у верхньому положенні за рахунок взаємного притягування з датчиком-магнітом 6, розташованим у внутрішній камері поплавка 7. За рахунок цього відбувається вирівнювання тиску в камерах $\text{I}_{\text{БК}}$ і $\text{III}_{\text{БК}}$. Створене в камері $\text{III}_{\text{БК}}$ розрідження стискує сильфон 12 та мембрану 2 вирівнює (тиски вирівнюються) та піднімає клапан керування 3 в гору. При цьому, камера $\text{II}_{\text{БК}}$ роз'єднується з камерою $\text{I}_{\text{БК}}$ нижньою частиною клапана 3, одночасно обидві камери сполучаються через дросельний клапан 4, у камері $\text{II}_{\text{БК}}$ установлюється постійний вакуум 33 кПа. Такий самий рівень вакууму встановлюється у пульсаторі, колекторі та камері $\text{IV}_{\text{М}}$ регулятора 9 молокоприймача.

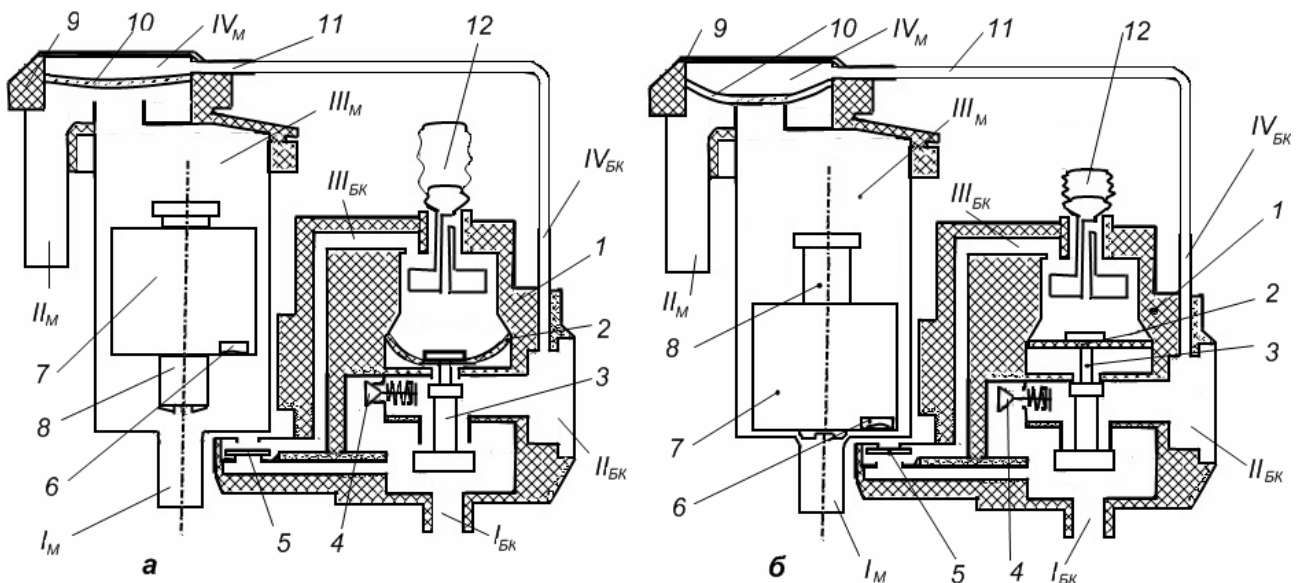


Рис.13.19. Схема роботи блока керування, датчика потоку молока та регулятора доїльного апарату з функцією «Дуовак»:

а – фаза «доїння»; б – фаза «масажу/додоювання»; $\text{I}_{\text{БК}}$ – камера постійного вакууму блока керування; $\text{II}_{\text{БК}}$, $\text{III}_{\text{БК}}$, $\text{IV}_{\text{БК}}$, $\text{IV}_{\text{М}}$ – камери змінного вакууму відповідно блока керування та регулятора молокоприймача; $\text{I}_{\text{М}}$, $\text{II}_{\text{М}}$ – патрубки відведення та підведення молока; $\text{II}_{\text{М}}$ – молокоприймальна камера; 1 – корпус блока керування; 2 – мембрана; 3 – клапан керування; 4 – клапан дросельний; 5 – клапан магнітний; 6 – датчик-магніт; 7 – поплавок; 8 – шток; 9 – кришка регулятора; 10 – мембрана регулятора; 11 – дренажна трубка керування; 12 – сильфон-клапан

За рахунок різниці тисків над мембраною (в камері IV_M 33 кПа) і під мембраною (в камері II_M постійно підтримується 50 кПа), мембрана 10 прогинається вниз і дроселює тиск, що сполучає камери II_M і патрубка II_M . Така послідовність призводить до зменшення вакууму в молокопідвідному патрубку до 33 кПа. Такий вакуум встановлюється і у піддійкових камерах доїльних стаканів.

Завершення надходження молока в молокоприймач та стиснення сильфон-клапана 12 дозволяє візуально визначити завершення процесу доїння корів.

Режим високого вакууму (рис. 13.19 а) відповідає фазі доїння. За рахунок збільшення молоковіддачі (більше 0,2 кг/хв.) молоко не встигає проходити через дренажний отвір в нижній частині штока 8. В результаті поплавків 7 спливає, підіймаючи в свою чергу, шток 8. Сила взаємодії між магнітами 5 і 6 зменшується. Клапан-магніт 5 опускається під власною вагою, за рахунок чого атмосферний тиск надходить в камеру $III_{БК}$. Внаслідок різниці тисків над клапаном 5 (атмосферний тиск) і під ним (вакуум) він утримується в крайньому нижньому положенні, роз'єднуючи камери $III_{БК}$ і $I_{БК}$. Через відсутність розрідження у камері $III_{БК}$ (під дією різниці тисків) мембрана 2 прогинається вниз. З'єднаний з мембраною клапан керування 3 приймає нижнє положення. Камера $II_{БК}$ сполучається з камерою $I_{БК}$, тиск в обох камерах вирівнюється і стає рівним 50 кПа. Так як в камері $III_{БК}$ встановлюється атмосферний тиск, сильфон 12 за рахунок пружності гофрованої гуми вирівнюється..

У камері III_M при піднятому поплавку 7 молоко може вільно виходити через камеру патрубка IM у молокопровід 1 (рис. 13.19). Оскільки в камері $II_{БК}$ величина вакууму становить 50 кПа, то такий же тиск буде і в камері IV_M над мембраною регулятора 10. Так як тиски в камерах III_M і IV_M однакові, мембрана 10 вирівнюється з'єднуючи камери III_M і II_M . в результаті чого у піддійкових камерах доїльних стаканів встановлюється вакуумметричний тиск величиною 50 кПа.

Водночас повітря відсмоктується з камери $II_{БК}$ і камери $III_{П}$ гідропульсатора, який з'єднаний за допомогою адаптера з блоком керування.

Схема роботи пульсатора показана на (рис. 13.20). Гідропульсатор має камеру постійного вакууму III_{Π} , яка з'єднана з міжстінковими камерами двох пар доїльних стаканів; камеру атмосферного тиску IV_{Π} ; дві керуючі камери змінного вакууму V_{Π} , VI_{Π} і дві гідравлічні камери I_{Π} і II_{Π} , з'єднані між собою пустотілим штоком 2 з каліброваним отвором 3, які заповнені малов'язкою рідиною. Гідравлічні камери I_{Π} і II_{Π} відокремлені від керуючих камер V_{Π} , VI_{Π} за допомогою мембран. Крім того, гідропульсатор забезпечений механізмом управління для перемикавання вакууму. Він має повзун 4 для переключення живлення вакуумом патрубків 5 і 6, розподільчий повзун 10 для переключення живлення вакуумом керуючої камери V_{Π} або VI_{Π} .

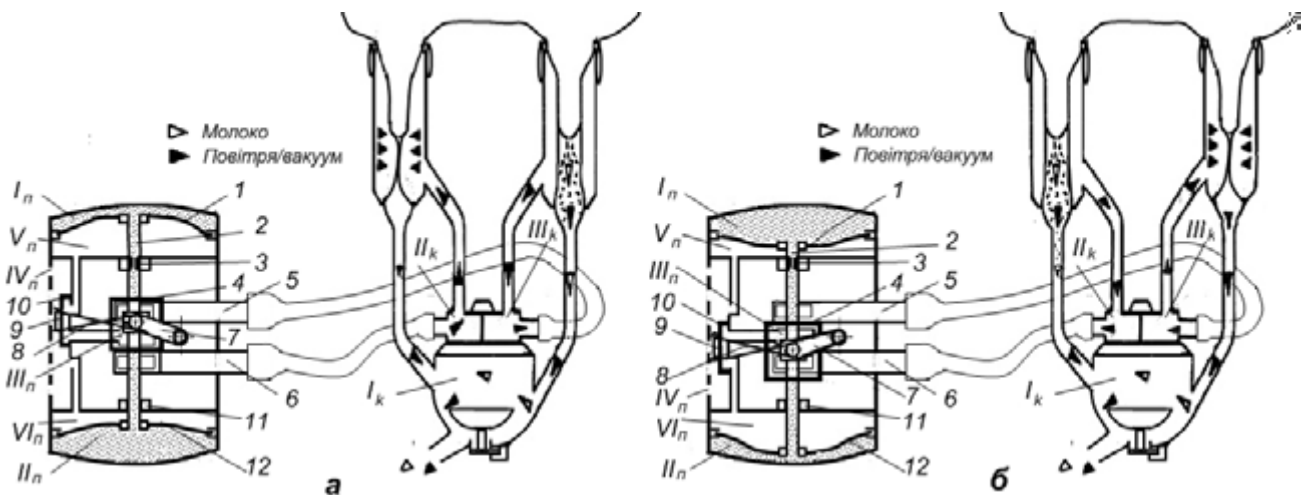


Рис. 14.20. Схема роботи доїльного апарату з функцією «Дуовак»:
а – такт ссання в парі стаканів справа і такт стиску в парі стаканів зліва;
б – такт ссання в парі стаканів зліва і такт стиску в парі стаканів справа;
 1, 12 – мембрана; 2 – шток; 3 – калібрований отвір; 4 – повзун;
 5, 6 – патрубки змінних тисків; 7 – поводок; 8 – води́ло; 9 – обойма;
 10 – повзун розподільний; 12 – установлювальна шайба

Поводок 7 з'єднаний через вісі з корпусом пульсатора та повзуном 4, який переміщується з допомогою виступів, встановленим на штокові 2.

Рідина в гідравлічних камерах I_{Π} і II_{Π} і переріз каліброваних отворів в штоці підібрані таким чином, що при вакуумі в камері постійного вакууму III_{Π} , рівно 50 кПа, пульсатор працює з частотою 60

пульсацій за хвилину, а при зниженні вакууму до 33 кПа – з частотою 48 пульсацій за хвилину.

Така конструкція забезпечує попарне видоювання дійок вимені при збільшенні такту ссання до 70%. При цьому досягається висока швидкість доїння і зберігається м'якість дії апарата на дійки вимені.

Доїльний апарат ДАЧ-1 призначений для оцінки функціональних ознак: співвідношення надоїв молока з частин вимені, швидкість доїння, повнота видоювання корів при їх відборі за придатністю до машинного доїння.

Доїльний апарат для роздільного видоювання четвертей вимені ДАЧ-1 складається (рис. 13.21) з підвісної частини (доїльні стакани і колектор), вимірювача та електронного пульта керування.

За принципом дії доїльний апарат ДАЧ-1 подібний до відомих апаратів. Проте молоко з кожної дійки (четверті вим'я) через колектор 2 шлангом 1 відводиться в окрему приймальну камеру 4, з неї потрапляє в дозуючий перекидний ківш 6. Кожна зміна положення ковша спричиняє появу імпульсу від магніта 7 в контактному датчику 8. Ці імпульси передаються на лічильник електронного пульта керування.

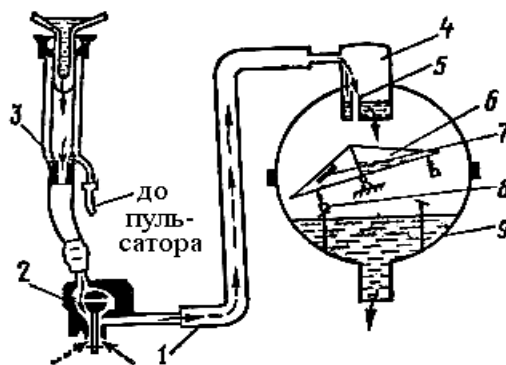


Рис. 13.21. Схема роботи доїльного апарата ДАЧ-1: 1 – молочний шланг; 2 – колектор; 3 – доїльний стакан; 4 – приймальна камера; 5 – вирівнювальна трубка; 6 – ківш; 7 – магніт; 8 – контакт датчика; 9 – корпус вимірювача

Вимірювач забезпечує можливість паралельного обліку чотирьох потоків молока (від кожної дійки), результати якого після видоювання корови технік заносить до журналу.

Для підвищення точності показників вимірювач перед доїнням необхідно встановити горизонтально. Апарат обслуговують оператор

доїння та технікобліковець. Останній фіксує за допомогою секундоміру також тривалість молоковіддачі з кожної четверті вим'я.

13.5.4. Визначення параметрів

Ефективність роботи доїльного апарата значною мірою залежить від тривалості його тактів, яка, в свою чергу, визначається частотою перемикавання (зміна положення) клапана пульсатора.

Розрахунок параметрів пульсатора здійснюється відповідно до закономірностей перетікання повітря з керуючої камери $4_{\text{п}}$ (рис. 13.22) в робочу камеру $2_{\text{п}}$ і навпаки. В результаті цього відбуваються зміни положень клапанного механізму пульсатора та стану повітряного середовища (вакуум чи атмосферний тиск) в камері $2_{\text{п}}$, в чому власне й полягає суть роботи пульсатора.

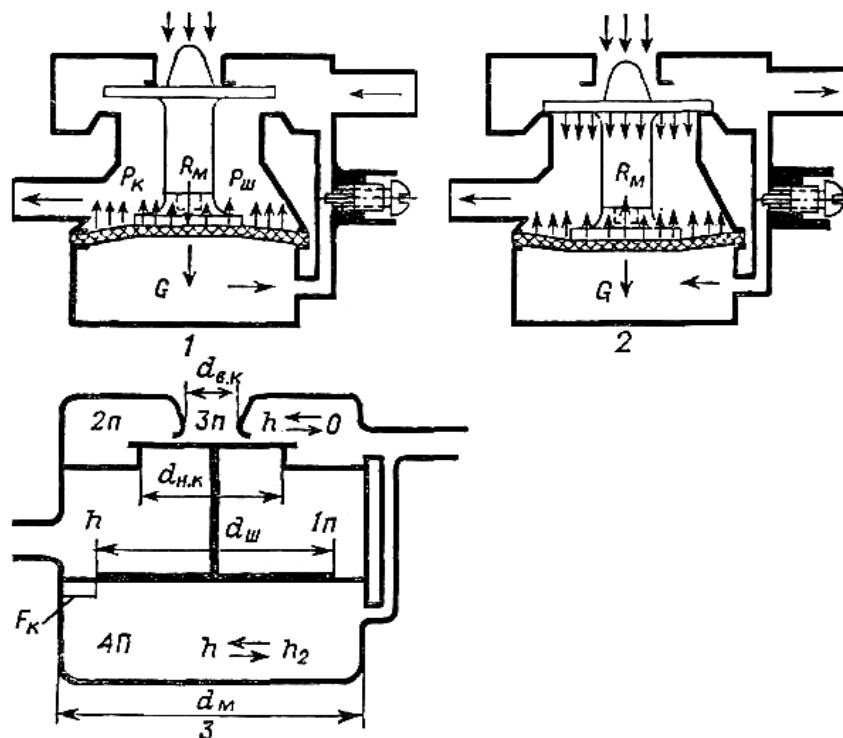


Рис.13.23. Схема роботи пульсатора: 1 – верхнє положення клапанного механізму; 2 – нижнє положення клапанного механізму; 3 – до розрахунку параметрів; $1_{\text{п}}$ – камера постійного вакууму; $2_{\text{п}}$ і $4_{\text{п}}$ – камери змінного вакууму; $3_{\text{п}}$ – камера атмосферного тиску

Повітря між вказаними камерами перетікає крізь регульований (існують варіанти пульсаторів і без регулювання) канал малого перерізу під дією перепаду тисків над і під мембраною та клапаном.

За станом режиму роботи доїльного апарата протягом часу t_1 , що відповідає тривалості такту ссання, відбувається відкачування повітря з герметичної камери $4_{\text{п}}$ пульсатора (рис. 13.22) в необмежений простір камери $2_{\text{п}}$.

При цьому в камері $4_{\text{п}}$ вакуумметричний тиск зростає від P_z до P_1 , а в камері $2_{\text{п}}$ і вакуумпроводі підтримується постійний вакуум P_6 .

За наступний відрізок часу t_2 (відповідає тривалості такту стиску двотактного апарата або тактів стиску і відпочинку тритактного) відбувається надходження повітря з камери $2_{\text{п}}$ в камеру $4_{\text{п}}$ і зменшення вакууму в ній від P_1 до P_2 .

При відсмоктуванні повітря (такт ссання) швидкість зміни вакуумметричного тиску в пульсаторі описується рівнянням:

$$\frac{dP}{dt} = K_1(P_B - P), \quad (13.1)$$

де P – поточне значення змінного вакууму в камері $4_{\text{п}}$, кПа; P_B – номінальне значення вакууму в системі, кПа; K_1 – коефіцієнт пропорційності при відсмоктуванні повітря, який залежить від площі перерізу каналу між камерами $2_{\text{п}}$ і $4_{\text{п}}$ пульсатора.

У результаті інтегрування виразу (13.1) в межах від P_2 до P_1 і деяких перетворень одержимо:

$$t_1 = \frac{1}{K_1} \ln \frac{P_B - P_2}{P_B - P_1}. \quad (13.2)$$

Під час надходження повітря в пульсатор вакуумметричний тиск у вказаних межах змінюється з інтенсивністю:

$$\frac{dP}{dt} = K_2 P. \quad (13.3)$$

Звідси

$$t_2 = \frac{1}{K_2} \ln \frac{P_1}{P_2}, \quad (13.4)$$

де K_2 – коефіцієнт пропорційності при надходженні повітря.

З урахуванням (13.2) і (13.4) відношення δ тривалостей тактів ссання і стиску (у варіанті тритактного доїльного апарата – стиску та відпочинку) становить:

$$\delta = \frac{t_1}{t_2} = K \left(\ln \frac{P_B - P_2}{P_B - P_1} \right) / \ln \frac{P_1}{P_2}, \quad (13.5)$$

де $K = K_2/K_1$ – дослідний коефіцієнт.

Тривалість одного пульсаційного циклу (ссання + стиску; ссання + стиску + відпочинку) визначається рівнянням:

$$t_{\text{ц}} = t_1 + t_2 = \frac{1}{K_1} \ln \frac{P_B - P_2}{P_B - P_1} + \frac{1}{K_2} \ln \frac{P_1}{P_2}. \quad (13.6)$$

Величина, зворотна тривалості одного циклу, означає частоту пульсацій n :

$$n = \frac{1}{t_{\text{ц}}}. \quad (13.7)$$

Рівняння рівноваги сил в момент перед переключенням клапанного механізму пульсатора з нижнього положення у верхнє (рис. 13.19) має вигляд:

$$P_B \frac{\pi D_M^2}{4} = P_B \frac{\pi D_K^2}{4} + G,$$

а умовою його переходу у верхнє положення є:

$$P_B \frac{\pi D_M^2}{4} > P_B \frac{\pi D_K^2}{4} + G, \quad (13.8)$$

де D_M і D_K – діаметр відповідно мембрани і клапана з боку камери 1_п; G – сила тяжіння клапанного механізму.

Зворотнє переключення клапанного механізму з верхнього положення у нижнє відбудеться за умови:

$$P_B \frac{\pi d_K^2}{4} + G > (P_B - P_2) \frac{\pi D_M^2}{4}, \quad (13.9)$$

де d_K – діаметр клапана з боку камери 3_п.

Приведені рівняння вказують на те, що в доїльних апаратах з пневмомеханічним пульсатором тривалість окремих тактів в межах пульсаційного циклу, їх співвідношення та частота пульсацій залежать від розмірів мембрани і клапана, площі перерізу каналу сполучення його камер змінного вакууму, а також меж коливання вакуумметричного тиску в указаних камерах та загального рівня цього тиску.

13.6. Уніфіковані елементи доїльних машин

До складу доїльних машин крім виконавчих механізмів доїльних апаратів входять ще й інші уніфіковані елементи, зокрема: вакуумні установки, молокозбірники, лічильники молока, маніпулятори доїння.

13.6.1. Вакуумні установки

Силовим (енергетичним) елементом доїльної машини є вакуумна установка. Вона призначена для створення вакуумметричного тиску (вакууму) в повітряномолочних лініях, з відповідними параметрами, має можливість їх регулювання, контролю і підтримання незмінними за часом. Саме таке повітряне середовище забезпечує роботу виконавчих елементів доїльних машин – доїльних апаратів – а також транспортування видоєного молока (у доїльне відро чи загальним молокопроводом в молочне відділення).

Вакуумна установка (рис. 13.23) включає: насос 2 з глушником 1, зворотний клапан 3, вакуумметр 4, вакуум балон 5, вакуумрегулятор 6, а також привод (двигун).

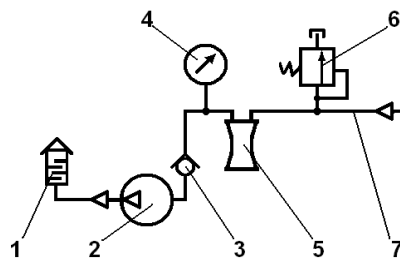


Рис. 13.23. Структурна схема вакуумної установки: 1 – фільтр-глушник; 2 – насос; 3 – зворотний клапан; 4 – вакуумметр; 5 – вакуумний балон; 6 – вакуумрегулятор; 7 – вакуумпровід

Двигун (електричний чи внутрішнього згорання) приводить в рух вакуумний насос, який створює необхідний для роботи доїльних апаратів вакуумметричний тиск.

Оскільки більшість типів вакуумних насосів відкачують із вакуумної системи повітря порціями, вакуумметричний тиск, який встановлюється, в системі, має постійну і змінну складові (пульсації).

Для згладжування пульсацій вакууму у систему включають додаткову місткість – вакуумний балон з відкидним шарнірно закріпленим дном. Він виконує також функцію відстійника, де збираються волога і бруд, що потрапляють у вакуумпровід з повітрям, а в разі переповнення доїльного відра також і молоко. У випадку відсутності такого відстійника вони потрапили б до вакуумного насоса і спричинили надмірне спрацювання чи навіть його поломку внаслідок обмеженого об'ємного стискання рідини. Через вакуумний балон видаляється також мийний розчин у під час промивання вакуумпроводу.

У розрив вакуумпроводу між вакуумним насосом і балоном вмонтовується діелектрична вставка, яка запобігає ураженню електричним струмом тварин і обслуговуючого персоналу у випадку пошкодження ізоляції в електродвигуні чи електричній мережі.

Для забезпечення у вакуумній системі вакуумметричного тиску певної величини, незалежно від витрат повітря у процесі доїння, зміни технічного стану вакуумного насоса, вакуумного проводу і арматури, використовують вакуумні регулятори. Для контролю вакуумметричного тиску призначені вакуумметри, які встановлюють у машинному відділенні так, щоб їх видно було з робочого місця оператора. Шкала вакуумметра градуйована в мм ртутного стовпа, кГс/см^2 (атмосфера) або кПа . При перерахунку одних показників в інші слід пам'ятати, що 1 атмосфера (технічна) відповідає 735,5 мм. ртутного стовпа або 98,1 кПа .

Вакуумні насоси поділяються на поршневі, ротаційні, шестеренні, водокільцеві, діафрагмові, шлангові, ежекторні (рис. 13.24).

Найчастіше використовуються ротаційні лопатеві насоси. Вони прості за будовою, мають малу металомісткість. Насос складається із статора, всередині якого ексцентрично встановлено ротор. У пазах ротора, виконаних радіально або тангенціально, встановлені лопатки, що утворюють разом із ротором і статором робочі камери. У статорі в зоні збільшення об'єму робочих камер влаштовані впускні, а в зоні зменшення їх об'єму – випускні вікна. До впускних вікон приєднано вакуумпровід, а до випускних – пристрої для зменшення акустичних шумів (глушники).

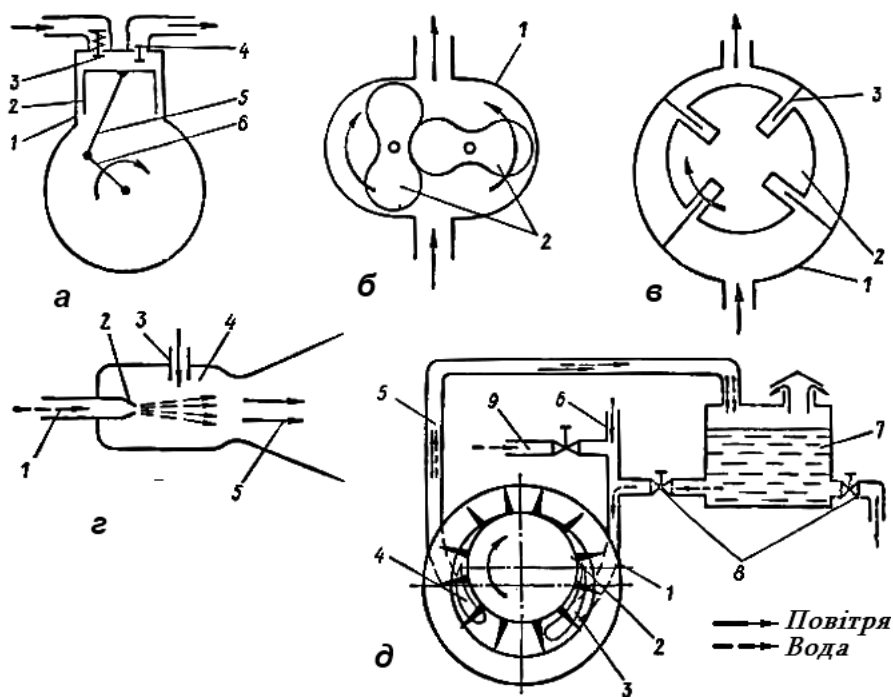


Рис. 13.24. Типи вакуумних насосів: а – поршневий: 1 – циліндр; 2 – поршень; 3 – впускний клапан; 5 – шатун; 6 – кривошип; б – шестеренний: 1 – корпус; 2 – ротор; в – ротаційний: 1 – корпус; 2 – ротор; 3 – лопатки; г – водоструминний: 1 – водопровід; 2 – сопло; 3 – вакуумпровід; 4 – змішувальна камера; 5 – дифузор; д – водокільцевий: 1 – корпус; 2 – ротор; 3 – впускне вікно; 5 – випускний трубопровід; 6 – вакуумпровід; 7 – водяний бак; 8 – крани; 9 – водопровід

Основними недоліками ротаційних насосів є підвищене нагрівання під час роботи за рахунок тертя лопаток по статору і торцевих кришках насоса та низький ресурс внаслідок спрацювання тертям деталей.

Водокільцеві вакуумні насоси мають переваги порівняно з ротаційними: відсутність сухого тертя між ротором і статором, що веде до збільшення ресурсу насоса і виключає необхідність мащення. Ущільнення ротора зі статором у водокільцевому насосі здійснюється за рахунок води, яка під час роботи обертається разом з ротором у вигляді кільця. В результаті ексцентричного розміщення ротора і статора між водяним кільцем і лопатками ротора утворюються робочі камери, об'єм яких змінюється залежно від кута повороту ротора. Так, під час мінімальної відстані між ротором і статором об'єм камер зменшується, а під час максимальної – збільшується. У зоні збільшення об'єму робочих камер влаштовують впускні вікна, а в зоні зменшення – випускні.

У процесі роботи насоса частина води із насоса видаляється у випускний патрубок разом з повітрям, відокремлюється від нього у водяному баці і через регулювальний кран знову подається в насос. Циркуляція води сприяє також охолодженню насоса.

До недоліків водокільцевих насосів слід віднести можливість замерзання води у холодну пору року, а також підвищені енергозатрати.

Поршневі вакуумні насоси не знайшли широкого використання в доїльних установках внаслідок складності конструкції (наявність кривошипношатунного і клапанного механізмів), різко динамічних умов роботи, великої нерівномірності вакуумметричного тиску.

Детальніше питання будови та принципу дії розглянемо на прикладі ротаційного та водокільцевого вакуумних насосів, які широко розповсюджені в сільськогосподарському виробництві.

Ротаційнопластинчастий насос (рис. 13.25) складається з циліндричного корпусу 1, ексцентрично встановленого в ньому ротора 2, в чотирьох пазах якого вільно переміщуються текстолітові пластини 3. При обертанні ротора 2, пластини 3 відцентровою силою притискаються до внутрішньої поверхні корпусу 1. Внаслідок ексцентричного розташування ротора вони то заглиблюються в пази, то виходять з них. За рахунок цього змінюється об'єм простору між сусідніми пластинами.

При збільшенні об'єму простору між пластинами в циліндрі насоса створюється розрідження і туди крізь випускний патрубок 4 засмоктується повітря, а при зменшенні вказаного об'єму – повітря стискається і випускним патрубком 5 виштовхується з циліндра.

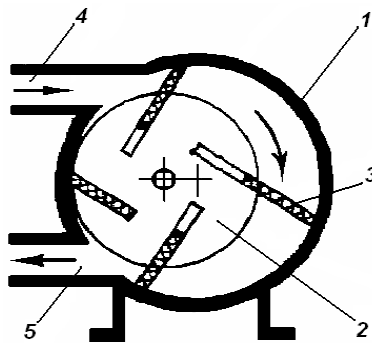


Рис. 13.25. Схема ротаційнопластинчастого вакуумного насоса:
1 – корпус; 2 – ротор; 3 – пластина; 4 – патрубок всмоктувальний;
5 – патрубок випускний

Вал ротора 8 встановлений в кулькопідшипниках 1 (рис. 13.26) для змащування яких, а також стінок внутрішньої поверхні корпусу 9, використовується маслянка гнотового типу з постійним самовстановлюваним рівнем оливи. Оливницю заповнюють спеціальною оливою для вакуумних насосів або ж марок І20А, І40А, М8А, М10В₂.

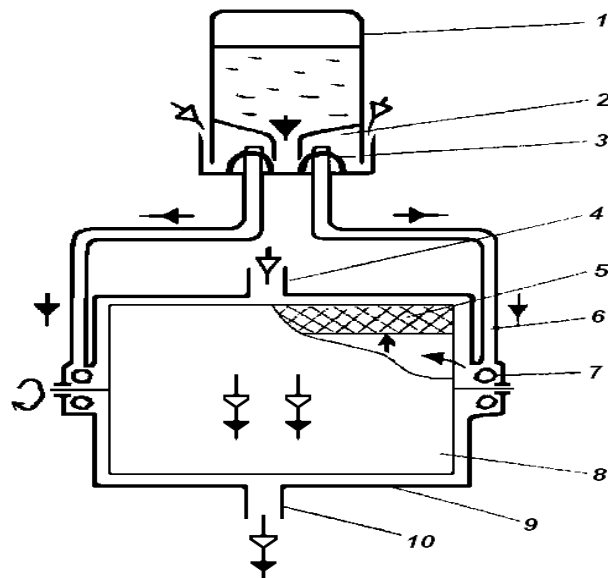


Рис. 13.26. Схема мащення ротаційнопластинчастого вакуумного насоса: 1 – стакан; 2 – корпус оливниці; 3 – гніт; 4 – патрубок всмоктувальний; 5 – пластина; 6 – канал вертикальний; 7 – підшипник; 8 – ротор; 9 – корпус насоса; 10 – патрубок випускний

Наявність та потрапляння оливи в насос контролюють візуально крізь прозорі пластмасові трубки, а загальну витрату оливи – за поділками шкали на стакані.

Для зменшення витрат оливи при мащенні ротаційно-пластинчастих насосів окремі виробники (ТДВ «Брацлав», компанія Де Лаваль) комплектують вакуумні установки пристроями для утилізації оливи з повітря, яке видаляється з насоса. При цьому відокремлюється від повітря до 80% використаної оливи, яку застосовують для повторного мащення, і суттєво зменшується забруднення довкілля.

Водокільцеві вакуумні насоси використовують у господарствах, де понад 200 голів худоби. Вони не потребують змащування. Ущільнення між ротором і статором водокільцевого насоса забезпечується водою, яка утворює рухоме водяне кільце (рис. 13.27).

До початку роботи вакуумної установки з водокільцевим насосом заповнюють місткість 4 водою на $2/3$ її об'єму і закривають вентиль 2 на трубопроводі підведення води до насоса. Після цього вмикають електродвигун, відкривають вентиль 6 і регулюють ним необхідну витрату води, при якій вакуумметричний тиск буде найбільший. Витрату води насосом контролюють за кількістю води, що повертається насосом у місткість 4.

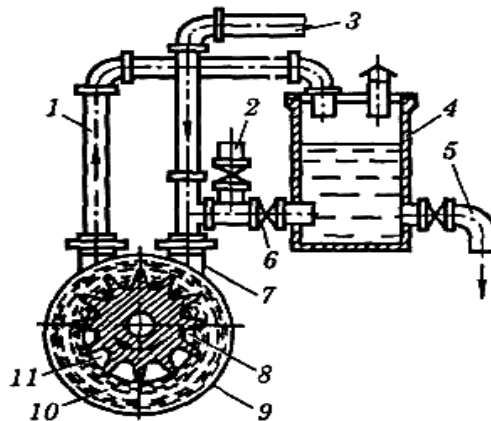


Рис. 13.27. Схема водокільцевої вакуумної установки: 1 – викидний трубопровід; 2 – трубопровід подачі води; 3 – всмоктувальний трубопровід; 4 – резервуар для води; 5 – зливна труба; 6 – регулювальний вентиль; 7 – всмоктувальний патрубок; 8 – ротор; 9 – корпус; 10 – водяне кільце; 11 – паз ротора

Під час обертання ротор 8 лопатками відкидає воду до стінок корпусу 9 і формує рухоме водяне кільце. Оскільки ротор у корпусі розміщений ексцентрично, то між маточиною і водяним кільцем утворюється серпоподібний простір, який розділяється лопатками на ізолювані порожнини. За першого півоберту ротора права половина серпоподібного простору збільшується, вода відходить від маточини ротора до периферії, внаслідок чого у міжлопатевому просторі створюється розрідження і повітря засмоктується в цей простір із трубопроводу 3 крізь вікна в бічних кришках корпусу насоса.

За другого півоберту ротора ліва половина серпоподібного простору зменшується і вода, що знаходиться в ньому, ніби поршень стискує повітря між лопатками ротора і витискує його крізь вікна бічних кришок корпусу у викидний трубопровід. При цьому разом із повітрям з насоса викидається і частина води, яка збирається у резервуарі, а повітря виходить назовні. При зупинці насоса спочатку закривають

вентиль регулювання подачі води на всмоктувальному трубопроводі, а потім вимикають електропривод. Зазор між торцями ротора і бічними кришками має бути однаковим, його регулюють прокладками.

Вода, яку застосовують при роботі водокільцевого насоса, не повинна містити механічних домішок в кількості більше ніж 25 мг/л. Використання води з підвищеним вмістом солей спричиняє утворення накипу на робочих деталях. У результаті цього зазори між рухомими і нерухомими деталями зменшуються, тертя між ними збільшується, різко зростає споживана потужність. Усе це може привести до виходу з ладу електродвигуна або самого насоса. Робота насоса без води не допускається.

У процесі роботи водокільцевої установки вода нагрівається і частина її випаровується. Для підтримання необхідного рівня води у місткості 1 встановлюють автоматичний поплавковий клапан, через який вказана місткість сполучається з водопровідною мережею.

Підвищення температури води знижує продуктивність насоса. Робоча температура води повинна бути не вище 40 °С, а максимальна – не перевищувати 65 °С.

Періодичність заміни води в установці залежить від її хімічного складу. При високих показниках твердості воду замінюють через 600 год. роботи, а при низьких – через 1200 год.

Глушники вакуумних установок з ротаційнопластинчастими насосами можуть мати різне конструктивне виконання (рис. 13.28) і повинні зменшувати рівень шуму до 70–80 дБ. При цьому, опір рухові повітря в них повинен бути незначний, щоб не зменшувати продуктивності вакуумного насосу.

Зниження рівня шуму в глушнику (рис 13.28, а) забезпечує спеціальна шумопоглинальна набивка 2, яка одночасно затримує частину оливи, з повітря, що видаляється в навколишнє середовище.

Глушник (рис. 13.28, б) являє собою циліндр 1, в середині якого розміщені перегородки 3. Перегородки різко змінюють напрям руху повітря, внаслідок чого зменшується рівень шуму. Їх недоліком є відсутність очищення повітря від решток оливи.

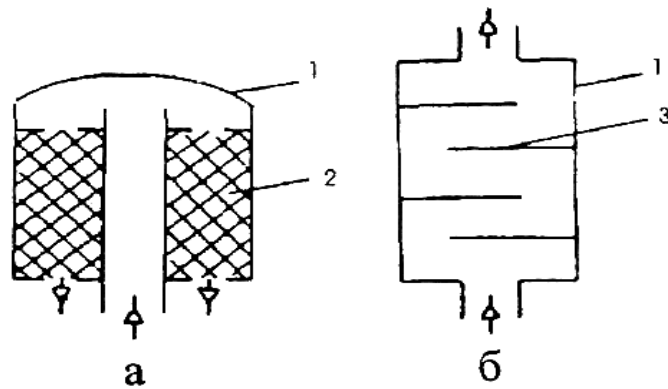


Рис. 13.28. Схеми глушників вакуумних установок:
а – з шумопоглинальною набивкою; **б** – з перегородками лабіринтами;
1 – корпус; **2** – набивка; **3** – перегородка

Зворотний клапан запобігає зворотному обертанню ротора вакуумного насоса при його зупинці, яке спричиняється засмоктуванням повітря крізь вихлопний патрубок.

Різка зміна напрямку обертання ротора насоса може привести до поломки текстолітових пластин в ротаційно-пластинчатих насосах, а в водокільцевих – до засмоктування води у вакуумпровід.

Конструкція зворотного клапана в більшості доїльного обладнання являє собою циліндр, в якому розміщено рухомий клапан (рис. 13.29, а). Під час роботи установки рухомий клапан **2**, знаходиться в нижній частині циліндра **1** і вільно пропускає повітря у впускний патрубок насоса. Після зупинки вакуумного насоса потік повітря у вакуумпровід підіймає рухомий клапан **2** у верхнє положення, і закриває зворотний рух повітря. Деталі зворотного клапана виготовляють з пластмаси і тому він одночасно виконує функцію діелектричної вставки між вакуумним насосом і вакуумопроводом.

Компанія ДеЛаваль (Швеція) виготовляє зворотний клапан у вигляді кришки, шарнірно закріпленої на кінці випускної труби (рис. 13.29, б). При роботі вакуумної установки повітря, що виходить з випускної труби, піднімає кришку над трубою і відкриває вихід. У разі зворотного руху повітря при виключенні установки, сили тяжіння кришки та потоку повітря приводять до закриття кришки клапана.

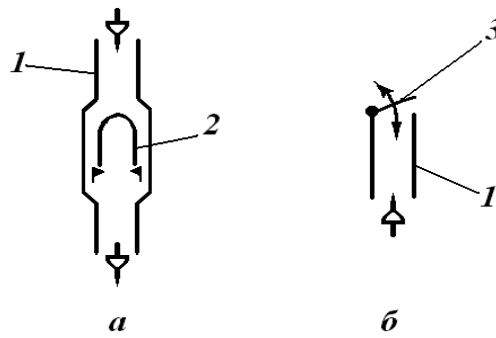


Рис. 13.29. Схеми зворотних клапанів з рухомим ковпачком клапаном (а) та шарнірною кришкою (б): 1 – корпус; 2 – клапан; 3 – кришка

Вакуумний балон (рис. 13.30) призначений:

- для створення запасу робочого середовища (вакууму), який сприяє вирівнюванню коливань вакуумметричного тиску у вакуумній системі доїльної установки;
- виділення і накопичення вологи та бруду з повітря і, завдяки цьому, захисту ротаційнопластинчастого насоса від передчасного спрацювання;
- збирання та видалення мийної рідини при промиванні вакуумпроводу.

Балон являє собою вертикальний (рис. 13.30, а) або горизонтальний (рис. 13.30, б) циліндр, який обладнаний в нижній частині зливним клапаном 3. Під час пуску насоса клапан 3 повинен бути відкритим, чим зменшується навантаження на електродвигун. Об'єм балона в різних фірм виробників, коливається від 20 до 100 л.

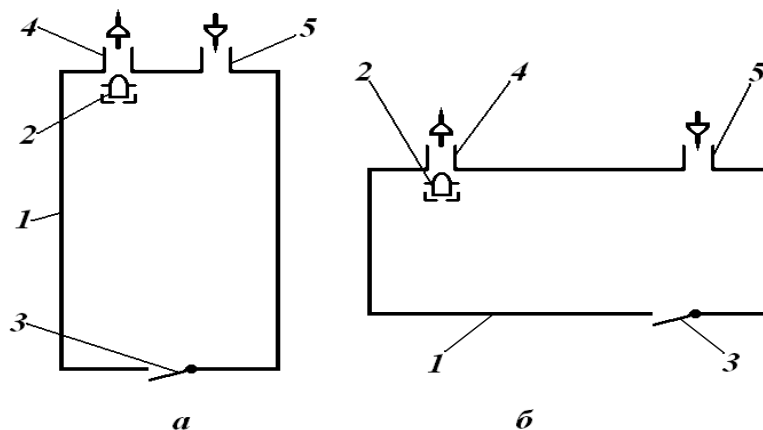


Рис. 13.30. Схеми вакуумних балонів: а – вертикальне розміщення; б – горизонтальне розміщення; 1 – корпус; 2 – клапан запобіжний; 3 – клапан зливний; 4 – патрубок випускний; 5 – патрубок впускний

При роботі насоса в балоні створюється розрідження, а на зливний клапан 3 іззовні діє атмосферний тиск, в результаті чого клапан притискається до гнізда. Після зупинки насоса тиск всередині балона поступово вирівнюється до атмосферного, зливний клапан відкривається, волога та бруд автоматично видаляються з балона.

У випадках пошкодження дійкової гуми стаканів під час промивання апаратів мийний розчин може потрапити в балон. При переповненні або перекиданні доїльного відра у вакуумбалон може потрапити також молоко. Крім того, в разі промивання вакуумних магістралей через балон, здійснюють видалення мийного розчину. Щоб запобігти надходженню рідин у порожнину вакуумного насоса, балон обладнано запобіжним клапаном 2, який перекриває трубопровід до насоса при заповненні балона рідиною.

Вакуумний регулятор призначений для встановлення та автоматичного підтримання заданої величини вакуумметричного тиску у вакуумному трубопроводі. Коливання вакуумметричного тиску зумовлюються неоднаковою кількістю одночасно працюючих доїльних апаратів, можливим засмоктуванням повітря при встановленні доїльних стаканів на вим'я корови тощо.

Вакуумні установки обладнують гравітаційними, пружинними та сервовакуумними регуляторами. Найпоширенішими є гравітаційні вакуумрегулятори. Вони підтримують достатньо стабільний рівень вакуумметричного тиску, прості за конструкцією і в експлуатації.

Гравітаційний вакуумний регулятор (рис. 13.31) складається з корпусу 1, клапана 2 і вантажу 3. Клапан і вантаж з'єднані між собою стрижнем. Переміщення клапана з вантажем здійснюється під дією сили, що виникає за рахунок різниці тисків (атмосферного і вакуумного) над і під клапаном. При цьому у вакуумпровід 7 з навколишнього середовища крізь фільтр 8 і зазор між клапаном та гніздом надходить повітря.

Кількість повітря, що надходить у вакуумпровід, а отже, і величина вакуумметричного тиску в ньому, залежать від маси вантажу, підвішеного до клапана.

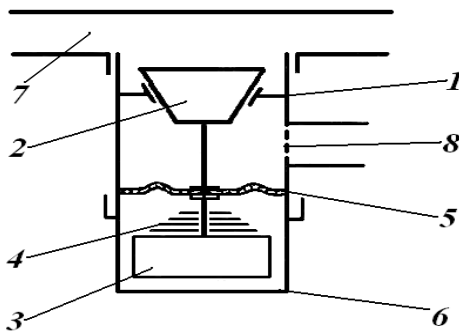


Рис. 13.31. Схема гравітаційного регулятора: 1 – корпус; 2 – клапан; 3 – вантаж; 4 – диски регулювальні; 5 – мембрана; 6 – ковпак; 7 – вакуумний трубопровід; 8 – фільтр

Встановлення необхідної величини вакуумметричного тиску здійснюється за допомогою регулювальних дисків різної маси 4, розміщених над основним вантажем 3. Рівень вакуумметричного тиску у вакуумпроводі – величина, пропорційна масі вантажу.

Зменшенню коливань вакуумметричного тиску у вакуумпроводі, викликаних роботою вакуумрегулятора, сприяє мембрана 5, завдяки якій в нижній частині корпусу 1 створюється герметична демпферна камера.

Надійна робота гравітаційного вакуумрегулятора забезпечується вертикальним його розміщенням. Тому вакуумрегулятори цього типу використовуються переважно в стаціонарних установках.

У пересувних вакуумних установках, де ускладнено застосування гравітаційних вакуумрегуляторів, використовують пружинні регулятори.

Пружинні вакуум регулятори (рис. 13.32), на відміну від гравітаційних, не вимагають чіткого просторового розміщення, оскільки їх працездатність зберігається в будьякому положенні. Це обумовлено тим, що клапан 2 притискується до свого гнізда пружиною 3, дія якої на клапан практично не залежить від її просторового положення.

Рівень вакуумметричного тиску у вакуумпроводі 7 визначається величиною стиску пружини 3, яка регулюється гайками 5 (рис. 13.32, б) або положенням ковпака 4 (рис. 13.32, а). В конструкції гравітаційних і пружинних вакуумрегуляторів суміщені одночасно датчик вакуумметричного тиску та виконавчий механізм, реалізовані, відповідно, схемами клапантягар і клапанпружина. Внаслідок цього чутливість таких вакуумрегуляторів і стабільність вакуумметричного тиску в вакуумпроводі нижчі ніж у серворегуляторів.

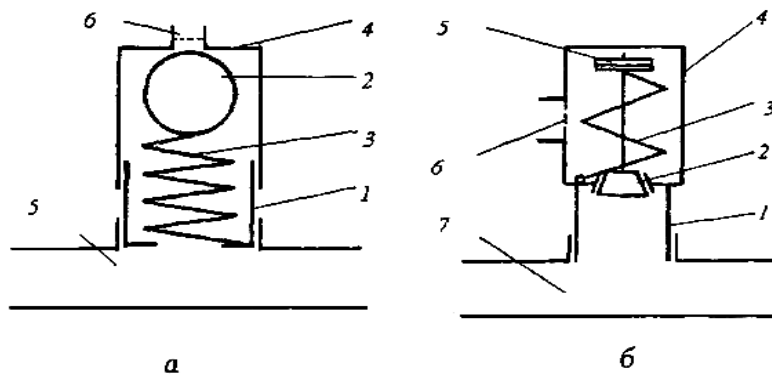


Рис. 13.32. Схеми пружинних регуляторів з кульковим клапаном (а) і з тарілчастим клапаном (б): 1 – корпус; 2 – клапан; 3 – пружина; 4 – ковпак; 5 – гайки; 6 – фільтр; 7 – вакуумний трубопровід

Мембранновакуумний регулятор (серворегулятор) вакуумметричного тиску з дистанційним управлінням складається (рис. 13.33) з окремо розміщених датчика (а) та регулятора (б), які сполучені між собою повітряною трубкою 11. Датчик має камери постійного вакуумметричного тиску 10, змінного тиску 8 і атмосферного тиску 4. Камери постійного вакуумметричного тиску 10 і змінного тиску 8 відокремлюються кульковим клапаном 2, який притискується до свого гнізда пружиною 3. Натяг пружини регулюють гайками 5. Камери атмосферного і змінного тисків з'єднані між собою каліброваним отвором.

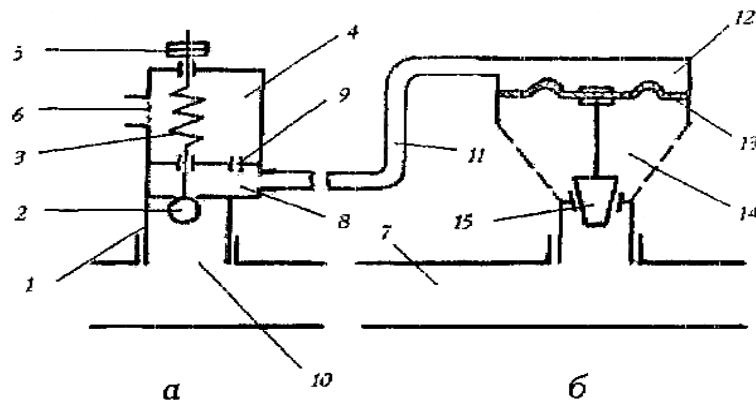


Рис. 13.33. Схема серворегулятора вакуумметричного тиску: а – датчик; б – регулятор; 1 – корпус датчика; 2 – кульковий клапан; 3 – пружина; 4 – камера атмосферного тиску; 5 – гайки; 6 – фільтр; 7 – вакуумпровід; 8 – камера змінного тиску; 9 – отвір калібрований; 10 – камера постійного вакуумметричного тиску; 11 – трубка з'єднувальна; 12 – камера змінного тиску; 13 – мембрана; 14 – камера атмосферного тиску; 15 – клапан

Регулятор включає камеру змінного тиску 12 і камеру атмосферного тиску 14, які розділені мембраною 13. Мембрана 13 з'єднана з клапаном 15, який відокремлює камеру атмосферного тиску 14 від вакуумпроводу 7.

Відстань від датчика або регулятора до будьякого звуження, розгалуження чи коліна вакуумпроводу повинна бути не меншою ніж десять діаметрів вакуумпроводу. В свою чергу датчик і регулятор розмішують один від одного на відстані двадцяти діаметрів вакуумпроводу.

Серворегулятор діє таким чином. При підвищенні вакуумметричного тиску в камері 10 кульковий клапан 2, пересилюючи опір пружини 3, переміщується в камеру 10. Внаслідок цього камери 10, 8 і 12 сполучаються між собою, в камері 12 створюється розрідження. За рахунок різниці тисків в камерах 14 і 12 мембрана 13 прогинається в бік камери 12 і відкриває клапан 15. Після цього з камери 14 повітря надходить у вакуумпровід 7 і знижує вакуумметричний тиск в ньому. При досягненні вакуумметричного тиску у вакуумпроводі заданої величини кульковий клапан 2 датчика закривається і крізь калібрований отвір 9 з камери атмосферного тиску 4 у камери 8 та 12 надходить повітря і знижує в них тиск до атмосферного. Внаслідок цього клапан 15 регулятора закриває доступ повітря у вакуумпровід.

Рівень вакуумметричного тиску, що автоматично підтримується таким чином у трубопроводі, буде пропорційний натягу пружини 3 датчика, який регулюють за допомогою гайок 5.

Деякі варіанти серворегуляторів мають датчик і регулятор в одному вузлі. При цьому функції їх не суміщаються.

Однією з характеристик вакуумрегулятора є його пропускна здатність. Вона повинна бути більшою за продуктивність вакуумного насоса. У випадку меншої пропускної здатності одного вакуумрегулятора за продуктивність вакуумнасоса в установці необхідно використовувати кілька вакуумрегуляторів дотримуючись умови, щоб їх сумарна пропускна здатність перевищувала продуктивність насоса. Деякі зарубіжні фірмовиробники вакуумних

установок оснащують серворегулятори свистком, який спрацьовує при значному перевищенні вакуумметричного тиску.

14.6.2. Обладнання для збирання і транспортування молока

Для збору молока з окремих віток молокопроводів, накопичення його перед транспортуванням на подальшу первинну обробку служать молокозбірники. Транспортування молока здійснюється молочними насосами переважно відцентрового типу.

Молокозбірник – це скляний балон із двома горловинами і бічними отворами (рис. 13.34), призначений для збирання молока з молокопроводів і відокремлення його від повітря.

У верхній горловині встановлено розбризкувач 17, а на ній – кришку 18. На кришці є трійник, до якого приєднано шланг для підведення мийного розчину. З вакуумним трубопроводом з'єднано запобіжну камеру 26, яка має поплавцевий пристрій, що від'єднує вакуум у разі переповнення молокозбірника молоком або мийною рідиною.

У нижній горловині молокозбірника є гумова хрестовина з поплавцевим пристроєм. До патрубків хрестовини приєднують шланг циркуляційного промивання запобіжної камери. Бічні отвори молокозбірника з'єднують з лініями молокопроводу.

14.6.3. Засоби обліку молока

При доїнні корів можливі три способи обліку молока: індивідуальний (окремо щодо кожної корови), груповий (стосовно груп корів, що обслуговуються кожним оператором) та загальний (для окремих корівників чи в цілому по фермі).

Для індивідуального зоотехнічного обліку молока і взяття проб з метою визначення його якості і жирності служить пристрій ИУ1. Він має багато спільного з технічним рішенням лічильника „ТруТест”.

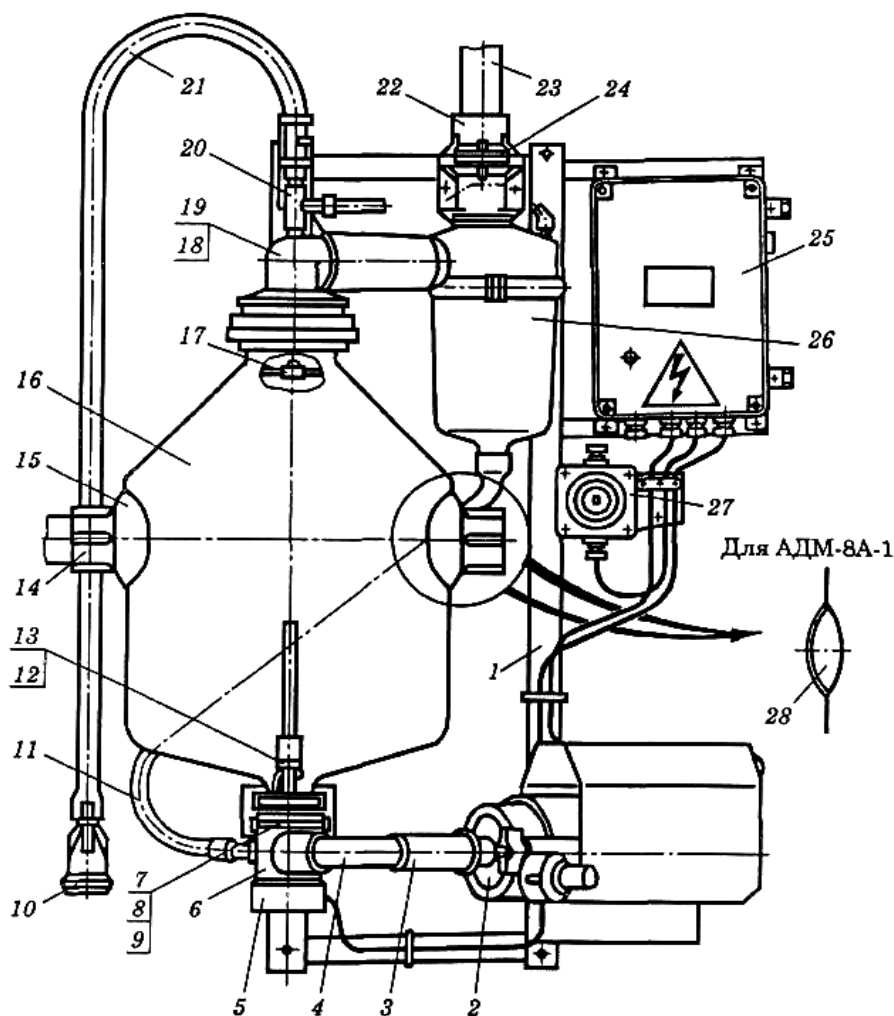


Рис. 13.34. Молокозбірник: 1 – рама; 2 – молочний насос;
 3, 22 – муфти; 4 – кутник; 5 – поплавцевий датчик; 6 – молокопровід;
 7 – хомут; 8 – підставка; 9, 19 – прокладки; 10 – ковпачок; 11, 21 – шланги;
 12 – дистанцер; 13 – шайба; 14 – молочний патрубок; 15 – ущільнювач;
 16 – молокозбірний балон; 17 – розбризкувач; 18 – кришка;
 20 – розподільник; 23 – труба; 24 – кран; 25 – блок керування молочним
 насосом; 26 – запобіжна камера; 27 – перемикач; 28 – пробка

Пристрій індивідуального обліку молока має такі основні елементи (рис. 13.35): молоковідвідну 1 і мірну 2 камери, клапанпоплавок 3, мензурку 4, повітряний жиклер 6, роздільник 7, молокопідвідний 8 і молоко відвідний 9 патрубки, ковпачок 10, кришку 11 та молокопровідну трубку 12.

Лічильник за допомогою гачка підвішується так, щоб вхідний штуцер з'єднувався шлангом з молочним патрубком колектора доїльного апарата, а вихідний через шланг переносної ручки – з молокопроводом.

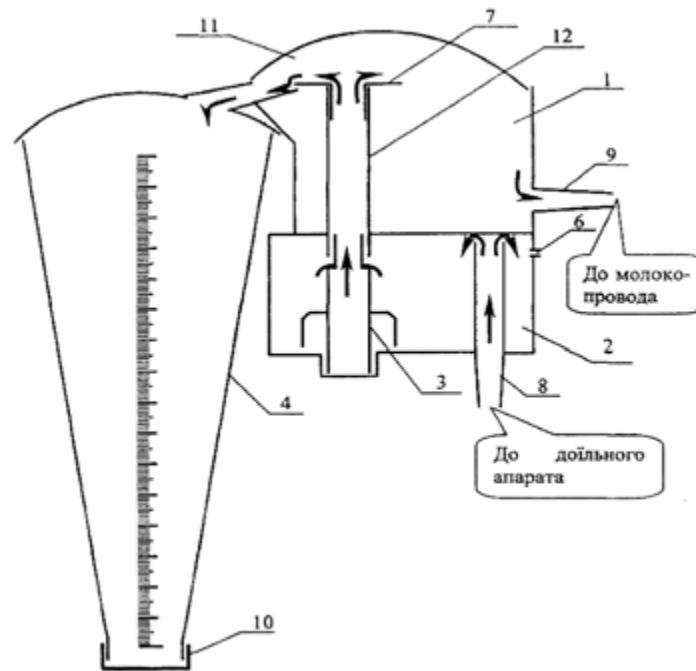


Рис. 13.35. Схема індивідуального лічильника молока:
1, 2 – молоковідвідна і мірна камери; 3 – клапан поплавка;
4 – мензурка; 6 – повітряний жиклер; 7 – роздільник;
8 і 9 – молокопідвідний і молоковідвідний патрубки; 10 – ковпачок;
11 – кришка; 12 – молокопровідна трубка

Працює лічильник таким чином. Молоко з молочного шланга доїльного апарата через молокопідвідний патрубок 8 надходить у мірну камеру 2. В міру її заповнення поплавковий клапан 3 спливає і у верхньому положенні перекриває нижній отвір трубки 12, вмонтованої у корпусі вимірювача. Трубка з'єднує мірну 2 і молоковідвідну 1 камери. В результаті впуску повітря крізь повітряний жиклер 3 у мірній камері наростає тиск, за рахунок якого молоко з неї піднімається в молоковідвідну камеру і виливається через розподільник 7 рівномірним круговим потоком. При цьому невелика частка молока (приблизно 2%) потрапляє лотком у мензурку 4. Кількість молока, що потрапляє у мензурку, пропорційна загальній його кількості. Молоко з відвідної камери 1 крізь патрубок 9 шлангом спрямовується в молокопровід.

Після спорожнення мірної камери тиск у ній починає зменшуватись внаслідок відсмоктування з неї повітря через трубку 12 і молоковідвідну камеру у молокопровід. За рахунок зменшення різниці тисків у камерах 1 і 2 поплавок під дією сили тяжіння опускається і

відриває отвір, що сполучає молоковідвідну і мірну камери. Молоко знову заповнює мірну камеру. Так циклічно процес повторюється. Шкала мензурки проградуєвана в кілограмах.

Дозатор молока або лічильник молока груповий (рис. 13.36) призначені для автоматичного обліку молока надоеного від групи корів, які обслуговуються одним оператором. Лічильник 13 приводиться в дію штоком сильфона. Він показує кількість порцій, що заповнювали камеру 8 під час доїння групи корів. З урахуванням величини однієї порції (встановлюється при таруванні) і визначають надій від групи. Похибка вимірювання не повинна перевищувати 3 %. При перевірці (один раз в три місяці) спочатку вимірюють довжину петлі вакуумного шланга 12 (повинна бути 500 мм) і шланга 9 (800 мм). Потім підіймають трубку 3 до упору клапана 7 в перегородку 6 і перевіряють, щоб з верхнім обрізом втулки збігся отвір А трубки 3 (змінюють положення втулки 2). Заливають воду до спрацьовування суматора 13 (приблизно 1 кг). За величиною цієї дози регулюють інші дозатори.

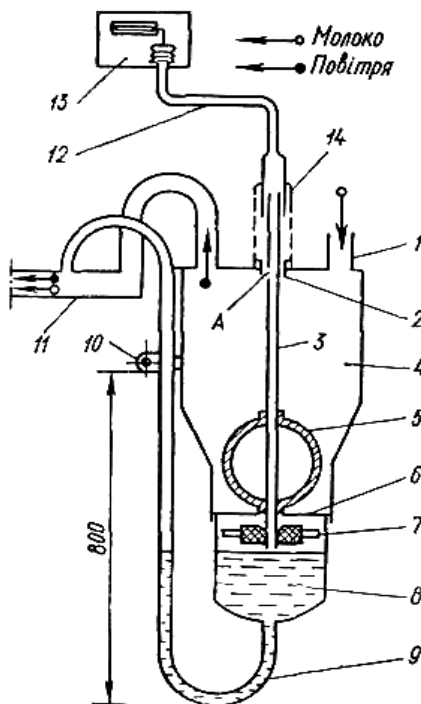


Рис. 13.36. Схема групового дозатора молока:

- 1 – патрубок від молокопроводу (через вимикач); 2 – регулювальна втулка; 3 – трубка; 4 – молокоприймач; 5 – поплавок; 6 – перегородка; 7 – клапан; 8 – дозувальна камера; 9 – молочний шланг; 10 – хомут; 11 – колектор; 12 – вакуумний шланг; 13 – лічильник (суматор) молока; 14 – захисний ковпак; А – отвір в трубці 3

Похибку дозатора визначають при відомій абсолютній похибці як різницю між встановленою масою дози і фактичною в процесі доїння, що визначається окремо.

13.7. Доїльні установки та агрегати

13.7.1. Типи і загальна оцінки

Залежно від технології виробництва молока та способу утримання корів є кілька варіантів організації доїння корів: у стійлах переносними або пересувними апаратами зі збиранням молока у відра чи бідони; у стійлах переносними апаратами зі збиранням молока у молокопроводи; у станках стаціонарних доїльних залів або на доїльних майданчиках; у доїльних станках пересувних доїльних установок на пасовищах і в літніх таборах.

Відповідно до наведених технологічних рішень доїльні установки класифікують за такими основними ознаками (рис. 13.37):

- умови експлуатації бувають стаціонарні та пересувні;
- розміщення корів під час доїння – у стійлах і станках доїльних приміщень (зали, майданчики);
- характер використання станків під час доїння – нерухомі і рухомі (конвеєрні);
- число корів у станку – індивідуальні та групові;
- схема розміщення станків – радіальна, паралельна, послідовна (типу „Тандем”), під кутом (типу „Ялинка” тощо);
- способом збирання молока від доїльних апаратів – у відра (бідони) та в молокопровід.

Останнім часом провідні закордонні фірми почали виробництво автоматизованих доїльних установок з вільним доступом тварин для доїння (доїльні роботи).

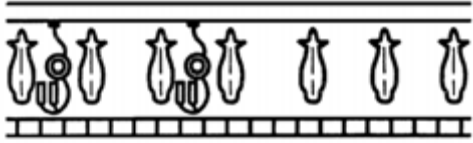
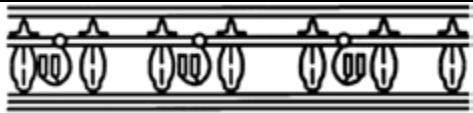
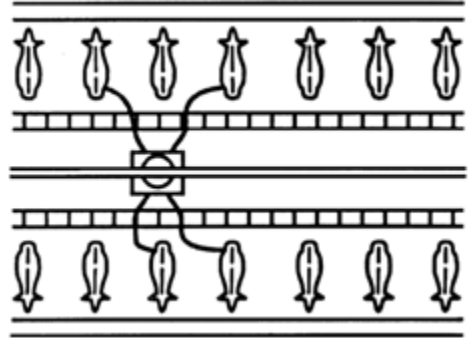
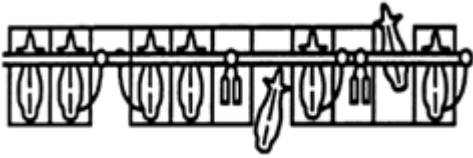
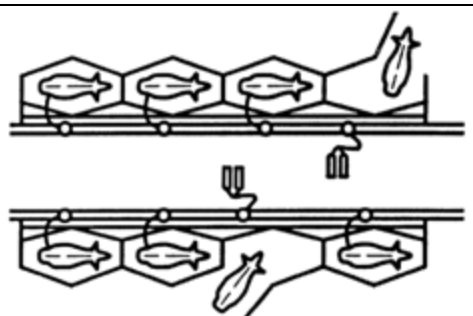
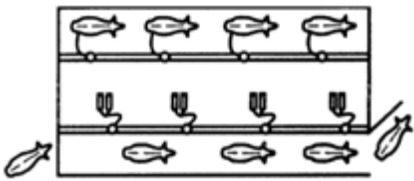
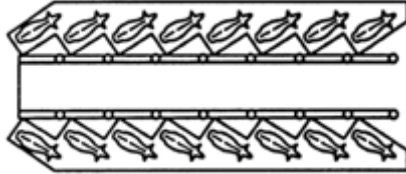
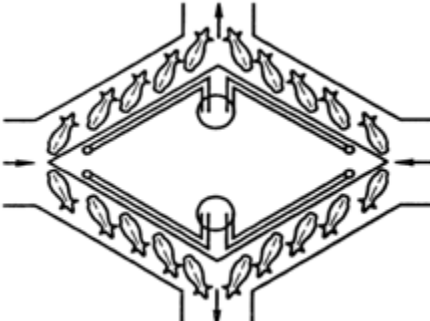
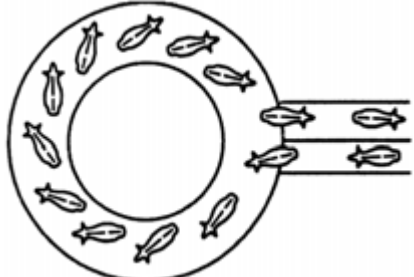
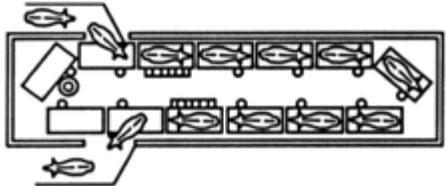
Тип	Технологічна схема установки	Характерна ознака
1	2	3
Дοїння корів у стійлах		Збирання молока в переносні бідони (відра)
		Збирання молока в молокопровід
		Збирання молока в загальний пересувний молокозбірник
Дοїння корів у доїльному залі		З індивідуальними паралельнопрохідними станками
		З індивідуальними станками типу „Тандем”

Рис. 13.37. Класифікація доїльних установок

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

Доїння корів у стійлах застосовують за прив'язаного, стійлово-пасовищного або стійлово-табірного утримання корів. Доїння у стійлах передбачає збирання молока у відра або у молокопровід. Останнім молоко транспортується на первинну обробку та тимчасове зберігання. Під час доїння у стійлах відсутні операції переміщення тварин до місць доїння, можна краще забезпечити індивідуальний підхід до тварин.

Доїння в переносні відра можливе за найпростішого набору технічних засобів, але потребує більших затрат праці у зв'язку з потребою ручного переміщення доїльних апаратів уздовж фронту доїння, переливанням і транспортування молока до молочної.

Доїння у стійлах у молокопровід створює умови поліпшення якості молока і підвищення продуктивності праці за рахунок своєчасної (в потоці з доїнням корів) первинної обробки молока і відсутності ручних операцій щодо його транспортування. Проте значна довжина молокопроводів потребує додаткових затрат (матеріальних, трудових) на технічне обслуговування.

Навантаження на одного оператора в разі доїння у переносні відра досягає 16–20, а у молокопровід – до 50 корів.

Технологію доїння в стійлах у переносні відра можна рекомендувати для малих ферм (підсобні, фермерські господарства тощо); у молокопровід – за умов потоковоцехової системи виробництва молока для великих товарних підприємств.

Доїння у спеціалізованих доїльних залах і на доїльних майданчиках найчастіше застосовують за безприв'язного утримання корів або у варіантах, коли використовують автоматичні прив'язі. Особливість такої технології доїння полягає в тому, що тварини самі заходять безперервним потоком чи групами у рухомі або стаціонарні, групові чи індивідуальні доїльні станки, а оператор за обмежених переміщень їх обслуговує.

Кожен доїльний станок обладнаний доїльним апаратом, засобами контролю і керування процесом доїння та обслуговування тварин. Оператор під час доїння знаходиться у заглибленні, що забезпечує зручність виконання операцій щодо обслуговування тварин. Такий варіант забезпечує також скорочення часу проведення технологічних операцій за рахунок механізації та автоматизації, підвищення якості їх виконання в результаті спеціалізації праці операторів.

Доїльні установки із стаціонарними індивідуальними стаканами передбачають індивідуальне обслуговування корів під час доїння, що знижує вимоги до формування однорідних груп тварин, загрозу їх травмування і захворювання маститом.

У доїльних установках із груповими станками впускають і випускають тварин у станки групами. Це накладає додаткові вимоги щодо формування однотипних груп корів, але сприяє підвищенню продуктивності праці операторів.

Останнім часом все ширше застосування набувають групові станки з розташуванням корів перпендикулярно до осі траншеї „бік до боку”. Це дозволяє ще компактніше розташовувати корів у станках та обслуговувати їх під час доїння ззаду, що зменшує вірогідність травмування оператора твариною.

Подальше підвищення продуктивності, праці оператора доїння може бути досягнуто при застосуванні конвеєрних доїльних установок.

Доїльні установки конвеєрного типу мають рухомі станки. На вході конвеєра можуть бути розміщені зони санітарної обробки вимені. Рациональна організація праці і вузька спеціалізація, а в разі оснащення маніпуляторами доїння – ще й автоматизація процесу, дають змогу досягти максимальної продуктивності праці оператора і різко підвищити коефіцієнт використання технологічного обладнання. Проте при цьому ускладнюється індивідуальний контроль за тваринами. Крім того, для досягнення високої ефективності потрібно формувати однорідні технологічні групи корів. Тому такий варіант можна рекомендувати для великих молочнотоварних комплексів із потоковою технологією виробництва молока.

Стійловопасовищний спосіб утримання корів здебільшого обумовлює недоцільність перегону тварин на доїння в приміщення чи стаціонарні доїльні зали, оскільки при цьому неминучі значні втрати їх продуктивності. У такому разі тварин доять безпосередньо на пасовищах.

Випасання корів на багаторічних культурних пасовищах передбачає зміну місцезнаходження літнього табору. Здебільшого літній табір важко електрифікувати від електромережі. Ці особливості потребують застосування для доїння корів пересувних доїльних установок з автономним енергозабезпеченням.

13.7.2. Будова і організація доїння

У господарствах України експлуатують установки та агрегати для доїння корів:

- у стійлах зі збиранням молока в переносні відра, а також із транспортуванням молока загальним молокопроводом у молочне відділення;
- у спеціалізованих залах в індивідуальних та групових станках;
- на пасовищах і в літніх таборах.

Більшість доїльних установок уніфіковані між собою, що створює певну зручність під час їх монтажу та експлуатації.

Агрегати для доїння корів у стійлах корівників або стаціонарних літніх таборів *у переносні відра* комплектують (див. рис. 13.5) магістральним вакуумпроводом із вакуумними кранами для під'єднання доїльних апаратів, вакуумною установкою, доїльними апаратами, пристроєм для миття та дезінфекції доїльних апаратів, двома ручними візками для перевезення молочних фляг (бідонів), шафою для зберігання запасних частин.

Доїльні установки ДАС-2В, УДБ-100 обслуговують три оператори машинного доїння, кожен з яких працює з трьома двотактними апаратами.

Технологічні операції виконують у такій послідовності. Спочатку доставляють доїльні апарати і під'єднують їх до вакуумних кранів. Потім у першої корови здоюють перші цівки молока і пересвідчившись в тому, що в них відсутні сліди гною чи крові, протягом 45–60 с готують вим'я її до доїння (обмивають, витирають, роблять масаж). Після припуску молока встановлюють доїльні стакани на дійки і переконуються в надійному утриманні їх на дійках. Наприкінці доїння виконують машинне додоювання (не більше 30 с). Для цього однією рукою відтягують підвісну частину доїльного апарата від колектора вниз і вперед, іншою рукою виконують легкий масаж вим'я. Потім перекривають вакуум (закривши клапан колектора), відтискують пальцем присосок одного з доїльних стаканів, впускають у нього повітря і плавно знімають стакани з дійок. Такий цикл повторюють із кожною коровою.

Між циклами доїння після наповнення доїльного відра молоком (14–15 кг) виливають його з відра у бідони, заздалегідь встановлені у проході корівника. Бідони з молоком підвішують за ручку на гачок візка і перевозять до молочного відділення.

Установки для доїння корів у стійлах у загальним молокопровод (АДМ-8А та серії „Брацлавчанка”) забезпечують також транспортування видоєного молока в молочне відділення, проведення групового обліку, фільтрації й охолодження його та подачу в резервуари для тимчасового зберігання.

До складу установки входять молоко і вакуумпроводи, доїльна апаратура, групові дозатори молока, молокозбірник, фільтр, охолодник, молочний насос, пристрій для циркуляційного промивання та електрообладнання. Комплектується уніфікованою вакуумною установкою (у варіантах на 200 голів худоби їх дві), доїльними апаратами та пристроями для зоотехнічного обліку молока. Останні встановлюють на ручках доїльних апаратів під час контрольного доїння корів.

Вакуумна магістраль, виготовлена зі сталевих оцинкованих труб, розподіляє робочий вакуум до пульсаторів доїльних апаратів, а також до молокоприймача.

Молокопровод складається зі скляних і поліетиленових труб, з'єднаних між собою молочновакуумними кранами та муфтами. Видоєне молоко транспортується у молочне відділення. Дільники розділяють лінію молокопроводу на дві віткидільниці, кожна з яких забезпечує доїння і груповий облік видоєного молока від 50 корів.

Молокоповітряна суміш розділяється в молокозбірнику, який має поплавцевий датчик та запобіжну камеру. Молокозбірник оснащений молочним насосом і блоком керування.

Фільтр очищає молоко від механічних домішок. Фільтрувальний елемент надягають на спіраль, а відкритий кінець його заправляють всередину спіралі і закріплюють пробкою. Раніше фільтри комплектували елементами багаторазового використання, виготовленими з лавсанової тканини. Нині в установках застосовують нові фільтрувальні елементи одноразового використання – голкопробивне

термозакріплене двошарове полотно. У процесі фільтрації молоко проходить два ступені очищення, що значно підвищує його якість. Новий фільтр затримує часточки розміром понад 5–6 мкм, тобто вдвічі дрібніші, ніж лавсановий фільтр. В охолоднику температура молока знижується зустрічним потоком холодної води. Він складається із 34 пластин, стиснутих двома плитами за допомогою болтів і гайок.

Пристрій для промивання подає мийну рідину в доїльні апарати. Цикл промивання молочної лінії здійснюється автоматично за допомогою блока керування. Пристрій включає бачок для мийного реактиву та бак для мийної рідини, пневмомеханічні вентиля холодної та гарячої води. Процес промивання проводять відповідно до заданої програми.

Доїльний агрегат АДМ-8А оснащений пневмопружинними пристроями для підймання ланок молокопроводу у зонах кормових проходів у періоди часу між доїннями. Після вмикання вакуумного насоса діафрагмові механізми опускають підняту ланку молокопроводу, а в разі вимикання насоса пружини підіймають її.

На відміну від АДМ-8А в доїльних агрегатах „Брацлавчанка” ланки вакуумпровода виконані за тупиковою схемою, а молокопроводи мають постійно підняті ділянки у зонах кормових проходів. Тому в них відсутні вказані пневмопружинні пристрої.

До початку роботи доїльний агрегат знаходиться в положенні „Промивання” (після попереднього циклу). При цьому ділянки молокопроводу в корівнику відкриті (рис. 13.38); на засувках перемикачів знак „Душ”; шланг підведення молока до охолодника з’єднаний зі шлангом промивання верхньої частини молокозбірника, а шланг від бака автомата промивання – з вихідним кінцем молочного фільтра; кран подачі холодної води в охолодник закритий; рукоятки доїльної апаратури підключені до кранів трубопроводу промивання; покажчик блока керування автомата промивання знаходиться в положенні початку етапу I навпроти знака „S” на прозорому ковпачку.

Після цього закривають вакуумний кран молокоприймача (переміщують засувку від себе), перевіряють рівень оливи у маслянках вакуумних установок (за потреби – доливають її).

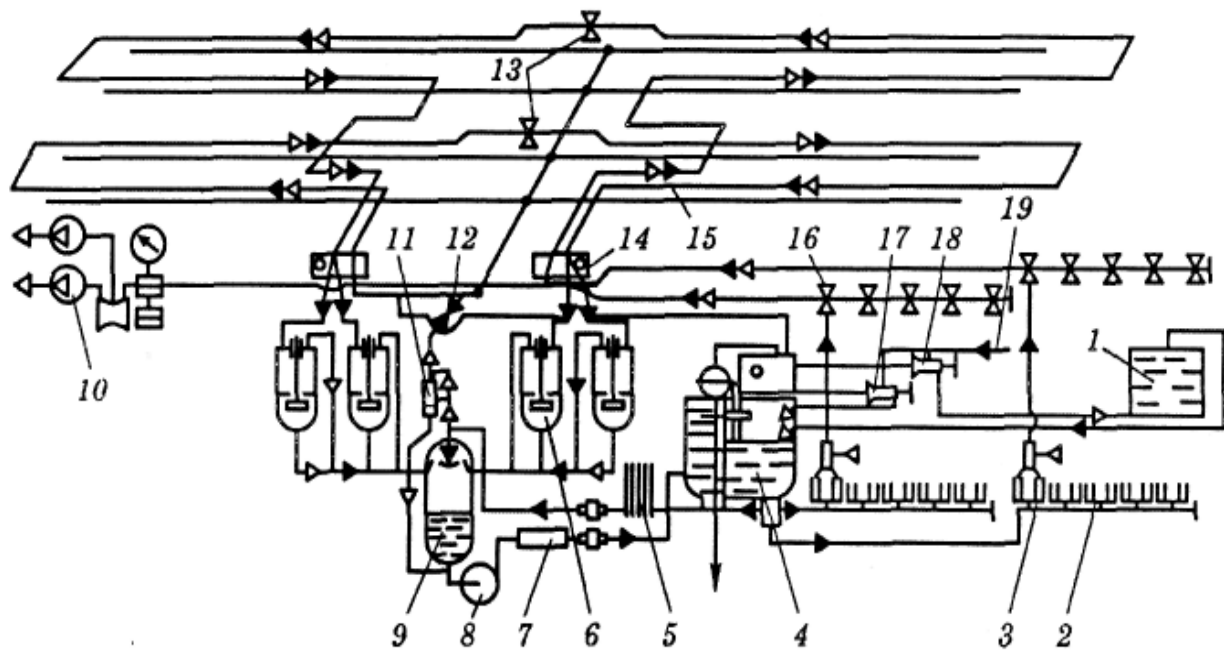


Рис. 13.38. Схема промивання доїльного агрегата: 1 – електроводонагрівач; 2 – чашки промивання; 3 – доїльна апаратура; 4 – бак для мийного розчину; 5 – охолодник; 6 – дозатор молока; 7 – фільтр; 8 – молочний насос; 9 – молокозбірник; 10 – вакуумний насос; 11 – запобіжна камера; 12, 16 – крани; 13 – ділянки; 14 – перемикач молокопроводу; 15 – молокопровід; 17, 18 – вентилі; 19 – водопровід

Вмикають вакуумну установку і натискають кнопку блока керування автоматом промивання (має засвітитися лампочка). Поступово відкривають вакуумний кран молокозбірника. Після споліскування (лампочка на блоці автомата керування промиванням гасне, а показчик знаходиться в положенні етапу 3) видаляють рештки води з молокопроводних шляхів. Для цього роз'єднують кутник промивного трубопроводу і патрубок перемикача. У патрубок перемикача запускають губку. Прикривають рукою кінець патрубка і, регулюючи таким чином швидкість переміщення губки, пропускають її крізь усю вітку молокопроводу. Виконують такі самі операції також з іншим перемикачем для спорожнення другої вітки молокопроводу. З'єднують кутники промивного трубопроводу з патрубком перемикача. Спорожнюють дозатори молока підйманням штоків із поплавцем до упору. Закривають вакуумний кран молокозбірника, натискають кнопку на блоці керування молочним насосом і спорожнюють молокозбірник.

Потім перемикають доїльну установку в положення „Доїння” (рис. 13.39). Для цього відпускають затискач перемикача режимів, виймають засувку і видаляють губки з її отворів. Встановлюють засувку у перемикачах у положення „Доїння”, знімають кінець шлангу подачі молока з бака автомата промивання і встановлюють його на молочний резервуар. Від’єднують шланг подачі молока до охолоджувача від шланга промивання верхньої частини молокозбірника, а перехідник шланга промивання заглушують ковпачком. Від’єднують шланг від пневмокрана бака автомата промивання і корпусу фільтра. Переставляють шланг відведення молока від дозатора з кутника і трійників, розміщених над кришками дозаторів, на штуцери колекторів подачі молока у молокозбірник. Виймають із корпусу фільтра спіраль і дістають із неї пробку. Встановлюють фільтрувальний елемент на спіраль, заправляють відкритий кінець усередину спіралі і закріплюють його пробкою. Спіраль із фільтрувальним елементом встановлюють у корпус фільтра і приєднують до нього шланг подачі молока від охолодника. Натискають на кнопку суматорів і встановлюють лічильники в положення „0”. Перекривають ділянки молокопроводу в корівнику, повертають гумові шайби і звільняють клапани колекторів доїльних апаратів від фіксації. Повільно відкривають вакуумний кран молокозбірника і кран подачі холодної води в охолодник молока. Знімають доїльну апаратуру з пристрою промивання і переносять її у корівник. Вмикають вакуумну установку і розпочинають доїння.

Доїльний агрегат „Тандем-автомат” (рис. 13.40) з індивідуальними станками дає змогу здійснювати також індивідуальний облік молока, транспортувати його в молочне відділення, фільтрувати, охолоджувати і тимчасово зберігати в охолодженому стані. Такі установки доцільно використовувати на тих фермах, де тварини істотно різняться за продуктивністю і швидкістю молоковіддачі. Розміщення в індивідуальних станках надає можливість враховувати індивідуальні особливості доїння корів, впускати у станок і випускати тварин незалежно від інших, що особливо важливо для племінних ферм.

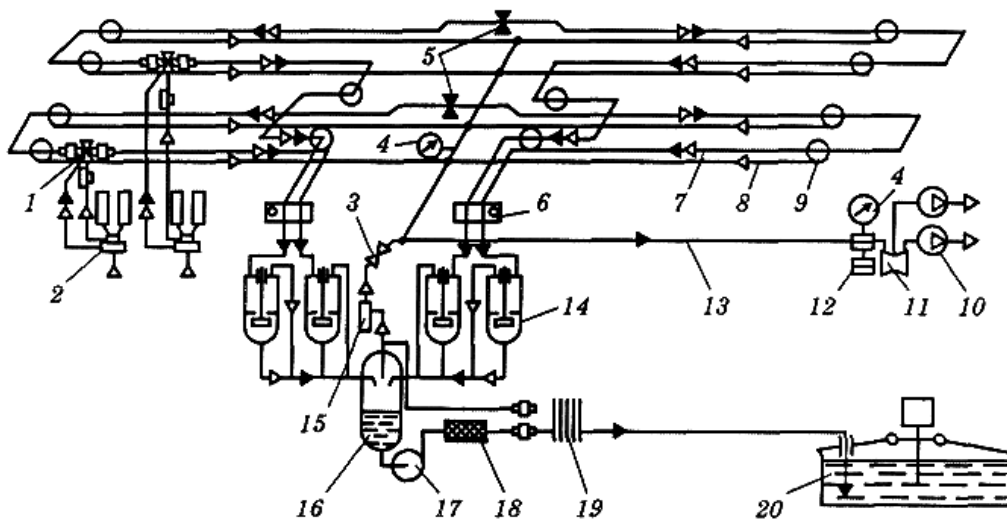


Рис. 13.39. Технологічна схема доїльного агрегата (режим доїння): 1 – кран під'єднання доїльної апаратури; 2 – доїльна апаратура; 3 – кран; 4 – вакуумметр; 5 – роздільники; 6 – перемикач; 7 – молокопровід; 8, 13 – робочий та магістральний вакуумпроводи; 9 – пристрій підймання молокопроводу; 10 – вакуумний насос; 11 – вакуумбалон; 12 – вакуумрегулятор; 14 – дозатор молока; 15 – запобіжна камера; 16 – молокозбірник; 17 – молочний насос; 18 – фільтр; 19 – охолодник; 20 – резервуарохолодник молока

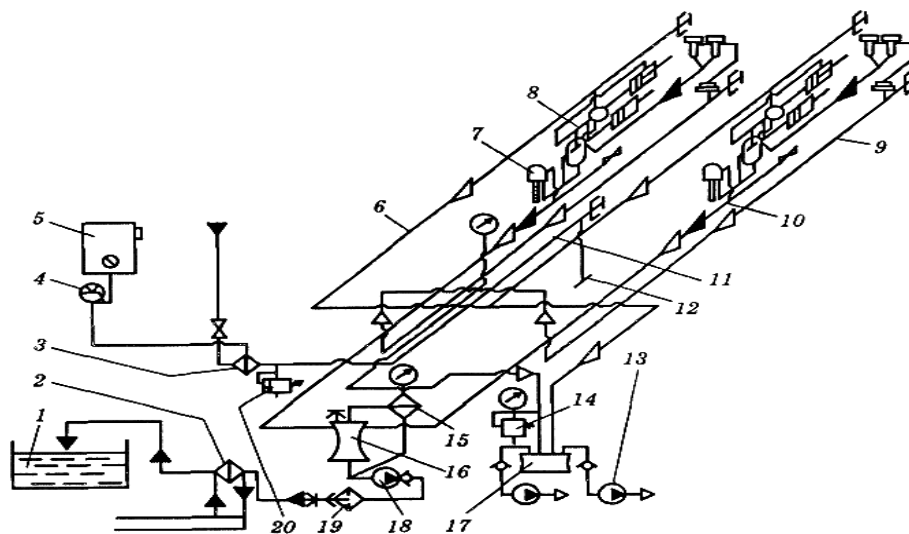


Рис. 13.40. Структурнофункціональна схема доїльних агрегатів „Тандем-автомат” (режим доїння): 1 – резервуарохолодник молока; 2 – пластинчастий охолодник; 3 – електроводонагрівач; 4 – термометр; 5 – пульт керування; 6 – силовий вакуумпровід; 7 – лічильник молока; 8 – маніпулятор доїння; 9 – технологічний вакуумпровід; 10 – молокопровід; 11 – водопровід лінії підмивання вим'я; 12 – розбризкувач; 13 – вакуумний насос; 14 – вакуумрегулятор; 15 – запобіжна камера; 16 – молокозбірник; 17 – вакуумний балон; 18 – молочний насос; 19 – фільтр; 20 – запобіжний клапан

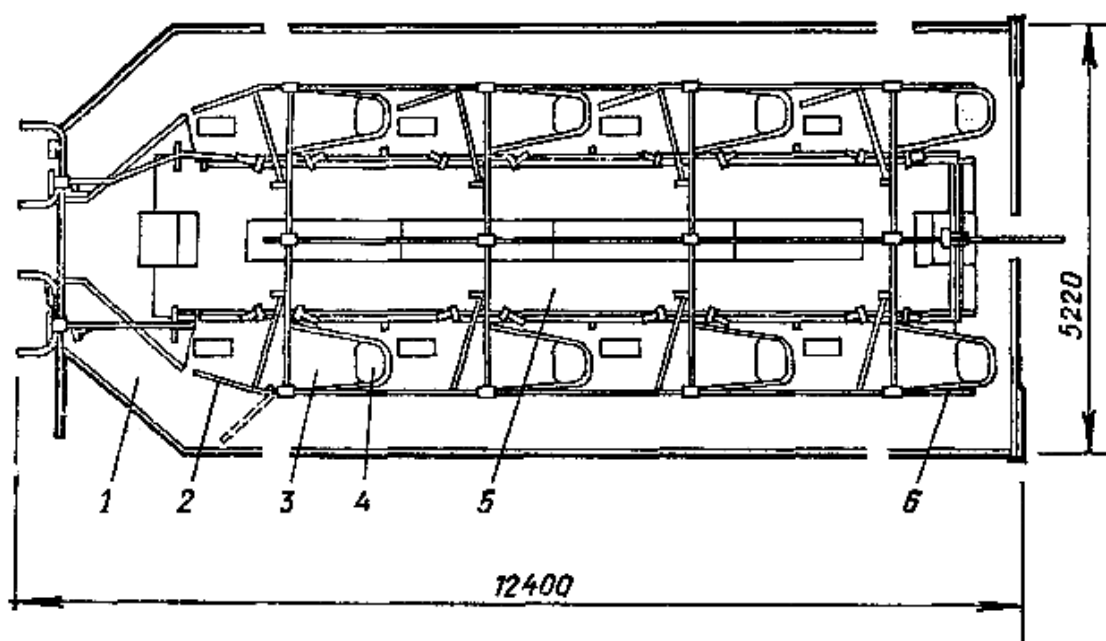


Рис. 13.41. Загальна схема доїльного агрегат „Тандем-автомат”: 1 – прохід для корів; 2 – входні двері; 3 – доїльний станок; 4 – годівниця; 5 – робоча траншея; 6 – двері для виходу корови

Робочим місцем оператора машинного доїння є траншея глибиною 0,7–0,8 м, що значно поліпшує умови його роботи. На дно траншеї покладено дерев'яну решітку, а з боків розміщено кронштейни, до яких прикріплено оцинкований технологічний вакуумпровід.

Установка (рис. 14.41) складається з двох секцій, розміщених вздовж траншеї по чотири індивідуальні станки в кожній. Кожен станок має дверцята для впускання і для випускання корови. Відкривають і закривають їх за допомогою важільного механізму з пневматичним приводом.

Система роздавання кормів забезпечує транспортування їх із бункера до годівниць ланцюговошайбовим конвеєром та видавання в годівниці за допомогою напіваавтоматичних дозаторів. Дозатори діють від пневматичних пульсаторів.

Уніфікована вакуумна установка працює в режимі 60 м³/год і забезпечує роботу доїльних апаратів, дозаторів кормороздавача та системи керування дверима доїльного залу, а також транспортування молока, промивання доїльної апаратури і молочного обладнання.

Доїльна апаратура кожного доїльного станка складається з доїльного апарата та лічильника молока. У періоди між доїнням

апаратуру підвішують на кронштейни, розміщені на стінках траншеї. Скляний молокопровід із патрубками для під'єднання шлангів від лічильників прикріплено до вакуумпроводу. Зверху станків (на висоті 1400 мм) розміщений скляний трубопровід для підведення води і розчинів до промивних головок для стаканів доїльних апаратів. Поряд із водопроводом прокладено металевий оцинкований повітропровід із патрубками для під'єднання шлангів, якими очищене повітря підводиться до пульсаторів. Вздовж осі траншеї над станками проходить металевий оцинкований трубопровід подачі води на розбризкувачі для підмивання вим'я.

У молочному відділенні розміщене уніфіковане обладнання молочної лінії (молокозбірник, відцентровий насос, фільтр, пластинчастий охолодник), а також обладнання циркуляційного промивання (працює в автоматичному режимі). Останнє включає бак, дозатор мийних розчинів, блок керування та водонагрівач.

У процесі підготовки доїльної установки до роботи споліскують доїльну апаратуру і систему молокопроводу. Для цього вмикають вакуумні насоси і перевіряють рівень вакууму (47 ± 1 кПа). Кнопкою „Старт” вмикають автомат промивання (має засвітитися сигнальна лампочка у кнопці). Впевнившись, що у бак автомата промивання надходить гаряча вода, повільно відкривають засувку над запобіжною камерою і молокозбірником. Споліскування виконується автоматично і триває 15 хв. За цей час оператор впускає першу групу корів на переддоїльний майданчик.

Після споліскування (гасне сигнальна лампочка) обладнання перемикають у режим доїння. Для цього перемикач на блоці керування молочним насосом встановлюють в положення „1” і від'єднують від молочного фільтра перехідник циркуляційного трубопроводу. Виймають напрямний каркас із корпусу фільтра, надівають на нього чистий фільтрувальний елемент і встановлюють його на місце в корпус. Молочний рукав переносять із перехідника (перехідник заглушують ковпачком) до фільтра, а рукав від охолодника з бака автомата промивання кутником приєднують до резервуара для зберігання молока. Відручують кран подачі води до водонагрівача, встановлюють

перемикач шафи керування у положення „Доїння”, вмикають насос подачі холодної води, знімають доїльні стакани з мийних головок, перекривають затискачі на шлангах, що з’єднують молокопровід із лінією промивання.

Автоматизовану доїльну установку обслуговує один оператор. Під час доїння він відчиняє входні двері станків однієї з двох секцій і входні двері переддоїльного майданчика з того самого боку, з якого заходять чотири корови. Після кожної корови зачиняє входні двері відповідного станка, а після четвертої корови – і входні двері переддоїльного майданчика. Почергово готує корів, що знаходяться у станках, до доїння, переводить ручку крана маніпулятора у крайнє ліве положення, підводить доїльні стакани під вим’я і швидко надіває їх на дійки, злегка натискає вниз важіль маніпулятора і перемикає ручку крана маніпулятора у крайнє праве положення. Доїння, додоювання корови, знімання і виведення доїльного апарата зпід вимені корови виконується автоматично.

Далі оператор впускає корів у другу секцію і повторює перелічені операції. Видосених корів оператор випускає зі станка, відчинивши вихідні двері. У звільнений станок впускає наступну корову. Так технологічний процес повторюється до завершення доїння групи корів.

Доїльні агрегати з груповими станками типу „Ялинка” призначені для доїння корів на фермах і комплексах з однорідним стадом, транспортування молока в молокоприймальне відділення, первинної його обробки (фільтрування, охолодження) і короткочасного зберігання.

Базовий варіант агрегата такого типу – УДЕ-8А. Обслуговують цю установку два оператори, пропускна здатність – 90 корів за 1 годину. З 1988 р. випускають автоматизований варіант „Ялинка-автомат” УДЕ-16, що відрізняється від базової моделі наявністю нового маніпулятора доїння. Кормороздавач поставляють за окремим замовленням.

Агрегат (рис. 13.42) складається з двох групових станків (кожен на вісім корів), розміщених уздовж траншеї, яка є робочим місцем оператора машинного доїння. Станки оснащені впускними і

випускними дверима, а також ступінчастою (ялинкоподібною) огорожею з металевими щитами для відокремлення годівниць та захисту оператора. Доїльний агрегат комплектується двома вакуумними установками, а також доїльними апаратами (по вісім на кожен груповий станок), іншими уніфікованими елементами.

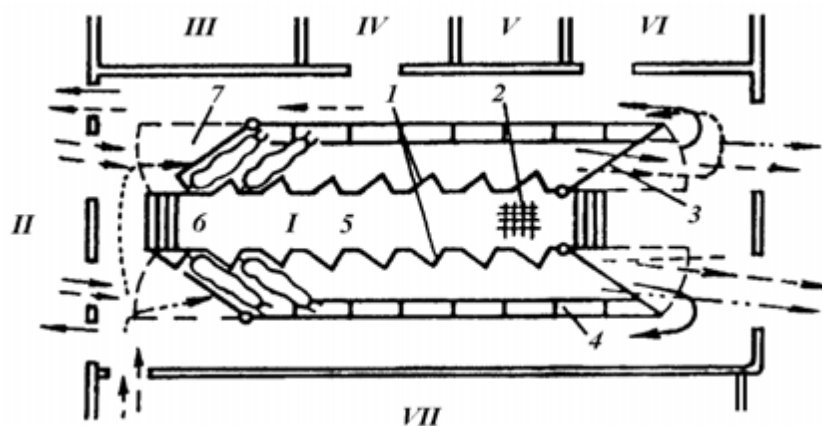


Рис. 13.42. Схема розміщення обладнання доїльного агрегата „Ялинка-автомат”: *I* – доїльна зала; *II* – корівник; *III* – котельня; *IV* – насосне відділення; *V* – мийне відділення; *VI* – молочна; *VII* – вигульний майданчик; 1 – доїльні машини; 2 – каналізаційна решітка; 3 і 7 – відповідно вихідні та входні дверцята; 4 – годівниця; 5 – траншея; 6 – сходи

Готують агрегат до доїння аналогічно установці типу „Тандем”, а технологічний процес виконують так. Вмикають вакуумний насос, відчиняють впускні двері однієї із секцій і впускають групу корів у станок, зачиняють входні двері і вмикають дозатори комбікормів (якщо вони є). Готують першу корову до доїння, підводять маніпулятор під її вим'я й надівають доїльні стакани на дійки. Аналогічні операції виконують і з іншими сімома коровами цього самого станка. Потім впускають корів у груповий станок з іншого боку траншеї і повторюють перелічені операції. Видоєне молоко транспортують молокопроводом у молочне відділення, де воно фільтрується, охолоджується і спрямовується у молочний танк. Під час роботи оператор постійно контролює процес доїння. Після того як автоматично вимкнеться маніпулятор доїння він зніме доїльні стакани із вимені останньої корови, відчиняють вихідні двері станка і випускають видоєних корів. Потім впускають наступну групу корів і далі цикл повторюється.

Групове обслуговування корів знижує затрати праці, а розміщення їх у станках під кутом до поздовжньої осі траншеї зменшує металомісткість і скорочує фронт робіт та довжину молокопроводу.

Доїльні агрегати конвеєрного типу: „Карусель” – це кільцевий конвеєркарусель, на платформі якого розміщено доїльні станки; *„Юнілактор”* являє собою конвеєр, утворений з’єднаними між собою послідовно доїльними станками розташованими на замкнутому рейковому контурі (див. рис. 13.37). В останньому варіанті контур влаштований таким чином, що один оператор може без переходів обслуговувати тварин, виконуючи переддоїльні та заключні операції.

Автоматизований доїльний агрегат УДА-100 „Карусель” (рис. 13.43) являє собою кільцевий конвеєр на платформі якого розміщено 16 доїльних станків. До складу агрегату входять також кормороздавач, маніпулятори доїння, молокопровід, вакуумна установка з повітропроводом, пункт санітарної обробки вимені, системи електропроводів та керування. Кожен доїльний станок оснащений годівницею, дозатором комбікормів і доїльним автоматом.

Автомат для санітарної обробки вимені корів перед доїнням забезпечує:

- обмивання вимені теплою водою з використанням щіток;
- управління конвеєром за допомогою 6 датчиків;
- зупинку платформи, якщо корова за період її оберту не повністю видоїлась (маніпулятор доїння не зніме доїльні стакани з дійок), або ж не встигає зайти в станок із санітарного пункту чи зійти з платформи після доїння;
- реєстрацію звільнення платформи коровою;
- включення в роботу обладнання (розбризкувача води, щіток, обдування теплим повітрям) санітарної обробки корів;
- закривання дверцят санітарного пункту.

Під час доїння агрегат УДА-100 обслуговують оператор і скотар. Відповідно до графіка скотар підганяє чергову групу корів на переддоїльний майданчик і направляє їх в пункт санобробки доїльного агрегату. Тривалість санітарної обробки вимені становить 15 с.

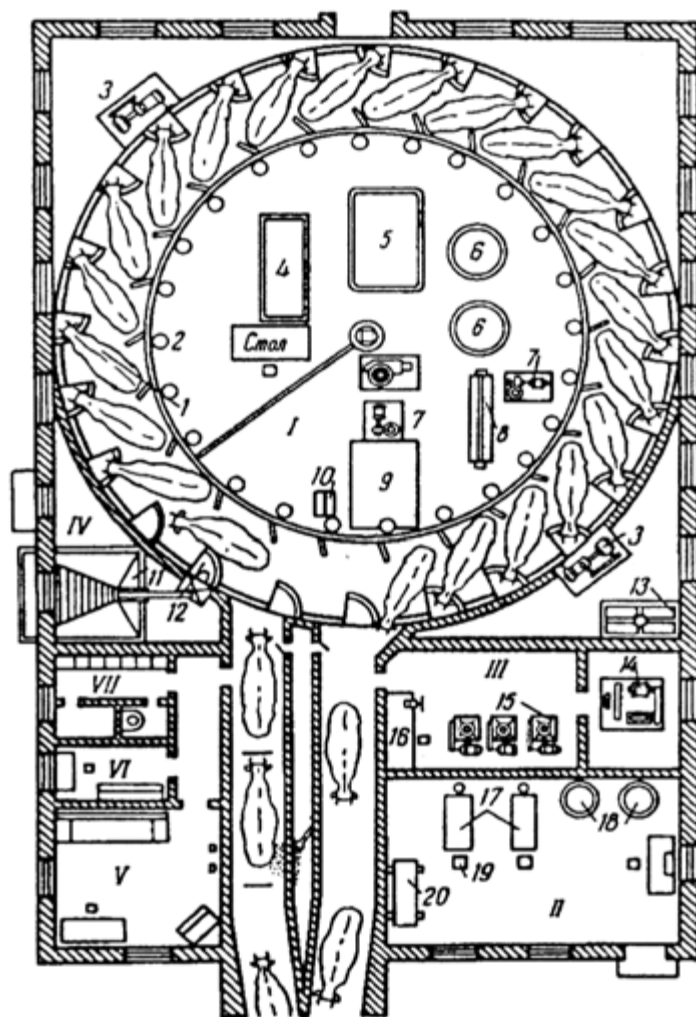


Рис. 13.43. Схема розміщення обладнання доїльного агрегату „Карусель” зі станками типу „Ялинка”: I – доїльна зала; II – котельня; III – насосне відділення; IV – відділення кормів; V – кімната для персоналу; VI – лабораторія; VII – гардероб і санвузол; 1 – доїльний станок; 2 – доїльний апарат; 3 – привід конвеєра; 4 – шафа для запасних частин; 5 – бак для відвійок; 6 – бак для збереження молока; 7 – сепаратор; 8 – охолодник; 9 – молокоприймальний бак; 10 – пульт керування; 11 – норія для комбікормів; 12 – бункердозатор комбікормів; 13 – бакакумулятор холоду; 14 – холодильна машина; 15 – вакуумний насос; 16 – слюсарний верстак; 17 – паровий котел; 18 – електроводонагрівач; 19 – насосфорсунка; 20 – бойлер

При вході чергової корови в доїльний станок на платформі оператор на пульті керування дозатором встановлює задану норму видачі комбікорму. Потім він піднімає головку пневмодатчика маніпулятора доїння, встановлює її на скобу, а доїльні стакани – на дійки корови і регулює підвісну частину доїльного апарата так, щоб забезпечити однаковий натяг усіх молочних трубок.

Машинне додоювання корів і зняття доїльних стаканів із вимені виконується автоматом без участі оператора. В пункті санобробки обмивання вимені наступної корови почнеться лише після того як відповідний датчик просигналізує про вихід з платформи чергової корови.

Універсальні доїльні станції для пасовищ можна використовувати також у літніх таборах і доїльних залах.

До складу станцій такого типу входять (рис. 13.44): індивідуальні, паралельнопрохідні станки, силовий агрегат, холодильний (фригаторний) ящик, вакуумна і молочна лінії, а також лінія водопостачання. Комплектуються вони доїльними апаратами АДУ-1.

Станки виконано зі сталевих труб у вигляді двох секцій, по чотири у кожній. Між кожними двома станками є бункер для концентрованих кормів, а в станках – годівниці, в які подаються концентровані корми з бункера металевими лотками. Кожен станок оснащений комплектом доїльної апаратури і пристроєм для її промивання.

У разі використання установки у літніх таборах чи на пасовищах, віддалених від електричних мереж, її силовий агрегат працює від двигуна внутрішнього згоряння. Цей двигун приводить у дію вакуумний насос, водяний насос та генератор освітлення. Для роботи в стаціонарних умовах силовий агрегат оснащений електроприводом.

Спеціальний агрегат постачає теплу чи гарячу воду. Він складається з водонагрівного котла, який працює на твердому паливі, і бака для запасу холодної води. Котел і бак змонтовані на спільній рампіпозках. Змішує холодну воду з гарячою і подає теплу воду до розбризкувачів для підмивання вим'я вакуумний діафрагмовий насосзмішувач. Теплу воду використовують і для промивання молочної лінії. Молочна лінія включає молокопровід, фільтрохолодник, діафрагмовий молочний насос та цистерну для зберігання молока. Під час контрольних доїнь використовують лічильники молока УЗМ-1А.

Доїльна станція оснащена ванною для безрозбірного промивання доїльних апаратів та молочної лінії. Під час промивання на доїльні стакани встановлюють спеціальні головки (ковпачки).

Технологічний процес доїння відбувається так. Оператор поворотом рукоятки шнека подає з бункера у годівницю концентровані корми, впускає в станок корову і фіксує її. Потім готує корову до доїння і під'єднує доїльний апарат. У такій послідовності повторює операції щодо другого, третього та четвертого станків. Доїльні стакани на вим'я четвертої корови потрібно надіти до закінчення молоковіддачі першою коровою. Потім оператор повертається до першої корови, виконує машинне додоювання, знімає доїльні стакани, відчиняє двері і випускає корову зі станка.

Видоєне молоко транспортується молокопроводом, очищається та охолоджується у фільтріохолоднику і діафрагмовим насосом подається на тимчасове зберігання у цистерну.

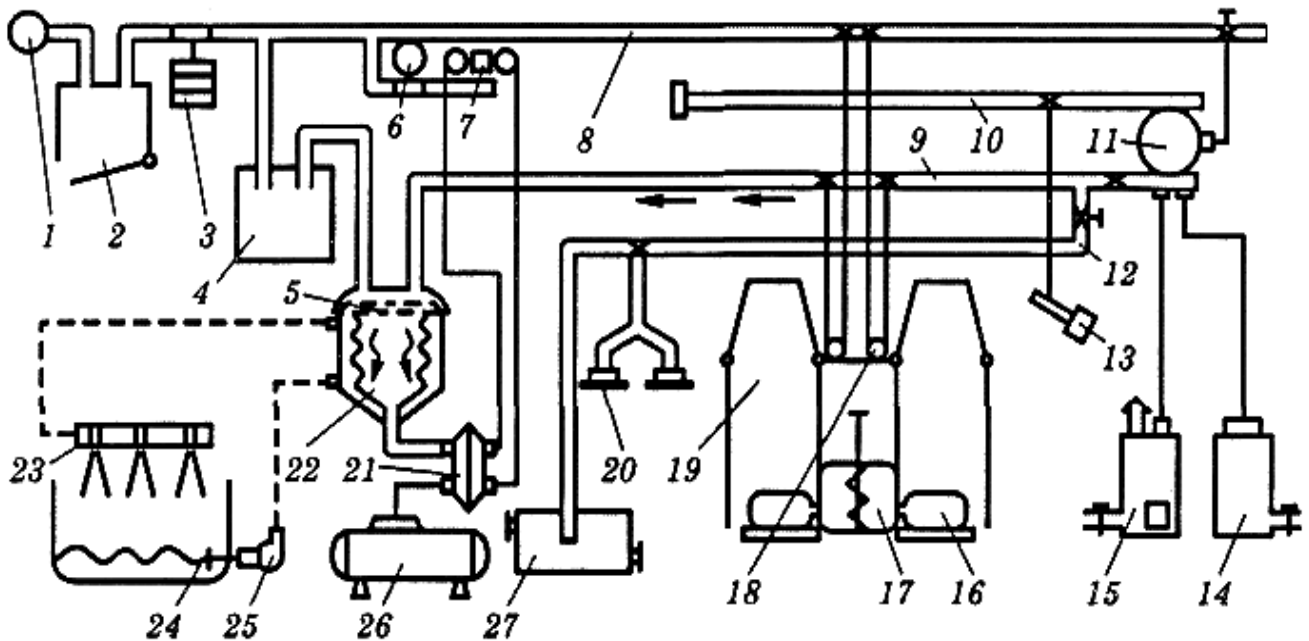


Рис. 13.44. Схема доїльної станції для пасовищ (режим доїння):

- 1 – вакуумнасос; 2 – вакуумний балон; 3 – вакуумрегулятор; 4 – запобіжна камера; 5 – фільтр; 6 – вакуумметр; 7 – пульсопідсилювач;
- 8 – вакуумпровід; 9 – молокопровід; 10 – водопровід; 11 – насосзмішувач;
- 12 – промивний трубопровід; 13 – розбризкувач; 14 – бак холодної води;
- 15 – водонагрівач; 16 – годівниця; 17 – бункер для кормів;
- 18 – доїльний апарат; 19 – станок; 20 – промивні головки; 21 – молочний насос; 22 – охолодник; 23 – зрошувач; 24 – фригатор; 25 – водяний насос;
- 26 – молочний резервуар; 27 – ванна

Засоби доїння для малих ферм. Для обслуговування малих ферм (до 20 корів) наприкінці минулого століття промисловість освоїла випуск установок індивідуального доїння зі збиранням молока в доїльні відра (бідони). До таких доїльних установок належать стаціонарна УІД-10С і пересувні УІД-10 та УІД-20.

Стаціонарна установка УІД-10С (рис. 13.45) розрахована на обслуговування стада до 15 корів і призначена для індивідуальних та невеликих фермерських господарств, її можна монтувати в корівнику чи пристосованому приміщенні.

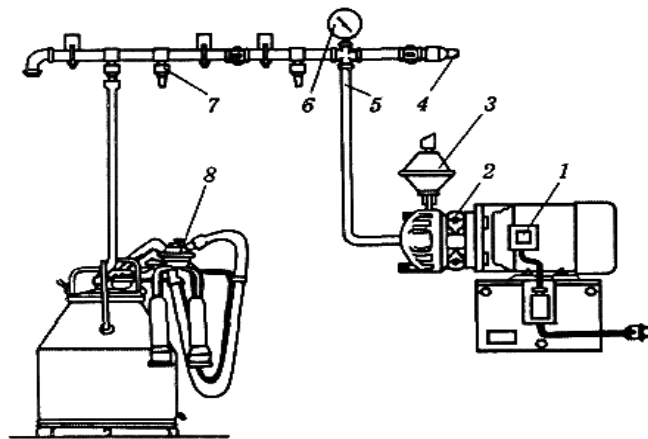


Рис. 13.45. Схема установки індивідуального доїння:

- 1 – електропривід із пусковим пристроєм; 2 – вакуумний насос;
3 – фільтр; 4 – вакуумрегулятор; 5 – вакуумпровід; 6 – вакуумметр;
7 – кран; 8 – доїльний апарат з переносним відром

Установка оснащена вакуумним насосом з однофазним електропроводом потужністю 0,55 кВт, вакуумпроводом, вакуумметром, вакуумрегулятором, доїльним відром і пусковим пристроєм. Комплектується уніфікованим апаратом АДУ-1. Пропускна здатність до 8–10 корів за годину.

Пересувна установка УІД-10 (УІД-20) призначена для індивідуальних і невеликих (до 20 голів худоби) фермерських господарств. Все обладнання (вакуумний насос з електроприводом, вакуумний балон, вакуумметр, вакуумрегулятор, доїльний апарат із відром, пусковий пристрій) розміщене на візку (рис. 13.46), який легко переміщати вручну. Під'єднується до однофазної електромережі за допомогою електрошнура.

Уніфікований доїльний апарат АДУ-1 (у варіанті УІД-20 їх два) промивають вручну.

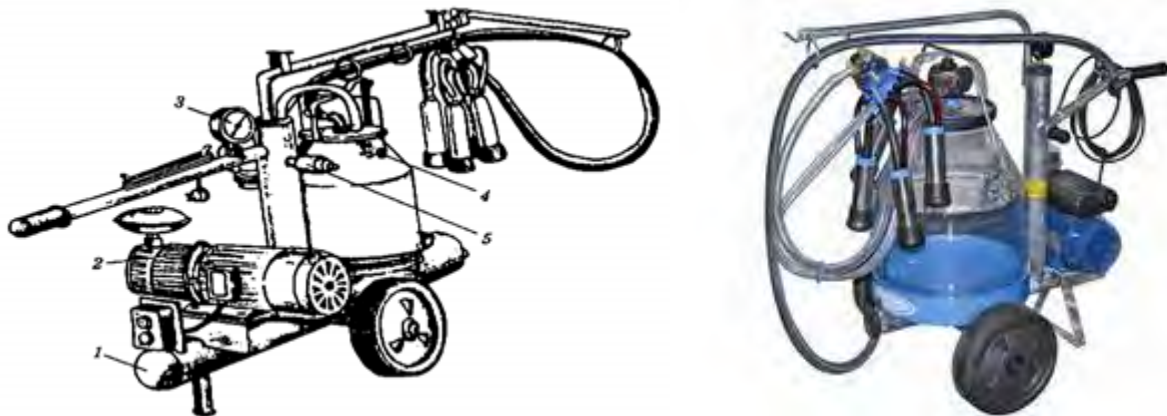


Рис. 13.46. Загальний вигляд пересувної установки індивідуального доїння корів: 1 – рама візка; 2 – вакуумний насос з електроприводом; 3 – вакуумметр; 4 – доїльний апарат із переносним відром; 5 – вакуумрегулятор

13.8. Основи розрахунку процесу доїння та елементів доїльних машин

13.8.1. Технологічний розрахунок процесу доїння

Після вибору способу доїння визначають необхідну пропускну здатність технологічної лінії доїння $W_{\text{л}}$, гол/год, за формулою:

$$W_{\text{л}} = \frac{60mK_{\text{р}}}{T_{\text{д}}}, \quad (13.10)$$

де m – загальна кількість корів на фермі, голів; $K_{\text{р}}$ – коефіцієнт, що враховує характер розподілу отелень (якщо розподіл отелень рівномірний, то $K_{\text{р}} = 0,85$); $T_{\text{д}}$ – час доїння всіх корів, хв (згідно з розпорядком дня на фермі).

Для забезпечення вказаної пропускної здатності технологічної лінії необхідно мати таку кількість доїльних установок $n_{\text{у}}$:

$$n_{\text{у}} = \frac{W_{\text{л}}}{W_{\text{у}}}, \quad (13.11)$$

де $W_{\text{у}}$ – пропускна здатність вибраної доїльної установки за її технічною характеристикою голів за 1 год.

У випадку доїння корів у стійлах корівника кількість доїльних установок становить:

$$n_y = \frac{m}{m_y}, \quad (13.12)$$

де m_y – кількість голів, яку може обслуговувати вибрана доїльна установка, згідно з її технічною характеристикою.

Кількість основних операторів машинного доїння, необхідна для доїння всіх корів на фермі, становить:

$$N_{оп} = n_y z_o, \quad (13.13)$$

де z_o – кількість операторів, що обслуговують доїльну установку за її технічною характеристикою.

Ритм доїння τ_d , хв (проміжок часу між початками або кінцями доїння двох корів, що видноються послідовно одна за одною) дорівнює:

$$\tau_d = \frac{T_d - t_d}{m - 1}, \quad (13.14)$$

де t_d – середній час доїння однієї корови, хв.

Час доїння однієї корови складається із часу машинних, машиноручних і ручних операцій;

$$t_d = t_m - t_{п-з}, \quad (13.15)$$

де t_m – машинний час, хв; $t_{п-з}$ – час проведення підготовчозаключних операцій, хв.

Інтенсивність або щільність потоку $I_{п}$ характеризується відношенням циклу (часу доїння однієї корови) до ритму потоку:

$$I_{п} = \frac{t_d}{\tau_d}. \quad (13.16)$$

Цей показник може приймати значення від одиниці і більше. Він дає уяву про кількість корів, що доються одночасно.

Кількість доїльних апаратів n_a , яку може обслуговувати один оператор, залежить від відношення тривалостей доїння однієї корови і ручних та машиноручних операцій:

$$n_a = \frac{t_d}{t_{п-з}} + 1. \quad (13.17)$$

Кількість корів m_{on} , яку за одну годину може обслужити один оператор, або продуктивність його праці, можна розрахувати за формулою:

$$m_{оп} = \frac{60\alpha_B}{t_{п-з}}, \quad (13.18)$$

де α_B – коефіцієнт використання робочого часу, приймають $\alpha_B = 0,8-0,9$.

13.8.2. Розрахунок витрати повітря доїльним апаратом і доїльною установкою

Для забезпечення роботи доїльного апарата необхідно створювати у камерах змінного вакуумметричного тиску пульсації шляхом періодичного впускання в них повітря. Це повітря потрапляє як в молочну, так і у вакуумну магістралі. Для підтримання в них необхідного вакуумметричного тиску вакуумний насос повинен його відкачувати. Тому вихідним параметром у розрахунку вакуумної установки для доїльної машини є витрати повітря доїльними апаратами.

Ці витрати залежать від об'єму камер змінного тиску, шлангів і трубок доїльного апарата, рівня вакуумметричного тиску та частоти пульсацій. Якщо вважати процес розширення повітря при відкачуванні його із камер змінного тиску ізотермічним, то витрати повітря Q'_B (м³/с) за законом Бойля–Маріотта буде:

$$Q'_B = V_a z_{п} \frac{A - P_B}{A}, \quad (13.19)$$

де A – атмосферний тиск, кПа; V_a – початковий об'єм повітря в камерах змінного вакууму при атмосферному тиску, м³; P_B – робоча величина вакууму, кПа; $z_{п}$ – частота пульсацій доїльного апарата, с⁻¹.

Із формули (14.19) випливає, що при робочому вакуумметричному тиску 48–53 кПа необхідно відкачати дещо більше половини всього повітря, що перебуває в камерах змінного тиску.

Дійсні витрати повітря відповідно результатів експериментальних досліджень приблизно на 35 % більші теоретичної величини, визначеної за формулою (13.19). Це пояснюється недосконалістю конструкції клапанів, пульсаторів і колекторів, які зумовлюють додаткові витрати повітря внаслідок їх перемикання і перетікання через клапани за рахунок їх негерметичності. З урахуванням цього витрати повітря в процесі роботи доїльного агрегату можна визначити за такою наближеною формулою:

$$Q_v = 1,35 Q'_v n_a (1 + \varepsilon), \quad (13.20)$$

де n_a – кількість доїльних апаратів в агрегаті; ε – коефіцієнт, що враховує резерв роботоздатності вакуумної установки, приймають $\varepsilon=2$.

Таким чином, для нормальної і тривалої роботи доїльної установки подача вакуумного насоса повинна перевищувати теоретичну величину витрат повітря доїльними апаратами більше як у три рази.

13.8.3. Розрахунок основних параметрів ротаційного вакуумного насоса

У переважній більшості доїльних установок для створення необхідного вакууму використовують ротаційні лопатеві вакуумні насоси. Для розрахунку теоретичної подачі таких насосів скористаємося розрахунковою схемою, зображеною на рис. 13.47. Питома подача, що припадає на одиницю довжини, ротора, пропорційна площі фігури $AB B_1 A_1$ і частоті обертання ротора. Якщо розглянути цю фігуру у полярній системі координат з початком у точці O_1 , то її площу можна розрахувати як різницю секторів $AO_1 B$ та $A_1 O_1 B_1$. Сектор $AO_1 B$ має змінний радіусвектор, який з $\triangle O_1 A O$, дорівнюватиме:

$$\rho = e \cos \varphi + \sqrt{R^2 - e^2 + e^2 \cos \varphi}, \quad (13.21)$$

де e – ексцентриситет; R – радіус статора; φ – кут між лопаткою ротора і вертикальним чи горизонтальним діаметром (кут повороту).

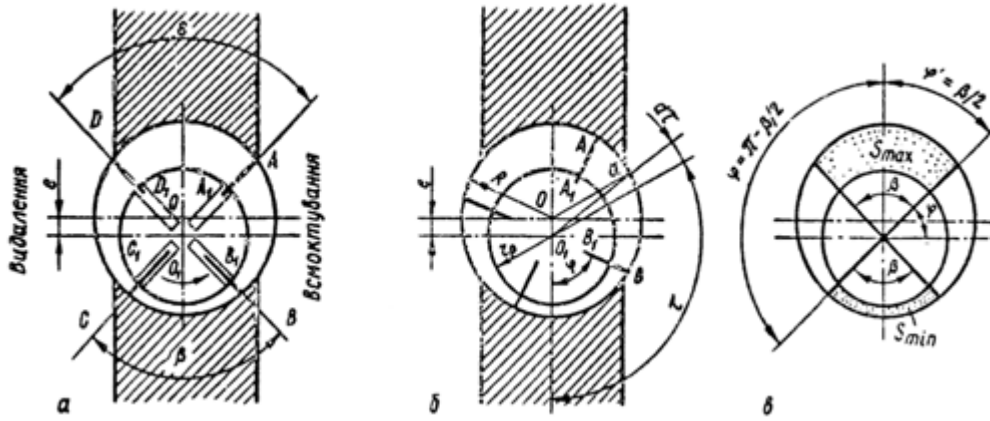


Рис. 13.47. Схеми роботи (а) вакуумного насоса і визначення його подачі (б) та площі (в) порожнин

Площа фігури ABV_1A_1 , що лежить між двома суміжними лопатками з центральним кутом β , можна визначити так:

$$S = 0,5 \left(\int_{\varphi}^{\varphi+\beta} \rho^2 d\varphi + \int_{\varphi}^{\varphi+\beta} r^2 d\varphi \right), \quad (13.22)$$

де r – радіус ротора.

Із аналізу виразу (13.22) після його інтегрування випливає, що максимального значення площа поперечного перерізу камери всмоктування набуває, якщо кут φ дорівнює $1/2\beta$ а мінімального, якщо $\varphi = \pi - (\beta/2)$. Корисний об'єм V_k (м³) насоса становить:

$$V_k = 2eDL \sin \frac{\beta}{2}, \quad (13.23)$$

де D – діаметр циліндра; L – довжина ротора.

Подача Q (м³/с) насоса обумовлюється його корисним об'ємом та частотою обертання ротора:

$$Q = V_k z \omega / 2\pi, \quad (13.24)$$

де z – кількість лопатей на роторі; ω – колова швидкість ротора, 1/с.

З урахуванням (13.23) і (13.24) для чотирилопатевого насоса подачу можна знайти за формулою:

$$Q = \frac{4}{\pi} eDL \omega \sin 45^\circ \quad (13.25)$$

або

$$Q = 0,9DLe\omega. \quad (13.26)$$

Дійсна подача вакуумного насоса менша теоретичної внаслідок перетікання частини повітря між камерами через зазори, зменшення корисного об'єму камер за рахунок об'єму, що займають лопаті, а також внаслідок того, що коефіцієнт заповнення камер між лопатками повітрям менший за одиницю.

З урахуванням цього дійсна об'ємна подача Q_d чотирилопатевого вакуумного насоса:

$$Q_d = 0,9DLe\omega\eta_k k, \quad (13.27)$$

де k – коефіцієнт заповнення (0,3–0,9); η_k – манометричний коефіцієнт, що враховує приведення об'ємної подачі до умов вакууму в системі:

$$\eta_k = (A - P_v) / A.$$

Для вакуумних насосів доїльних установок $\eta_k = 0,5 - 0,32$.

Потужність, необхідна для привода вакуумного насоса:

$$N = M_{\text{макс}}\omega / \eta, \quad (13.28)$$

де $M_{\text{макс}}$ – максимальний момент, необхідний для обертання ротора, Н·м:

$$M = P_v D r_{\text{пр}};$$

P_v – розрахунковий вакуум метричний тиск; η – ККД привода (0,75–0,85); $r_{\text{пр}}$ – приведений радіус лопаток, м.

13.8.4. Розрахунок параметрів вакуумного регулятора клапанного типу

Основними параметрами вакуумного регулятора клапанного типу є діаметр сідла клапана, хід клапана і маса тягарця, що навантажує клапан. Діаметр сідла клапана і його хід вибирають із умов забезпечення заданої витрати крізь щілину, утворювану між сідлом і клапаном у відкритому стані, площа S_k якої наближено дорівнює:

$$S_k = \frac{\pi D_k l_k}{4}, \quad (13.29)$$

де D_k і l_k – діаметр і хід клапана.

Хід клапана вибирають із умов забезпечення необхідного ресурсу роботи.

При заданому діаметрі клапана і необхідній величині вакуумметричного тиску у вакуумній системі сила тяжіння, що діє на клапан, повинна дорівнювати силі, викликаній дією на клапан різниці тисків;

$$m_k g = \frac{\pi D_k^2}{4} (A - P_B), \quad (13.30)$$

де m_k – сумарна маса клапана і тягарця; g – прискорення земного тяжіння.

Тоді маса тягарця і клапана:

$$m_k = \frac{\pi D_k^2}{4g} (A - P_B). \quad (13.31)$$

14. ПЕРВИННА ОБРОБКА МОЛОКА

14.1. Значення і вимоги до первинної обробки

Свіжовидоєне молоко характеризується бактерицидними властивостями – протягом певного часу протидіяти процесам розвитку мікрофлори. Цей проміжок часу називають бактерицидним періодом. Залежно від умов зберігання молока він може тривати від двох до тридцяти шести годин. Найважливішими чинниками, що впливають на тривалість бактерицидного періоду, є температура молока і кількість мікрофлори, яка потрапила в нього під час виконання операцій доїння, транспортування і тимчасового зберігання.

Основними джерелами потрапляння мікрофлори в молоко під час машинного доїння є забруднене вим'я тварин, неякісно промиті доїльні апарати і молокопроводи, забруднене повітря, яке надходить в молокопровідні шляхи доїльної установки, а також недостатньо чисте молочне обладнання та резервуари для транспортування і зберігання молока.

Молоко не лише цінний харчовий продукт, але й є сприятливим середовищем для розвитку мікрофлори яка за певних умов може інтенсивно розвиватися, роблячи молоко непридатним для споживання через негативний вплив на здоров'я людей і тварин. Зважаючи на це, первинна обробка молока повинна бути спрямована на продовження бактерицидного періоду.

Якість молока та одержаних з нього в процесі переробки молочних продуктів суттєво залежать від своєчасності первинної обробки молока, яка є заключною ланкою процесу доїння тварин.

Оскільки процеси розвитку наявної в молоці мікрофлори протікають постійно і незворотно змінюють його якість, тому первинна обробка молока повинна проводитись з мінімальним розривом у часі відносно доїння корів. Оптимальним є варіант, коли первинна обробка молока здійснюється послідовно та нерозривно з доїнням і протягом усього його часу.

Отже в умовах тваринницьких підприємств первинну обробку молока проводять з метою збереження його санітарногігієнічних, харчових і технологічних властивостей та доставки до споживача чи переробника у свіжому стані.

Основним показником дотримання гігієнічних вимог при доїнні корів і зберігання молока є *рівень його кислотності*, виражений в градусах Тернера ($^{\circ}T$). Для свіжовидоєного молока він становить 16–18 $^{\circ}T$. Кількісну оцінку кислотності молока здійснюють в лабораторії методом титрування.

Рівень забруднення молока механічними домішками визначають шляхом очищення молока за допомогою фільтрувального паперу з наступним визначенням з використанням мікроскопа кількості включень, що припадає на одиницю площі фільтра.

Жирність молока визначають методом центрифугування його розчину з сірчаною кислотою. Рівень жирності встановлюють візуально за шкалою пробіркижироміра.

Первинна обробка молока повинна виконуватись, за можливості, в окремих сухих і добре освітлених приміщеннях, де передбачаються водяне опалення, водопостачання, каналізація і вентиляція. Необхідно також, щоб при цьому дотримувались всі санітарні та ветеринарні правила.

14.2. Технологічні схеми і способи первинної обробки

Перелік і послідовність операцій визначають, виходячи з конкретних умов виробництва і поставленої мети.

Серед можливих операцій первинної обробки молока в умовах сільськогосподарських підприємств найбільшого поширення набули очищення, пастеризація та охолодження (рис. 14.1).

В тих же випадках, коли молоко тваринницьких підприємств реалізується безпосередньо для населення, в технологічні схеми первинної обробки часто включають ще й окремі операції переробки молока.

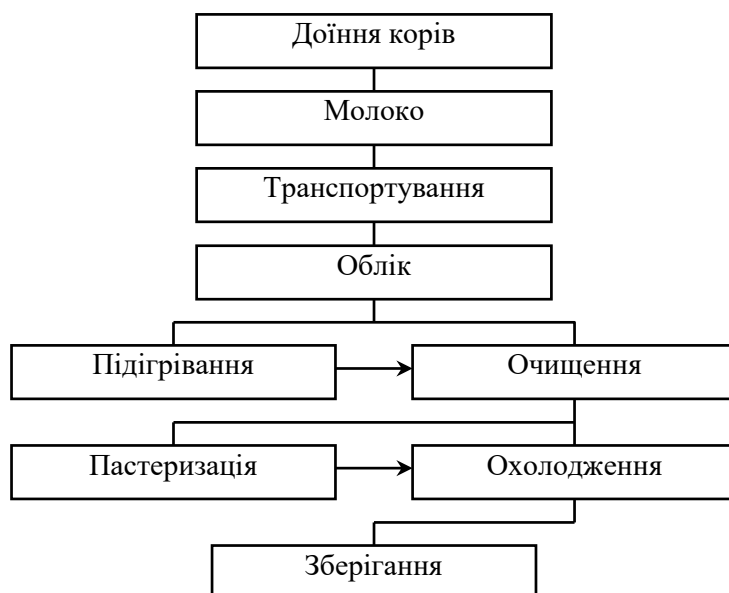


Рис. 14.1. Структура операцій первинної обробки молока

Переробка молока ставить за мету одержати питне молоко, вершки, творог, масло, сир та інші молочні продукти. У деяких господарствах використовують обладнання для приймання молока та проведення його сепарації, нормалізації і гомогенізації.

Найпростіша технологічна схема первинної обробки молока включає його очищення та охолодження і здійснюється обладнання, яке входить до складу сучасних доїльних агрегатів. Така схема цілком достатня для тваринницьких господарств, що розташована недалеко від молокопереробних підприємств.

У тих же випадках коли господарство далеко розташоване від промислових підприємств, а також із незадовільними шляхами сполучення з молокоприймальними пунктами, молоко яке потрапляє після доїння корів у молокоприймальне відділення, спрямовується у сепараторочисник, а дала – на пастеризацію і після наступного за цим охолодження – на зберігання у молочний танк.

Деякі великі приміські господарства готують питне молоко для реалізації в торгову мережу і використовують таку технологічну схему: очистка – пастеризація – охолодження – пакування у малу тару.

Господарства, віддалені від міст споживання молока, застосовують технології, у складі яких є й операції його переробки, наприклад: очищення – пастеризація – сепарація з отриманням вершків високої жирності – механічна обробка вершків з їх охолодженням –

отримання вершкового масла; очищення – пастеризація – сепарація з отриманням вершків середньої жирності – визрівання вершків – виготовлення масла.

14.3. Машини та обладнання

14.3.1. Типи і загальна оцінка

14.3.1.1. Очищення молока

При очищенні з молока видаляються механічні і частково бактеріологічні домішки, чим покращується його якість, створюються передумови довшого зберігання.

Для очищення молока на фермах здавна використовуються фільтрицидилки різних конструкцій. Фільтрувальні елементи вказаних пристроїв повинні відповідати таким вимогам:

- висока гігроскопічність і здатність затримувати домішки дрібних розмірів;
- збереження достатньої пропускної здатності у допустимо забрудненому стані;
- порівняна легкість відділення накопичуваних забруднень під час промивки фільтрів;
- мінімальний і стійкий гідравлічний опір;
- велика механічна міцність і стійкість до стирання ниток фільтра при багаторазових згинаннях і натягах;
- низька вартість матеріалу для фільтра.

Залежно від виконання фільтри для молока поділяють на відкриті і закриті. У відкритих молоко проходить крізь фільтрувальну перемородку під впливом гідростатичного тиску, тому вони мають низьку продуктивність і швидко забруднюються. В закритих фільтрах молоко проходить крізь тканину під тиском.

Цідилки відкритого типу використовують при доїнні у переносні відра. Фільтри цідилки встановлюють на горловинах фляг, молочних танках та інших місткостях.

Сучасні доїльні агрегати оснащені циліндричними молочними фільтрами (рис. 14.2), установленими послідовно в лінії молокопроводу.

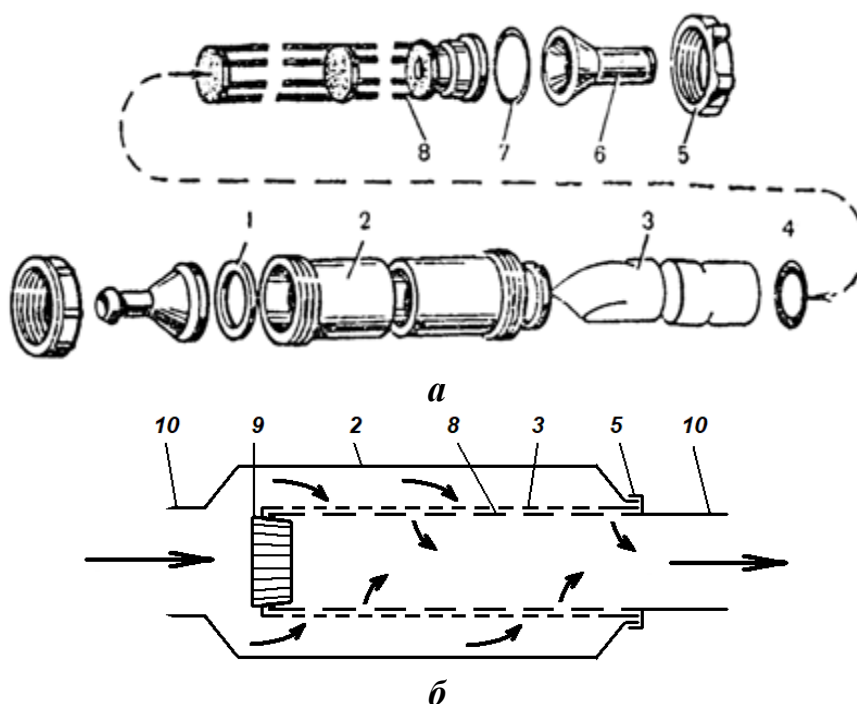


Рис. 14.2. Циліндричні фільтри з елементами багаторазового (а) та одноразового (б) використання: 1, 7 – ущільнювальні прокладки; 2 – корпус; 3 – фільтрувальний елемент; 4 – кільце; 5 – гайка; 6 – перехідник; 8 – каркас; 9 – пробка; 10 – молокопровід

На практиці використовують молочні фільтри робочими елементами яких є: ватні диски, марля, фланець, папір, металева сітка, синтетичні тканини (енант, лавсан тощо).

Порівняно з бавовняними фільтрувальними елементами синтетичні матеріали мають стабільнішу швидкість фільтрування, вищі бактеріологічну чистоту і міцність, легко миються і стерилізуються. Проте навіть використання самих досконалих фільтрувальних матеріалів не забезпечує повного очищення молока від механічних, а тим більше бактеріологічних включень. Крім того поверхня фільтра швидко забруднюється шаром домішок, що спричиняє збільшення кількості бактерій в молоці, яке проходить крізь

такий забруднений шар. В разі ж тривалого використання фільтра залишки органічних домішок розкладаються і різко збільшують мікробну флору.

Останнім часом набули поширення одноразові фільтри з голкопробивного паперу. Вони простіші в експлуатації і забезпечують краще очищення молока.

Значно досконалішим від фільтрування способом очищення молока є відцентрове. В цьому разі молоко очищується не лише від механічних включень, а також від слизу, згустків епітелію і крові, які з'являються в молоці при захворюванні вим'я. На відміну від фільтрування при відцентровому очищенні молоко не розмиває забруднень, які відкладаються у грязьовому просторі очисника.

Для фермських молочних, а також молокопереробних підприємств промисловість виробляє відцентрові сепаратори-очисники різних типорозмірів за продуктивністю. Вони відзначаються великою пропускною здатністю, надійні в роботі, забезпечують високу якість очищення молока. Детальніше питання будови та принципу дії відцентрових очисників, будуть розглянуті нижче (див. 14.3.4).

14.3.1.2. Охолодження молока

При охолодженні молока ставиться за мету зниження його температури до такого рівня, при якому різко сповільнюється розмноження кислотворних та хвороботворних бактерій і завдяки цьому подовжити тривалість зберігання молока.

Так, відомо, що термін зберігання свіжовидоєного молока без його охолодження обмежується 2–3 год; в охолодженному стані при температурі + 10 °С молоко можна зберігати до 24 год, при температурі + 4 °С – до 36 год, а в замороженому стані – кілька місяців.

Існує кілька способів охолодження молока на тваринницьких фермах. Всі вони мають загальні особливості і діляться на три основні категорії: охолодження при постійній температурі зовнішнього середовища, при змінній температурі зовнішнього середовища та потокове охолодження.

Найпростіший спосіб охолодження, коли фляги з молоком поміщають в охолоджувальні басейни (ванни), об'єм яких повинен у 4–5 разів перевищувати об'єм охолоджуваного молока. На дно ванни (басейну) встановлюють дерев'яні решітки, щоб не ушкодити фляги від ударів і забезпечити кращу циркуляцію води. Охолодження можна прискорити, додаючи у воду лід (500 г на 1 л).

В басейнах з льодяною водою фляги з видоєним молоком (температура 30–35 °С) охолоджується до 3–5 °С приблизно за годину. Для прискорення процесу рекомендується періодично перемішувати молоко і воду.

Проте вказаний спосіб потребує великої площі приміщень, тому його можна рекомендувати для невеликих ферм. Значно зручніше проводити охолодження молока за допомогою найпростішого потокового охолодника зануреного типу.

Він складається (рис. 14.3) з двох металевих циліндрів 2 і 4, з'єднаних у нижній частині двостінним дном. Верхні краї зовнішнього і внутрішнього циліндрів закриті. Внутрішній циліндр оснащений приймальною лійкою 1, а зовнішній – зливним патрубком 6.

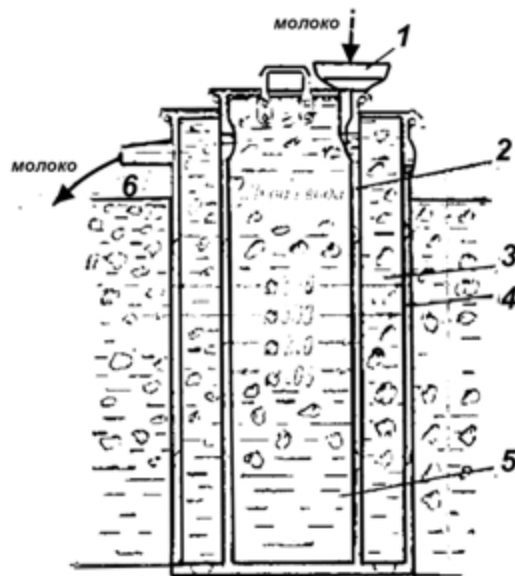


Рис. 14.3. Конструктивнофункціональна схема потокового охолоджувача зануреного типу: 1 – приймальна лійка; 2 – внутрішній двостінний циліндр; 3 – кільцева камера для льоду; 4 – зовнішній двостінний циліндр; 5 – середня камера для води і льоду; 6 – зливний патрубок

Охолодник поміщають в резервуар (басейн), середня 5 і кільцева 3 камери якого заповнені водою і дрібно коленим льодом. Молоко

безперервно надходить із лійки 1 в вузький зазор (2,5 мм) між стінками внутрішнього циліндра, опускається вниз і крізь зазор між стінками дна підіймається зазором між стінками зовнішнього циліндра і зливним патрубком відводиться у флягу. При цьому тонкий шар молока швидко віддає тепло крізь стінки.

Охолодження молока в басейнах потребує значних витрат води на льоду.

Досконаліший спосіб – це охолодження молока або вершків за допомогою спеціальних охолодників. З цією метою використовують зрошувальні протитечієві охолодники, пластинчасті охолодники, танкιοхолодники молока.

Охолодники молока повинні відповідати таким вимогам:

- універсальність щодо можливості охолодження молочних продуктів, які мають різні фізико-механічні властивості;
- виконання заходів проти бактеріального забруднення продукту під час охолодження;
- зручність миття та дезінфекція робочих органів охолодника після закінчення роботи;
- захист продукту від випаровування.

Крім того конструктивні елементи, з якими контактує молоко, повинні бути виконані з матеріалів, що допускаються до контакту з харчовими продуктами; матеріал, з якого виготовлені теплообмінні елементи, мусить мати добру теплопровідність і корозійну стійкість; конструкція охолодника повинна забезпечувати зручність обслуговування і можливість промивання циркуляційним та механічним способами.

Охолодники можна розділити за такими основними ознаками:

- за принципом дії вони бувають порційні і потокові;
- за характером стикання з оточуючим повітрям – відкриті зрошувальні і закриті проточні;
- за виглядом(формою) робочої поверхні – трубчасті, плоскі, циліндричні, і пластинчасті;
- за кількістю секцій чи рядів – одно, дво і багатосекційні (багаторядні).

Зрошувальні та пластинчасті охолодники характеризуються поточним технологічним процесом. Холодоносієм в таких охолодниках є вода, розсіл чи інші холодоагенти.

Кожний з таких охолодників складається з розподільного пристрою для рівномірного розподілу молока по охолоджувальній поверхні, з охолоджувальної поверхні та збірника молока з поверхні охолодника.

На рис. 14.4. зображена схема роботи зрошувального охолодника, відповідно до якої тепле молоко подається у верхній жолоб 1, звідти самопливом стікає з обох боків охолоджувальної поверхні у нижній жолоб 3. У цьому випадку застосовується протитечійний принцип. Молоко переміщується зверху до низу, а охолоджувальна вода навпаки – знизу до верху.

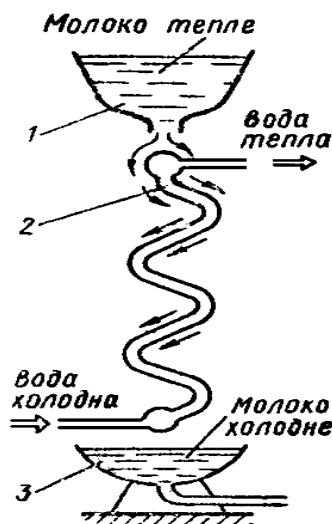


Рис. 14.4. Технологічна схема охолодника зрошувального типу:
1 – розподільний пристрій; 2 – поверхня (апарат) теплообміну; 3 – збірник

Схема пластинчастого охолодника, який спроможний працювати як у протитечійному режимі, так і в паралельних потоках охолоджувальної рідини зображена на рис. 14.5. Якщо холодоагентом є розсіл, охолоджений до мінусової температури, то для запобігання замерзанню молока застосовують режим односторонніх потоків. Протитечійні охолодники здатні охолоджувати молоко до температури, що на 2–3 °С перевищує температуру рідинхолодоносія.

Використовуються також вакуумні охолодники, виконані у вигляді двостінного циліндра з гофрованою поверхнею теплообміну (рис.

14.6), розміщеного у середині місткості. Зрошувана поверхня гофрована за гвинтовою лінією. У гвинтовому каналі між стінками (зовнішньою та внутрішньою) проходить рідинахолодоносій. Такими охолодниками оснащені, наприклад, пересувні доїльні установки.

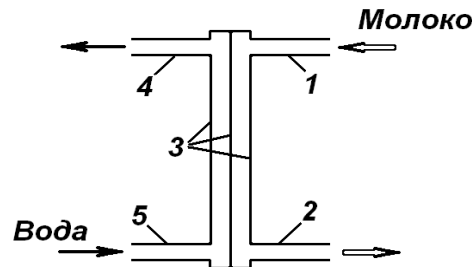


Рис. 14.5. Принцип дії пластинчастого охолодника: 1 і 2 – патрубки відповідно подачі і виходу молока; 3 – теплообмінні пластини; 4, 5 – патрубки відповідно виходу і подачі води

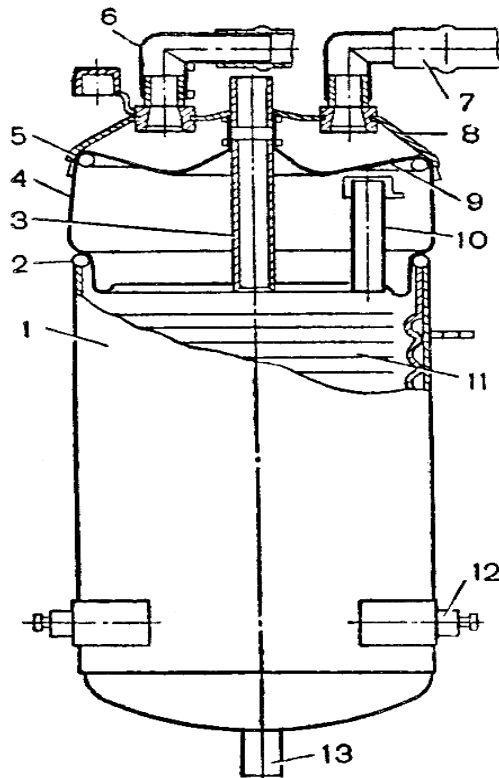


Рис. 14.6. Конструктивна схема закритого вакуумного охолодника зрошувального типу: 1 – корпус; 2, 5 – ущільнювальні прокладки; 3 – вакуумний патрубок; 4 – молокоприймальник; 6, 7 – патрубки підведення молока; 8 – кришка; 9 – фільтр; 10 – патрубок переливний; 11 – поверхня теплообміну; 12 – підвіски; 13 – патрубок виходу охолодженого молока

В циліндричному зрошувальному охолоднику в теплообміні з молоком бере участь тільки рифлена поверхня, тому його габаритні

розміри значно більші, ніж у пластинчастих за однакової продуктивності. Крім цього, циліндричні охолодники складніші у виготовленні.

З розглянутих варіантів найдосконалішими і перспективнішими є пластинчасті охолодники молока, які відзначаються простотою конструкції, високою ефективністю в роботі, універсальністю та легкістю транспортування за продуктивністю (змінюючи кількість пластин в блоці) тощо.

14.3.1.3. Пастеризація молока

Найрадикальніший спосіб обробки молока – це пастеризація. При цьому досягається знезараження, тобто знищення шкідливих мікроорганізмів без зміни смаку, запаху, консистенції та кольору молока.

Залежно від принципу знезараження можливі різні варіанти обробки молока:

- теплова пастеризація шляхом дії високої температури;
- ультрафіолетове опромінювання;
- високочастотною вібрацією тощо.

В сільськогосподарських підприємствах використовуються теплові варіанти пастеризації молока. Розрізняють три режими теплової пастеризації за температурою і тривалістю нагрівання: тривалий, короткий і миттєвий.

При тривалій пастеризації температуру молока доводять до 63–65 °C і витримують за такої температури протягом 30 хв; в разі короткочасної нагрівають до 71–76 °C й витримують 20–30 °C, а при миттєвій пастеризації – нагрівають до 85–90 °C без витримки при цій температурі.

Апарати для пастеризації молока розрізняють за такими ознаками:

- за принципом дії бувають порційні і потокові;
- за конструктивними особливостями – ванни, з витиск ним барабаном, трубчасті, пластинчасті;

- за видом теплоносія – водяні, парові, електричні.

Для тривалої пастеризації використовують нагрівні ванни, які мають різну місткість. Короточасну пастеризацію проводять у потокових парових пастеризаторах. У сільському господарстві миттєвий режим пастеризації не використовують через складність керування технологічним процесом.

Ефективність пастеризації визначається відношенням кількості втрачених мікроорганізмів до їх вихідної кількості (у пробі до теплової обробки молока). У сучасних пастеризаторах вона досягає 99,99 %.

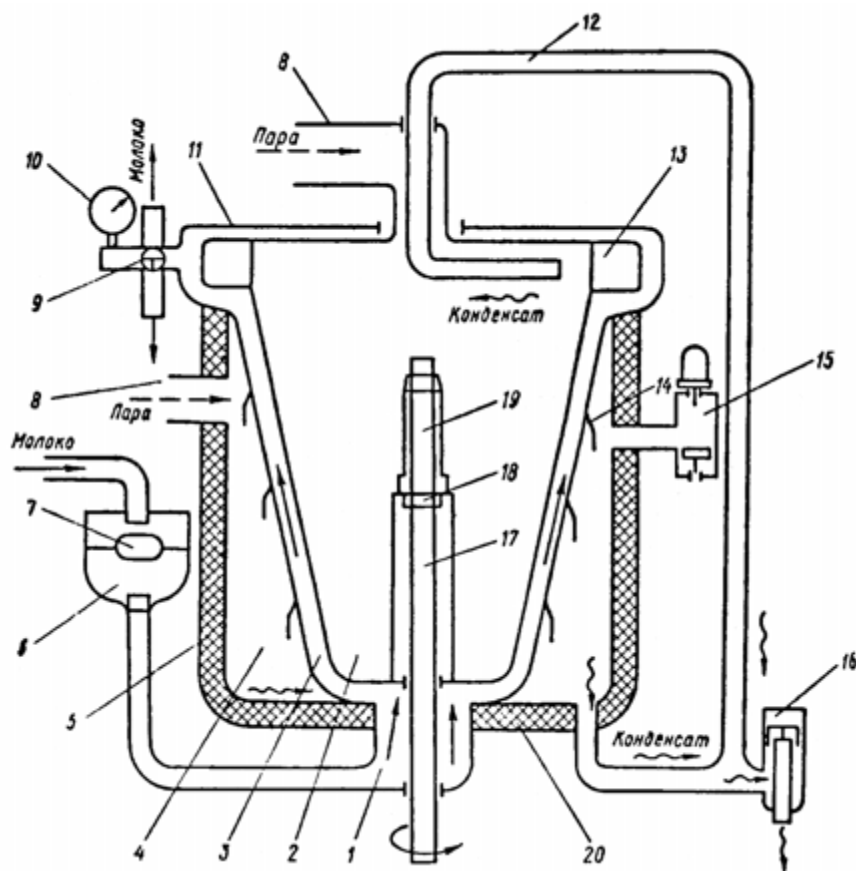


Рис. 14.7. Конструктивнофункціональна схема барабанного пастеризатора:

- 1 – приймальна камера; 2 – витискний барабан;
 3 – молочна ванна; 4 – парова камера; 5 – кожух; 6 – молочна лійка;
 7 – поплавковий пристрій; 8 – паропровід; 9 – триходовий кран;
 10 – термометр; 11 – кришка; 12 – трубопровід конденсату; 13 – лопаті;
 14 – сльозникове кільце; 15 – запобіжний (пароповітряний) клапан;
 16 – гідравлічний затвор; 17 – вал; 18 – регулювальна втулка;
 19 – регулювальний гвинт; 20 – корпус

У парових пастеризаторах з витискним барабаном і двобічним підігріванням (рис. 14.7). Пара низького тиску подається у простір парової сорочки і порожнину витискного барабана. Вона віддає своє тепло молоку, яке проходить від заливної лійки в зазорі між робочими поверхнями пастеризатора. Нагріте молоко лопатями барабана подається вивідним трубопроводом на подальшу обробку.

Колову швидкість ω витискного барабана визначають за рівнянням:

$$\omega = \frac{1}{r} \sqrt{2gh}, \quad (14.1)$$

де h – висота подачі молока в зону нагрівання, м ; r – радіус обертання молока, м; g – прискорення сили тяжіння, м/с².

Найсучаснішим із теплових пастеризаторів молока є пластинчастий апарат, універсальність якого полягає в тому, що його можна використовувати як в режимі охолодження молока (при подачі в апарат холодоагенту), так і в режимі пастеризації (при подачі теплоносія). Принципову схему роботи пастеризатора такого типу див. на рис. 14.5

14.3.1.4. Сепарація молока

Сепарація, як відомо, – це процес розділення, в нашому випадку, молока на складові елементи. Проте молочні сепаратори виконують ширше коло функцій, ніж розділення.

За призначенням вони бувають:

- сепаратори-очисники, які забезпечують відділення механічних і бактеріальних включень, що тим чи іншим шляхом потрапили в молоко;
- сепаратори-вершковідділювачі, які розділяють молоко на вершки та відвійки;
- сепаратори-нормалізатори забезпечують отримання молока заданої жирності;
- сепаратори-гомогенізатори, що подрібнюють жирові кульки до таких розмірів, при яких попереджується відстоювання вершків навіть при тривалому зберіганні молока.

З приведених варіантів до групи обладнання для первинної обробки молока відносяться тільки перші – сепаратори-очисники. Інші ж варіанти – це засоби переробки молока.

За конструктивним виконанням розрізняють такі рішення сепараторів-очисників:

- відкриті, коли подача молока в барабан і виведення його з барабана здійснюється відкритими потоками, які мають контакт з оточуючим повітряним середовищем;
- напівзакриті (напіввідкриті) – відкрита подача молока та закрите під тиском виведення його з барабана;
- закриті, коли подача і виведення молока проходять без прямого контакту з навколишнім повітряним середовищем.

Останній варіант в плані зоогігієнічних вимог є найдосконалішим і забезпечує кращу якість молока.

Крім того сепаратори бувають з ручним і електрифікованим приводом.

14.3.2. Будова і принцип дії

Для первинної обробки використовують обладнання різного призначення.

Сепаратор використовують для очищення, а також розділення молока на вершки та відвійки. Він складається (рис. 14.8) з корпусу 6, змінного барабана 5, приймальної камери з поплавцем 1, центральної трубки 2, збірників вершків 3 та відвійок 4 і привідного механізму, який включає вертикальний вал (веретено) 13, шестерню 8, клинопасову передачу 12 та електродвигун 11 із фрикційною муфтою.

Барабан сепаратора складається корпусу 1 (рис. 14.9), пакета тарілок 3, тарілотримача 2, верхньої роздільної тарілки 5 з отвором для виходу вершків та ущільнювального гумового кільця. Тарілки мають шипи заввишки 0,35–0,40 мм та отвори. Внаслідок цього у складеному пакеті тарілок між ними утворюються зазори і вертикальні канали. Між пакетом тарілок і тарілотримачем також утворюються вертикальні канали.

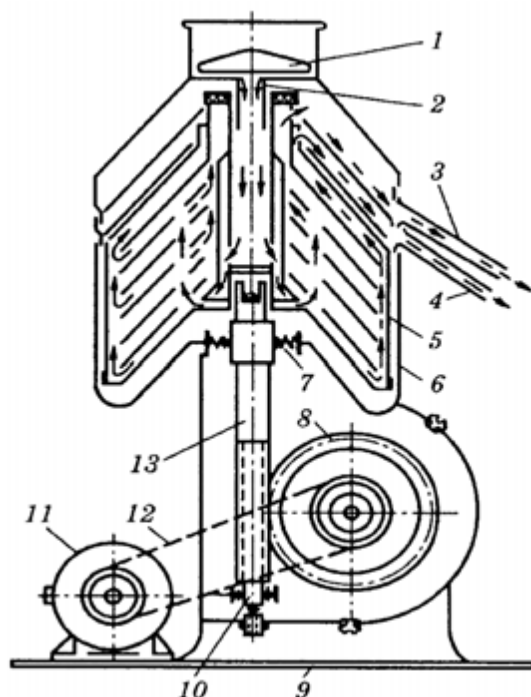


Рис. 14.8. Конструктивнофункціональна схема сепаратора: 1 – поплавець; 2 – центральна трубка; 3 – збірник вершків; 4 – збірник відвійок; 5 – барабан; 6 – корпус; 7 – верхня опора веретена; 8 – шестерня; 9 – станина; 10 – нижня опора; 11 – електродвигун; 12 – клинопасова передача; 13 – вертикальний вал (веретено)

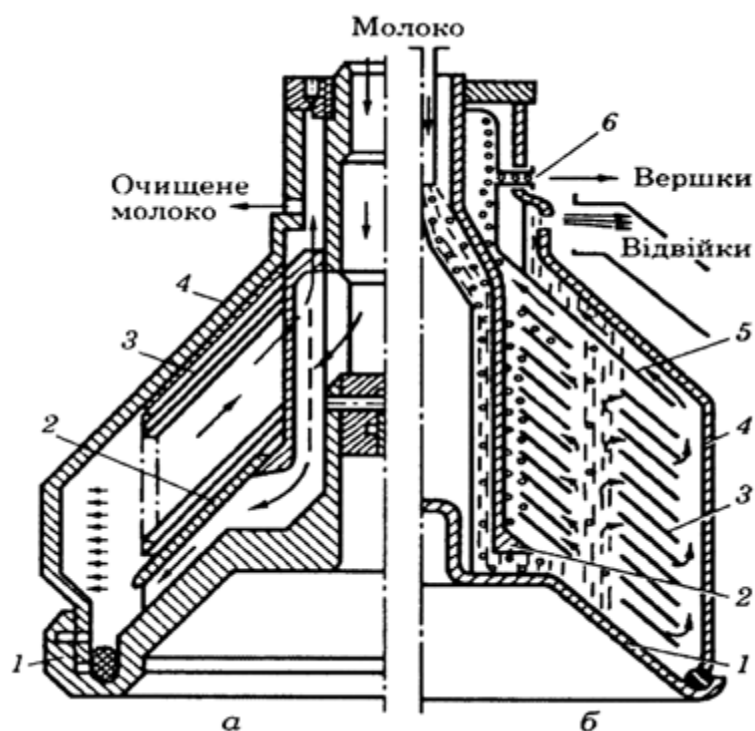


Рис. 14.9. Конструктивнофункціональні схеми сепараторів для очищення молока (а) і відділення вершків (б): 1 – корпус (дно) барабана; 2 – тарілотримач; 3 – пакет тарілок; 4 – кришка барабана; 5 – верхня роздільна тарілка; 6 – канал виходу вершків

Барабан встановлюють на вертикальному валу (веретені), що обертається у двох опорах. Верхньою опорою його є радіальний однорядний підшипник, розміщений у пружній плаваючій обоймі. Це полегшує подолання критичної частоти обертання в момент розгону барабана. Нижня опора складається з дворядного підшипника, однорядного упорного підшипника, сферичної шайби, упорного гвинта та гайки. Фрикційна муфта відцентрової дії забезпечує плавний розгін барабана під час пуску сепаратора. Молочний посуд (поплавцева камера, збірники вершків та відвійок) призначений для приймання і подачі в барабан молока та відведення вершків і відвійок.

Під час роботи сепаратора молоко надходить у приймальну камеру, рівень якого в ній регулюється поплавцем. Із поплавцевої камери молоко центральною трубкою 2 (див. рис. 14.8) та крізь отвори тарілотримача надходить під нижню тарілку і вертикальними каналами заповнює простір між тарілками барабана. Під дією відцентрової сили важча фракція молока (відвійки) відкидається до стінок барабана, а вершки витісняються до його центра. Таким чином між кожною парою тарілок утворюються два протилежно спрямовані потоки. Вершки біля тарілотримача підіймаються вгору і виходять крізь спеціальний отвір 6 (див. рис. 14.9) барабана. Між кінцями тарілок та кришкою барабана механічні домішки відкладаються на стінках кришки барабана, а відвійки підіймаються каналом вгору і крізь отвір виходять у молочний посуд.

Найкраще сепарувати свіже молоко, а холодне слід підігріти. Оптимальна температура сепарування молока – 35–45 °С. Зі зниженням температури в'язкість молока збільшується, білок і жир стають тягучими, що ускладнює відокремлення вершків. За значного підвищення температури (понад 45 °С) жирові кульки плавляться і робота сепаратора стає неможливою. У разі забруднення та підвищення кислотності молока збільшується також його в'язкість, що, знову ж таки, ускладнює процес розділення.

У процесі сепарування молока співвідношення вершків та відвійок можна регулювати у межах від 1:4 до 1:12 за допомогою зміни положення гвинтаканалу 6 барабана (рис. 14.10). Закручуванням

вивідний канал 6 наближають до осі обертання барабана і відбирання вершків відбувається в зоні з меншим напором. Вершків виходить менше, але жирність їх вища. Викручуванням канал віддаляють від осі обертання і вершки відбираються із зони з більшим напором. Вихід вершків більший, а їх жирність – нижча.

Положення отвору для виходу вершків регулюють також відносно кромки їх збірника. Нижній край отвору 6 має бути на 2–3 мм вище кромки збірника. Якщо ж ця величина буде меншою, то вершки потраплятимуть у збірник відвійок. Регулювання виконують за допомогою гвинта нижньої опори вертикального вала 13 (див. рис. 14.8).

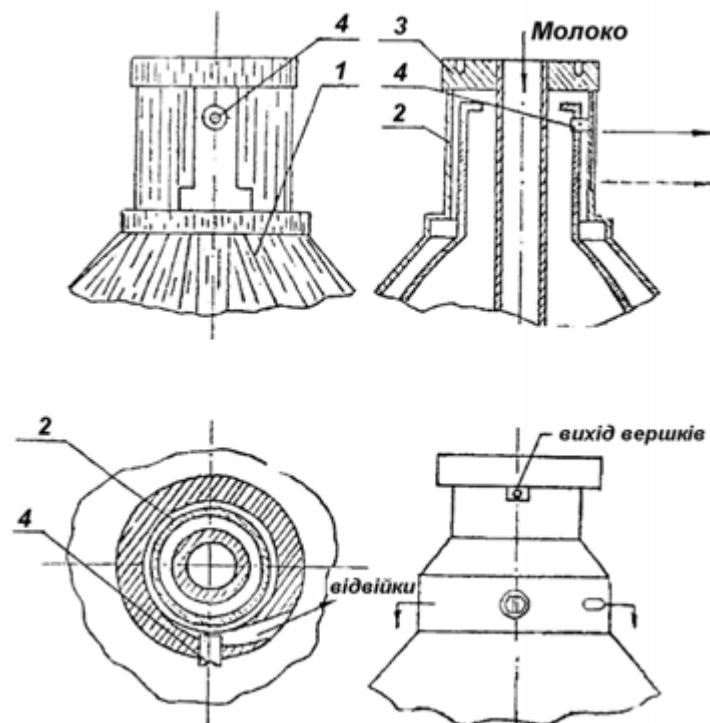


Рис. 14.10. Конструктивні рішення пристроїв для регулювання жирності вершків: 1 – кришка барабана сепаратора; 2 – верхня тарілка; 3 – гайка; 4 – регулювальний гвинт

Перед сепаруванням молоко слід очистити. Домішки, які випадково потрапляють у молоко, мають більшу густину, ніж вершки, рухаються разом із відвійками і відкладаються у кришці барабана. Тому періодично (приблизно через кожні 2 години роботи) внутрішню порожнину барабана треба очищати.

Пристрій для нормалізації молока (рис. 14.11) приєднують до відвідних патрубків сепаратора.

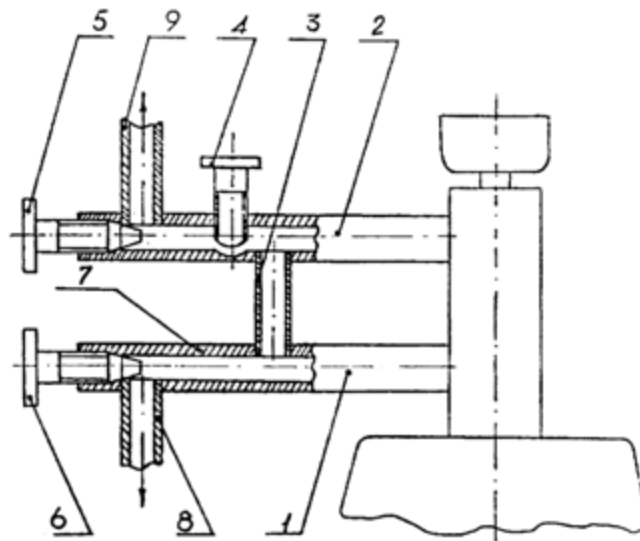


Рис. 14.11. Конструктивна схема пристрою для нормалізації молока:
1 – патрубок для відвійок; 2 – патрубок для вершків; 3 – з’єднувальна
трубка; 4 – регулювальний кран; 5, 6 – вентиля регулювання жирності
вершків; 7 – зона нормалізації; 8 – патрубок для виходу нормалізованого
молока; 9 – патрубок для виходу вершків

Для нормалізації жирності молока краном 4 відповідну частину вершків направляють з’єднувальною трубкою 3 в зону нормалізації 7, в яку потрапляють і відвійки з барабана сепаратора. Тут вершки змішуються з відвійками 1 нормалізоване молоко відводиться патрубком 8. При нормалізації молока відхилення за вмістом жиру не повинна перевищувати 0,1% від заданого рівня.

Очисник-охолодник призначений для очищення і поточного охолодження молока. Він складається з відцентрового очисника (рис. 14.12), пластинчастого водяного охолодника, шлангів для молока та води. До складу відцентрового очисника входять очисний барабан, приймально-відвідний пристрій, привідний механізм. Барабан складається з основи 10, кришки 9, тарілотримача 7, пакета тарілок і напрямного диска 6. Зазор між тарілками – 1 мм. У барабані очисника-охолодника нової конструкції пакет тарілок замінено на крильчасту вставку. Приймально-відвідний пристрій забезпечує подачу молока в очисний барабан та відведення з нього очищеного молока.

Привідний механізм включає електродвигун, редуктор, вертикальний вал (веретено) 11, горизонтальний вал із фрикційно-відцентровою муфтою, а також пульсатор, за допомогою якого

контролюють частоту обертання барабана. Барабан фіксують на веретені гайкою. Після вмикання пульсатора натисканням кнопки ведуть відлік: 47–49 поштовхів за хвилину відповідають робочій частоті обертання барабана.

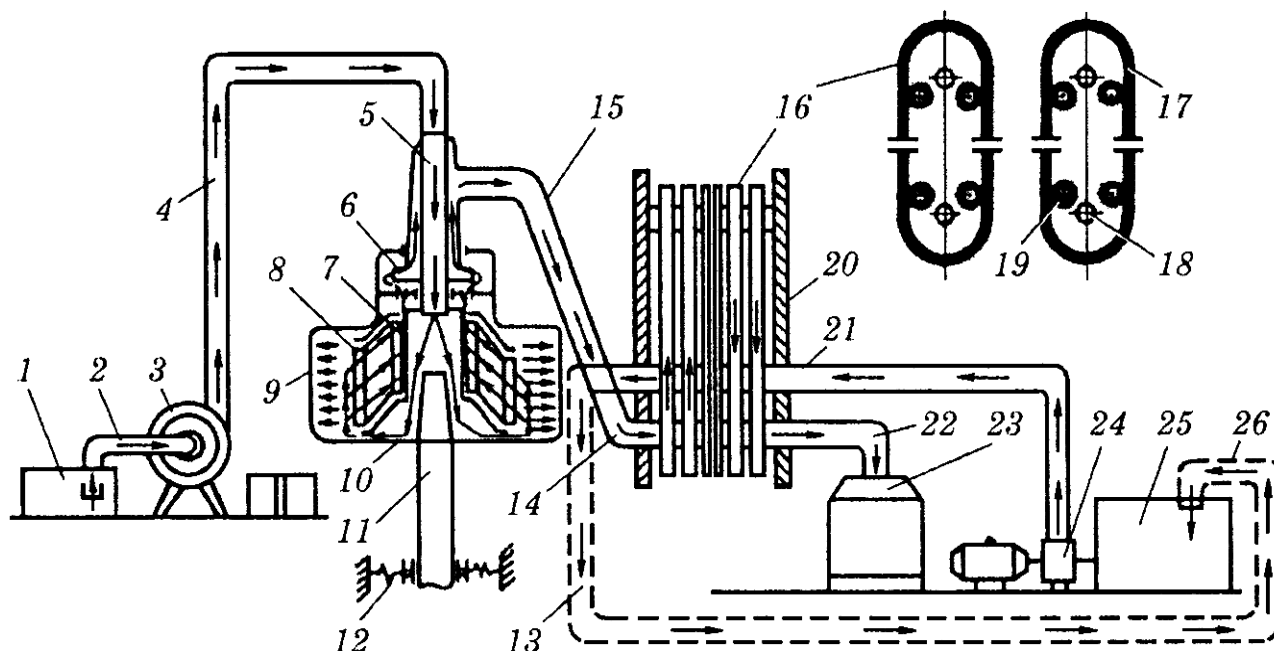


Рис. 14.12. Конструктивно-функціональна схема очисника-охолодника молока: 1 – бак для молока; 2 – патрубок; 3 – молочний насос; 4 – шланг; 5 – молочна трубка; 6 – напрямний диск; 7 – тарілкутримач; 8 – очисний барабан; 9 – кришка; 10 – основа; 11 – веретено; 12 – пружинна опора; 13, 26 – водопроводи; 14, 15 – патрубки очищеного молока; 16 – пластини; 17 – гумова прокладка; 18 – отвір для штанги; 19 – перехідний отвір; 20 – плита; 21 – трубопровід холодної води; 22 – патрубок охолодженого молока; 23 – молочний танк; 24 – водяний насос; 25 – ванна

Пластинчастий охолодник оснащений пакетом пластин (рис. 14.13) та двома плитами 20. Крізь отвори пластин та плит проходять дві штанги. За допомогою стяжних болтів і гайок пластини і плити складають в один пакет. У кожній пластині є по чотири технологічні отвори (патрубки): два верхніх і два нижніх (є також варіанти з нижнім розміщенням всіх чотирьох технологічних патрубків). Роздільна пластина, встановлена всередині пакета, має тільки два верхніх отвори. На пластини наклеєні гумові прокладки, які забезпечують відповідний зазор між пластинами, а також перекривають у кожній пластині ліві або праві отвори.

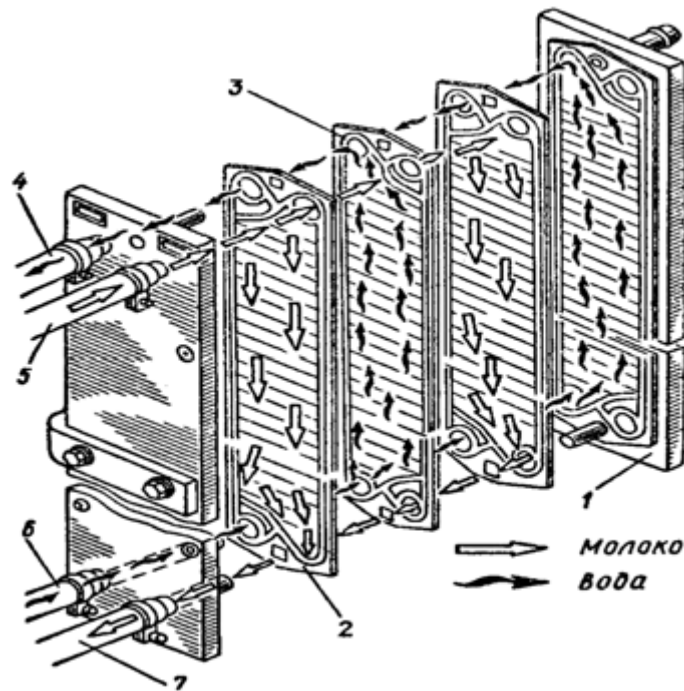


Рис. 14.13. Схема обробки молока в пластинчастому охолоднику:
1 – боковина (плита); 2 – теплообмінна пластина; 3 – прокладки;
4 – патрубок відведення теплої води; 5 – патрубок подачі молока;
6 – патрубок подачі холодної води; 7 – патрубок відведення холодного
молока

Кожна пластина на одній із сторін має мітки: з одного боку *А*, а з іншого *Б*. Під час складання пластини чергують в такій послідовності: *А–Б, А–Б* так до кінця пакета. В результаті такого чергування в пакеті між пластинами утворюються дві системи каналів (для циркуляції молока та холодоносія). Кожна із цих систем має вхідний та вихідний канали. Пластини мають гофровану форму, що збільшує поверхню теплообміну і забезпечує інтенсивне перемішування молока, яке рухається між пластинами. Холодоагентом є вода, яка подається з водо або теплоохолодної установки.

Робочий процес очисника-охолодника такий. Вмикають електродвигун приводу й очисний барабан починає набирати обертів. Молоко в очисник подається насосом 3 (див. рис. 14.12), на вихідному патрубку якого встановлено спеціальний штуцер, що пропускає 1000 л молока за годину. З приймально-відвідного пристрою молоко надходить у барабан очисника. Крізь центральну молочну трубку 5 і канал тарілотримача 7 молоко потрапляє у простір між пакетом тарілок барабана 8 та кришкою 9. Під дією відцентрової сили всі

домішки виділяються з молока, відкидаються до кришки барабана і прилипають до неї, а молоко під тиском нових порцій вертикальними каналами між тарілотримачем та кришкою барабана підіймається вгору. Під час проходження молока між тарілками відбувається додаткове його очищення від домішок. Домішки сповзають із тарілок і прилипають до стінки кришки барабана. Далі молоко проходить напрямний диск 6 і крізь патрубок 15 спрямовується до охолодника.

У процесі роботи очисника на стінках кришки барабана поступово накопичується шар домішок, зазор між кришкою та барабаном зменшується і процес видалення домішок порушується. Тому через кожні 2,5 год роботи очисник зупиняють, його барабан розбирають, очищають і миють.

Очищене молоко, що надходить до охолодника 16, спочатку заповнює простори через один між пластинами першої його половини (або роздільної пластини) і підіймається вгору. Потім крізь верхній отвір роздільної пластини молоко переходить у другу половину охолодника, заповнює через один простори між пластинами і опускається вниз. Охолоджене молоко виходить патрубком 22.

Вода в охолодник подається з холодильної установки трубопроводом 21. Вона надходить в суміжні (не заповнені молоком) простори між пластинами спочатку другої половини охолодника, підіймається вгору, потім крізь верхній отвір роздільної пластини переходить у першу половину охолодника, опускається вниз і виходить з охолодника трубопроводом 13.

Теплообмін між потоками молока і води відбувається в зазорах між пластинами. Зустрічний рух потоків дає змогу максимально знизити температуру молока за тієї ж самої початкової температури води. Гофрована форма пластин збільшує площу теплообміну, спричинює перемішування води й молока в потоках і сприяє інтенсивнішому теплообміну. Кінцева температура молока залежить від початкової температури води.

Пастеризаційно-охолодна установка забезпечує комбіновану обробку (очищення, пастеризації та охолодження) молока. Вона складається з пластинчастого теплообмінного апарата 1 (рис. 14.14),

відцентрового очисника 2, трубчастого витримувача молока 6, вирівнювального бака 4, молочного насоса 3, насоса подачі гарячої води 7, бойлера 8, інжектора 9, перепускного клапана 10 і пульта керування 5.

Пластинчастий апарат має п'ять теплообмінних секцій: *I* і *II* – регенерації, *III* – пастеризації, *IV* і *V* – охолодження. Секції розділені між собою плитами зі штуцерами для підведення відповідних рідин.

Робочий процес установки відбувається так. Молоко подається у вирівнювальний бак 4. Постійний рівень молока (має бути не меншим 300 мм) підтримується поплавцевим пристроєм. Щоб у насос 3 не потрапляло повітря. З бака 4 молоко насосом 3 спрямовується в секцію *I* регенерації, де попередньо нагрівається потоком гарячого молока, що надходить із секції *III* пастеризації через секцію *II* регенерації. Нагріте до 37–40 °С молоко надходить із секції *I* до молоко очисника 2. Очищене від домішок молоко з очисника потрапляє у секцію *II* регенерації, де нагрівається молоком, що виходить із секції *III* пастеризації. Після цього молоко потрапляє у секцію *III* пастеризації, де нагрівається гарячою водою до заданої температури (90 °С).

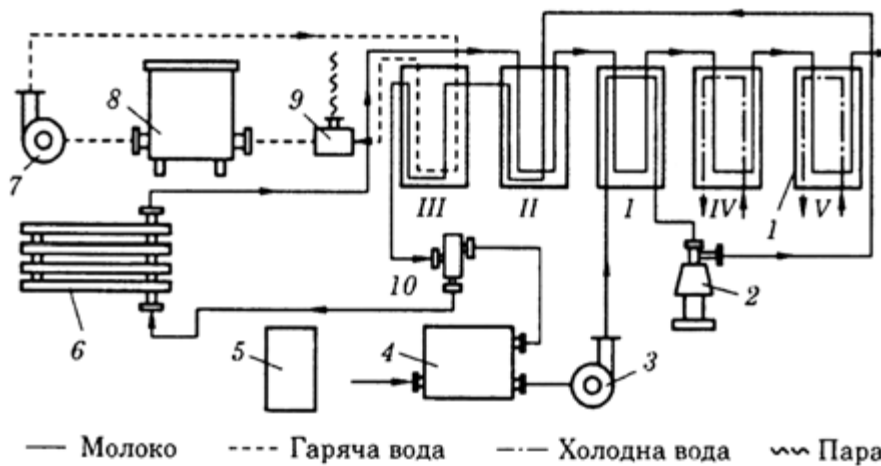


Рис. 14.14. Конструктивно-функціональна схема пастеризаційно-охолодної установки: 1 – пластинчастий теплообмінний апарат; 2 – очисник; 3 – молочний насос; 4 – вирівнювальний бак; 5 – пульт керування; 6 – витримувач; 7 – водяний насос; 8 – бойлер; 9 – інжектор; 10 – перепускний клапан

Із пастеризатора молоко електрогідравлічним перепускним клапаном 10 спрямовується у витримувач 6, в якому знаходиться близько 30 с, а потім послідовно проходить секції *II* і *I* регенерації, де

частково віддає теплоту зустрічним потокам молока. Далі молоко послідовно проходить секції IV і V охолодження водою та розсільним холодоносієм до температури 5–8 °С.

Режими роботи установки контролюються і регулюються автоматично. Перепускний клапан 10 автоматично переводить потік молока на повторну пастеризацію, якщо його температура не досягає 90 °С. Вода для пастеризації підігрівається у бойлері 8 паром, що надходить крізь інжектор 9 із паропроводу, а потім подається водяним насосом 7 у секцію III установки. Подача пари регулюється автоматично залежно від температури молока електрогідравлічним клапаном, встановленим на паропроводі. За зниження температури молока подача пари збільшується, а за підвищення – зменшується.

Резервуари-охолодники і танки-охолодники з проміжним холодоносієм (водою) призначені для збирання, охолодження і короткочасного (до 20 год) зберігання молока. Вони мають молочну ванну 13 (рис. 14.15) із кришкою 2, в якій є заливна горловина 1. Молочна цистерна оснащена зовнішнім кожухом 12, мішалкою 4 з електропроводом, мірною лійкою 6, термоконтактним датчиком 3 температури молока, зливним молочним краном 10.

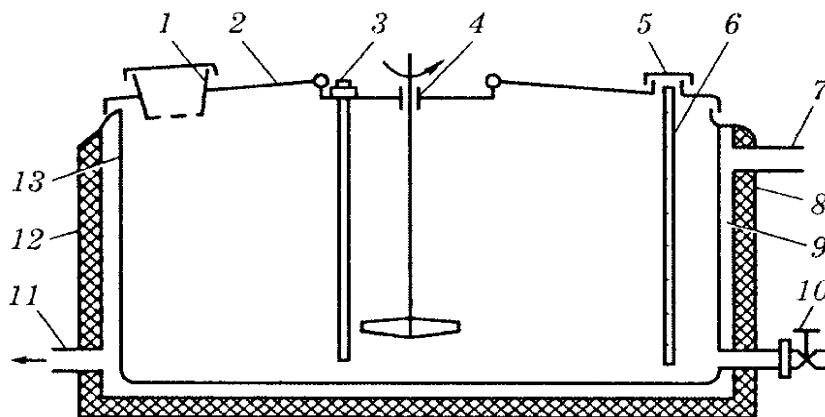


Рис. 14.15. Конструктивна схема танка-охолодника: 1 – заливна горловина; 2 – кришка; 3 – термоконтактний датчик; 4 – мішалка; 5 – кришка мірної лінійки; 6 – мірна лінійка; 7 – патрубок подачі холодоносія; 8 – теплоізоляція; 9 – водяна сорочка; 10 – молочний кран; 11 – патрубок відведення холодоносія; 12 – кожух; 13 – молочна цистерна

Цистерна танка омивається холодною водою або іншим холодоносієм, що подається в сорочку танка патрубком 7, а відводиться з неї патрубком 11. Теплоізоляційний шар 8 зменшує

втрати тепла в навколишнє середовище і сприяє підтриманню заданої температури молока всередині цистерни. Мішалка забезпечує рівномірне охолодження молока і протидіє відділенню вершків.

Стаціонарні відкриті резервуари-термоси безпосереднього охолодження застосовують для збирання, охолодження та зберігання добового надою молока на фермах. Вони автоматично за програмою підтримують необхідну температуру і перемішують молоко під час охолодження.

На відміну від резервуарів-охолодників у резервуарах-термосах оболонка, що охолоджується, обмивається безпосередньо холодоносієм (фреоном) від компресорно-конденсаторних агрегатів.

Подібну ж конструкцію має й *танк відкритого типу DX/OC*, призначений для збору та охолодження молока за системою прямого охолодження. Він складається (рис. 14.16) з опорної рами 2, на якій встановлена молочна цистерна, оснащена кришкою 6 та зовнішнім кожухом 3, випарника 1, мішалки 7 з електроприводом на жорсткому шарнірі, холодильного агрегата 8 та блоку контролю і управління. Простір між цистерною і кожухом заповнений поліуретановою пінистою ізоляцією 5.

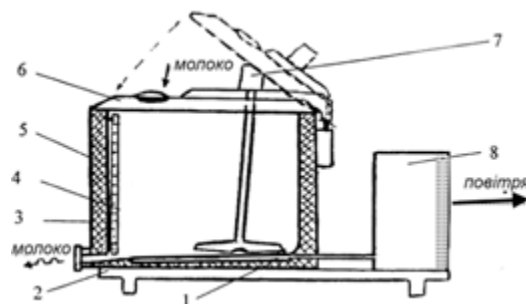


Рис. 14.16. Конструктивно-функціональна схема танка відкритого типу:

**1 – випарник; 2 – опорна рама; 3 – корпус танка; 4 – мірна лінійка;
5 – ізоляція; 6 – кришка танка; 7 – мішалка; 8 – холодильний агрегат**

Молочна цистерна танка в нижній частині безпосередньо охолоджується холодоносієм – фреон (система прямого охолодження), що подається крізь терморегулюючий клапан від холодильного агрегату. В процесі випаровування рідкий холодоносій забирає тепло молока і перетворюється на газ. Компресор під'єднаний до вихідного

отвору випарника і відкачує нагрітий газ. Тепло молока, через холодоносії передається циркулюючому через конденсатор повітря.

Молочна цистерна обладнана мірною лінійкою, показники рівня якої у міліметрах переводять у літри за допомогою відповідної таблиці.

Апарат контролю і управління виконує такі функції: вмикання – вимикання процесу охолодження, швидкий запуск охолодження, перемішування протягом 2 хв.

14.4. Елементи теорії і розрахунку

14.4.1. Молочні фільтри

Для молочних фільтрів з вільним (безнапірним) проходженням молока пропускну здатність Q (кг/с) визначають за формулою:

$$Q = \mu F \nu \rho, \quad (14.2)$$

де F – загальна площі фільтра, м²; μ – коефіцієнт живого перерізу фільтра залежить від його типу:

$$\mu = \frac{\Sigma F_0}{F};$$

ν – швидкість протікання молока крізь фільтр, м/с; ΣF_0 – сумарна площа отворів фільтра, м²; ρ – щільність молока, кг/м³.

Швидкість проходження молока крізь фільтр становить

$$\nu = \mu \sqrt{2gh},$$

де g – прискорення сили тяжіння, м/с²; h – висота стовпчика молока над фільтром, м.

Необхідна площа молочного фільтра F при заданій його пропускній здатності Q відповідно (15.2) становить:

$$F = \frac{Q}{\mu \nu \rho}. \quad (14.3)$$

14.4.2. Теплообмінні процеси і апарати

Охолодження і пастеризація молока, а отже і робота холодильного та пастеризаційного обладнання ґрунтується на

принципі теплообміну, який може протікати у двох варіантах: постійної або змінної температури поверхні теплообміну. В другому варіанті зі зміною різниці температур за ходом процесу змінюється також і швидкість охолодження (нагрівання) молока.

14.4.2.1. Обґрунтування вибору напрямку потоків

Стосовно варіанту змінної температури поверхні теплообміну в принципі можливі однобічний та зустрічний напрямки потоків (рис. 14.17) молока та холодоагента або теплоносія, між якими відбувається теплообмін.

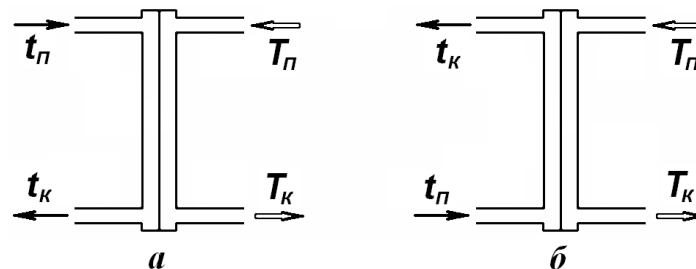


Рис. 14.16. Схеми однобічного (а) та протиточного (б) напрямків потоків в теплообмінному апараті: $T_{\text{п}}$ і $T_{\text{к}}$ – температура молока відповідно початкова та кінцева; $t_{\text{п}}$ і $t_{\text{к}}$ – температура носія (холоду чи тепла) відповідно початкова та кінцева.

Від вибору напрямків переміщення вказаних потоків залежать ефективність теплообміну і кінцева температура молока (рис. 14.18).

Наведені графіки свідчать, що у випадку зустрічних потоків молока і теплоносія чи холодоагенту за однакових температур останніх молоко матиме значно вищу температуру при пастеризації чи значно нижчу при охолодженні в тих же умовах (час, шлях) обробки, оскільки в разі охолодження

$$T_{\text{к}} = t_{\text{к}} + \Delta t_{\text{к}} \gg t_{\text{п}} + \Delta t_{\text{к}} \quad (14.4)$$

а при пастеризації

$$T_{\text{к}} = t_{\text{к}} - \Delta t_{\text{к}} \ll t_{\text{п}} - \Delta t_{\text{к}} \quad (14.4a)$$

де $\Delta t_{\text{к}}$ – різниця температур потоків молока і теплоносія чи холодоагенту на виході з теплообмінного апарата, град.

При цьому суттєво підвищується й енергетична ефективність пастеризатора чи охолодника.

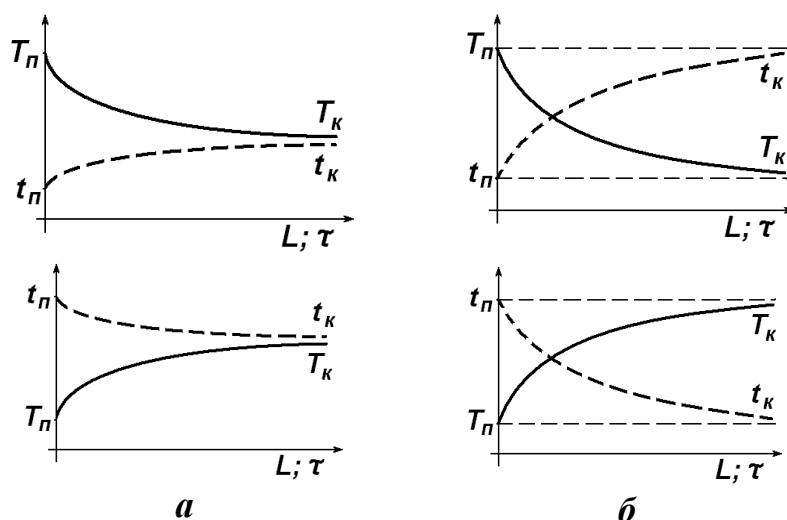


Рис. 14.18. Температурні графіки охолодження (зверху) та пастеризації (знизу) молока за однобічного (а) та зустрічного (б) напрямках потоків в теплообмінних апаратах: L – протяжність теплообмінної поверхні, м; τ – тривалість охолодження (пастеризації) молока, с

14.4.2.2. Час виходу на задану температуру в апаратах з постійною температурою поверхні теплообміну

У найпростішому вигляді швидкість, наприклад, охолодження молока пропорційна поверхні охолодження F , коефіцієнту тепловіддачі K та миттєвій різниці температур $T_{\text{п}} - t_{\text{п}}$ і обернено пропорційна кількості молока, що охолоджується M , його теплоємності $C_{\text{м}}$. Швидкість охолодження відображається диференціальним рівнянням:

$$\frac{dT}{d\tau} = -\frac{KF}{MC_{\text{м}}}(T_{\text{п}} - t_{\text{п}}), \quad (14.5)$$

де $T_{\text{п}}$ – початкова температура молока; $t_{\text{п}}$ – температура рідини охолодника; $dT/d\tau$ – швидкість охолодження молока; τ – час охолодження.

Швидкість охолодження молока залежить від матеріалу і товщини стінок, швидкості руху рідини, властивостей самої рідини (в'язкості, теплоємності, теплопровідності), температури рідини.

На рис. 14.19 зображено графік зміни температури молока відносно часу. Температурні умови, а разом з тим і коефіцієнт K , весь час змінюються.

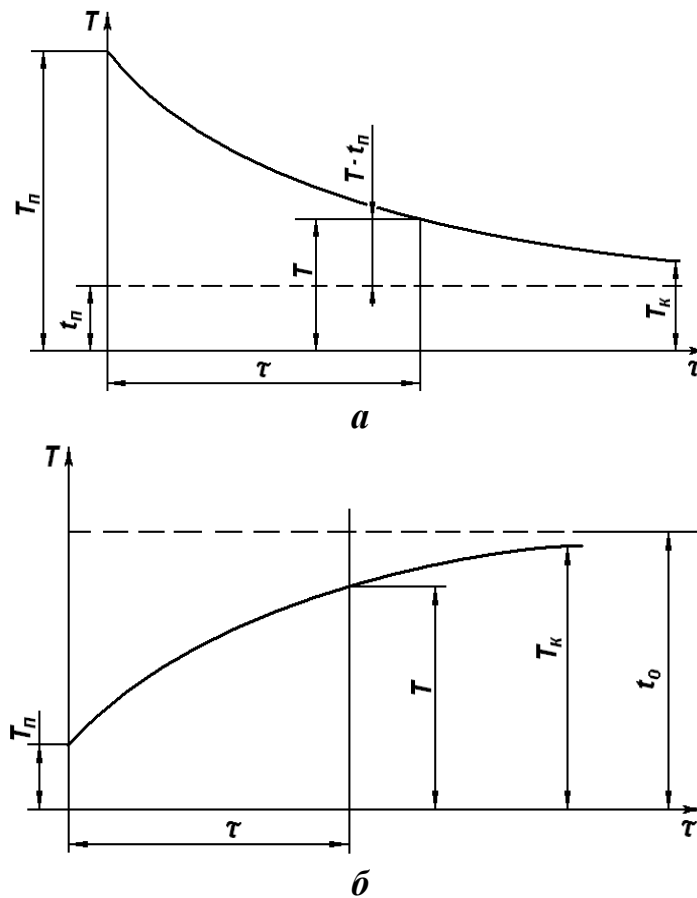


Рис. 14.19. Графіки зміни температури молока при його охолодженні (а) і пастеризації (б) в умовах постійної температури поверхні теплообміну

Диференціальне рівняння (14.5) можна інтегрувати, якщо для визначеного температурного інтервалу вважати K величиною постійною, рівною середній для всього процесу. Тоді після інтегрування і рішення відносно часу τ маємо:

$$\tau = \frac{MC_M}{FK} \ln \frac{T_{\Pi} - t_{\Pi}}{T_K - t_{\Pi}} \quad (14.6)$$

або

$$\tau = 2,303 \frac{MC_M}{FK} \lg \frac{T_{\Pi} - t_{\Pi}}{T_K - t_{\Pi}}, \quad (14.6, a)$$

де T_{Π} і T_K – температура молока відповідно на вході і виході із охолодника.

Стосовно процесу пастеризації рівняння часу нагрівання молока при згаданих умовах має вигляд:

$$\tau = \frac{MC_M}{FK} \ln \frac{t_0 - T_{\Pi}}{t_0 - T_K} \quad (14.7)$$

або

$$\tau = 2,303 \frac{MC_M}{FK} \lg \frac{t_0 - T_{\Pi}}{t_0 - T_K}, \quad (15.7, a)$$

де t_0 – температура теплоносія.

14.4.2.3. Визначення площі теплообміну в апаратах зі змінною температурою поверхні

Розглянемо найпростіший технологічний процес охолодження у варіанті зустрічних потоків молока та холодоагента (наприклад, охолоджувальна вода). Під дією сили тяжіння молоко переміщується зверху вниз з обох боків охолоджувальної поверхні. Охолоджувальна вода переміщується знизу вгору між двома поверхнями. У початковий момент часу при надходженні на охолоджувальну поверхню, температура молока дорівнювала T_{Π} , а після переміщення молока у крайню нижню точку охолоджувальної поверхні температура молока знизилась до T_K . Охолоджувальна вода у початковий момент мала температуру t_{Π} , а покидаючи охолоджуючу поверхню вона становила t_K .

Позначимо різницю між початковою температурою молока і кінцевою температурою води через Δt_{Π} . А різницю між кінцевою температурою молока і початковою температурою води Δt_K , тобто:

$$\left. \begin{aligned} \Delta t_{\Pi} &= T_{\Pi} - t_K, \\ \Delta t_K &= T_K - t_{\Pi}. \end{aligned} \right\} \quad (14.8)$$

У сучасних пластинчастих протитечійних охолодниках молоко і охолоджуюча його вода рухаються закритими каналами. Але метод розрахунків конструкції не змінюється.

Рівняння теплового балансу на всій поверхні охолодження мають вигляд:

$$Q_M = MC_M(T_{\Pi} - T_K), \quad (14.9)$$

$$Q_B = BC_B(t_K - t_{\Pi}), \quad (14.10)$$

де Q_M і Q_B – кількість тепла, яку відповідно віддає молоко і поглинає вода; M і B – маса відповідно молока і води; C_M і C_B – теплоємність відповідно молока і води.

Допустимо, що втрати тепла в навколишнє середовище відсутні і тепло від молока повністю поглинається водою. Тоді $Q_M = Q_B$.

Позначимо відношення $B/M = n$ і виконаємо заміну $T_K = t_{\Pi} + \Delta t_K$, а $t_K = T_{\Pi} + \Delta t_{\Pi}$. Після цього з рівняння балансу тепла матимемо:

$$\Delta t_{\Pi} = \frac{(nC_B - C_M)(T_{\Pi} - t_{\Pi}) + C_M \Delta t_K}{nC_B} \quad (14.11)$$

і

$$\Delta t_{\Pi} - \Delta t_K = \frac{(nC_B - C_M)(T_{\Pi} - T_K)}{nC_B}. \quad (14.12)$$

Диференціальне рівняння охолодження молока на поверхні охолодження F має такий вигляд:

$$\frac{dT}{dF} = -\frac{K}{MC_M}(T - t). \quad (14.13)$$

Температури молока T і холодоносія t у будь якій точці поверхні охолодження є величинами змінними. Враховуючи раніше згадані умови про відсутність розсівання тепла в оточуюче середовище, а також рівняння теплового балансу (14.11) у межах поверхні теплообміну F і, розв'язуючи його відносно t , матимемо:

$$t = t_{\Pi} + \frac{C_M}{nC_B}T - \frac{C_M}{nC_B}T_K. \quad (14.14)$$

Після підставляння знайденого значення змінної величини t у вихідне диференціальне рівняння (15.13) і необхідних перетворень одержимо:

$$\frac{dT}{dF} = -\frac{K(nC_B - C_M)}{MC_M nC_B}(T - a), \quad (14.15)$$

де

$$a = -\frac{nC_B t_{\Pi} - C_M T_K}{nC_B - C_M}. \quad (14.16)$$

В результаті інтегрування рівняння (14.15) у межах

$$-\int_{T_{\Pi}}^{T_K} \frac{dT}{T-a} = \frac{K(nC_B - C_M)}{MC_M nC_B} \int_0^F dF$$

будемо мати:

$$\ln \frac{T_{\Pi} - a}{T_K - a} = \frac{KF}{MC_M} \frac{(nC_B - C_M)}{nC_B}. \quad (14.17)$$

Підставляючи в це рівняння значення a і перетворюючи з урахуванням одержаних величин Δt_K і Δt_{Π} , маємо:

$$\ln \frac{\Delta t_{\Pi}}{\Delta t_K} = \frac{KF(\Delta t_{\Pi} - \Delta t_K)}{MC_M(T_{\Pi} - T_K)}$$

або

$$MC_M(T_{\Pi} - T_K) = FK\Delta t, \quad (14.18)$$

де Δt – середньо логарифмічна різниця температур, діючих в теплообмінному апараті:

$$\Delta t = \frac{\Delta t_{\Pi} - \Delta t_K}{\ln \frac{\Delta t_{\Pi}}{\Delta t_K}} = \frac{\Delta t_{\Pi} - \Delta t_K}{2,3 \lg \frac{\Delta t_{\Pi}}{\Delta t_K}}, \quad (14.19)$$

$$\left. \begin{aligned} \Delta t_{\Pi} &= t_K - T_{\Pi}, \\ \Delta t_K &= t_{\Pi} - T_K. \end{aligned} \right\} \quad (14.20)$$

На основі одержаного рівняння (14.18) виконаємо розрахунок протитечійного охолодника молока. За даною продуктивністю M визначимо площу F поверхні охолодження і раціональне співвідношення перепаду температур молока і рідинихолодоносія.

Для процесу пастеризації молока рівняння (14.18) набуде вигляду:

$$F = \frac{MC_M(T_K^n - T_{\Pi}^n)}{K\Delta t}, \quad (14.21)$$

де T_K^n і T_{Π}^n – температура молока відповідно після і перед пастеризацією, °С.

14.4.2.4. Розрахунок параметрів рекуператора тепла

Використання тепла гарячого пастеризованого молока холодним, яке рухається зустрічним потоком у пастеризатор, називається регенерацією тепла, а самі апарати відбувається цей теплообмін – рекуператорами або регенераторами. Відповідно до схем технологічного процесу обробки у всіх випадках, де передбачена пастеризація молока або вершків вслід за операцією нагрівання йде їх охолодження.

На нагрівання молока витрачається значна кількість тепла, рівна, як відомо:

$$Q_T = MC_M (T_K^{\Pi} - T_{\Pi}^{\Pi}),$$

а на охолодження молока необхідний холод у кількості

$$Q_X = MC_M (T_{\Pi}^{\Pi} - T_K^{\Pi}).$$

З метою скорочення витрат тепла і холоду, а також зменшення розмірів охолодника і пастеризатора доцільно використовувати регенератори тепла (проміжні теплообмінники). В регенераторі частина тепла гарячого (після пастеризатора) молока або вершків забезпечує попереднє підігрівання холодного молока (вершків), що йдуть на пастеризацію (див. рис. 14.14). У свою чергу, віддаючи частину тепла зустрічному потоку молока або вершків, пастеризоване молоко або вершки частково охолодженими направляються в охолодник. Завдяки такому проміжному теплообміну досягається подвійна економія витрат як тепла, так і холоду. При цьому збільшується продуктивність пастеризатора та охолодника.

Використання теплового регенератора одночасно забезпечує економію тепла в кількості:

$$\Delta Q_T = MC_M (T_p^{\Pi} - T_{\Pi}^{\Pi}) \quad (14.22)$$

та холоду –

$$\Delta Q_X = MC_M (T_K^{\Pi} - T_p), \quad (14.23)$$

де T_p^{Π} і T_p – температура молока на виході з регенератора – відповідно в бік пастеризатора та охолодника, °С.

Відношення кількості тепла, яке передається (відбирається) в регенераторі, до загальної кількості тепла на пастеризацію (Q_T) називається коефіцієнтом регенерації, позначимо E :

$$E = \frac{\Delta Q_T}{Q_T} = \frac{T_p^\Pi - T_\Pi^\Pi}{T_K^\Pi - T_\Pi^\Pi}. \quad (14.24)$$

Площу поверхні, теплообміну регенератора розраховують залежно від кількості рекуперованого тепла, що визначається рівнянням (14.22) і (14.23). Тоді

$$F_p = \frac{MC_M(T_p^\Pi - T_\Pi^\Pi)}{\beta_p \Delta t_p} = \frac{MC_M}{\beta_p(1 - E)} \quad (14.25)$$

або

$$F_p = \frac{MC_M(T_K^\Pi - T_p)}{\beta_p \Delta t_p}, \quad (14.26)$$

де β_p – коефіцієнт теплопередачі регенератора, кВт/м²·град; Δt_p – перепад температур потоків, які проходять крізь регенератор.

Температурний перепад для процесу рекуперації визначають аналогічно (14.19), але при цьому враховують різниці температур потоків на вході і виході регенератора.

14.4.3. Сепарація молока

14.4.3.1. Способи і принцип розділення молока на фракції

Розділення молока на вершки та відвійки – це один із процесів переробки, що здійснюється в умовах тваринницьких ферм. Його реалізація можлива способами відстоювання або за допомогою відцентрових пристроїв (сепараторів).

Процес відстоювання відбувається за рахунок різної питомої маси складових компонентів молока. На частку, питома маса якої менша порівняно з питомою масою рідини, що заповнює посудину, діють виштовхувальна сила P_v і сила P_o опору виштовхуванню.

Відповідно до закону Архімеда сила P_v становить:

$$P_B = V (\gamma_{\Pi} - \gamma_B), \quad (14.27)$$

де V – об'єм частки:

$$V = \pi d^3 / 6;$$

γ_{Π} і γ_B – питома маса відповідно плазми і вершків; d – діаметр жирової кульки.

Величина опору P_o описується рівнянням Стокса:

$$P_o = 3\pi d\mu v_B, \quad (14.28)$$

де μ – динамічна в'язкість молока; v_B – швидкість руху частки (жирової кульки).

Жирові кульки піднімаються ввєрх зі швидкістю v_B :

$$v_B = \frac{1}{18} d^2 \frac{\gamma_{\Pi} - \gamma_B}{\mu}, \quad (14.29)$$

або

$$v_B = \frac{1}{18} d^2 g \frac{\rho_{\Pi} - \rho_B}{\mu}, \quad (14.30)$$

де g – прискорення земного тяжіння; ρ_{Π} і ρ_B – густина відповідно плазми і вершків.

Дослідами встановлено, що при температурі молока в межах $t_M = 10\text{--}80$ °C справедливе таке співвідношення:

$$\frac{\rho_{\Pi} - \rho_B}{\mu} = 0,29 t_M. \quad (14.31)$$

З урахуванням такої закономірності рівняння (14.30) набуде вигляду:

$$v_B = \frac{0,29}{18} d^2 g t_M. \quad (14.32)$$

У випадку відокремлення вершків за допомогою відцентрових сепараторів прискорення g змінюється на доцентрове прискорення $\omega^2 R$ (тут ω – кутова швидкість і R – радіус барабана сепаратора), а швидкість руху жирових кульок при цьому становить:

$$v_{\Pi} = \frac{0,29}{18} d^2 \omega^2 R t_M. \quad (15.33)$$

Порівняно з відстоюванням швидкість v_{Π} відцентрового відокремлення вершків зростає на 2–4 порядки.

14.4.3.2. Принцип розділення молока на фракції в барабані сепаратора

На рис. 14.20 зображені схеми руху потоків (молока, вершків та відвійок) в зазорі h між тарілками барабана сепаратора, що обертається навколо вертикальної осі. Складений із тарілок зрізаний конус має такі параметри: довжина твірної – L ; висота тарілки – H ; кут нахилу тарілок – α ; найкоротша відстань між тарілками по горизонталі – S ; радіуси тарілок R_m (менший) та – R_b (більший).

Між тарілками рухається потік молока зі швидкістю v_n , з якого виділяються жирові кульки зі швидкістю $v_{ц}^ж$ у напрямку осі обертання барабана, а також відвійки зі швидкістю $v_{ц}^в$ в напрямку кришки барабана. В результаті цього напрям абсолютних швидкостей переміщення жирових кульок $v_a^ж$ спрямований на поверхню нижньої тарілки, а відвійок $v_a^в$ – під верхню тарілку. Таким чином притиснуті до поверхні нижньої тарілки жирові кульки формують шар, що витісняється до осі обертання барабана, а під верхньою тарілкою рухається шар відвійок в боковий простір між тарілками і кришкою барабана. Обидва потоки (вершків – у центральному зазорі біля осі обертання та відвійок – біля кришки барабана) витісняються в верх новими потоками молока, що безперервно надходять знизу комплексу тарілок, і виводяться з барабана крізь відповідні канали.

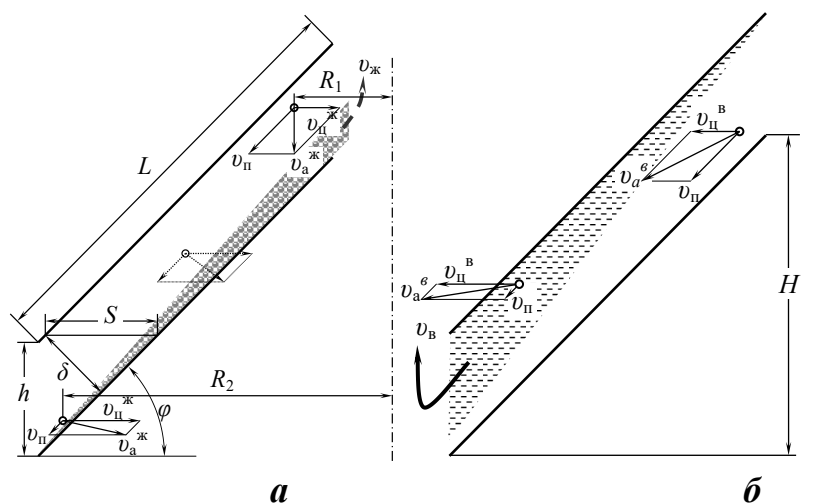


Рис. 14.20. Схеми до аналізу виділення вершків (а) та відвійок (б) в барабані сепаратора і визначення його параметрів

14.4.3.3. Визначення параметрів барабана сепаратора

Для розрахунку параметрів барабана приймаємо середнє значення швидкостей $v_{п.с}$ – потоку і $v_{ц.с}$ – виділення жирової кульки у напрямку, перпендикулярному осі обертання сепаратора. Для того, щоб жирові кульки були виділені із молочної плазми і набули напрям руху, протилежний переміщенню загального потоку, щоб вони були притиснуті до поверхонь нижніх тарілок за час руху потоку молока в просторі між тарілками.

Тоді:

$$L = v_{п.с} \tau, \quad (14.34)$$

$$S = v_{ц.с} \tau, \quad (14.35)$$

де τ – час руху жирової кульки від верхньої тарілки до нижньої.

Після знаходження часу τ і прирівнявши його вирази за рівняннями (14.34) та (14.35) одержимо залежності між параметрами між тарілкового простору і значеннями швидкостей:

$$\frac{L}{v_{п.с}} = \frac{S}{v_{ц.с}}. \quad (14.36)$$

Замінімо довжину L твірної конуса тарілки сепаратора через значення радіусів зрізаного конуса:

$$L = \frac{R_6 - R_M}{\cos \varphi},$$

а відстань між тарілками сепаратора по горизонталі –

$$S = \frac{h}{\sin \varphi}.$$

Згідно (14.33) середня швидкість жирової кульки у напрямку, перпендикулярному осі обертання барабана, має такий вигляд:

$$v_{ц.с} = \frac{0,29}{18} d^2 \omega^2 \frac{R_6 - R_M}{2} t_M. \quad (14.37)$$

Пропускна здатність (продуктивність Q) барабана сепаратора зумовлюється величиною площі перерізу робочого зазору між його тарілками:

$$Q = F v_{п.с}, \quad (14.38)$$

де F – площа перерізу простору між тарілками барабана:

$$F = 2\pi R h(z-1); \quad (14.39)$$

R – змінний радіус між тарілкового простору; z – кількість тарілок в барабані сепаратора.

Звідси:

$$v_{\Pi} = \frac{Q}{F} = \frac{Q}{2\pi R(z-1)}. \quad (14.40)$$

Рівняння (14.39) свідчить, що швидкість потоку v_{Π} знаходиться у зворотній залежності від радіуса R (рис. 14.21). З метою визначення середнього значення швидкості потоку $v_{\Pi.c}$ обчислимо площу між кривою v і віссю OR у проміжку від R_M до R_6 .

$$F_v = \frac{Q}{2\pi h(z-1)} \int_{R_M}^{R_6} \frac{dR}{R}. \quad (14.41)$$

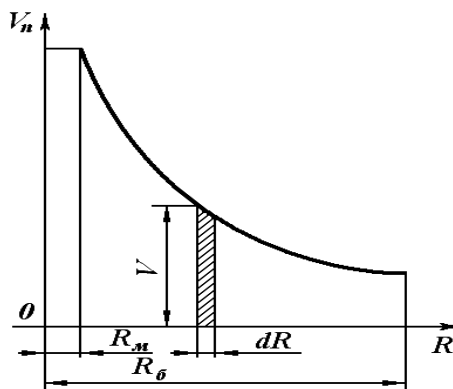


Рис. 14.21. Характер зміни швидкості потоку в радіальному напрямку барабана

Середнє значення швидкості потоку після поділу знайденої площі F фігури на довжину її основи:

$$v_{\Pi.c} = \frac{Q}{2\pi h(z-1)(R_6 - R_M)} \ln \frac{R_6}{R_M}. \quad (14.42)$$

Підставимо в рівняння (15.36) знайдені середні значення швидкостей $v_{\Pi.c}$ та $v_{ц.с}$ і параметри L та S міждискового простору і розв'яжемо його відносно продуктивності сепаратора:

$$Q = \frac{0,29\pi h}{18} (R_6^2 - R_M^2)(R_6 - R_M)(z-1) d^2 \omega^2 \frac{k t_M \operatorname{tg} \varphi}{\ln \frac{R_6}{R_M}}, \quad (14.43)$$

де k – коефіцієнт, який залежить від конструктивних особливостей сепаратора.

Для визначення параметрів тарілок барабана розглянемо співвідношення:

$$\frac{H}{h} = \frac{v_x \tau}{v_c \tau} = \frac{v_n}{v_c} \quad (14.44)$$

та

$$H = \frac{\delta v_n}{v_c}, \quad (14.45)$$

де δ – величина робочого зазору між тарілками барабана; H – висота тарілки.

З урахуванням кута α нахилу твірної тарілок можна визначити:

$$L = \frac{H}{\sin \alpha}; \quad (14.46)$$

$$H = (R_k - R_o) \operatorname{tg} \alpha; \quad (14.47)$$

$$\delta = h \cos \alpha. \quad (14.48)$$

Відстань R_o від осі обертання барабана до отворів у тарілках, які утворюють в їх пакеті вертикальні канали, рекомендується розраховувати залежно від заданого об'ємного відношення вершків до відвійок:

$$R_o = \sqrt{\frac{\varphi R_k^2 + r_o^2}{1 + \varphi}}, \quad (14.49)$$

де φ – об'ємне відношення відділюваних вершків до відвійок, в практиці сепарації молока регулюється в межах від 1:4 до 1:12; r_o – діаметр отворів у тарілках.

14.4.3.3. Об'єм грязьового простору і час безперервної роботи сепаратора-очисника

При відцентровому очищенні молока тривалість (τ_6) безперервної роботи сепаратора обумовлюється його продуктивністю (Q), об'ємом (V_2) грязьового простору та ступенем забруднення (p) молока:

$$\tau_6 = V_2 \gamma_\Gamma / Qp, \quad (14.50)$$

де γ_Γ – об'ємна маса відділень (сепараторного слизу).

Об'єм грязьового простору в барабані очисника залежить від його конструктивних особливостей. Для барабана з набором тарілок становить:

$$V_{\Gamma} = \pi (R_{\max}^2 - R_{\min}^2) H_{\Pi}, \quad (14.51)$$

де $R_{\max}$ – максимальний радіусу грязьової камери (рівний внутрішньому радіусу кришки барабана); $R_{\min}$ – мінімальний радіус грязьового простору, який повинен бути на 3–5 мм більшим R_6 (див. рис. 14.20); H_{Π} – висота пакету тарілок барабана.

14.4.3.4. Критична швидкість барабана

Нині використовують молочні сепаратори, в яких з метою підвищення продуктивності кутову швидкість вала барабана збільшують до 4000 рад/с. При незначному відхиленні центра мас барабана відносно осі його обертання виникають відцентрові сили інерції, здатні зруйнувати конструкцію. При відповідних значеннях кутових швидкостей виникають сильні вібрація і биття вала у місцях опор. Такого рівня кутові швидкості вала барабана сепаратора називаються критичними. Їх визначаються з таких передумов.

На рис. 14.22 зображена схема барабана сепаратора, який обертається навколо вертикальної осі. Вал барабана закріплений у двох опорах, відстань між ними дорівнює l . Відстань між верхньою опорою і центром мас барабана сепаратора дорівнює s . Відхилення центра мас барабана відносно осі обертання позначимо через e . В результаті обертання за такого конструктивного виконання виникає сила, яка прагне вигнути вал барабана. Стріла вигину має величину f . Тоді відцентрова сила інерції визначиться рівнянням:

$$P_{\text{вц}} = m(e + f)\omega^2, \quad (14.52)$$

де m – маса барабана; ω – кутова швидкість барабана.

Вал барабана має пружні властивості і прагне відновити початковий стан. Відновлююча сила при цьому становить:

$$P_{\text{р}} = K_{\text{в}} f, \quad (14.53)$$

де $K_{\text{в}}$ – жорсткість вала.

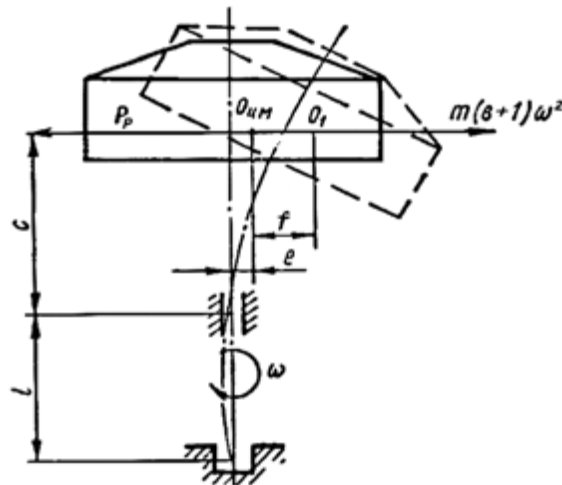


Рис. 14.22. Схема до визначення критичної швидкості обертання барабана

За умови рівності сил $P_{вц}$ і P_p розв'яжемо рівняння відносно стріли вигину f :

$$f = me\omega^2 / (K_B - m\omega^2). \quad (14.54)$$

У тому випадку коли $f \rightarrow \infty$, $K_B - m\omega^2 \rightarrow 0$. Критична кутова швидкість складає:

$$\omega_{кр} = \sqrt{K_B / m}. \quad (14.55)$$

З теорії пружності відомо, що стріла вигину f для даного конструктивного оформлення сепаратора має вигляд:

$$f = P_{вц} c^2 (c + l) / 3EI,$$

де E – модуль пружності матеріалу вала; I – момент інерції перерізу вала.

Приймаємо $P_{вц} = 1$ і за умови $P_{вц} = P_p$, одержимо:

$$K_B = 3EI / [c^2 (c + l)]. \quad (14.56)$$

Після підстановки значення жорсткості K_B у рівняння (14.55) будемо мати:

$$\omega_{кр} = \sqrt{3EI / [mc^2 (c + l)]}. \quad (14.57)$$

Оскільки сепаратор працює у надкритичній зоні кутових швидкостей, під час конструювання слід враховувати процес переходу діапазону критичних кутових швидкостей при розгоні сепаратора до установленого режиму. З цих міркувань верхня опора вала барабана сепаратора виконується пружною, має амортизуючі елементи (так звана плаваюча опора).

14.4.3.5. Споживана потужність

При виборі привода необхідно визначити максимальну його потужність, яка споживається під час пуску сепаратора. Вона становить:

$$N = \frac{I_6 \omega^2}{t}, \quad (14.58)$$

де I_6 – момент інерції барабана сепаратора.

Час розгону t сепаратора залежно від його конструкції може бути в межах 150–300 с.

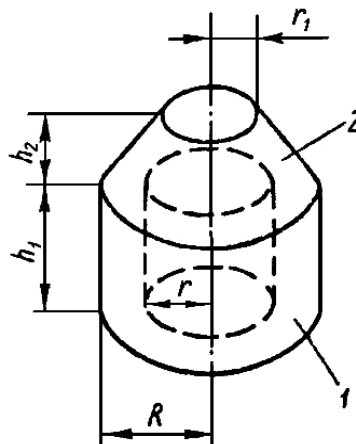


Рис. 14.23. Схема до визначення моменту інерції барабана:
1 – порожнистий циліндр; 2 – зрізаний конус

Для визначення теоретичного моменту інерції барабана сепаратора його складну геометричну фігуру (рис. 14.23) умовно ділять на дві прості геометричні фігури – порожнистий циліндр 1 і зрізаний конус 2. За відомими методами визначають моменти інерції обох фігур, після чого знаходять сумарний момент інерції барабана сепаратора:

$$I_6 = \frac{\pi \gamma}{10} \left[5(R^4 - r^4) h_1 + \frac{R^5 - r_1^5}{R - r_1} h_2 \right], \quad (14.59)$$

де R і r – радіуси барабана, відповідно зовнішній і внутрішній; h_1 і h_2 – висоти відповідно циліндра і зрізаного конуса; γ – об’ємна маса конструкційного матеріалу барабана; r_1 – радіус верхньої основи конуса.

15. СТРИЖКА ОВЕЦЬ, КЛАСИРУВАННЯ І ПАКУВАННЯ ВОВНИ

15.1. Значення механізації стрижки та зоотехнічні вимоги

У вівчарстві найбільш відповідальною і трудомісткою операцією є стрижка овець. Ручне виконання цієї операції вимагає відповідних навичок та класифікації, а також значних фізичних зусиль – близько 1000 натискань ножиців для обстригання однієї голови. До того ж у цьому випадку вовна зрізується нерівномірно, уступами, з утворенням січки. Все це знижує якість та вихід вовни.

Завдяки механізації стрижки значно полегшуються умови роботи й у 3–5 разів підвищується продуктивність праці стригалів (відповідно скорочується тривалість стрижки); за рахунок рівнішого і низького зрізання зменшується наявність „січки” в руні, покращується якість, на 8–13 % збільшується вихід вовни; зменшується кількість порізів шкіри тварин.

Стрижку овець рекомендується проводити в теплу, суху й безвітряну погоду. Календарні терміни залежать від природнокліматичних умов виробничого регіону, а також породи овець. Загальна тривалість стрижки – 10–12 днів.

Овець тонкорунних і напівтонкорунних порід з однорідною вовною стрижуть один раз на рік – весною, з грубою і напівгрубою неоднорідною вовною – весною та восени, а овець романівської породи – в міру підростання вовни через кожні 100 днів. Весняну стрижку слід проводити перед початком природного линяння тварин, а восени із таким розрахунком, щоб до настання холодів з'явився вовняний покрив, здатний захистити тварин.

Відгодівельне поголів'я овець стрижуть за 1,5–2 місяці до забою, а овець, хворих на коросту, бруцельоз тощо – після стрижки здорового поголів'я, дотримуючись всіх ветеринарносанітарних правил. По завершенні стрижки приміщення, обладнання, а також одяг стригалів дезінфікують.

Незвичне положення тварин під час стрижки може призвести до порушення функцій органів травлення і спричинити захворювання, а інколи й падіж овець. З метою профілактики вказаних явищ овець не годують і не напувають протягом 12–15 год перед стрижкою. Крім того, така витримка сприяє одержанню якісної вовни, оскільки нагодовані й напоєні вівці виділяють більше сечі, поту і фекалій. Не слід також стригти овець із вогкою вовною, яка буде самозігріватися і пріти в паках, втрачати міцність і колір.

У процесі стрижки необхідно дотримувати таких основних правил:

- бережно поводитися з тваринами, не травмувати їх;
- вовну зрізати якомога нижче і рівніше, не залишати ділянок із високою вовною, забезпечувати цілісність руна, одержаного при якісній стрижці. Від цього, у першу чергу, залежить вихід вовни, а від довжини волокон – її якість;
- не робити повторних зрізів (перестигання), оскільки це є причиною утворення січки, яка значно погіршує якість вовни, знижує міцність одержаної з неї пряжі;
- не допускати порізів, а при їх появі обов’язково обробляти рани дезрозчином креоліну або спеціальною маззю для попередження заражень личинками мух.

15.2. Способи стрижки та їх оцінка

Стрижка овець – складний виробничий процес, який включає такі операції: підгін отари до пункту стрижки, підготовка тварин, власне стрижка овець, класифікування вовни та її пакування. Оскільки стрижку необхідно проводити у стислі терміни, весь комплекс робіт потребує раціонального планування і чіткої організації. Слід скоригувати терміни стрижки залежно від поголів’я овець та їх розміщення на пасовищах, визначити кількість стригальних бригад чи ланок, вибрати місця їх розташування, перевірити стан транспортних засобів і доріг, наявність стригалів та іншого персоналу, їх класифікацію тощо. Розробляється планмаршрут підгону отар до стригальних пунктів, уточнюються норми виробітку й оплати праці, організація робіт, методи стрижки.

У господарствах України застосовують два методи стрижки овець: індивідуальний і поточковий.

При застосуванні *індивідуального методу* овець заганяють у бази, розташовані біля робочих місць стригалів. Стригаль або робітник-подавальник підводить вівцю до робочого місця і кладе її на стелаж чи спеціальний стіл. Залежно від кваліфікації стригаль під час стрижки один або два рази перевертає вівцю, інколи попередньо виключаючи машинку. Далі робітник-подавальник чи стригаль випускає її у баз для обстрижених овець. Вовну (руно) після стрижки кожної вівці стригаль відносить на зважування і класифікування, потім повертається на робоче місце.

При затупленні різальної пари стригаль міняє ніж і гребінку, регулює і змащує машинку. Заточування й доводку ножів та гребінок (різальних пар) виконують точильник або майстер-наладчик, який обслуговує комплект обладнання під час стрижки.

Поточковий метод стрижки овець здійснюється на спеціальних конвеєрах або карусельних установках. Робітник-подавальник підводить вівцю до конвеєра або карусельної установки, кладе її на робоче місце (рухомий стіл) і кріпить до стола спеціальними пасками. Рухомий стіл із вівцями переміщується від одного стригалю до іншого, кожний з них обстригає певну ділянку тіла тварини. Потім інший підсобний робітник вівцю розв'язує і випускає у баз для обстрижених овець, а руно кладе на транспортер, яким воно подається на зважування і класифікування.

Оскільки легше і швидше освоїти навички стрижки якоїсь однієї ділянки, ніж всією вівцю, поточковий метод сприяє підвищенню продуктивності праці і одержанню якісної вовни, дозволяє ефективніше використовувати як висококваліфікованих стригалів, так і початківців. Проте в цьому разі всі стригалі повинні повністю виконувати свою операцію за обумовлений відрізок часу. У випадку порушення цієї умови на стригалів заключних операцій припадає підвищене навантаження, що призведе до порушення ритму, простою стригалів на інших ділянках конвеєра, нерівномірного розподілу праці.

Механізація стрижки овець розвивалась в основному шляхом удосконалення конструкції стригальної машинки та організації процесу.

Перша машинка для стрижки овець була створена у 1887 р. ірландцем Ф.І. Волслей в Австралії. У процесі удосконалення механічний канатний привод спочатку був замінений фрикційним, а згодом електричним (груповим та індивідуальним). Вітчизняна промисловість у 1934 р. почала випускати електромеханічні вузькозахватні (76,8 мм) машинки. На базі останньої в 1960 р. була розроблена машинка МСО-77 з полегшеним корпусом з алюмінієвого сплаву. Привод ножа здійснюється через гнучкий вал від підвісного електродвигуна.

Недоліки такої машинки: велика металомісткість, передача реактивного моменту на руку стригаля, обмежена маневреність під час стрижки, небезпечна робоча напруга струму (220–380 В).

Дещо пізніше на основі наукових розробок радянського вченого Ю.І. Краморова була створена більш досконала стригальна машинка МСУ-200 (автор К.А. Месхі), що має прикріплений до рукоятки малогабаритний асинхронний трифазний електродвигун змінного струму високої частоти (200 Гц) з коротко замкнутим ротором. Переваги такої машинки порівняно з попередньою в тому, що реактивний момент приводу не передається на руку стригаля, забезпечується вища маневреність, менша металомісткість і краща безпека праці.

Проте з удосконаленням стригальних машинок сама технологія машинної стрижки суттєво майже не відрізнялась від ручної. Стригаль лише звільнився від багаторазового натискання на ручні ножиці. Тому такий підхід не розв'язує в цілому проблему виключення ручної праці в процесі стрижки.

Вчені всього світу ведуть пошук принципово нових рішень. Наприклад, відомий біохімічний метод зняття вовни, суть якого полягає в тому, що в організм тварини вводять (шляхом ін'єкції чи з кормами) спеціальний препарат, який тимчасово зупиняє ріст клітинок в голівках волосся. У результаті через певний час (8–14 діб) на волокнах вовни утворюються кільцеподібні звуження, що легко

ламаються і дозволяють вручну або спеціальними механічними пристосуваннями знімати руно з тіла вівці. При цьому повністю виключаються порізи шкіри тварини і січка вовни, різко скорочуються трудові й економічні витрати на цей процес, з'являється можливість використання працівників низької кваліфікації. Впровадження описаного методу стримується необхідністю обґрунтування точної дози препарату і всебічної перевірки післядії його використання.

15.3. Машини та обладнання

15.3.1. Загальна будова

Стрижка овець може бути організована на стаціонарних або пересувних пунктах, комплекти обладнання яких створюють поточну лінію, що забезпечує механізацію стрижки овець та первинної обробки вовни. До складу таких комплектів можуть входити:

- електростригальний агрегат, сучасна модифікація якого включає електростанцію або блок перетворювача струму, стригальні машинки та точильний апарат; універсальне переносне накриття у вигляді збірного каркасу з металевих труб, накритого брезентом. Використовується як двоскатний навіс для захисту від непогоди;
- переносна огорожа загону нестрижених овець, а також для оцарків;
- переносні столістелажі для стрижки;
- транспортер вовни;
- ваги для зважування рун та пак вовни;
- стіл для класирування та гідравлічний прес для пакування вовни;
- бокси для тимчасового зберігання класированої вовни до пресування;
- побутове обладнання (бак для води, духова, табуретки тощо).

15.3.2. Стригальні агрегати

Основним технологічним обладнанням стригального пункту є стригальний агрегат. Сучасні варіанти стригальних агрегатів включають (рис. 15.1): електростанцію або блок перетворювача струму, що забезпечує на виході в робочу мережу змінний струм частотою 200 Гц і має можливість двоступінчастого регулювання напруги залежно від кількості працюючих стригалів (підключених машинок); 12 стригальних машинок, електропривод яких розрахований на напругу 36 В; точильний апарат, оснащений захисним кожухом для поліпшення умов праці.

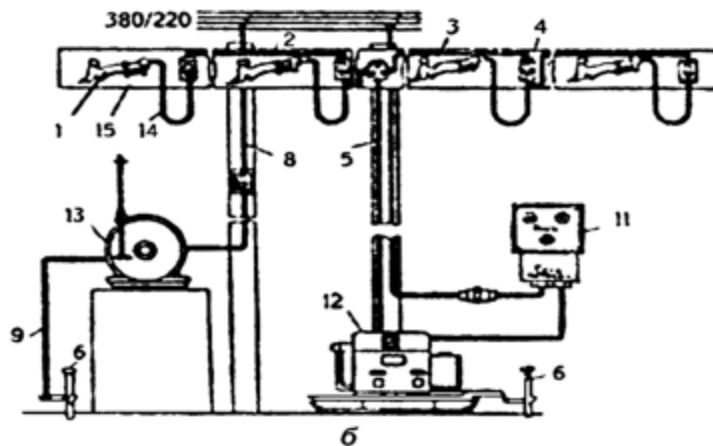


Рис. 15.1. Структурна схема електростригального апарату: 1 – стригальна машинка; 2 – розподільча електромережа низької напруги;

3 – кронштейни для підвішування машинки; 4 – пускач; 5 – живильний кабель; 6 – штир заземлення; 7 – перетворювач струму; 8 – електромережа живлення заточувального апарату; 9 – дріт заземлення; 10 – напівавтомат для загострення різальних пар; 11 – пульт керування; 12 – перетворювач частоти струму; 13 – точильний апарат; 14 – шнур живлення стригальної машинки; 15 – дерев'яна панель

Блокперетворювач (рис. 15.2) змінює трифазний струм на частоту 200 Гц при напрузі 36 В. Він складається з рами, електродвигуна 2, перетворювача 8 частоти і напруги струму, щита приладів 4 з амперметрами 5 і 6 та вимикачами 3 і 7.

За допомогою щита приладів здійснюється керування передачею енергії від перетворювача 8 до електродвигунів стригальних машинок, а також контроль напруги і сили струму на вході і виході.

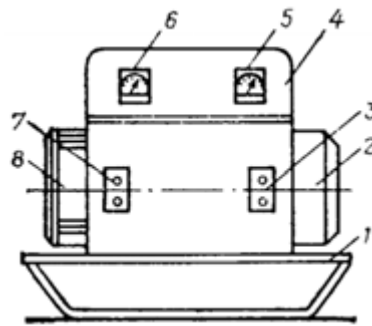


**Рис. 15.2. Загальний вигляд блокаперетворювача струму: 1 – рама;
2 – електродвигун; 3, 7 – вимикачі, 4 – щит приладів; 5, 6 – амперметри;
8 – перетворювач**

Стригальна машинка (рис. 15.3, 15.4) забезпечує безпосереднє знімання вовняного покриву з овець. Основні її елементи – стригальна головка і високочастотний асинхронний електродвигун із короткозамкненим ротором та шнуром живлення.

До початку роботи проводять розконсервацію і очищають від бруду стригальне обладнання, здійснюють його зовнішній огляд з метою виявлення пошкоджень, які можуть виникати при транспортуванні чи у процесі зберігання.

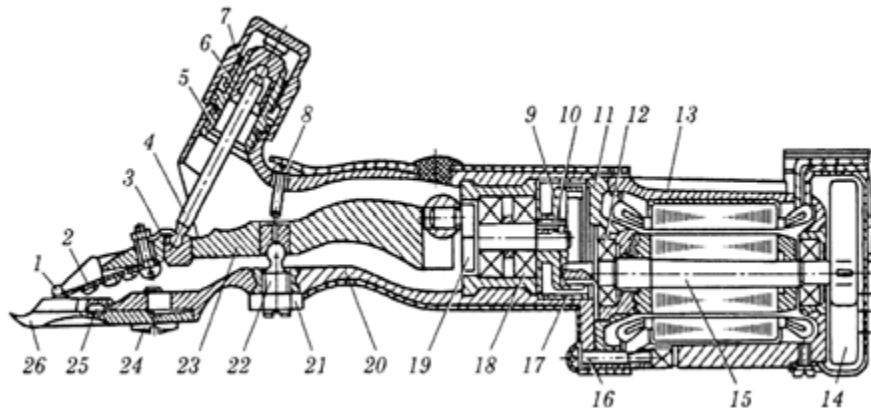


**Рис. 15.3. Стригальна машинка: 1, 2 – ліва і права натискні лапки;
3 – підп'ятник підп'рного стержня; 4 – підп'рний стержень; 5 – штуцер;
6 – натискний патрон; 8 – запобіжний гвинт; 9 – зубчасте колесо;
10 – штифт; 11 – щит підшипника; 12, 18 – підшипники; 13 – корпус електродвигуна;
14 – вентилятор; 15 – валшестерня ротора; 16 – гвинт; 17 – втулка; 19 – ексцентрик;
20 – корпус машинки; 21 – спеціальна гайка; 22 – центр коливання; 23 – важіль;
24 – гвинт гребінки; 25 – ніж; 26 – гребінка**

Розбирають машинку у такій послідовності. Викручують гвинти і від'єднують електродвигун від стригальної головки. Провертають на 2–3 оберти натискну гайку, піднімають важіль з натискними лапками і

знімають ніж. Перевертають корпус стригальної головки гребінкою вгору, ослаблюють гвинти кріплення і знімають гребінку. Знову перевертають корпус натискною гайкою вгору і відкручують її. Піднімають важіль і виймають натискний патрон, звільняють від пружини і виймають упорний стержень. Викручують запобіжний гвинт та центр коливання і виймають із корпусу важіль з роликом, пружинами та натискними лапками. Відокремлюють пружини та лапки від важеля. Вибивають за допомогою бородка вал ексцентрика з підшипниками та іншими деталями. Виймають штифт і знімають із вала ексцентрика шестерню та підшипники. Знімають стопорну пружину і від'єднують шнур живлення від електродвигуна. Викручують гвинти кріплення струмопровідних жил з панелі і виймають останню з кожуха, на зворотному боці панелі розв'язують вузол шнура. Виймають штифт кріплення вентилятора і знімають його, легкими ударами вибивають вал ротора. Знімають із вала задній підшипник. Збирають машинку в зворотній послідовності.

Перед приєднанням стригальних машинок до електричної мережі перевіряють легкість ходу їх рухомих елементів шляхом провертання вала електродвигуна викруткою крізь отвір з боку кожуха вентилятора. Рух повинен бути плавним, без стуків і заїдання.

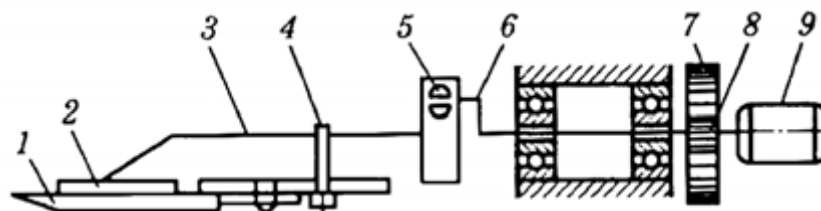


Рис. 15.4. Кінематична схема стригальної машинки:

- 1 – гребінка; 2 – ніж; 3 – двоплечий важіль; 4 – центр коливання важеля;
5 – шарнір (ролик); 6 – ексцентрик; 7 – ведена шестерня;
8 – ведуча шестерня; 9 – електродвигун

Після цього регулюють машинки. При цьому необхідно правильно встановити гребінку, відрегулювати її положення на корпусі головки та зазор між ножем і гребінкою (зусилля притискання ножа). Гребінку встановлюють так (рис. 15.5), щоб відстань від фасок її зубців до ножа становила 1–2 мм і різальні кромки зубців ножа в крайніх положеннях збігалися із кромками крайніх зубців гребінки, а не виходили за її межі.

Для цього необхідно послабити гвинти кріплення гребінки і відрегулювати її положення відповідно до зазначених вимог, а потім міцно закріпити гвинтами. Контролюють правильність установлення гребінки відносно ходу ножа провертанням електродвигуна викруткою.

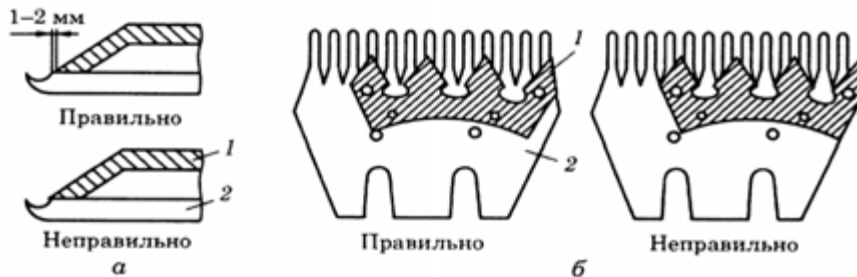


Рис. 15.5. Регулювання положення гребінки на вихід зубців (а) та відносний хід ножа (б): 1 – ніж; 2 – гребінка

Положення важеля в корпусі регулюють підніманням або опусканням центра його коливання (перед цим ослаблюють стопорну гайку) з такою умовою, щоб ролик ексцентрика у верхньому положенні виступав з вилки хвостової частини важеля приблизно на одну третину свого діаметра (менше 4 мм). Ролик підводять у верхнє положення, провертаючи вал електродвигуна викруткою.

При регулюванні притискання ножа до гребінки спочатку закручують гайку, а потім поступово відпускають її доти, поки ротор електродвигуна не буде легко провертатися викруткою.

Стрижку овець здійснюють таким чином. Отару овець, призначених для стрижки, поміщають у загони, звідки стригалі беруть їх, стрижуть і випускають у лічильні загони (оцарки). Зняту вовну (руно) стригалі кладуть на транспортер, яким вона переміщується до столу вагаряобліковця. Після зважування вовна надходить на класирування, а потім у бокси або пересувні візки. У міру їх заповнення вовну пресують. Паки вовни маркують і складують.

У процесі стрижки овець необхідно користуватися лише справними, відрегульованими машинками; не працювати затупленою різальною парою (ніж і гребінка); забезпечувати захоплювання вовни на повну ширину гребінки і не допускати при цьому перекошування машинки; не залишати не зрізану вовну на тварині і не робити

повторних проходів машинкою у місцях, де вовна зрізана високо; зберігати цілісність руна; не допускати порізів шкіри овець, а також грубого поводження з тваринами; дотримувати техніки безпеки.

У процесі експлуатації стригального обладнання передбачені щоденні і періодичні (один раз на місяць) технічні обслуговування.

Щоденно до початку роботи оглядають електростанцію (генератор), щит керування, пристрій заземлення і пересвідчуються у їх справності, міцності затискання всіх контактів силової мережі, надійність кріплень. Перевіряють кріплення робочих органів машинки і якість заточування різальної пари, надійність кріплення головки машинки до електродвигуна, легкість обертання його ротора. Різальні пари промивають у 5%ному гарячому содовому розчині, потім змащують.

Перевіряють чистоту і справність, а також надійність кріплення диска точильного апарата. Після включення того чи іншого апарата прослуховують його і пересвідчуються у відсутності сторонніх шумів.

Під час роботи стежать за рівномірністю притискання ножа до гребінки, наявністю масла у вузлах тертя, ступенем нагрівання корпусу машинки, електродвигуна і окремих з'єднань. Періодично, у міру забруднення та в кінці роботи, очищають головку машинки від жиру, поту тощо, а також вентиляційні канали електродвигуна точильного апарата.

Для заміни різальних пар у процесі роботи (при відключеному електродвигуні) відкручують на 2–3 оберти натискну гайку, піднімають важіль із натискними лапками і знімають ніж. Повертають машинку гребінкою вгору, послаблюють гвинти кріплення і знімають гребінку. Після цього встановлюють нову або загострену різальну пару і регулюють положення гребінки відносно ножа. Регулюють також положення важеля в корпусі машинки. Змащують різальну пару і ролик ексцентрика (крізь оглядовий отвір, розміщений у верхній частині корпусу головки).

Заточують різальні пари так. Включають електродвигун точильного апарата. Диск повинен обертатися проти годинникової

стрілки. На чавунний диск, що обертається зі швидкістю 1450 об/хв., пензлем наносять шліфувальну пасту.

Ніж або гребінку встановлюють спеціальними отворами на штифти тримача зубцями вверх і притискають його до поверхні диска. У процесі заточування ніж або гребінку з тримачем поступово пересувають від центра до периферії диска і назад. Якість заточування перевіряють за допомогою лекальної лінійки. Після заточування різальну пару знову встановлюють на машинку. У процесі стрижки ніж і гребінка припрацьовуються, а тому їх не рекомендується розпаровувати.

Заточувальні апарати призначені для загострювання різальних пар (ніж і гребінка) машинок для стрижки овець. Точильний апарат має (рис. 15.6) станину, чавунний диск 5, тримач 7, супорт 4, електродвигун 8 і коробку передач. Електродвигун потужністю 0,4 кВт підключається до мережі змінного струму напругою 380/220 В. Корпус точильного апарата заземлюється.

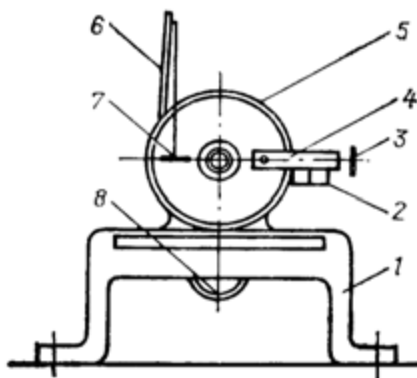


Рис. 15.6. Конструктивна схема точильного апарата:

**1 – станина; 2 – коробка включення автоматичної подачі різця;
3 – маховик; 4 – супорт; 5 – диск; 6 – стояк; 7 – тримач (ножа, гребінки);
8 – електродвигун**

15.3.3. Обладнання для транспортування і класифікування вовни

До комплекту обладнання для доставки і обробки вовни після стрижки овець входять транспортер, класифікувальний стіл, ваги для зважування рун та пак, а також бокси для тимчасового зберігання класифікованої вовни до пресування.

Основою *транспортера* (рис. 15.7) є ферма (рама), зібрана з окремих секцій за допомогою болтових з'єднань. На кінцях ферми встановлені каркаси натяжної та приводної секцій, які опираються на стояки, підставку і тумбу. Вздовж всього транспортера є щитки огороження, а на кронштейнах, закріплених до секцій ферми, – дерев'яна панель (див. рис. 15.1) для підвішування стригальних машинок.

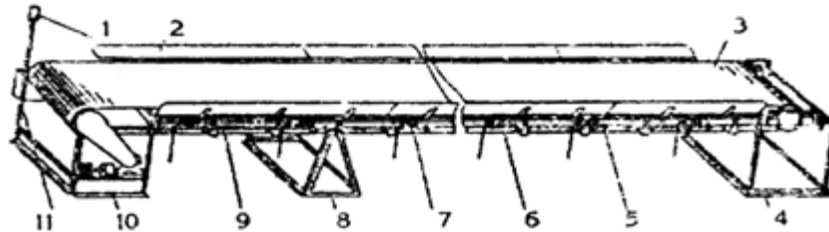


Рис. 15.7. Конструктивна схема конвеєра для вовни: 1 – кронштейн; 2 – щиток; 3 – стрічка; 4 – натяжна станція; 5 – ванночка; 6 – пускач; 7 – планка; 8 – підставка; 9 – секція рами; 10 – приводна станція; 11 – розподільний ящик

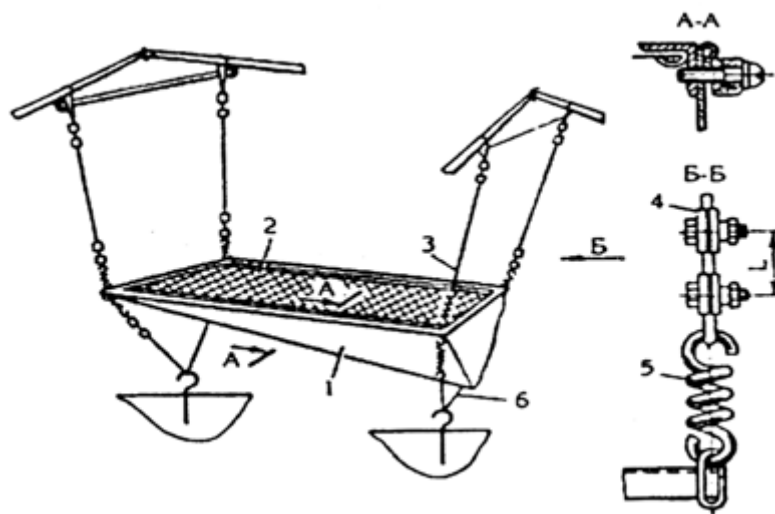


Рис. 15.8. Конструктивна схема стола для класифікування вовни: 1 – піддон; 2 – рама із сіткою; 3, 6 – верхня та нижня розтяжки; 4 – хомут; 5 – пружина

На приводній станції закріплена електророзподільна коробка (шафа), від якої електромережа підведена до пускачів та електроприводів.

На приводний та натяжний барабани натягнута стрічка конвеєра, натяг якої регулюють за допомогою гвинтових пристроїв.

Класифікаційний стіл (рис. 15.8) являє собою раму з напнутою на неї сіткою. Стіл підвішують між перекриттям і підлогою за допомогою верхніх та нижніх розтяжок. Під столом до рами кріплять брезентовий піддон для збирання відходів.

Ваги використовують для зважування рун вовни, а також для спресованих пак. Межі зважування перших становлять від 1,25 до 25 кг, других – 25–500 кг.

15.3.4. Обладнання для пресування вовни

Для кращого зберігання, ефективнішого використання складських приміщень та транспортних засобів вовну овець після стрижки та класифікації доцільно пресувати у паки.

Прес гідравлічний для вовни призначений для пресування і пакування немитої овечої вовни. Він складається (рис. 15.9) з рами, на якій встановлені стояк і станина, з'єднані між собою стяжками. До станини кріпиться гідроциліндр, шток якого оснащений пресувальною плитою. Між стояком і станиною на рамі розміщена завантажувальна камера, яка може переміщуватися на котках вздовж рами за допомогою гідроциліндра.

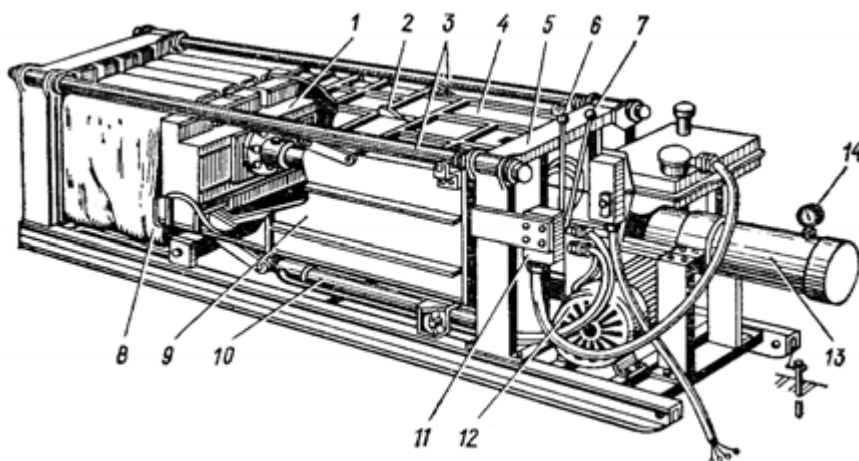


Рис. 15.9. Загальний вигляд преса гідравлічного для вовни:

- 1 – пресувальна плита; 2 – уловлювач; 3 – стяжка; 4 – кришка;
5 – станина; 6 – важіль керування плитою; 7 – важіль керування камерою;
8 – рольганг; 9 – камера; 10 – гідроциліндр привода камери;
11 – розподільник; 12 – електропривід; 13 – гідроциліндр привода плити;
14 – манометр

У процесі підготовки преса до роботи встановлюють маслянки на котки камери, заземлюють прес, заливають у гідросистему 60 кг масла, промивають внутрішні поверхні камери для видалення захисного покриття. Потім перевіряють положення важелів керування (перед пуском вони повинні бути у нейтральному положенні) і напрямок обертання насоса (відповідно до позначки на корпусі). У холостому режимі перевіряють взаємодію механізмів преса і, персвідчившись у стабільній його роботі, приступають до завантаження.

За допомогою важелів керування камеру і пресувальну плиту встановлюють у крайнє праве положення (якщо дивитися з боку важелів керування, рис. 15.10). На камеру з боку стояка одівають спеціальний мішок так, щоб кути його збігалися з кутами камери, а просвіт її був рівномірно закритий дном мішка. Камеру з мішком переводять у крайнє ліве положення і крізь отвір, що закривається кришкою, завантажують вовною. Після заповнення камери кришку закривають і здійснюють перше підпресовування. При цьому пресувальна камера проштовхує вовну за уловлювачі, які утримують її в передній частині камери при повертанні плити у вихідне положення. Звільнену порожнину камери знову заповнюють вовною і знову підпресовують. Залежно від якості і кількості вовни завантаження її у камеру, перед кінцевим пресуванням може здійснюватися 3–4 попередніх підпресовувань. Потім на пресувальну плиту підвішують на спеціальних зачепах клапан, заповнюють вовною вільну порожнину камери і виконують заключне пресування. Після цього, під час руху камери у ліве положення, мішок автоматично одівається на спресовану паку вовни.

Перед обв'язуванням паки дротом кінці мішка заправляють так, щоб вони заходили один за одним і вовна не виступала зовні. У спресованому стані паку в п'ять рядів обв'язують дротом. Дріт протягують зверху вниз крізь пази пресувальної плити, потім пропускають під пакою крізь напрямні трубки і виводять наверх. Кінці закрученого дроту повинні бути загнуті. Для виключення надмірного збільшення розмірів паки необхідно, щоб дріт при обв'язуванні щільно охоплював її по периметру. Короткі боки паки у стиснутому стані зашивають шпагатом. Для прискорення процесу пакування, обв'язування і зашивання паки можна здійснювати одночасно.

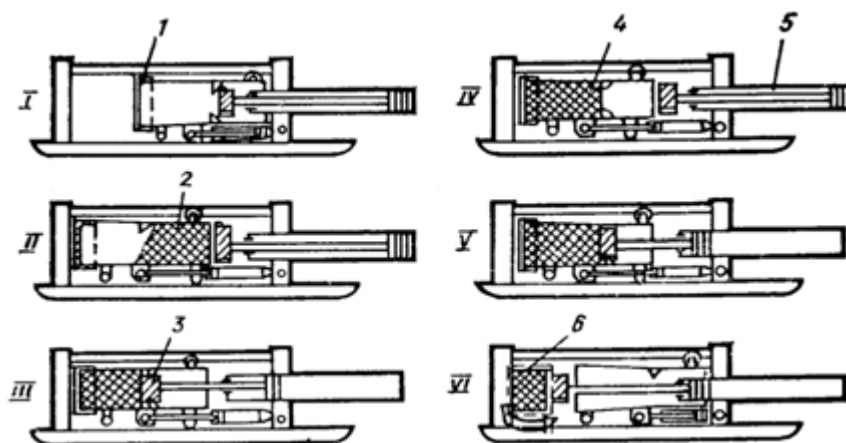


Рис. 15.10. Схема технологічного процесу пресування вовни: I – вихідне положення; II – заповнення камери вовною; III – перше підпресовування; IV – повернення пресуючої плити у вихідне положення; V – наступні підпресування паки; 1 – мішок вовни; 2 – вовна; 3 – пресуюча плита; 4 – уловлювачі; 5 – гідроциліндр; 6 – дріт

Після упакування вовни пресуючи плиту відводять у вихідне положення: пака опускається на рольганг і виштовхується із преса.

У разі надмірного завантаження камера після заключного пресування може не стягуватися з паки. Тоді потрібно виключити привод стягування камери, включити привод пресувальної плити, відвести на 100–150 мм, виключити привод плити і знову включити привод стягування камери. Камера повинна легко піти назад. Не чекаючи, доки камера дійде до вихідного положення, включають привод плити і повертають її на місце.

Якщо не спрацює автомат повертання важелів керування у нейтральне положення, необхідно відразу ж перевести їх у це положення вручну.

15.4. Основи теорії і розрахунку

15.4.1. Стригальні машинки

Конструкції стригальних машинок за схемою привода розподіляють на дві групи: з виносним електродвигуном, від якого крутий момент передається через гнучкий вал, та з електродвигуном, вмонтованим або прикріпленим до ручки (головки).

Кінематична схема машинки (рис. 15.11) передбачає перетворення обертального руху вала за допомогою ексцентрикового механізму у коливальний, який передається двоплечим важелем до ножа. За один оберт ексцентрикового вала здійснюється один подвійний хід ножа за шириною гребінки.

Різальна пара, що складається з ножа та гребінки, які щільно прилягають між собою, є робочим органом стригальної машинки. Саме цей робочий орган зрізує вовну в результаті створення в її волокнах граничних дотичних напружень. При цьому гребінка розділяє (розчісує) вовну на окремі пучки, підводить їх до ножа і виконує роль проти різальної пластини, а ніж забезпечує безпосереднє зрізання вовни.

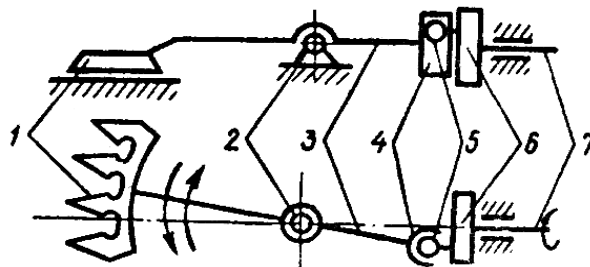


Рис. 15.11. Схема до розрахунку параметрів стригальної машинки:
 1 – ніж; 2 – шарнір коливання важеля; 3 – важіль; 4 – циліндричний паз (вилка) важеля; 5 – кульовий ролик ексцентрика; 6 – ексцентрик;
 7 – вал ексцентрика

Якість зрізання вовни і надійність роботи машинки значною мірою зумовлюються такими параметрами різального апарата: хід ножа S , крок зубців ножа t і крок зубців гребінки t_r . Для забезпечення низького і рівномірного зрізу вовни рекомендується дотримуватися раціонального співвідношення основних параметрів різального апарата, а саме:

$$S = t = 3t_r. \quad (15.1)$$

Дослідами встановлено, що при збільшенні у певних межах швидкості руху ножа якість зрізання поліпшується, а опір його зменшується. Експерименти, проведені В.А. Зябловим, показали, що швидкість різання у стригальній машинці повинна перевищувати критичне значення (0,7 м/с). У разі меншої швидкості зростають енерговитрати на процес стрижки.

Кінематичні параметри визначаються графоаналітичним способом відповідно до схеми передавального механізму машинки (рис. 15.12). Обертальний рух кривошипа ексцентрика OA передається важелю AB , який здійснює коливання відносно центра O_1 . Швидкість v_H (м/с) руху ножа за співвідношенням:

$$\frac{v_H}{v_{цп}} = \frac{\rho}{R}$$

і становить

$$v_H = \frac{\rho}{R} v_{цп}, \quad (15.2)$$

де $v_{цп}$ – швидкість паза ексцентрика (точка A), м/с; ρ – радіусвектор, проведений з центра O_1 в точку різання ножа, м; R – довжина плеча AO_1 важеля, м.

Величину $v_{цп}$ можна виразити так:

$$v_{цп} = \frac{v_x}{\cos \gamma}, \quad (15.3)$$

де v_x – горизонтальна складова швидкості паза, м/с; γ – кут відхилення важеля AB від поздовжньої осі машинки.

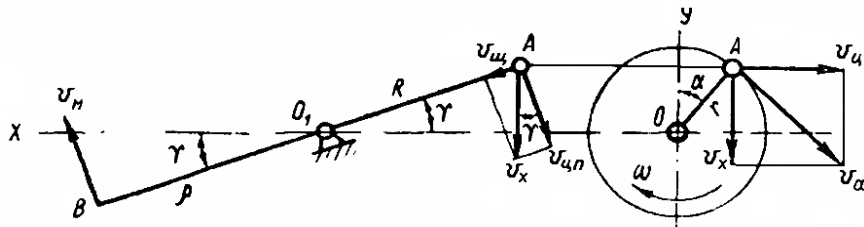


Рис. 15.12. Схема до визначення швидкості ножа

Точка A є загальною як для важеля, так і для пальця ексцентрика (розміщена на осі пальця). Звідси величину v_x можна визначити з умови руху ексцентрика OA за рівнянням:

$$v_x = v_a \sin \alpha = \omega r \sin \alpha, \quad (15.4)$$

де v_a – лінійна швидкість пальця кривошипа OA , м/с:

$$v_a = \omega r;$$

ω – кутова швидкість вала ексцентрика, 1/с; r – радіус кривошипа (ексцентрика), м; α – кут повороту кривошипа.

В існуючих конструкціях стригальних машинок максимальний кут відхилення важеля AB від її осі не перевищує 3–5°, можна

допустити, що $\cos \gamma \approx 1$. Тоді з урахуванням (15.3) та (15.1) формулу (15.2) можна подати у вигляді:

$$v_n = r\omega \frac{\rho}{R} \sin \alpha. \quad (15.5)$$

Оскільки

$$\omega = 2\pi n,$$

то попереднє рівняння набуде такого кінцевого вигляду:

$$v_n = 2\pi n\rho A \sin \alpha, \quad (15.6)$$

де n – частота обертання ексцентрика, с^{-1} ;

$$A = \frac{r}{R} = \text{const.}$$

Залежність (15.6) свідчить, що швидкість ножа змінюється за законом синусоїди. У крайніх мертвих положеннях вона дорівнює нулю, а максимального значення –

$$v_n = 2\pi n\rho A \quad (15.7)$$

набуває у момент суміщення поздовжніх осей симетрії ножа і машинки ($\sin \alpha = 1$). Це вказує на те, що в крайніх точках ходу ножа умови зрізання вовни значно гірші, ніж на середині ходу.

У процесі роботи стригальної машинки ніж взаємодіє з гребінкою. Гребінка розділяє вовну на пучки і підводить їх до ножа. Лезо останнього, рухаючись за законом (15.6), спочатку притискає окремий пучок вовни до нерухомого леза гребінки, стискає його, а потім зрізає. Для надійної роботи різального апарата необхідно на всьому шляху взаємодії лез ножа і гребінки забезпечити відому умову затискання:

$$\chi \leq \varphi_1 + \varphi_2,$$

де χ – кут защемлення (між лезами ножа і гребінки); φ_1 і φ_2 – кути тертя вовни відповідно по лезах ножа та гребінки.

Зрізання вовни ножем відбувається зі зміною радіус-вектора від ρ_0 (відстань від центра O_1 до початку леза ножа) до

$$\rho_k = \rho_0 + h,$$

де h – висота сегмента ножа (див. рис. 15.11), м.

Відповідно до цього та рівняння (15.6) і швидкість різання змінюється від основи до вершини зуба ножа.

Висота сегмента ножа взаємопов'язана зі швидкістю подачі машинки, частотою обертання ексцентрика (число ходів ножа) кутом нахилу леза ножа до осі симетрії машинки і визначає конструктивні параметри різального апарата.

Під час визначення висоти сегмента ножа h допускається, що площа гребінки (переміщення ножа) паралельна тілу вівці, а сам ніж здійснює поступальний рух разом з машинкою та коливальний відносно гребінки з певними середніми швидкостями. Тоді сумарне переміщення будьякої точки леза ножа відбувається прямолінійно під кутом β до лінії, перпендикулярної осі симетрії машинки (рис. 15.11). Величина цього кута залежить від подачі L машинки за один оберт ексцентрика:

$$\operatorname{tg} \beta = L / 2S. \quad (15.8)$$

Оскільки

$$L = v_m / n, \quad (15.9)$$

то

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{v_m}{2nS}, \quad (15.10)$$

де v_m - швидкість подачі машинки, м/с.

Залежно від подачі машинки L оптимальна висота сегмента ножа визначається з урахуванням таких умов:

- звести до мінімуму розмір ділянок, на яких ніж здійснює подвійний прохід (на рис. 15.13 – заштриховано косою лінією), що спричиняє утворенню січки;
- усунути ділянки-пропуски, на яких ніж взагалі не здійснюватиме зрізання вовни.

Вказані умови забезпечуються в тому разі коли лінії CC і $A'A''$ перетинатимуться у точці E в основі зуба гребінки. У цьому випадку необхідна висота зуба ножа буде

$$h = L - (y_1 + y_2). \quad (15.11)$$

З трикутника CEK знайдемо:

$$y_1 = \frac{b}{2} \operatorname{tg} \beta,$$

а з трикутника $EA''I$:

$$y_2 = \left(h \operatorname{tg} \varphi + \frac{b}{2} \right) \operatorname{tg} \beta,$$

де b – ширина зуба гребінки у його основі; φ – кут нахилу леза ножа до осі симетрії.

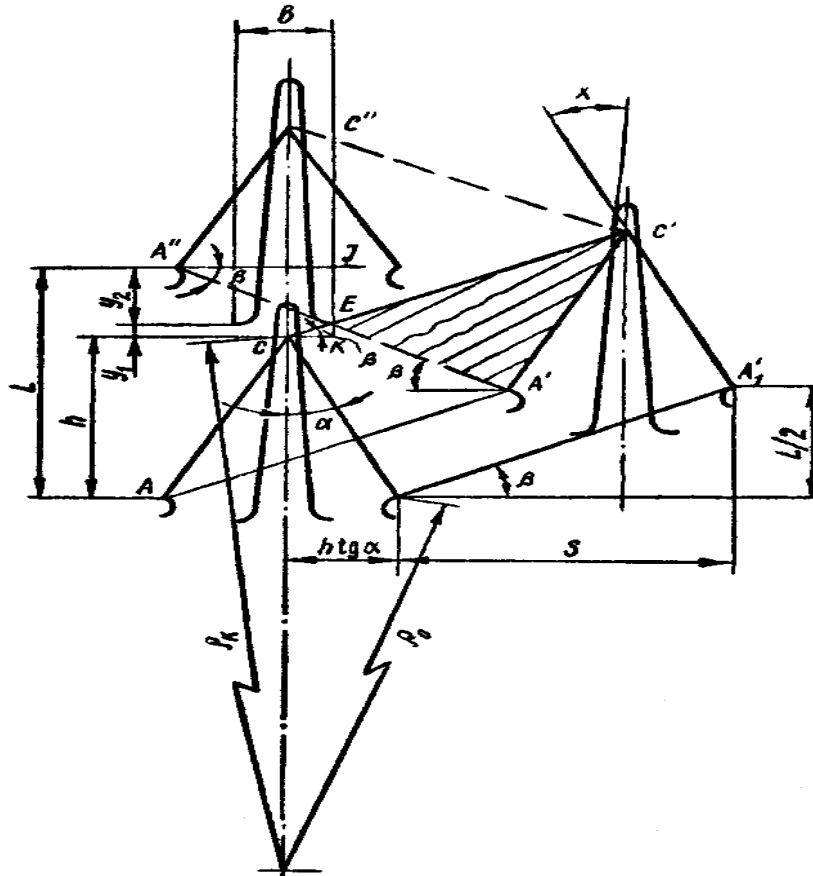


Рис. 15.13. Графік пробігу леза ножа

Підставляючи значення y_1 та y_2 в рівняння (15.11) матимемо:

$$h = \frac{L - b \operatorname{tg} \beta}{1 + \operatorname{tg} \varphi \cdot \operatorname{tg} \beta}, \quad (15.12)$$

або з урахуванням (15.9) і (15.10):

$$h = \frac{v_m (2S - b)}{2nS + v_m \operatorname{tg} \varphi}. \quad (15.13)$$

Тоді розрахункову швидкість машинки можна подати в такому вигляді:

$$v_m = \frac{2nSh}{2S - (b + h \operatorname{tg} \varphi)}. \quad (15.14)$$

Це рівняння встановлює взаємозв'язок основних параметрів різального апарату стригальної машинки.

15.4.2. Технологічного процесу стрижки

У процесі стрижки овець важливе значення має вибір швидкості v_n подачі машинки. Вона забезпечується рукою стригаля і може змінюватися в широких межах залежно від того, яка порода овець чи ділянка її тіла стрижеється, кваліфікації виконавця, прийнятного способу стрижки, стану різальної пари тощо.

Збільшення швидкості подачі машинки підвищує продуктивність праці. Розрахункова швидкість визначається відповідно до рівняння (15.14).

Проте, коли фактична швидкість v_f подачі машинки перевищуватиме розрахункову, тоді з'являються ділянки пропуски, які не обробляються ножом. Вовна на цих ділянках може бути зрізана в положенні значного нахилу вперед. У результаті знижуються якість стрижки (високий нерівномірний зріз) і вихід вовни, виникає потреба в додаткових зусиллях з боку стригаля на відхилення вовни. Якщо ж фактична швидкість подачі машинки буде меншою за розрахункову, тобто

$$v_f < v_m,$$

тоді знижується продуктивність праці, підвищуються питомі витрати енергії і спрацювання деталей передавального механізму.

На основі аналізу розрахункових і дослідних даних встановлено, що оптимальна швидкість подачі стригальної машинки знаходиться в межах 0,7–1 м/с. Верхня межа швидкості рекомендується при використанні нових ножів, коли висота їх сегментів максимальна. У міру спрацювання ножів оптимальна швидкість поступово зменшується до нижньої межі.

Продуктивність W , м/с, залежить від ширини захвату та фактичної швидкості подачі машинки і визначається за рівнянням:

$$W = Bv_{\phi}k\eta, \quad (15.16)$$

де B – ширина захвату машинки (дорівнює ширині гребінки), м; k – коефіцієнт використання ширини гребінки, η – коефіцієнт використання робочих ходів, $\eta = 0,6 - 0,8$.

Час t_c , що затрачається безпосередньо на обстригання однієї вівці, становить:

$$t_c = \frac{F}{W}, \quad (15.17)$$

де F – площа тіла тварин (для вівцематок – 1–1,8 м², баранів – 2–2,6 м²). Загальна тривалість циклу $T_{\text{ц}}$, пов'язаного із стрижкою однієї голови за індивідуальним методом, становить:

$$T_{\text{ц}} = t_c + t_d + \varepsilon t_{\text{то}}, \quad (15.18)$$

де t_d – час виконання допоміжних операцій (45–70 с); $t_{\text{то}}$ – час на технічне обслуговування стригальної машинки (50–80 с); ε – коефіцієнт, що враховує частоту заміни різальних пар (0,4–0,7).

Залежно від породи овець і кваліфікації стригалів час $T_{\text{ц}}$ знаходиться в середньому в межах 400–660 с. Продуктивність праці або середню кількість овець m_1 (голів за одну годину), що обстригається одним стригалем, можна визначити так:

$$m_1 = \frac{3600}{T_{\text{ц}}}, \text{ гол/год.} \quad (15.19)$$

Загальна ж кількість стригалів $N_{\text{стр}}$, необхідних для забезпечення стрижки всього поголів'я овець у встановлений термін, визначається з умови:

$$N_{\text{стр}} = \frac{m}{m_1 D z T_{\text{зм}}}, \quad (15.20)$$

де m – загальне поголів'я овець, що потребують стрижки; D – кількість робочих днів відповідно до встановлених строків стрижки; z – кількість робочих змін на добу; $T_{\text{зм}}$ – тривалість робочої зміни, год.

Кількість стригальних машинок при індивідуальному методі стрижки відповідає кількості стригалів.

Для варіанта потоковоконвеєрного методу стрижки розрахункова пропускна здатність за годину роботи стригального пункту зумовлюється необхідним (заданим) ритмом (тактом) технологічного процесу:

$$m_1 = \frac{3600}{r_c}, \quad (15.21)$$

де r_c – ритм потоковоконвеєрного процесу стрижки, с, який розраховується за формулою:

$$r_c = \frac{DzT_{зм} - T_{ц}}{m - 1}. \quad (15.22)$$

Від заданого ритму стрижки залежить також кількість персоналу, який повинен обслуговувати потоковоконвеєрну лінію:

$$N_{об} = \frac{T_{ц}}{r_c}. \quad (15.23)$$

Кількість стригальних машинок на конвеєрі, необхідна для дотримання встановленого режиму роботи, буде:

$$n_m = \frac{m(t_c + \alpha t_{то})}{DzT_{зм}}. \quad (15.24)$$

На основі розрахункової кількості стригалів визначають повний склад бригади стригального пункту. Кількість допоміжних робітників розраховують згідно з такими нормами: один точильник обслуговує до 12–15 стригалів (заточує 180–200 різальних пар протягом зміни); один наладчик – 12–15 стригалів; один обліковець – 16–24 робітника при стрижці овець тонкорунної та напівтонкорунної порід і 24–36 стригалів – із напівгрубою та грубою вовною; один класирувальник із помічником на столі класирують протягом години до 200 рун; прес для пакування вовни обслуговують оператор і його помічник.

16. ОБРОБКА ТА СОРТУВАННЯ ЯЄЦЬ

У сучасному птахівництві крім обладнання для утримання курей-несучок, ремонтного поголів'я та бройлерів використовують також широку номенклатуру машин для збирання, сортування й обробки яєць, їх інкубації з наступним сортуванням курчат тощо.

16.1. Способи та лінії товарної обробки яєць

На птахофабриках та великих птахофермах найбільш відповідальною, складною і трудомісткою операцією є збирання, обробка й пакування яєць. У зв'язку з маломічністю вихідного матеріалу механізація цих робіт не завжди відповідає оптимальним умовам зберігання кінцевого продукту. Крім того, з підвищенням рівня механізації та автоматизації виробничих процесів у птахівництві відносна трудомісткість операцій збирання, обробки й затарювання яєць безперервно зростає. Так, при утриманні птиці в немеханізованих кліткових батареях затрати праці на цю технологічну операцію складають до 20 % загальних трудозатрат, у сучасних механізованих батареях їх частка збільшується в 2,5–3 рази. Тобто до 60–65 %, а в потоково-механізованих і автоматизованих кліткових батареях досягає 80 %.

Основні вимоги до цього технологічного процесу та відповідних машин і обладнання такі: по-перше повна заміна ручних операцій; по-друге, мінімальне пошкодження яєць. Під пошкодженням розуміють не тільки порушення цілісності шкаралупи чи оболонки під шкаралупою, а й збовтування, яке спричиняє змішування жовтка з білком, у результаті чого змінюється внутрішня структура яйця.

Утримання птиці в багатоярусних кліткових батареях призводить до того, що вже при відкладанні яєць, а також у процесі їх збирання й обробки вони перекочуються, ударяються, падають, переміщуються в горизонтальному, похилому та вертикальному напрямках. Все це може спричинити їх пошкодження. З метою зменшення кількості таких яєць швидкість робочих транспортерів не повинна перевищувати 0,2 м/с.

Потокові технологічні лінії збирання і товарної обробки яєць включають такі операції: збирання з гнізд, транспортування в цех, очищення, дезінфекцію й сушіння, сортування за якістю (овоскопування) і масою (зважування), маркування, укладання в тару й складування. Структурна схема виробничих операцій потокової технологічної лінії збирання та обробки яєць наведена на рис. 16.1.

Для виконання вказаних технологічних операцій застосовується відповідні технічні засоби, до складу яких входять гнізда для відкладання яєць, похилі поверхні (решітки) кліток для викочування яєць, транспортні засоби для горизонтального переміщення яєць, елеватори вертикального транспортування, машини для товарної обробки і затарювання яєць.



Рис. 16.1. Структура операцій і класифікація за призначенням засобів механізації збирання й обробки яєць

При утриманні батьківського та промислового стада на підлозі застосовують спеціальні гнізда, призначені для розміщення птиці під час відкладення яєць. Гнізда бувають контрольні, індивідуальні і групові. Контрольні використовують для індивідуального обліку продуктивності кожної несучки в селекційних та племінних пташниках. Індивідуальні і групові гнізда призначені для яйцекладки

при отриманні яєць на інкубацію та товарних. Кліткове утримання передбачає кладку яєць безпосередньо в клітках батарей.

Яйця скочуються похилою поверхнею на стрічкові транспортери зразу ж після їх відкладання в гніздах чи клітках батарей. Збирають же їх на пересувні лотки під час руху кормороздавача чи при автономному включенні стрічкового транспортера.

Пересувні лотки мають певні конструктивні недоліки, з якими пов'язаний підвищений бій і насічка яєць. Їх використання потребує значних затрат праці при збиранні готової продукції, крім того, вимагає від обслуговуючого персоналу підвищеної уваги в процесі збирання яєць, а сам процес не піддається автоматизації і працює в режимі ручного керування.

Найбільш доцільно для збирання та транспортування яєць застосовувати стрічкові горизонтальні транспортери. Варіанти розміщення транспортера відносно кліток такі: між суміжними рядами кліток (рис. 16.2а), зовні ряду кліток (рис. 16.2б) і всередині кліток (рис. 16.2в). В останньому випадку над конвеєром роблять перехідний місток (захисний козирок), щоб птиця не пошкоджувала й не забруднювала яйця. У варіанті зовнішнього розміщення при виході з ладу збирального механізму яйця можна збирати вручну, а для двох інших – ця операція дуже ускладнюється, що висуває підвищені вимоги до надійності обладнання.

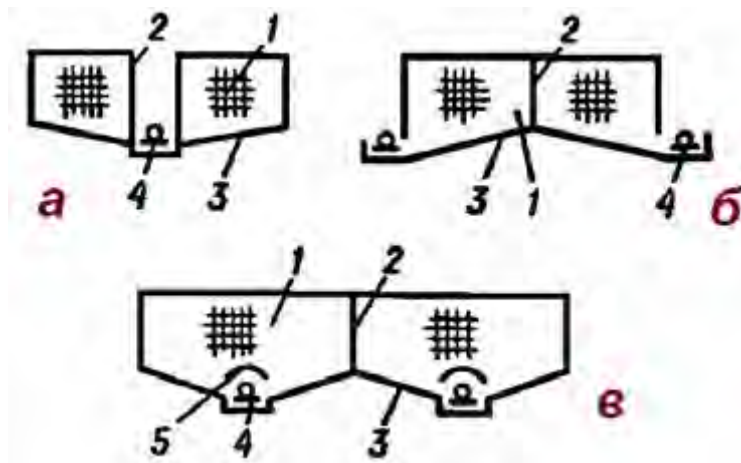


Рис. 16.2. Варіанти схем розміщення транспортерів для збирання яєць з кліткових батарей: 1 – клітка; 2 – огорожа клітки; 3 – підніжна решітка (сітка); 4 – стрічка транспортера; 5 – захисний козирок

Чим частіше відбувається збір яєць, тим менше вони пошкоджуються. При дворазовому зборі бій яєць досягає 5-5,5%, при трьох-і чотириразовому знижується до 4-4,5% і 2-3% відповідно. При зборі яєць необхідно враховувати нерівномірність їх надходження від курей (максимум доводиться на 8-12 год).

На великих птахівничих підприємствах курей-несучок утримують в багатоярусних, розташованих у кілька рядів кліткових батареях. Для того щоб забезпечити вихід яєць з усіх ярусів та рядів на загальний приймально-накопичувальний стіл або транспортер, у сучасних кліткових батареях використовують автоматизовані збірні системи.

Найбільш поширеними системами збирання яєць з кліткових батарей є дві (рис. 16.3):

- ліфтова система;
- елеваторна система;



а



б

Рис. 16.3. Системи збирання яєць з кліткових батарей: а - ліфтова система; б - елеваторна система

При використанні ліфтової системи (рис. 16.4) збирання яєць проводиться поярусно одночасно з усіх рядів кліток. У елеваторній системі яйця рухаються одночасно з усіх рядів і поверхів (рис. 16.5).

Ліфтова система складається з:

1. Поздовжніх стрічкових транспортерів, що забезпечують виведення яйця на торці батарей;
2. Поперечного і похилого транспортерів з механізмом підйому і яйцезбирального стола.

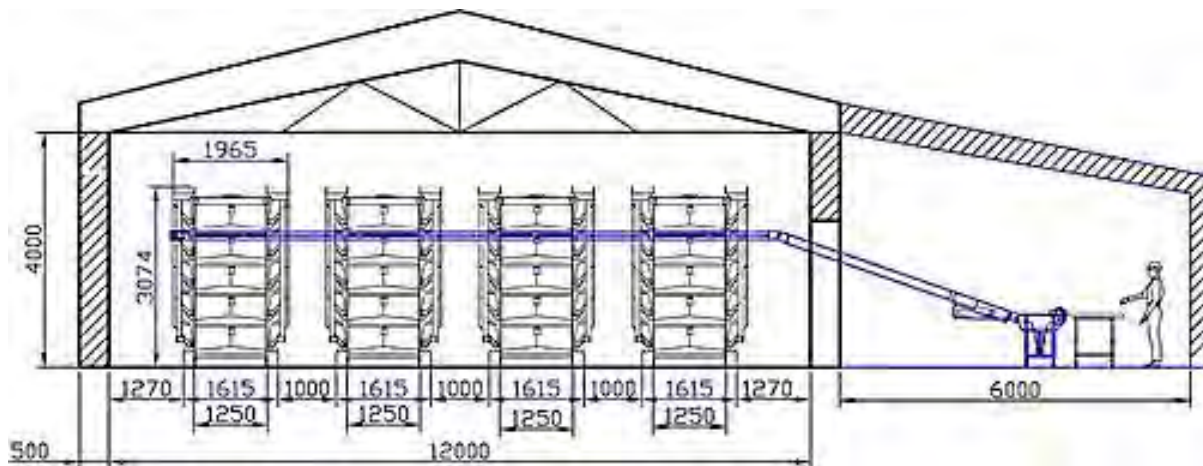


Рис. 16.4. Ліфтова система збирання яєць

Поперечний транспортер, зайнявши позицію на поверсі, включає поздовжні конвеєри цього поверху і яйця потрапляють до нього. Далі по похилому транспортеру спускаються на стіл. В неробочому стані поперечний транспортер перебуває на рівні верхнього поверху і не заважає обслуговуючому персоналу пташника. У вихідному положенні поперечний транспортер може перебувати на будь-якому поверсі.

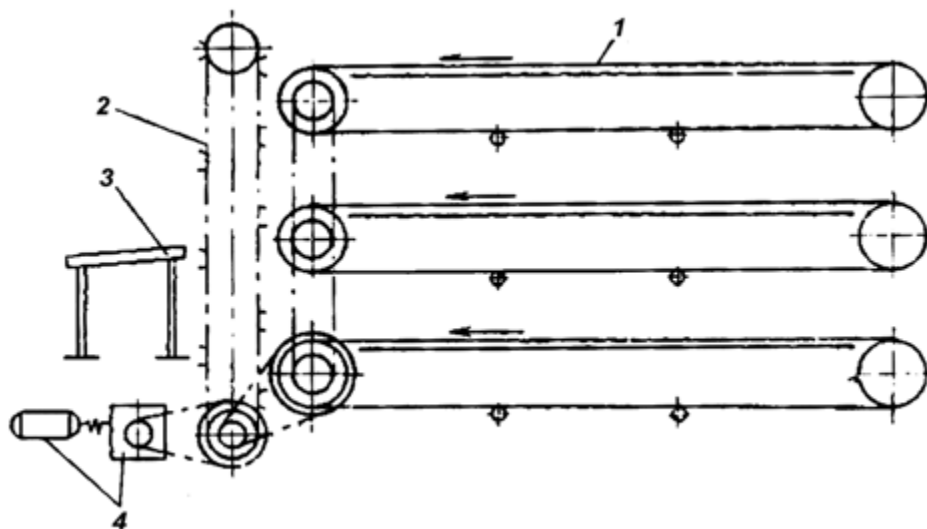


**Рис. 16.5. Структурна схема механізму елеваторної системи збирання яєць:
1 – яйцезбірні транспортери; 2 – елеватор; 3 – приймально-накопичувальний стіл; 4 – приводна станція**

Конвеєрні стрічки подають яйця на один загальний приймально-накопичувальний стіл. Потім їх вручну перекладають у тару і стаціонарними чи мобільними засобами транспортують на яйцесклад для обробки та сортування.

Транспортери застосовують у тих випадках, коли яйцесклад заблоковано з пташниками або розташований не далі 25 м від них. Такий варіант дає можливість створити безперервні потокові лінії збирання і обробітку яєць. Тому останнім часом при проектуванні великих птахівницьких підприємств яйцесклади розмішують поряд з пташниками.

Транспортування яєць з пташника в яйцесклад може здійснюватись за допомогою пруткових транспортерів (рис. 16.6). Використання пруткових транспортерів різної продуктивності дозволяє зав'язати всі пташники в єдину систему транспортування яєць в яйцесклад. Дані системи дозволяють проводити сортування яєць з усіх пташників в одному спеціалізованому приміщенні.

Системи пруткових транспортерів виключають застосування автотранспорту в процесі доставки яєць в яйцесклад. Це дозволяє уникнути додаткового укладання яєць на лотки, в ящики або контейнери, операцій із завантаження та розвантаження, а також перекладання яєць на додаткові столи сортувальних машин. Усунення даних операцій з технологічного процесу дозволяє знизити відсоток бою на виробництві.

Застосування в конструкції пруткових транспортерів систем поворотів і шарнірних елементів, робить системи транспортування яєць універсальними і забезпечує їх використання на всіх птахофабриках з різноманітним розміщенням пташників.



Рис. 16.6. Пруткові транспортери для яєць.

Яйцесклади будують у великих спеціалізованих господарствах. На першому етапі механізації яйцесклад укомплектовують окремими

машинами, які виконують найбільш трудомісткі операції обробки яєць. При використанні окремих машин, що не з'єднані в єдину потокову лінію, зберігається значний рівень ручної праці на навантажувально-розвантажувальних і транспортних операціях.

Якщо яйцесклад зблокований з пташниками або розміщений на відстані не більше 25 м, для транспортування яєць застосовують спеціальні транспортери. Це дає можливість створити безперервну потокову лінію збирання й обробки яєць (рис. 16.7), внаслідок чого продуктивність праці буде значно вищою, а пошкодження яєць скорочується.

При прийманні яєць виконують первинне сортування. Яке полягає у відділенні яєць з пошкодженою шкаралупою та забруднених. Забруднені яйця миють, обсушують, а потім відправляють на сортувальну машину.

Яйця з пошкодженою оболонкою під шкаралупою та ознаками течі звільняють від шкаралупи, зливають вміст його у чистий емальований посуд і відправляють для реалізації до хлібопекарень та кондитерських підприємств.

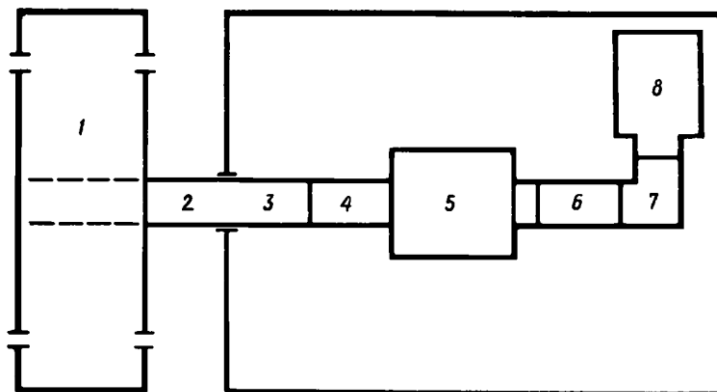


Рис. 16.7. Схема потокової технологічної лінії збирання та обробки яєць:
1 – пташник; 2 – магістральний збиральний транспортер; 3 – формувач-орієнтатор рядів; 4 – установка для миття; 5 – охолодні колонки; 6 – овоскоп; 7 – сортувальний механізм; 8 – укладач яєць в тару за категоріями

Після сортування яйця маркірують нешкідливою фарбою: проставляють на кожному яйці категорію й дату сортування. Відсортовані яйця пакують окремо, за категоріями в спеціальну тару.

16.2. Способи і обладнання для сортування та пакування яєць

У процесі сортування яйця розділяють:

- за **призначенням** – на інкубаційні і товарні;
- за **масою** – на дрібні, першої і другої категорій.

Товарні яйця, у свою чергу, поділяються за **якістю** – на дієтичні і столові.

У процесі сортування яєць відбір їх за призначенням та якістю відбувається переважно вручну, а розподіл за масою – з допомогою сортувальних машин. Останні доцільно встановлювати в технологічних лініях обробки яєць, які формуються за модульним принципом.

За числом потоків яєць сортувальні машини бувають одно-, дво-, і багаторядні. Крім того, яйцесортувальні машини можуть розрізнятися за розміщенням приймальних транспортерів і бувають правобічні, лівобічні та двобічні. Останній варіант використовують, як правило, у випадку багаторядних конструкцій.

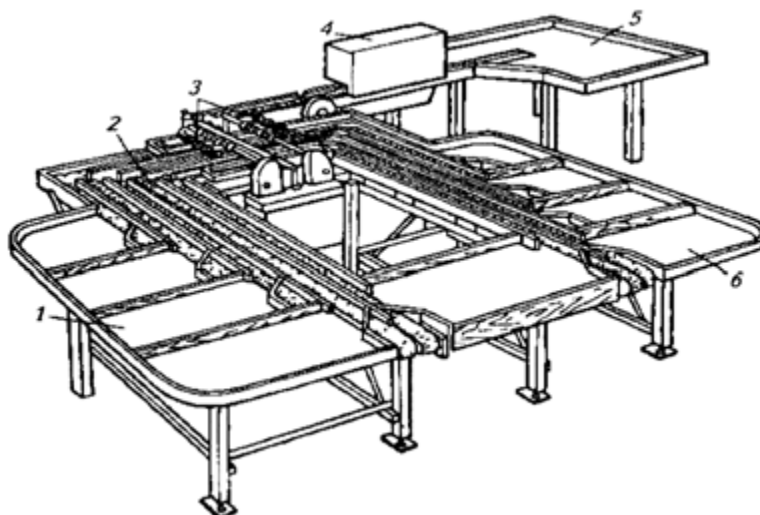


Рис. 16.9. Загальний вигляд яйцесортувальної машини:

1 і 6 – лівий і правий сортувальні столи; 2 – транспортер відсортованих яєць; 3 – ваговий пристрій з механізмами переносу, скидання і маркірування яєць; 4 – овоскоп; 5 – приймальний стіл

Пакування яєць здійснюють за двома способами: ручний і механізований. При ручному пакуванні оператор або працівник птахоферми після попередньої обробки (очищення, сортування) яєць

укладає їх у спеціальні картонні прокладки. В разі механізованого способу пакувальні операції виконують машини. Ручне укладання яєць у транспортну тару потребує порівняльно великих витрат праці, і не відповідає вимогам потоковості та автоматизації виробничих процесів. Тому на великих птахівничих підприємствах доцільно впроваджувати автоматизовані лінії збирання, обробки і укладання яєць, які мають високі техніко-економічні показники.

Процес автоматичного укладання в технологічних лініях обробки яєць (рис. 16.10) здійснюється таким чином. Яйцезбиральний транспортер 6 подає яйця на роликівий орієнтатор 5, який розвертає їх гострим кінцем у один бік і пересуває на комірковий транспортер укладального механізму 2. Після заповнення кожних п'яти комірок висувається заслінка укладального механізму і яйця опускаються у тару гострим кінцем униз. Потім тара пересувається на один ряд і процес укладки повторюється.

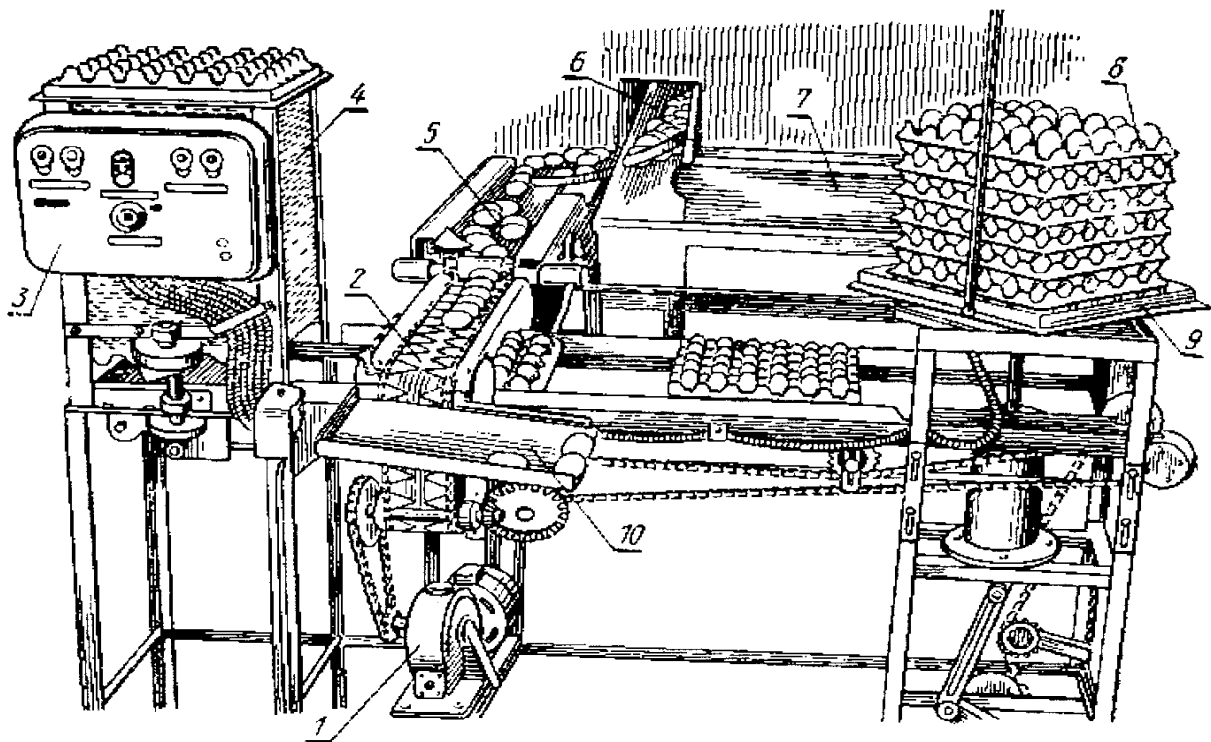


Рис. 16.10. Загальна схема обладнання в лінії укладання яєць: 1 – електродвигун; 2 – укладальний механізм; 3 – шафа керування; 4 – запас бугорчастих прокладок; 5 – орієнтатор; 6 – конвеєр; 7 – стіл для ручного укладання яєць; 8 – пакет прокладок заповнених яйцями; 9 – підставка для заповнених прокладок; 10 – приймальник особливо крупних яєць

Автоматичне укладання яєць в тару значно збільшує продуктивність праці, зменшує їх забрудненість і пошкодження.

Сучасні яйцесортувальні комплекси дозволяють здійснювати операції сортування і пакування яєць від 30 до 120 тис. яєць/год.



Рис. 16.11. Яйцесортувальний комплекс

Яйця з пташників надходять на акумулятор яєць за допомогою транспортера або завантажуються за допомогою автонавантажувача. Потім направляються на роликовий орієнтатор, де відбувається укладання яєць за допомогою повітряних камер в одну сторону. Після цього яйця направляються у зону перевірки якості яйця, браковані яйця відбираються вручну у інспекційній кабіні. Якісні яйця зважуються індивідуально і, потім, відправляються на пакувальні лінії. Можливість пошкодження яйця зводиться до мінімуму, оскільки працівники практично не беруть участь у процесі.

16.3. Розрахунок елементів обладнання

16.3.1. Скатні поверхні

В обладнанні для утримання курей-несучок, а також для обробки яєць широкого розповсюдження набули похилі (скатні) поверхні.

Так, залежно від способу утримання кури-несучки відкладають яйця на поверхню підлоги кліткових батарей або механізованих гнізд. Для забезпечення викочування яєць на збірний транспортер, вказані поверхні встановлюють під певним кутом α нахилу до горизонту. При цьому дуже важливо вибрати такий кут α , щоб швидкість викочування

яєць в кінці руху не перевищувала певного критичного рівня, за якого можливе пошкодження шкарлупи.

При розрахунку кута α нахилу скатної поверхні яйце розглядається як тверде кругле тіло масою m .

На рис. 16.12. наведена схема сил, які діють на яйце, що перекочується поверхнею 2, встановленою під кутом α до горизонту.

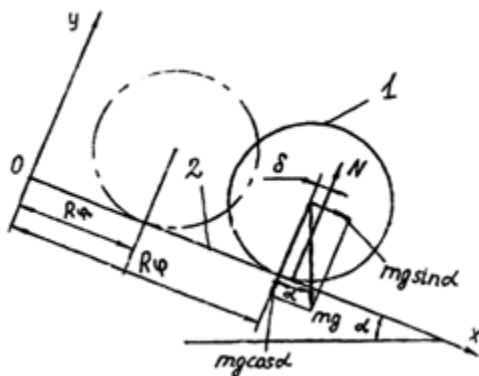


Рис. 16.12. Схема до розрахунку переміщення яйця скатною поверхнею:
1 – яйце; 2 – скатна поверхня

У системі координат XOY вісь X співпадає з напрямком руху, вісь перпендикулярна йому. Початок відліку – це точка O , з якої почався рух скатною поверхнею. При цьому на яйце діють сила тяжіння mg та нормальна реакція N поверхні, яка при скочування яйця спричиняє появу сили тертя fN .

Після проектування діючих сил на осі координат і з урахуванням того, що $x = R\varphi$ (тут R – радіус яйця; φ – кут його повороту), складемо систему диференціальних рівнянь руху:

$$\left. \begin{aligned} mx'' &= mR\varphi'' = mg \sin \alpha - fN \\ my'' &= N - mg \cos \alpha \end{aligned} \right\}, \quad (16.1)$$

де f – коефіцієнт тертя при перекочуванні.

За умови руху яйця без відриву від скатної поверхні, тобто коли $y = \text{const}$, а $y'' = 0$, знаходимо значення сили тертя від нормальної реакції N :

$$F_{\text{зч}} = \frac{Iy''}{R} + \frac{f mg}{R} \cos \alpha. \quad (16.2)$$

Момент інерції I яйця становить:

$$I = m\rho^2, \quad (16.3)$$

де ρ – радіус інерції яйця.

Після підстановки значень (16.2) і (16.3) в перше рівняння системи (16.1) воно набуде вигляду:

$$R\varphi'' = \mu f \frac{\sin(\alpha - \theta)}{\cos \theta}, \quad (16.4)$$

$$\text{де } \mu = \frac{R^2}{R^2 + \rho^2}, \quad \theta = \arctg \frac{f}{R}.$$

В результаті інтегрування та визначення сталої інтегрування за початкових умов $t = 0$, одержимо:

$$R\varphi' = R\varphi'_0 + f\mu t \frac{\sin(\alpha - \theta)}{\cos \theta}. \quad (16.5)$$

Аналогічним методом за початкових умов $t = 0$, $R\varphi = R\varphi_0$ знаходимо шлях переміщення центру маси яйця:

$$R\varphi = R\varphi_0 + R\varphi'_0 t + f\mu \frac{t^2}{2} \frac{\sin(\alpha - \theta)}{\cos \theta}, \quad (16.6)$$

де $R\varphi_0$ – відстань від осі OY на момент початку руху яйця.

З рівнянь (16.3) і (16.6) можна визначити значення кута α нахилу скатної поверхні до горизонту для умови, що довжина скатної поверхні $R\varphi = L$, а мінімальна відстань центру мас яйця від початку відліку – $R\varphi_0 = R_0$. З урахуванням прийнятих умов запишемо рівняння (16.6) в такому вигляді

$$L = R + v_0 t + f\mu \frac{t^2}{2} \frac{\sin(\alpha - \theta)}{\cos \theta}, \quad (16.7)$$

З цього рівняння знаходимо час t переміщення яйця скатною поверхнею

$$t = \frac{1}{f\mu \sin(\alpha - \theta)} \left(\sqrt{v_0^2 \cos^2 \theta + 2(L - R)2f\mu \sin(\alpha - \theta)} - v_0 \cos \theta \right). \quad (16.8)$$

Швидкість перекочування яйця, при якій можливе руйнування шкарлупи яйця, називається критичною визначається експериментально.

Після підстановки рівняння (16.8) у вираз (16.5), прирівнявши попередньо $R\varphi' = v_{кр}$, а $R\varphi_0 = v_0$ знаходимо значення кута нахилу скатної поверхні до горизонту:

$$\alpha = \theta + \arcsin \frac{(\nu_{\text{кр}}^2 - \nu_0^2) \cos \theta}{2(L - R) f \mu}. \quad (16.9)$$

Аналіз рівняння (16.9) свідчить, що чим вища допустима критична швидкість $\nu_{\text{кр}}$, тим більшим може бути кут нахилу і навпаки, чим довжин величина L скатної поверхні, тим менше повинен бути кут α .

16.3.2. Визначення параметрів яєць

В рівняння (16.9) входить величина, яка характеризує геометричні і інерційні параметри яйця. Орієнтовно цю величину можна визначити за таким методом.

На рис. 16.15 яйце в спрощено подано у вигляді трьох найпростіших фігур: циліндра та двох усічених конусів 2 і 3.

Після знаходження моментів інерції цих фігур їх сума дасть у наближеному вигляді момент інерції яйця.

Момент інерції I_1 фігури 1 визначається за виразом:

$$I_1 = \int \rho^2 dm,$$

де dm – елементарна маса, яка відповідно мал. 16.15 становить:

$$dm = \gamma \rho d\phi d\rho dh,$$

γ – середня щільність яйця.

Після підстановки та інтегрування в указаних нижче межах будемо мати:

$$I_1 = \gamma \int_0^R \rho^3 d\rho \int_0^{2\pi} d\phi \int_0^h dh = \gamma \frac{\pi R^4}{2} h, \quad (16.10)$$

Елементарний момент інерції dI фігури змінного радіусу x та елементарної товщини dy можна подати аналогічно рівнянню (16.10)

$$dI = \gamma \frac{\pi x^4}{2} dy, \quad (16.11)$$

На мал. 16.13а наведена трапеція, що характеризує симетричну частину вертикального перерізу фігури 2 з подібності трикутників ABC і DFC маємо:

$$\frac{y}{h_1} = \frac{R - x}{R - r_1}.$$

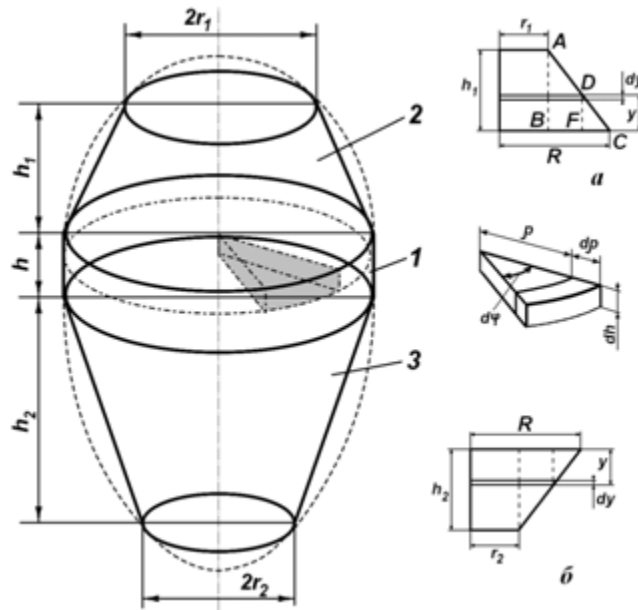


Рис. 16.13. Схема до визначення моменту інерції яйця: 1 – циліндр; 2, 3 – конуси

Диференціювання цієї рівності за змінними дає:

$$dy = \frac{h_1 dx}{R - r_1}.$$

Після підстановки цього значення у вираз (16.11) та інтегрування його для фігури 2 в указаних межах маємо:

$$I_2 = -\frac{\pi h_1 \gamma}{2(R - r_1)} \int_R^{r_1} y^4 dy = \frac{\pi(R^5 - r_1^5)h_1 \gamma}{10(R - r_1)}. \quad (16.12)$$

Аналогічним методом знаходимо значення диференціалу dy для фігури 3 (рис. 16.15, б):

$$dy = -\frac{h_2 dx}{R - r_2}.$$

Підставляючи це значення у вираз (16.11) та інтегруючи його в указаних нижче межах, отримуємо рівняння, що визначає момент інерції фігури 3:

$$I_3 = -\frac{\pi h_2 \gamma}{2(R - r_2)} \int_R^{r_2} y^4 dy = \frac{\pi(R^5 - r_2^5)h_2 \gamma}{10(R - r_2)}.$$

Загальний момент інерції яйця відносно осі його симетрії визначаємо як сума моментів інерції фігур 1–3:

$$I = I_1 + I_2 + I_3 = \frac{\pi \gamma}{10} \left(5R^4 h + \frac{(R^5 - r_1^5)}{(R - r_1)} h_1 + \frac{(R^5 - r_2^5)}{(R - r_2)} h_2 \right). \quad (16.13)$$

Маса m яйця визначається шляхом його зважування.

Квадрат радіусу інерції ρ_c^2 підраховується з відношення:

$$\rho_c^2 = \frac{I}{m}. \quad (16.14)$$

За відомої маси яйця m середня його щільність визначається експериментально, шляхом знаходження об'єму яйця за методом Архімеда, тобто:

$$\gamma = \frac{m}{V}, \quad (16.15)$$

де V – об'єм води, яка витіснена яйцем при повному його зануренні:

Потім розраховується коефіцієнт μ і за рівнянням (16.9) визначається кут α нахилу скатної поверхні до горизонту, при якому забезпечується повільне скочування яєць зі скатної поверхні.

ЛІТЕРАТУРА

- Алешкин В.Р., Рощин П.М. Механизация животноводства. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1993. – 319 с.
- Бабкин В.П. Механизация доения коров и первичной обработки молока. – М.: Агропромиздат, 1986. – 271 с.
- Белянчиков Н.Н., Смирнов А.И. Механизация животноводства и кормопроизводства. – М.: Агропромиздат, 1990. – 432 с.
- Болотнов П.М., Лукьянов В.М. Механизация птицеводства. – М.: Агропромиздат, 1988. – с.
- Вагин Б.И., Побединский В.М. Практикум по механизации животноводческих ферм. – Л.: Колос, 1983. – 239 с.
- Воробьев В.А., Дегтерев Г.П., Филаткин П.А. Практикум по механизации и электрификации животноводства. – М.: Агропромиздат, 1989. – 254 с.
- Галкин А.Ф. Основы проектирования животноводческих ферм. – М.: Колос, 1975. – 368 с.
- Готовцев Б.Н., Дубов В.И. Механизация работ в животноводстве. – М.: Агропромиздат, 1991. – 361 с.
- Завражнов А.И., Николаев Д.И. Механизация приготовления и хранения кормов. – М.: Агропромиздат, 1990. – 336 с.
- Зайцев А.М., Жильцов В.И., Шавров А.В. Микроклимат животноводческих комплексов. – М.: Агропромиздат, 1986. – 190 с.
- Залыгин А.Г. Механизация свиноводческих ферм и комплексов. – М.: Агропромиздат, 1990. – 260 с.
- Кива А.А., Сухарев Ю.Н., Лукьянов В.М. Машины и оборудование для птицеводства. – М.: Агропромиздат, 1987. – 238 с.
- Ковалев Ю.Н. Молочное оборудование животноводческих ферм и комплексов: справ. – М.: Россельхозиздат, 1987. – 367 с.
- Ковалев Ю.Н. Технология и механизация животноводства. – М.: ИРПО: Академия, 1998. – 409 с.
- Конаков А.П., Юдаев Ю.Н., Козин Р.Б. Механизация раздачи кормов – М.: Агропромиздат, 1989. – 206 с.
- Коротков Е.Н. Специализированное отопительно-вентиляционное оборудование животноводческих комплексов. – М.: Агропромиздат, 1987. – 239 с.
- Краснокутский Ю.В. Механизация первичной обработки молока. – М.: Агропромиздат, 1988. – 386 с.
- Кукта Г.М. Машины и оборудование для приготовления кормов. – М.: Агропромиздат, 1986. – 303 с.
- Кулаковский И.В., Кирпичников Ф.С., Резник Е.И. Машины и оборудование для приготовления кормов. Справ.: в 2-х т. – М. Росагро-промиздат, 1987. – Т. 1. – 287 с.; 1989. – Т. 2. – 286 с.
- Кукта Г.М., Колесник А.Л., Кукта С.Г. Механизация и автоматизация животноводства. – К.: Вища школа, 1990. – 335 с.

Кучинскас З.М., Особов В.И., Фрегер Ю.А. Оборудование для сушки, гранулирования и брикетирования кормов. – М.: Агропром-издат, 1988. – с.

Машинне доїння корів і первинна обробка молока/ А.І.Фененко, С.П.Москаленко, В.Д.Роговий та ін.; За ред. І.І.Фененка. – К.: Урожай, 1990, – 214 с.

Мельников С.В. Механизация и автоматизация животноводческих ферм. – Л.: Колос, 1978. – 560 с.

Мельников С.В. Технологическое оборудование животноводческих ферм и комплексов. – Л.: Агропромиздат, 1985. – 640 с.

Механізація виробництва продукції тваринництва: Підручник/ І.І.Ревенко, Г.М.Кукта, В.М.Манько та ін.; За ред. І.І.Ревенка. – К.: Урожай, 1994. – 264 с.

Механизация животноводства/ Гриб В.Г., Каптур З.Ф. Лукашевич Н.М. и др.; Под ред. В.Г. Гриба – Минск, Ураджай, 1987. 439 с.

Механизация животноводства и кормопроизводства на малой ферме/ Под ред. А.П.Кармановского. – М.: Агропромиздат, 1989. – 207 с.

Механізація і автоматизація тваринництва/ І.І.Ревенко, А.І.Окоча, Є.Л.Жулай та ін.; За ред. І.І.Ревенка. – К.: Вища освіта, 2004. – 399 с.

Механизация и автоматизация молочных ферм/ В.А.Ясенецкий, Н.П.Мечта, Л.В.Погорелый и др. – К.: Урожай, 1992. – 392 с.

Механизация и электрификация животноводства/ Л.П.Карташов, А.А.Аверкиев, А.И.Чугунов и др. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1987. – 480 с.

Механізація тваринницьких ферм/ Б.П.Шабельник, М.М.Троянов, І.Г.Бойко та ін.; За ред. М.М.Троянова, – Харків, 2002. – 208 с.

Механизация и технология производства продукции животноводства/ В.Г.Коба, Н.В.Брагинец, Д.Н.Мурусидзе и др. – М.: Колос, 1999. – 528 с.

Механизация уборки и утилизации навоза/ В.М.Новиков, В.В.Игнатова, Ф.Ф.Констанди и др. – М.: Колос, 1982. – 285 с.

Нова сільськогосподарська техніка/ В.А.Ясенецький, В.С.Куліш, М.П.Мечта та ін.; За ред. В.А.Ясенецького. – К.: Урожай, 1991. – 320 с.

Посібник-практикум з механізації виробництва продукції тваринництва/ І.І.Ревенко, В.М.Манько, С.С.Зарайтська та ін.; За ред. І.І.Ревенка. – К.: Урожай, 1994. – 288 с.

Потапов Г.П., Волошин Н.Е. Транспортёры в животноводстве. – М.: Агропромиздат, 1987. – 95 с.

Практикум по машинах і обладнанню для тваринництва/ І.Г.Бойко, В.І.Гридасов, А.І.Дзюба та ін.; За ред. О.П.Скорика, О.І.Фісяченка. – Харків, 2004. – 272 с.

Ревенко І.І., Мозоленко Є.М., Чос М.М. Посібник майстра-налагодчика обладнання тваринницьких ферм і комплексів. – К.: Урожай, 1992. – 261 с.

Ревенко І.І., Щербак В.М. Механізація тваринництва. – К.: Вища освіта, 2004. – 319 с.

Рощин П.М. Механизация ветеринарно-санитарных работ. – М.: Россельхозиздат, 1984. – 184 с.

Рыбаков М.И., Полозов П.Л. Комплексная механизация овцеводства. – Алма-Ата: Кайнар, 1986. – 224 с.

Сиротюк В.М. Машины та обладнання для тваринництва. – Львів: Вид. «Магнолія плюс», 2004. – 201 с.

Славин Р.М. Автоматизация процессов в животноводстве и птицеводстве. – М.: Колос, 1990. – 397 с.

Соколов В.М. Комплексная механизация овцеводства. – М.: Агропромиздат, 1987. – 175 с.

Теорія та розрахунок машин для тваринництва/ Б.П.Шабельник, М.М.Троянов, І.Г.Бойко та ін.; За ред. І.Г.Бойка, – Харків, 2002. – 216 с.

Удосконалення експлуатації машин і обладнання тваринницьких ферм та комплексів/ Г.М.Кукта, В.П.Гейфман, В.І.Дешко та ін. – К.: Урожай, 1989. – 224 с.

Усаковский В.М. Водоснабжение в сельском хозяйстве. – М.: Агропромиздат, 1989. – 277 с.

Цубанов А.Г. Теплоснабжение, отопление и вентиляция животноводческих помещений. – Минск: Ураджай, 1987. – с.

Шабельник Б.П. Расчет параметров оборудования в животноводстве. – К.: Изд. УСХА, 1992. – 80 с.

Шилов В.Е., Князев А.Ф., Булашов Е.А. Устройство и техническое обслуживание дезинфекционного оборудования – М.: Агропромиздат, 1991. – 351 с.

Шпаков Л.И., Юнаш В.В. Водоснабжение, канализация и вентиляция на животноводческих фермах. – М.: Агропромиздат, 1987. – 218 с.

Ясенецький В.А., Павленко В.А., Невмержицький І В. Механізація трудовітських робіт на малих фермах. – К.: Урожай, 1990. – 160 с.