

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерії та енергетики
Кафедра процесів, машин і обладнання в агроінженерії

УДК 631.362

Кваліфікаційна робота на правах
рукопису

КОЗІНСЬКИЙ Максим Геннадійович

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**УДОСКОНАЛЕННЯ МАШИННОГО ДОЇННЯ ПРИ ПРИВ'ЯЗНОМУ
УТРИМАННІ КОРІВ**

208 «Агроінженерія»

Подається на здобуття освітнього ступеня магістр

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень.
Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на
відповідне джерело

(підпис)

(ініціали та прізвище здобувача вищої освіти)

Керівник роботи
к.т.н., Медведський О.В.

Житомир – 2021

АНОТАЦІЯ

Козінський М. Г. **Удосконалення машинного доїння при прив'язному утриманні корів.** – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістр зі спеціальності 208 – агроінженерія. – Поліський національний університет, Житомир, 2021 р.

У кваліфікаційній роботі подано аналіз технічних засобів доїння корів у стійлах приміщення за умови прив'язного утримання тварин. Встановлено, що більшість виробників молока використовують спосіб доїння у переносні молочні відра з наступним переливанням у більшу місткість. Це негативно впливає на якість молока, тому удосконалення технології та технічних засобів доїння корів у стійлах є актуальним завданням.

Кваліфікаційна робота спрямована на пошук оптимального технічного рішення збереження технологічної якості молока при доїнні корів у стійловому приміщенні за рахунок розроблення безпечної системи герметичного поєднання доїльного відра доїльного апарата та мобільної молокозбірної місткості.

Виконані аналітичні дослідження розробленої системи вивільнення доїльного відра від молока у закритому потоці, встановлено аналітичні залежності які дозволяють встановити взаємозв'язок між конструкційними параметрами та режимами функціонування розробленого пристрою.

Ключові слова: гнучкий молокопровід, очисник повітря, молочне відро, вакуумметричний тиск, якість молока.

ANNOTATION

Kozinsky M. G. **Improvement of machine milking with cow tied housing.** – Qualification work on the rights of the manuscript.

Qualifying work for a master's degree in 208 – agroengineering. – Polissia National University, Zhytomyr, 2021.

The qualification work presents an analysis of technical means of milking cows in the stables of the premises under the condition of tethered animals. It has been found that most milk producers use the method of milking in portable milk buckets, followed by transfusion into a larger container. This negatively affects the quality of milk, so improving the technology and technical means of milking cows in stalls is an urgent task.

Qualification work is aimed at finding the optimal technical solution for maintaining the technological quality of milk during milking cows in the stall by developing a safe system of combining a milking bucket of a milking machine and a mobile milk collection capacity.

Analytical researches of the developed system of release of a milking bucket from milk in the closed stream are executed, analytical dependences which allow to establish interrelation between design parameters and operating modes are established.

Key words: flexible milk line, air purifier, milk bucket, vacuum gauge pressure, milk quality.

ЗМІСТ

ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СИСТЕМ ДОЇННЯ ПРИВ'ЯЗНОГО УТРИМАННЯ КОРІВ	7
1.1. Оцінка технологічних операцій на доїльних установках для доїння у приміщеннях корівника	7
1.2. Вплив технологічних ліній доїльних установок на якісні показники молока	9
1.3. Висновки до розділу 1	12
РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ БЕЗПЕЧНОГО ТРАНСПОРТУЮЧОГО ПРИСТОСУВАННЯ ДОЇЛЬНОГО АПАРАТА ..	13
2.1. Обґрунтування конструкції безпечного транспортуючого пристосування до доїльного апарата	13
2.2. Встановлення конструкційно-технологічних параметрів складових транспортуючого пристосування	16
2.3. Висновки до розділу 2	19
РОЗДІЛ 3. ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЖИМІВ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТРАНСПОРТУЮЧОГО ПРИСТОСУВАННЯ ДОЇЛЬНОГО АПАРАТА ..	20
3.1. Визначення впливу геометричних параметрів транспортуючого пристосування на режими руху молока	20
3.2. Визначення технологічної ефективності розробленого транспортуючого пристосування доїльного апарата	23
3.3. Висновки до розділу 3	25
ВИСНОВКИ	26
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	28

ВСТУП

Актуальність теми. Машинне доїння корів – це важливий технологічний процес, який повинен забезпечити не тільки повне та безпечне виведення молока із вимені корів, а, також, сприяти збереженню технологічної якості незбираного молока. Більшість тваринницьких господарств нашої країни практикують прив'язне утримання корів з використанням стійлових доїльних установок, або мобільних доїльних установок в умовах фермерського виробництва з незначним поголів'ям тварин.

Використання доїльних установок з переносними доїльними апаратами вимагає застосування технологічної операції переливання молока із доїльного відра до місткості більшого об'єму – молочного бідона. Під час цієї операції молоко контактує з повітряним середовищем корівника. Наявні забруднюючі фактори у приміщенні відразу передаються відкритій поверхні молока. В наслідок таких дій збільшується бактеріологічна забрудненість молока та скорочується бактерицидна фаза, що значно погіршує його технологічну якість й реалізується переробним підприємствам за зниженими цінами закупівлі. Вирішення проблеми доїння у закритому потоці втілено у доїльних установках типу «молокопровід». Але значна протяжність молокопроводу негативно впливає на збереження технологічних властивостей, особливо жирності, молока. Це відбувається із-за нестійких рухів потоку молока, під час зштовхувань порцій молока та інтенсивного дотику до внутрішніх поверхонь молокопроводу відбувається руйнування жирових кульок, молоко спінюється і значна його частина залишається у молокопроводі, що є причиною втрат молока [1, 2].

Зважаючи на широке поширення технологій доїння у переносні доїльні апарати з використанням доїльних установок типу «доїльне відро» актуальним є вирішення проблеми збереження технологічної якості молока під час машинного доїння корів у корівниках при стійловому утриманні.

Мета і задачі досліджень. Мета досліджень – підвищення ефективності доїння корів у стійлах корівника шляхом обґрунтування раціональних конструкційно-технологічних параметрів безпечного транспортуючого пристосування.

Для досягнення поставленої мети підлягають вирішенню такі завдання:

- оцінити технологічність операцій машинного доїння корів стійловими доїльними установками;
- обґрунтувати конструкційно-технологічну схему безпечного транспортуючого пристосування доїльного апарата;
- обґрунтувати параметри конструкції запропонованого транспортуючого пристосування доїльного апарата;
- встановити аналітичні залежності взаємозв'язку конструкційних параметрів та режимів роботи розробленого транспортуючого пристосування;
- виконати оцінку ефективності використання розробленого транспортуючого пристосування доїльного апарата.

Об'єкт дослідження – конструкційно-технологічні параметри та режими роботи транспортуючого пристосування доїльного апарата.

Предмет дослідження – вплив геометричних параметрів розробленого транспортуючого пристосування показники роботи та якісні характеристики незбираного молока.

Методи досліджень. При вирішенні основних завдань на кваліфікаційну роботу використовували основні положення теорії математичного моделювання із застосуванням положень гідро-газодинаміки, теплотехніки та вакуумної техніки.

Обробка та аналіз результатів досліджень здійснювалась з використанням теорії ймовірності, кореляційного та регресійного аналізу, використовувався комп'ютерний програмний продукт Excel.

Апробація результатів роботи. Результати пошукових та теоретичних досліджень за тематикою кваліфікаційної роботи пройшли апробацію на

внутрішньовузівських та міжнародній конференціях, відображені у наступних друкованих працях:

1. Козінський М. Г. Вплив типу доїльної установки на якість отриманого молока. *Наукові читання–2021* : матеріали науково-практичної конференції. 20 травня 2021 р. Житомир: Поліський національний університет, 2021. С. 57–59.

2. Медведський О. В., Козінський М. Г. Визначення втрат тиску транспортуючої системи переливного пристрою доїльного апарата. *Біоенергетичні системи* : матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції. Житомир: Поліський національний університет, 2021. Том 2. С. 7–9.

3. Медведський О. В., Козінський М. Г. Умови збереження якості молока під час машинного доїння. *Студентські читання–2021* : матеріали науково-практичної конференції. 15 листопада 2021 р. Житомир: Поліський національний університет, 2021. С. 67–69.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота включає вступ, три розділи основної частини, загальні висновки, список використаних літературних джерел (21 найменування), викладена на 29 сторінках комп'ютерного тексту, проілюстрована 9 рисунками.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ СИСТЕМ ДОЇННЯ ПРИВ'ЯЗНОГО УТРИМАННЯ КОРІВ

1.1. Оцінка технологічних операцій на доїльних установках для доїння у приміщеннях корівника

При прив'язному утриманні корів існує два основних способи організації технологічного процесу машинного доїння [3, 4, 5]: використання переносних доїльних апаратів із збиранням молока у молочне відро з наступним переливанням у бідони збільшеної місткості; використання переносних доїльних апаратів із доїнням у молокопровід доїльної установки (рис. 1.1–1.2).

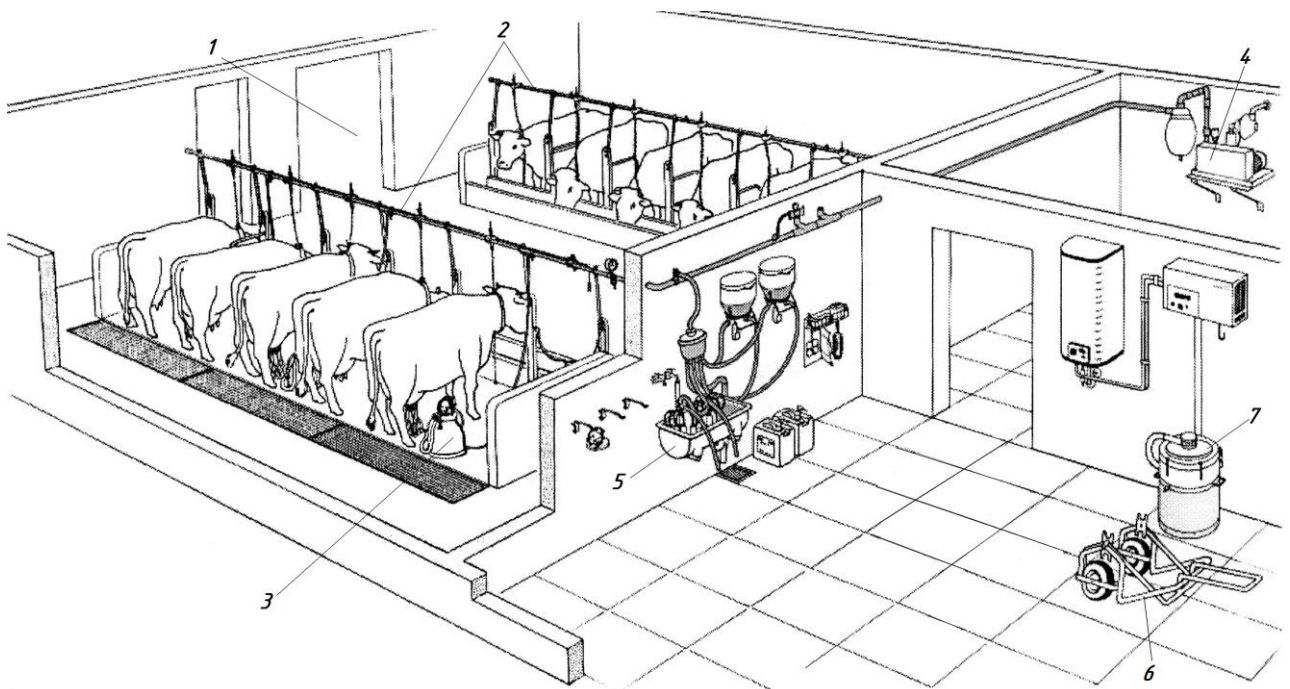


Рис. 1.1. Схема розміщення обладнання доїльної установки при доїнні у корівнику переносним доїльним апаратом: 1 – стійлове приміщення; 2 – вакуумна магістраль; 3 – переносний доїльний апарат з молочним відром; 4 – вакуумна установка; 5 – система промивання доїльних апаратів; 6 – візок для перевезення молочного бідону; 7 – молочний бідон

Позитивною особливістю доїння у стійлах є відсутність переміщення корів, окрім цього зберігаються умови індивідуального догляду для тварин. Набір складових обладнання для доїння у стійлах досить простий, не потрібно складних сервісних дій. Доїльні установки типу «відро» набули широкої популярності серед сільськогосподарських підприємств завдяки відносній простоті експлуатації та невеликій вартості.

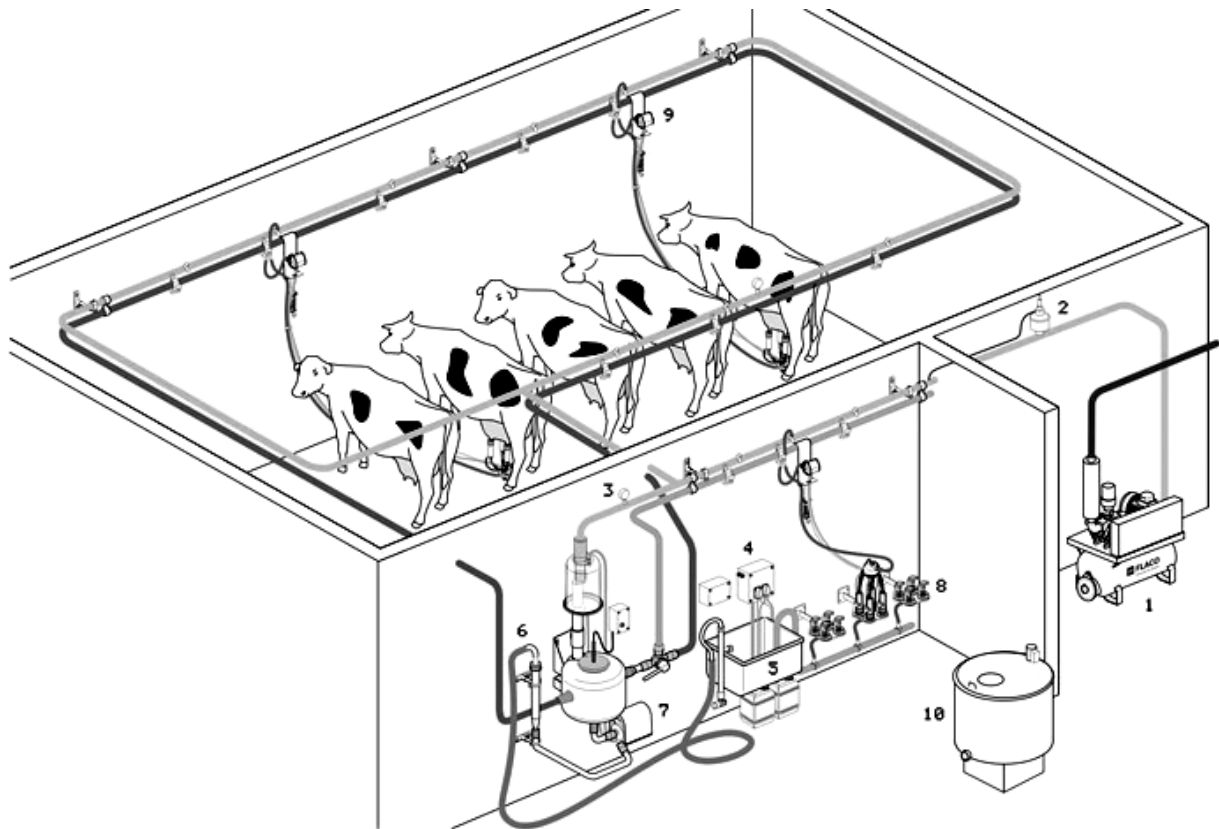


Рис. 1.2. Схема розміщення обладнання доїльної установки при доїнні в корівнику доїльним апаратом у молокопровід: 1 – вакуумна установка; 2 – вакуумний регулятор; 3 – вакуумметр; 4 – пульт керування системою промивання доїльних апаратів; 5 – ванна для миючого розчину; 6 – молочний фільтр; 7 – молочний насос; 8 – пристрій для промивання доїльних апаратів; 9 – лічильник молока; 10 – місткість для надоеного молока; 11 – молокопровід

Але під час машинного доїння на установках типу «відро» витрачається досить багато людської праці на перенесення доїльного апарата до місця

доїння, перенесення від корови до наступної корови доїльного відра із накопиченим молоком та переливання молока із наповненого доїльного відра до молочного бідона, яким із використанням візка молоко транспортується до молочної кімнати де знову переливається до місткості для тимчасового зберігання. Часті переливання молока негативно впливають на його якісні показники. Так, молоко контактує із забрудненим повітрям приміщення корівника та поглинає неприємний запах та накопичує у собі наявні у повітрі бактерії. Таке молоко не відповідає вимогам до якості на переробних підприємствах та оцінюється за значно нижчими цінами.

Вирішення проблеми доїння у закритому потоці реалізовано у доїльних установках типу «молокопровід». Під час доїння молоко від колектора доїльного апарата по гнучкому молокопроводу надходить до молокопроводу доїльної установки у закритому потоці. У такому випадку молоко не буде контактувати із оточуючим середовищем приміщення та буде забезпечено від насичення запахами корівника. Але під час транспортування молокопроводом молоко втрачає деку частку жиру із-за руйнування жирових кульок. Це відбувається під час переміщення молока із небажаними режимами швидкісними режимами. Молоко також може спінюватись та осідати на внутрішніх стінках молокопроводу, що також є негативним явищем.

Незважаючи на позитивні сторони доїльних установок при доїнні у молокопровід, застосування такого типу обладнання потребує більших капіталовкладень, зростають експлуатаційні видатки, збільшуються вимоги до обслуговуючого персоналу [2, 6].

1.2. Вплив технологічних ліній доїльних установок на якісні показники молока

Вимоги до якості на міжнародному рівні визначені стандартами ISO серії 9001. Ці стандарти встановили чіткі вимоги до систем забезпечення якості.

Вони поклали початок сертифікації систем якості. Якість продукції є складовою і наслідком якості роботи. Тут безпосередньо оцінюється якість придатної продукції, думка споживача, аналізуються рекламачії, адже наявність продуктів харчування – головна умова життя і трудової діяльності людини. У Європейському Союзі класифікація сорту молока йде лише на один сорт, іншого не передбачено законодавством [7, 8].

Гарантоване забезпечення населення якісними продуктами харчування – першочергове завдання внутрішньої і зовнішньої політики держави і основна умова його продовольчої безпеки. Якість харчових продуктів визначається в першу чергу їх безпекою, а також вмістом необхідних людині харчових і біологічно активних речовин. Значними факторами забруднення молока є: мікроклімат приміщення корівника. За даними досліджень нормативні вимоги до його стану повинні відповідати наведеним у табл. 1.1 [8, 9].

Таблиця 1.1.

Нормативні вимоги до параметрів показників мікроклімату корівника за прив'язного способу утримання корів

Показник	Норма
Температура повітря у приміщенні, °С	8-16
Бактеріальна забрудненість, тис. КУО/м ³	70-120
Відносна вологість, %	70-75
Вуглекислий газ, %	0,25
Сірководень, мг/м ³	10
Аміак, мг/м ³	20,0
Швидкість руху повітря, м/с	0,5-1,0

Транспортування молока з дотриманням технологічних операцій вимагає від оператора значних фізичних навантажень, при цьому молоко контактує з оточуючим мікрокліматом приміщення корівника, що впливає на його якість.

Швидкість виконання наведених ручних операцій впливає на стан здоров'я тварини, особливо під час молоковиведення, а на оператора відбувається значне фізичне навантаження оскільки необхідно використовувати тканні фільтрувальні елементи (багатошарова марля), які потребують очищення або заміну при обробці більше 40 л. молока [3, 6, 10].

Робота оператора в умовах доїння корів у відра включає транспортування молока з доїльної установки до бідона і поділяється на піднімання відра та перенесення відра до бідона. Крім того погіршується якість отриманого молока за рахунок контакту його з повітряним середовищем приміщення. У зв'язку з цим впливає необхідність удосконалення системи переміщення молока від доїльного відра до молочного танка [10, 11].

Таким чином, необхідно запропонувати технічне рішення котре забезпечувало б захист молока під час його переливання. Як варіант, можна запропонувати компактний пристрій, котрий буде встановлений на кришці доїльного відра із герметичною системою сполучення з бідоном більшої місткості. При цьому переміщення молока буде відбуватись без порушення стабільного технологічного процесу під час машинного доїння корів при використанні стійлової доїльної установки типу «відро», або мобільної індивідуальної доїльної установки для невеликих господарств. Враховуючи поширеність стійлового утримання корів у нашій країні, додатковий пристрій буде мати попит і у сільськогосподарських підприємствах невеликої потужності [10, 12].

При створенні транспортуючого пристрою доїльного апарата необхідно виконати наступну послідовність дій: проаналізувати технічні засоби процесу машинного доїння корів на тваринницьких об'єктах, розробити структурно-функціональну схему транспортувального пристосування для переміщення молока від доїльного відра до пересувної (мобільної) молочної місткості більшого об'єму; встановити аналітичні залежності які поєднують вплив конструкційно-технологічних параметрів транспортувального пристосування на режими функціонування доїльного апарата [10].

1.3. Висновки до розділу 1

1. Проведені дослідження вказали на широке поширення доїльних установок із доїнням у переносні доїльні апарати. Такий стан речей пояснюється доступністю такого обладнання, незначними експлуатаційними видатками, а індивідуальний підхід до кожної корови при прив'язному утриманні робить даний тип обладнання найбільш привабливим для невеликих сільськогосподарських підприємств та фермерських господарств.

2. Встановлено, що при використанні доїльних установок типу «відро» неможливо отримати молоко належної якості. Це пов'язано із використанням технологічної операції переливання молока від доїльного відра до молочної місткості більшого об'єму під час якої поверхня молока накопичує забруднюючі фактори оточуючого середовища стійлового приміщення. Тому, розроблення додаткового пристосування для транспортування молока у закритому потоці від доїльного відра до молокозбірної місткості може вирішити питання підвищення якісних показників молока.

РОЗДІЛ 2

ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ БЕЗПЕЧНОГО ТРАНСПОРТУЮЧОГО ПРИСТОСУВАННЯ ДОЇЛЬНОГО АПАРАТА

2.1. Обґрунтування конструкції безпечного транспортуючого пристосування до доїльного апарата

Зберегти якість отриманого під час машинного доїння молока на установках для доїння у переносні молочні відра можна за рахунок використання розробленого безпечного транспортуючого пристосування до доїльного апарата (рис. 2.1).

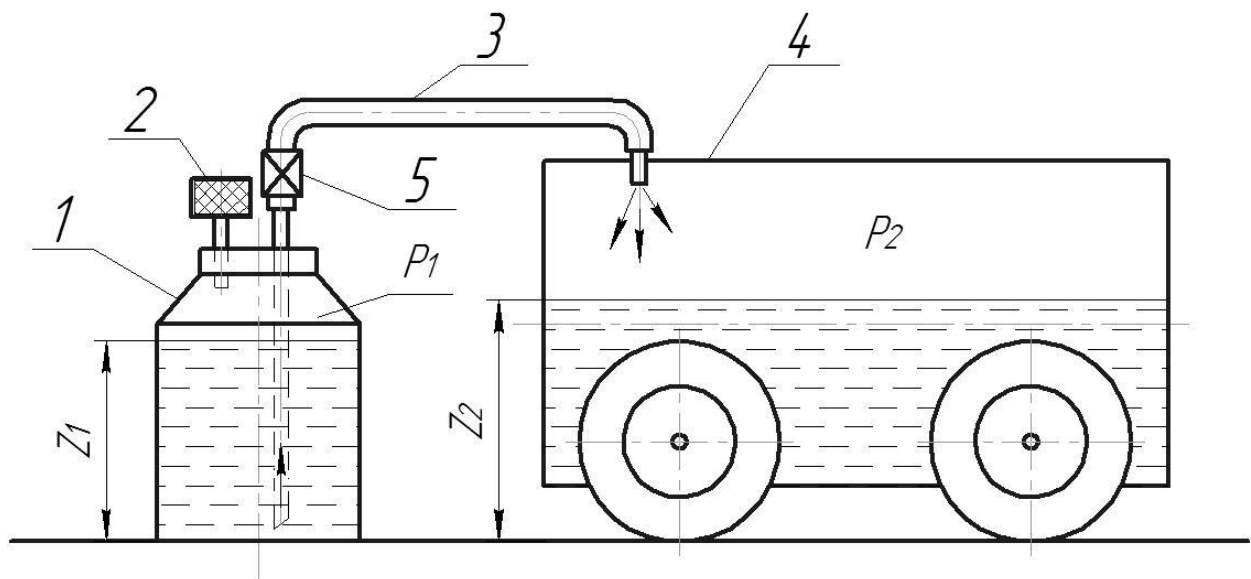


Рис. 2.1. Структурна схема розробленого транспортуючого пристосування доїльного апарата: 1 – молочне відро доїльного апарата; 2 – повітряний фільтр; 3 – гнучкий сполучний молокопровід; 4 – додаткова місткість для молока; 5 – кран керування роботою пристосування.

Принцип функціонування розробленого транспортуючого пристосування наступний (рис. 2.1). Наповнене молоком молочне відро 1 за допомогою гнучкого молокопроводу 3 з'єднується із додатковою молочною

місткістю 4 у якій створюється вакуумметричний тиск. Як тільки вакуумметричний тиск досягне бажаного рівня, відкривається кран 5, і молоко, за рахунок різниці тисків, гнучким трубопроводом буде рухатись до додаткової місткості для молока 4. Різниця тисків створюється повітрям у молочному відрі 1, що надходить через повітряний фільтр 2. Як тільки молочне відро звільниться від молока, закривається кран 5, від'єднують гнучкий трубопровід 3 від доїльного відра, яке використовують для наступного циклу машинного доїння корів.

Конструкція розробленого пристосування (рис. 2.1) передбачає переміщення молока від доїльного відра доїльного апарата до молочної місткості збільшеного об'єму. Це дозволить скоротити затрати часу на переміщення та перелив наповнених молочних відер доїльних апаратів. Важливим, у даному процесі, є виконання операції переливу у герметичному пристосуванні, що сприяє збереженню якісних показників молока [13, 14].

Молоко від доїльного відра до молочної місткості буде переміщуватись за рахунок різниці тисків на рівні розділення рідини і повітря. Відповідно до рекомендацій [15, 16, 17], для розробленого пристосування можна записати рівняння потоку молока гнучким молочним шлангом:

$$\rho_m g z_1 + p_1 + \frac{v_1^2}{2} \rho_m = \rho_m g z_2 + p_2 + \frac{v_2^2}{2} \rho_m + \sum_{i=1}^n \Delta p_{li} + \sum_{j=1}^k \Delta p_{\xi j}, \quad (2.1)$$

де ρ_m – густина молока, кг/м³;

p_1, p_2 – відповідно, тиск у молочному відрі та молочній місткості, Па;

z_1, z_2 – відповідно, рівень молока у молочному відрі та молочній місткості, м;

v_1, v_2 – відповідно швидкість руху повітря у на початку та у кінці свого шляху, м/с;

$\sum_{i=1}^n \Delta p_{li}$ – сукупні втрати тисків по довжині гнучкого молокопроводу, Па;

$\sum_{j=1}^k \Delta p_{\xi j}$ – сукупні втрати тисків на зміну напрямку руху та у місцевих

опорах, Па;

n – число складових ділянок;

l_i – довжина i -тої ділянки гнучкого молокопроводу, м;

k – число місцевих опорів на шляху руху молока до молочної місткості.

Втрати тиску вздовж гнучкого молочного шланга можна встановити відповідно до рекомендацій [17, 18]:

$$\Delta p_l = \lambda \frac{l}{d} \cdot \frac{v^2}{2} \rho_m, \quad (2.2)$$

де λ – коефіцієнт гідравлічного опору;

l – довжина гнучкого трубопроводу для молока, м.

d – діаметр гнучкого трубопроводу для молока, м.

За допомогою перетворень [17, 18], можна встановити втрати місцевими опорами:

$$\Delta p_{\xi} = \xi \frac{v^2}{2} \rho_m, \quad (2.3)$$

де ξ – коефіцієнт місцевого опору.

З врахуванням виведених аналітичних рівнянь (2.1–2.3), отримаємо графічні залежності, рис. 2.2.

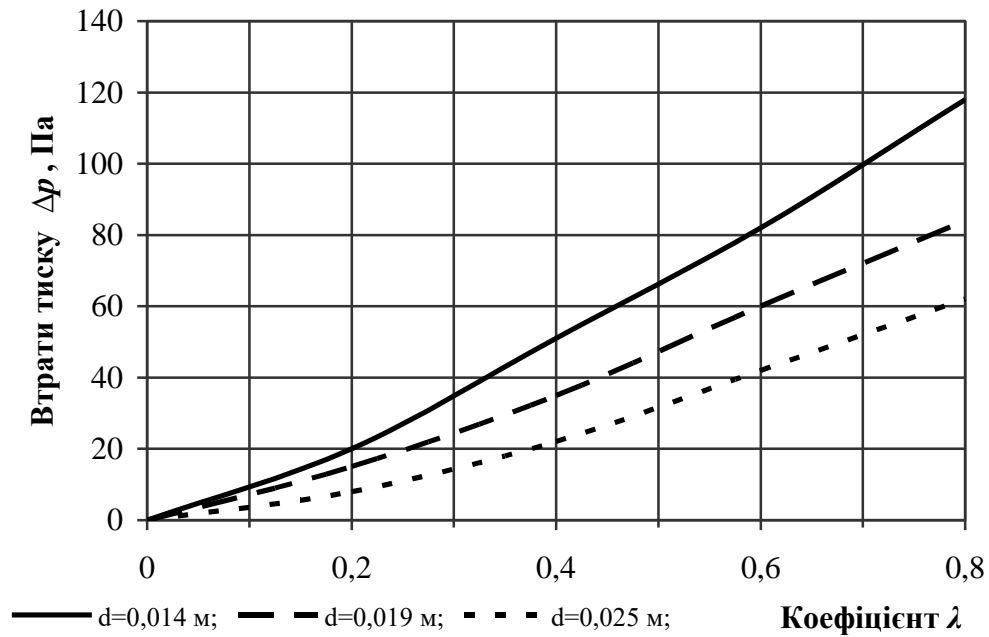


Рис. 2.2. Залежність втрат тиску (Δp) від коефіцієнта гідравлічного (λ) опору за умови визначеного діаметра гнучкого трубопроводу

Відповідно до графічних залежностей (рис. 2.2) більшому діаметру гнучкого молокопроводу відповідають менші втрати тиску при русі молока між двома місткостями. Це можна пояснити меншою швидкістю переміщення молока у молокопроводі більшого діаметра, відповідно до умови нерозривності при незмінному потоці. Тому, використання гнучкого молокопроводу більшого діаметра видається прийнятним.

2.2. Встановлення конструкційно-технологічних параметрів складових транспортуючого пристосування

Умовою безпечного руху молока зі збереженням його якісних показників є встановлення оптимальної швидкості транспортування. Маса молока, що транспортується за одиницю часу визначається за допомогою залежності [19]:

$$m = V \cdot \rho_m, \quad (2.4)$$

де V – об'єм разової порції молока, м³;

ρ_m – густина молока, кг/м³.

В свою чергу продуктивність транспортуючої лінії гнучким молокопроводом можна встановити як:

$$q = \frac{V}{t} = \frac{m}{t \cdot \rho_m}, \quad (2.5)$$

де t – тривалість процесу транспортування, с.

Враховуючи умову нерозривності потоку [17, 18], рівняння (2) можна записати у вигляді:

$$q = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot v, \quad (2.6)$$

де d – внутрішній діаметр системи транспортування, м;

v – швидкість транспортування потоку молока, м/с.

Якщо прирівняти рівняння (2.5) та рівняння (2.6), можна визначити середню швидкість двофазного потоку молока і повітря у гнучкому молокопроводі:

$$v = \frac{4 \cdot m}{\pi \cdot d^2 \cdot t \cdot \rho_m}. \quad (2.7)$$

де d – внутрішній діаметр системи транспортування, м;

За дослідними даними [2, 14], швидкість транспортування молока гнучким молокопроводом або молокопроводом доїльної установки в межах 1,9–2,5 м/с не має суттєвого впливу на утворення розшарування жирових

кульок, їх подальшого поєднання у конгломерати і, як наслідок, втрати жирності молока в цілому.

Таким чином, знаючи масу порції молока, яка транспортується молокопроводом, густину молока, геометричні параметри молокопроводу, зокрема його діаметр, необхідно встановити тривалість процесу транспортування з врахуванням граничнодопустимої швидкості руху двофазного середовища (рис. 2.3):

$$t = \frac{2,828 \cdot m}{\pi d^2 \sqrt{\rho_m}} \cdot \sqrt{\frac{\lambda \frac{l_\Sigma}{d} + \xi_\Sigma}{p_v + \rho_m \cdot g \cdot (z_1 - z_2)}}, \quad (2.8)$$

де ξ_Σ – сума коефіцієнтів місцевих опорів за напрямком руху потоку молока;

p_v – рівень вакуумметричного тиску, Па.

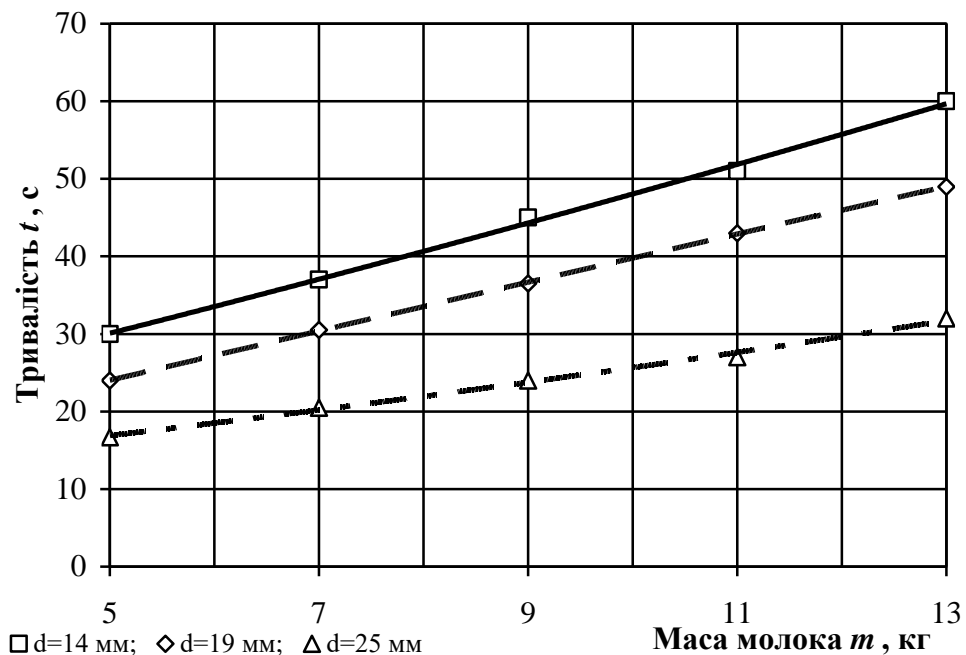


Рис. 2.3. Залежність тривалості (t) переміщення молока за один цикл від його маси (m) при умові використання різних діаметрів гнучкого молокопроводу.

З графічних залежностей на рис. 2.3. походить, що зі збільшенням маси порції молока, яку необхідно перемістити від молочного відра до молочної місткості, збільшується тривалість технологічного процесу, незалежно від діаметра гнучкого молокопроводу. Але при збільшенні діаметра гнучкого молокопроводу від 14 до 25 мм тривалість транспортування молока скорочується на 44 % для мінімальної порції молока (5 кг), а за умови вибраної для досліджень максимальної порції (13 кг) – на 47 %. Таким чином більший діаметр гнучкого молокопроводу дозволить отримати суттєвий резерв часу.

Вплив геометричних параметрів розробленого пристосування на технологічні режими роботи розглянемо у наступному розділі.

2.3. Висновки до розділу 2

1. Розроблена конструкційно-функціональна схема транспортуючого пристосування до серійного доїльного апарата, за допомогою якої здійснюється безпечно, без контакту з оточуючим середовищем, переміщення молока від молочного відра до мобільної молочної місткості. Дане технічне рішення сприятиме скороченню затрат ручної праці та збереженню якісних показників молока.

2. Встановлено, що на переміщення більшої маси порції молока від молочного відра до молочної місткості зростають витрати часу, але при використанні гнучкого молокопроводу більшого діаметра тривалість переміщення зменшується. Так, за умови збільшення діаметра від 14 до 25 мм тривалість транспортування молока скорочується на 44 % при мінімальній порції молока (в дослідженнях – 5 кг), та на 47 % для найбільшої у дослідженнях порції (13 кг). Окрім цього зі збільшенням діаметра гнучкого молокопроводу зменшуються втрати тиску на переміщення молока.

РОЗДІЛ 3

ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЖИМІВ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТРАНСПОРТУЮЧОГО ПРИСТОСУВАННЯ ДОЇЛЬНОГО АПАРАТА

3.1. Визначення впливу геометричних параметрів транспортуючого пристосування на режими руху молока

Функціонування розробленого транспортуючого пристосування для доїльного апарата залежить як від геометричних складових так і від технологічних режимів, зокрема рівня вакуумметричного тиску у молочному відрі і молокозбірній мобільній місткості. Залежно від конструкційних особливостей системи транспортування виникає різної величини опір на переміщення молока гнучким молокопроводом.

На величину місцевих опорів впливає кількість вигинів та радіус їх заокруглення, відповідно до рекомендацій [2, 14] для запропонованої схеми транспортуючого пристрою (рис. 2.1), виконавши ряд математичних перетворень, можна записати:

$$\xi_k = \left[0,08 + 1,22 \cdot \left(\frac{d}{2 \cdot R} \right)^{2,2} \right] \cdot \frac{\alpha}{90}, \quad (3.1)$$

де R – радіус згину гнучкого молокопроводу, м;

α – кут встановлення деякої частини молокопроводу, град.

Відповідно до рівняння (3.1) отримали графічні залежності впливу радіуса заокруглення ділянки гнучкого молокопроводу на опір потоку молока від молочного відра до мобільної молочної місткості (рис. 3.1). Так, місцевий опір у вигляді згину молочного гнучкого молокопроводу буде зменшуватись при збільшенні радіуса зміни напрямку потоку молока, хоча більший радіус пропорційно збільшує довжину вигину, що автоматично має впливати на втрати по довжині молокопроводу.

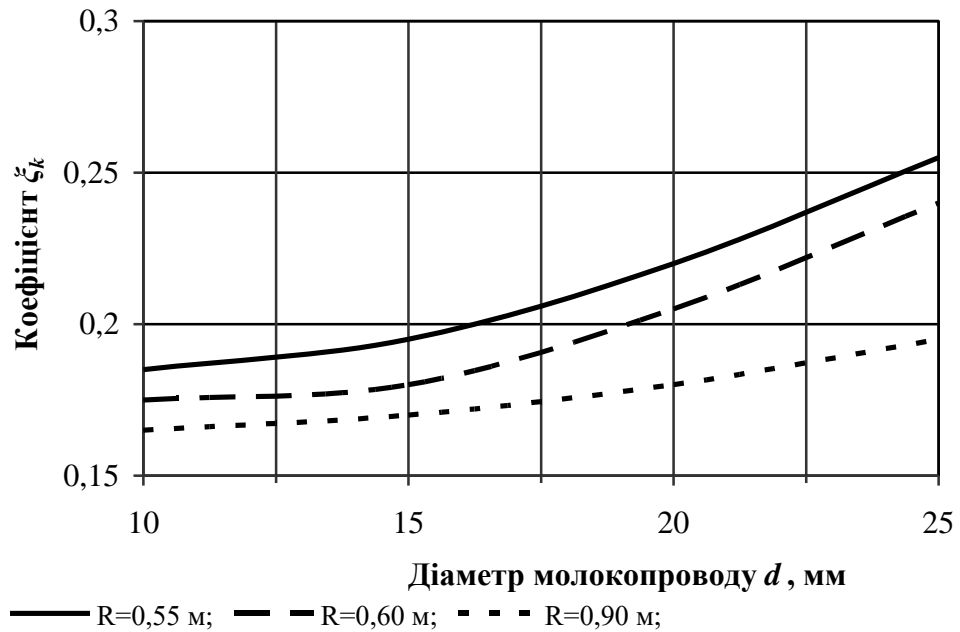


Рис. 3.1. Залежність впливу діаметра гнучкого молокопроводу (d) на коефіцієнт місцевого опору (ξ_k) за умови різних радіусів згину (R) за напрямом руху молока.

Відповідно до графічних залежностей на рис. 3.1, при збільшенні діаметру молочного гнучкого трубопроводу з 10 до 25 мм збільшується коефіцієнт місцевих опорів на 18–38 %. Причому, вище значення коефіцієнта стосується меншого радіуса заокруглення. Так, за умови використання діаметра молокопроводу 10 мм, при зменшенні радіуса заокруглення напрямку потоку молока з 0,9 м до 0,55 м коефіцієнт зменшується на 11 %, при використанні молокопроводу діаметром 25 мм, коефіцієнт зменшується на 24 %. Таким чином, більшому діаметру молокопроводу із більшим радіусом його згину відповідають менші втрати напору.

Рівень вакуумметричного тиску в системі з врахуванням рівняння (2.1) та рекомендацій [14, 18], можна визначити за формулою:

$$p_v = -\rho_m \cdot g \cdot (z_1 - z_2) + \lambda \cdot \frac{l_\Sigma}{\pi^2 d^5} \cdot \frac{8 \cdot m^2}{t^2 \rho_m}, \quad (3.2)$$

Пропорційне співвідношення впливу різного типу опорів на втрати тиску подано на рис. 3.2.

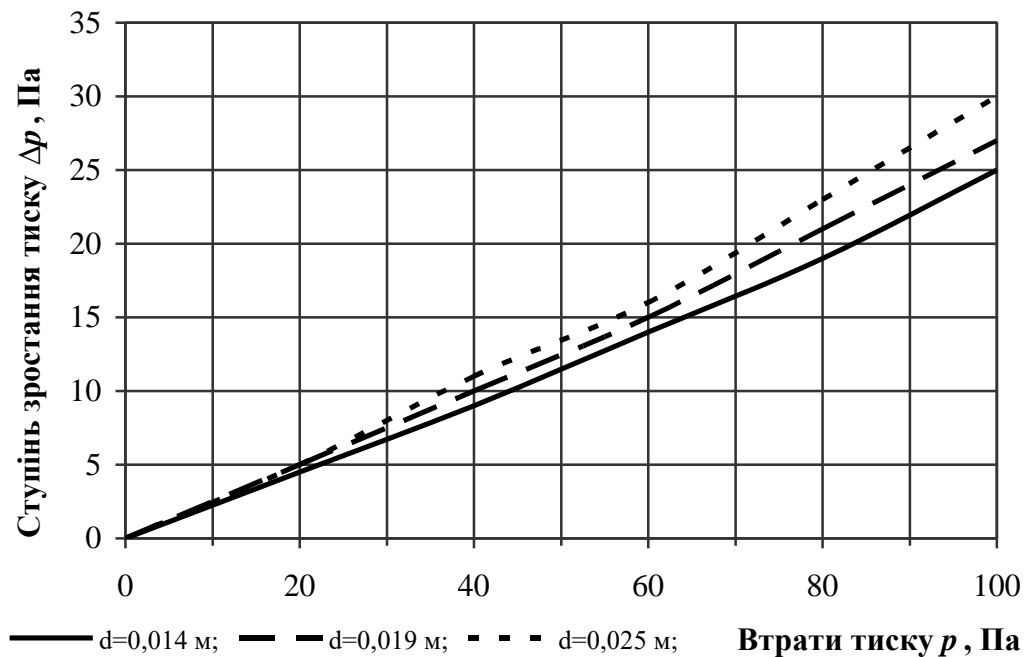


Рис. 3.2. Графік залежності зміни ступені втрат тиску у місцевих опорах (Δp) від втрат тиску по довжині молокопроводу розробленого пристосування при фіксованих діаметрах гнучкого молокопроводу.

Відповідно до графічних залежностей поданих на рис. 3.2, втрати тиску по довжині гнучкого молокопроводу випереджають втрати тиску у місцевих опорах. Причому, зі збільшенням діаметра молокопроводу зменшується і ступінь підвищення втрат тиску. Таким чином, за умови використання гнучкого молокопроводу діаметром 14 мм збільшуються втрати тисків на подолання як місцевих так і лінійних опорів переміщення молока. В такому випадку, підтверджується позитивність у виборі гнучкого молокопроводу із більшим діаметром. Менший діаметр молокопроводу неприйнятний для використання, оскільки значні втрати тиску вказують на високу середню швидкість молока, яка має бути обмежена умовою збереження якісних показників молока.

3.2. Визначення технологічної ефективності розробленого транспортуючого пристосування доїльного апарата

Збереження якісних показників молока, на думку деяких вчених [2, 14], залежить від швидкості транспортування, яка має бути обмежена на рівні 1,9–2,5 м/с. Проведемо дослідження впливу геометричних та технологічних параметрів розробленого пристосування на збереження якісних показників молока (рис. 3.3).

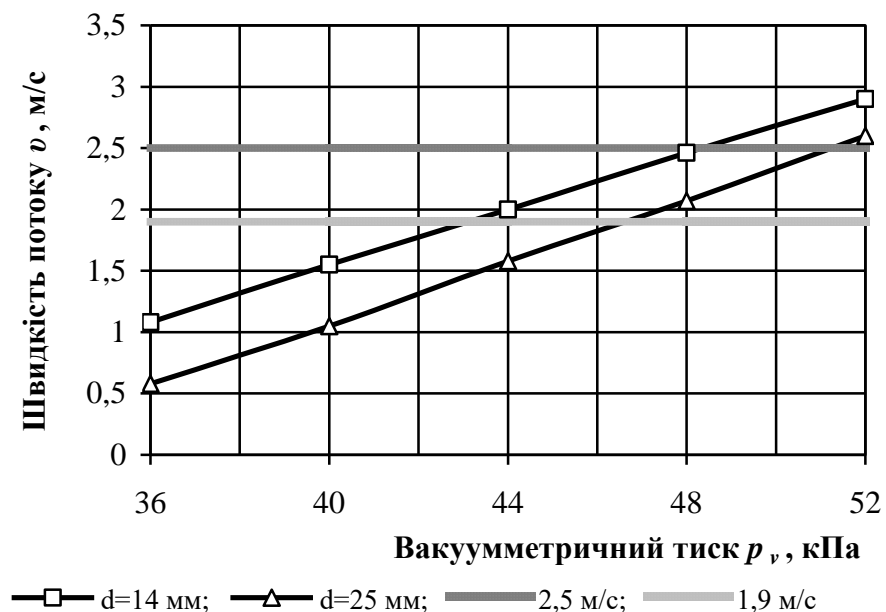


Рис. 3.3. Залежність швидкості потоку молока (v) від рівня вакуумметричного тиску (p_v) та діаметра гнучкого молокопроводу (d).

Відповідно до отриманих графічних залежностей (рис. 3.3), зі зростанням рівня вакуумметричного тиску у системі зростає швидкість потоку молока, незалежно від діаметра гнучкого молокопроводу. Більшому діаметру молокопроводу відповідає менша швидкість потоку молока за умови однакового рівня вакуумметричного тиску. При вакуумметричному тиску 48 кПа швидкість потоку досягає свого граничнодопустимого значення для діаметра молокопроводу 14 мм, а для діаметра молокопроводу 25 мм,

граничнодопустима швидкість досягається при вищому рівня вакууму – 51 кПа. При використанні як обмеження нижче значення граничної швидкості потоку молока (1,9 м/с), тільки молокопровід із діаметром 25 мм може ефективно працювати з робочим рівнем вакуумметричного тиску 46–48 кПа.

За допомогою проведених експериментальних досліджень уточнено вплив порції молока що транспортується до мобільної молочної місткості на тривалість технологічної операції (рис. 3.4).

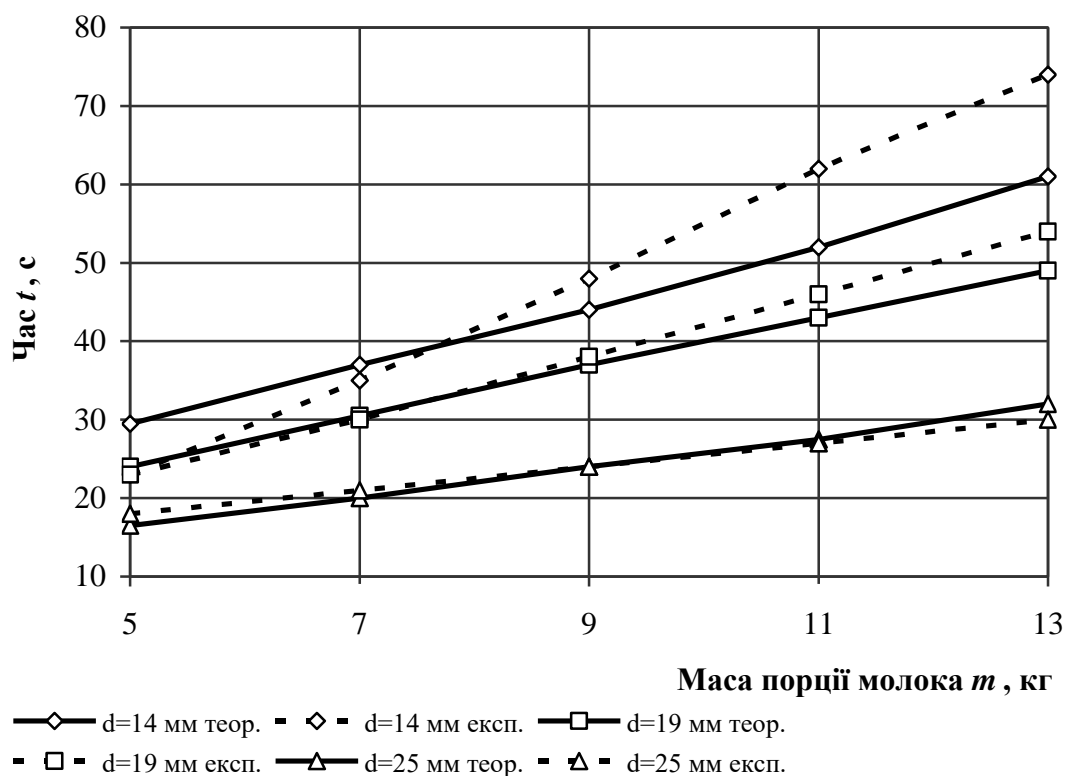


Рис. 3.4. Залежність тривалості транспортування порції молока від її ваги за умови різного фіксованого діаметра гнучкого молокопроводу

Теоретичні викладки залежності тривалості транспортування порції молока від молочного відра доїльного апарата до мобільної молочної місткості підтверджуються експериментальними дослідженнями. Незначні відхилення можна пояснити неповним врахуванням особливостей втрат тиску під час руху молока транспортуючим пристроєм доїльного апарата. Доведено, що тривалість

транспортування молока знижується при збільшенні до 25 мм діаметра гнучкого молокопроводу.

3.3. Висновки до розділу 3

1. Встановлено, що за умови збільшення діаметру молочного трубопроводу від 10 до 25 мм збільшується коефіцієнт місцевих опорів на 18–38 %, але меншому радіусу заокруглення відповідає вище значення коефіцієнта. За умови використання молокопроводу діаметром 10 мм, при зменшенні радіуса заокруглення від 0,9 м до 0,55 м коефіцієнт місцевих опорів зменшується на 11 %, при використанні молокопроводу діаметром 25 мм, коефіцієнт зменшується на 24 %.

2. Виконано дослідження втрат тиску по довжині гнучкого молокопроводу випереджають втрати тиску у місцевих опорах. Так, при збільшенні діаметра молокопроводу зменшується ступінь підвищення втрат тиску. За умови використання гнучкого молокопроводу діаметром 14 мм збільшуються втрати тисків на подолання як місцевих так і лінійних опорів переміщення молока. В такому випадку, підтверджується позитивність у виборі гнучкого молокопроводу із більшим діаметром.

3. Зростаючий рівень вакуумметричного тиску у системі сприяє збільшенню швидкості потоку молока, незалежно від діаметра гнучкого молокопроводу. Так, більшому діаметру молокопроводу відповідає менша швидкість потоку молока за умови однакового рівня вакуумметричного тиску. При вакуумметричному тискові 48 кПа швидкість потоку досягає свого граничнодопустимого значення для діаметра молокопроводу 14 мм, а для діаметра молокопроводу 25 мм, граничнодопустима швидкість досягається при вищому рівня вакууму – 51 кПа.

ВИСНОВКИ

1. Аналіз номенклатури технічних засобів машинного доїння корів вказав на переважне застосування прив'язного утримання корів при використанні доїльних установок з переносними доїльними апаратами із доїнням у молочне відро. Доїльні установки типу «відро» відзначаються незначними видатками на експлуатацію, забезпечують індивідуальний підхід до кожної корови, що є перевагою прив'язного утримання, тому даний тип обладнання є найбільш привабливим для невеликих сільськогосподарських підприємств та фермерських господарств.

2. Дослідниками відзначається, що при використанні доїльних установок типу «відро» неможливо отримати якісне незбиране молоко. Це пов'язано із використанням технологічної операції переливання молока від доїльного відра до молочної місткості більшого об'єму під час якої поверхня молока накопичує забруднюючі фактори оточуючого середовища стійлового приміщення. Тому, розроблення додаткового пристосування для транспортування молока у закритому потоці від доїльного відра до молокозбірної місткості може вирішити питання підвищення якісних показників молока.

3. У кваліфікаційній роботі розроблена конструкційно-функціональна схема транспортуючого пристосування до серійних доїльних апаратів з молочним відром, за допомогою якого забезпечується безпечно, без контакту з оточуючим середовищем, переміщення молока від молочного відра до мобільної молочної місткості. Також, таке технічне рішення сприятиме скороченню витрат фізичної праці оператора машинного доїння та збереженню якісних показників молока.

4. Встановлено, що переміщення більшої за масою кількості молока від молочного відра до збірної молочної місткості вимагає більшої тривалості процесу, але при використанні гнучкого молокопроводу більшого діаметра тривалість даної операції скорочується. Так, за умови збільшення діаметра від 14 до 25 мм тривалість транспортування молока скорочується на 44 % для

подачі найменшої у дослідженнях порції молока (5 кг), та на 47 % для найбільшої порції (13 кг). Окрім цього, при збільшенні діаметра гнучкого молокопроводу зменшуються втрати тиску на переміщення молока.

5. Встановлено, що за умови збільшення діаметру молочного трубопроводу від 10 до 25 мм збільшується коефіцієнт місцевих опорів на 18–38 %, але меншому радіусу заокруглення відповідає вище значення коефіцієнта. За умови використання молокопроводу діаметром 10 мм, при зменшенні радіуса заокруглення від 0,9 м до 0,55 м коефіцієнт місцевих опорів зменшується на 11 %, при використанні молокопроводу діаметром 25 мм, коефіцієнт зменшується на 24 %. Таким чином, варто використовувати більший радіус заокруглення із можливих конструкційних передумов.

6. Виконано дослідження втрат тиску, встановлено, що по втрати тиску довжині гнучкого молокопроводу випереджають втрати тиску у місцевих опорах. Так, при збільшенні діаметра молокопроводу зменшується ступінь підвищення втрат тиску. За умови використання гнучкого молокопроводу діаметром 14 мм збільшуються втрати тисків на подолання як місцевих так і лінійних опорів переміщення молока. В такому випадку, підтверджується позитивність у виборі гнучкого молокопроводу із більшим діаметром.

7. Доведено, що вищий рівень вакуумметричного тиску у системі сприяє збільшенню швидкості потоку молока, незалежно від діаметра гнучкого молокопроводу. Більшому діаметру молокопроводу (25 мм) відповідає менша швидкість потоку молока за умови однакового рівня вакуумметричного тиску. За умови вакуумметричного тиску на рівні 48 кПа граничнодопустима швидкість потоку (2,5 м/с) при використанні діаметра молокопроводу 14 мм, а для діаметра молокопроводу 25 мм швидкість потоку становить 2,07 м/с, що ближче до нижньої межі допустимої швидкості потоку 1,9 м/с. Таким чином, за умови використання більшого діаметра можна досягнути граничної швидкості потоку молока 2,5 м/с при вищому рівня вакууму – 51 кПа, що прискорить процес переміщення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Палій А. П. Вплив молокопровідних систем доїльних установок на споживчі показники молока. *Тваринництво України*. 2016. № 9. С. 20–22.
2. Фененко А. І. Механізація доїння корів Теорія і практика: монографія. Київ, 2008. 198 с.
3. Машина та обладнання для тваринництва / за ред. І. Г. Бойко. Харків : Видавництво ХНТУСГ, 2006. 279 с.
4. Машина для тваринництва та птахівництва. / за ред. В. І. Кравчука та Ю. Ф. Мельника. Дослідницьке: УкрНДПВТ ім. Л.Погорілого, 2009. 207 с.
5. Хомик Н. І., Довбуш А. Д. Машина та обладнання для тваринництва : курс лекцій. ч. 2. Тернопіль : Видавництво ТНТУ, 2013. 224 с.
6. Фененко А. І. Техніко-технологічні аспекти удосконалення біотехнічної ланки «машина-тварина» процесу виробництва молока. *Механізація і електрифікація сільського господарства*. 2007. Вип. 91. С 65–77.
7. ДСТУ ISO 9001 : 2015. Системи управління якістю : вимоги. Київ, 2016. 30 с. (Видання офіційне).
8. Загальне управління якістю : підручник / О. В. Нанка, Р. В. Антощенко, В. М. Кісь та ін. Харків: ХНТУСГ, 2019. 205 с.
9. Збірник примірних інструкцій з охорони праці для працівників під час виконання робіт у тваринництві : веб-сайт. URL : <http://dnaop.org.ua/000116u.php>.
10. Козінський М. Г. Вплив типу доїльної установки на якість отриманого молока. *Наукові читання–2021* : матеріали науково-практичної конференції. 20 травня 2021 р. Житомир: Поліський національний університет, 2021. С. 57–59.
11. Іванова Л. С. Формування та ефективне використання виробничого потенціалу молочної промисловості. *Вісник БНАУ*. 2009. Вип. 61. С. 68–71.
12. Луценко М. М., Іванишин В. В., Смоляр В. І. Перспективні технології виробництва молока: монографія. К.: Видавничий центр «Академія», 2006. 192 с.

13. Медведський О. В., Козінський М. Г. Визначення втрат тиску транспортуючої системи переливного пристрою доїльного апарата. *Біоенергетичні системи* : матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції. Житомир: Поліський національний університет, 2021. Том 2. С.7–9.

14. Фененко А. И. Биотехническая система производства молока. Теория и практика: монография / под ред. акад. Адамчука В. В. – Нежин: Издатель ЧП Лысенко Н.М., 2014. 192 с.

15. Лойцянский Л. Г. Механика жидкости и газа : учебник для вузов. 7-е изд., испр. М. : Дрофа, 2003. 840 с.

16. Бойко А. В. Гідрогазодинаміка : підручник. Х. : НТУ «ХП», 2007. 444 с.

17. Штеренлихт Д. В. Гидравлика : учебник для вузов. М.: Энергоатомиздат, 1984. 640 с.

18. Идельчик И. Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям / под общ. ред. М. О. Штейнберга. М. : Машиностроение, 1992. 672 с.

19. Медведський О. В., Козінський М. Г. Умови збереження якості молока під час машинного доїння. *Студентські читання–2021* : матеріали науково-практичної конференції. 15 листопада 2021 р. Житомир: Поліський національний університет, 2021. С. 49–51.

20. Вакуумная техника : справочник. / Фролов Е. С., и др. ; под общ. ред. Е. С. Фролова, В. Е. Минайчева. М. : Машиностроение, 1992. 480 с.

21. Пипко А. И., Плисковский В. Я., Пенчко Е. А. Теоретические основы вакуумной техники. М. : Энергоиздат, 1988. 340 с.