

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

УДК 631.363

Кваліфікаційна робота на правах
рукопису

НЕСІН Євген Володимирович

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ МАНІПУЛЯТОРА МАШИННОГО
ДОЇННЯ 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

Несін Є. В. **Удосконалення конструкції маніпулятора машинного доїння 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 проаналізовано конструкційно-функціональні схеми автоматів доїння для доїльних установок вітчизняного та закордонного виробництва. Встановлено переваги та недоліки серійних маніпуляторів для доїння корів, визначено напрямки удосконалення виконавчих механізмів для автоматизованих доїльних установок.

Кваліфікаційна робота спрямована на вирішення науково-технічного завдання підвищення ефективності маніпуляторів доїння шляхом удосконалення системи орієнтування виконавчих механізмів під час машинного доїння та операцій додоювання корів.

Виконані теоретичні дослідження, встановлено аналітичні залежності які дозволяють поєднати конструкційно-кінематичні схеми маніпуляторів із показниками ефективності виконання технологічного процесу автоматизованого доїння на доїльних установках.

Ключові слова: доїльний стакан, колектор, кінематика, ступінь вільності, орієнтування у просторі.

ANNOTATION

Nesin E. V. **Improving the Design of the Manipulator of Cows Machine Milking.** – 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 analyzes the structural and functional schemes of milking machines for milking parlors of domestic and foreign production. The advantages and disadvantages of serial manipulators for milking cows are established, the directions of improvement of executive mechanisms for automated milking installations are determined.

Qualification work is aimed at solving the scientific and technical problem of improving the efficiency of milking manipulators by improving the system of orientation of the actuators during machine milking and milking operations of cows.

Theoretical researches are carried out, analytical dependences which allow to combine constructional and kinematic schemes of manipulators with indicators of efficiency of performance of technological process of automated milking on milking installations are established.

Key words: milking cup, collector, kinematics, degree of freedom, orientation in space.

ЗМІСТ

ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ АВТОМАТИЧНИХ СИСТЕМ ДОЇЛЬНИХ УСТАНОВОК	7
1.1. Встановлення вимог до функціонування автоматичних систем доїння	7
1.2. Аналіз функціональності серійних автоматизованих пристроїв для доїння корів	9
1.3. Висновки до розділу 1	13
РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ УДОСКОНАЛЕННЯ АВТОМАТА ДЛЯ ДОЇННЯ КОРІВ	14
2.1. Розроблення функціональної схеми удосконаленого автомата для доїння	14
2.2. Обґрунтування кінематичних та геометричних параметрів удосконаленого автомата для доїння	16
2.3. Висновки до розділу 2	19
РОЗДІЛ 3. ПАРАМЕТРИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ УДОСКОНАЛЕНОГО АВТОМАТА ДЛЯ ДОЇННЯ КОРІВ	20
3.1. Дослідження системи орієнтування виконавчих механізмів удосконаленого маніпулятора для доїння	20
3.2. Встановлення впливу кінематики удосконаленого маніпулятора на ефективність технологічного процесу доїння	23
3.3. Висновки до розділу 3	27
ВИСНОВКИ	28
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	30

ВСТУП

Актуальність теми. Машинне доїння корів це найбільш трудомісткий (близько 60-70 % усіх трудозатрат на тваринницькому підприємстві) та важливий технологічний процес основним завданням якого є не тільки повнота видоювання, а й забезпечення безпечності для здоров'я тварин. Повнота видоювання та збереження здоров'я тварин визначається технологічними налаштуваннями доїльного обладнання, а зниження трудозатрат досягається шляхом автоматизації деяких технологічних операцій машинного доїння. Для цього промисловість пропонує оснащувати доїльні установки маніпуляторами доїння.

Сучасні автоматизовані доїльні установки оснащені автоматами доїння, які ще отримали назву – маніпулятор доїння. Ця назва походить від призначення технічної системи – підведення у зону доїння підвісної частини доїльного апарата, забезпечення технологічного процесу машинного доїння корів, контроль за технологічним процесом, автоматичного визначення моменту настання та реалізація машинного додоювання корів, припинення молоковиведення за умови низького потоку молока (як правило менше 200 г/хв.) за рахунок відключення доїльних стаканів від вакуумметричного тиску з наступним виведенням підвісної частини із зони доїння [1]. Оператор машинного доїння забезпечує тільки підготовчі операції та надівання доїльних стаканів на долі вимені корови. Тому, значно зростає продуктивність праці за рахунок зниження трудомісткості виконання технологічних операцій.

Зважаючи на досить широку поширеність маніпуляторів доїння, сучасні технічні системи не позбавлені недоліків. Це, в першу чергу, стосується способу реалізації розміщення підвісної частини доїльного апарата в зоні доїння та способу виведення по закінченні процесу доїння. Різноманітність представлених конструкцій не враховує фізіологічні особливості вимені корів. Тому, робота спрямована на пошук оптимальної технічної конструкції автомата для доїльних установок є актуальним завданням.

Мета і завдання дослідження. Метою досліджень є підвищення ефективності машинного доїння корів шляхом оптимізації кінематично-функціональної схеми маніпулятора доїння.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- оцінити функціонально-кінематичні схеми автоматів доїння та встановити шляхи їх удосконалення;
- обґрунтувати структурно-функціональну схему автомата доїння із удосконаленою системою орієнтування виконавчих механізмів у просторі;
- встановити раціональні конструкційно-кінематичні параметри удосконаленого маніпулятора для доїльних установок;
- визначити показники ефективності використання удосконаленого маніпулятора для автоматизованих доїльних установок.

Об'єкт досліджень – функціонально-кінематична схема пристрою для адаптивного розташування доїльних стаканів з колектором доїльного апарата в зоні доїння.

Предмет досліджень – залежності впливу кінематики удосконаленого автомата доїння на ефективність функціонування доїльного апарата.

Методи досліджень. Поставленні завдання вирішували із застосуванням основних положень та законів теоретичної механіки, газової динаміки та теорії машин і механізмів при встановленні та розробці аналітичних моделей функціонування удосконаленого автоматичного пристрою для доїння корів, що дозволяють встановити оптимальні конструкційні параметри та режими реалізації технологічного процесу машинного доїння корів.

Під час обґрунтування параметрів удосконаленого пристрою використовувались елементи математичного моделювання з використанням програмного забезпечення. Результати теоретичних досліджень оброблялись із використанням програмного середовища Microsoft Excel та інших доступних програм.

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

апробацію – доповідались на внутрішньовузівських, міжфакультетських та міжнародній конференціях, відображені у наступних друкованих працях:

1. Несін Є. В. Конструкційна функціональність маніпулятора машинного доїння корів. *Наукові читання–2021* : матеріали науково-практичної конференції. 20 травня 2021 р. Житомир: Поліський національний університет, 2021. С. 50–52.

2. Медведський О. В., Несін Є. В. Оцінка конструкційних особливостей маніпуляторів доїння корів. *Біоенергетичні системи* : матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції. Житомир: Поліський національний університет, 2021. Том 3. С. 21–22.

3. Медведський О. В., Несін Є. В. Вплив форми вимені корів на ефективність машинного доїння. *Студентські читання–2021* : матеріали науково-практичної конференції. 15 листопада 2021 р. Житомир: Поліський національний університет, 2021. С. 75–77.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота включає вступ, три розділи основної частини, загальні висновки, список використаних літературних джерел (20 найменувань), викладена на 31 сторінці комп'ютерного тексту, проілюстрована 13 рисунками.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ АВТОМАТИЧНИХ СИСТЕМ ДОЇЛЬНИХ УСТАНОВОК

1.1. Встановлення вимог до функціонування автоматичних систем доїння

Машинне доїння корів є надскладним технологічним процесом. Це, в першу чергу зумовлено тим, що роботу доїльного апарата необхідно адаптувати до фізіології тварини. Окрім цього, необхідно враховувати і морфологічні особливості вимені корів, з точки зору придатності до машинного доїння. Відповідно до проведених досліджень [2, 3], виконана оцінка та класифікація форм вимені корів що можливості використання доїльного апарата (рис. 1.1).

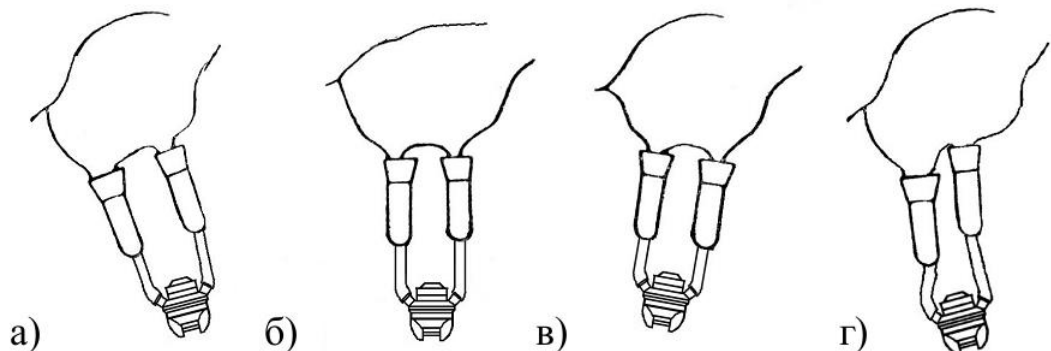


Рис. 1.1. Характеристика способів розташування доїльних стаканів залежно від форми вимені корів: а – опущені задні долі вимені; б – однаково розвинені долі вимені; в – нерівномірно розвинені долі вимені; г – нерівномірно розташовані долі вимені.

Проведені дослідження вказують на значний відсоток корів на фермі, в межах 25–30 %, котрі не можуть бути допущенні до машинного доїння, оскільки вони мають неправильно розвинені долі вимені. Доїння таких корів супроводжується значними проблемами оскільки нерівномірно розподіляється маса підвісної частини доїльного апарата на долях вимені. Це викликає

відхилення осі дійок вимені від свого природного положення, і як наслідок, можливе перекривання молочних каналів і погіршення процесу молока виведення [3, 4].

На рис. 1.1 наглядно продемонстровано положення підвісної частини доїльного апарата на вимені корови. Окрім цього, кожна форма вимені має різне співвідношення молока у передніх та задніх долях вимені. Так для чашкоподібного вимені (рис. 1.1, а) таке співвідношення становить 49:51 %; вим'я у вигляді ванни – 46:54 % (рис. 1.1, б); для звуженої округлої форми – 41:59 % (рис. 1.1, в); для вимені у формі корзини – 32:68 % (рис. 1.1, г) [2, 4, 5].

Таким чином, при проектуванні або удосконаленні доїльного обладнання необхідно враховувати як фізіологічні так і морфологічні ознаки корів з метою забезпечення ефективного функціонування біотехнологічної системи «машинатварина-оператор». За таких умов можна забезпечити повне виведення молока із вимені корів [6].

Дослідженнями [4, 7, 8] доведено нерівномірність накопичення молока у передніх і задніх долях вимені корови. В середньому, для корів придатних до машинного доїння, у передніх долях вимені накопичується 40–45 % молока, а у задніх – 60–65 %. Наслідком нерівномірного накопичення молока є нерівномірна тривалість долей вимені – передні будуть видоюватись швидше ніж задні. У такому випадку загальний технологічний процес молоковиведення залежить від показників швидкості молоковіддачі кожної чверті вимені, що вимагає оцінки всього поголів'я дійних корів перед постановкою на машинне доїння, особливо при використанні елементів автоматизації та роботизації технологічного процесу. Тому, необхідно здійснювати відбір та групування корів не тільки за формою вимені, але варто встановлювати швидкість молоковиведення кожної чверті вимені.

Якщо швидкість молоковиведення не буде відповідати швидкості молоковіддачі, то може бути неповне видоювання, яке в кінцевому випадку буде наслідком захворювання корів на мастит. Проведеними дослідженнями [3, 8] встановлено, що передні долі вимені корів мають незначний нахил вперед та

розташовані ширше від задніх. Окрім цього тривалість молоковиведення від передніх дійок складає від 5 до 9 хв., а відхилення в часі може сягнути 2,5 хв. При доїнні корів із малою швидкістю молоковіддачі, або із-за неправильної форми вимені, витрачається від 7 до 12 хв. машинного часу. Всі ці особливості варто враховувати, особливо при доїнні високопродуктивних корів [7, 9].

Таким чином, розроблення елементів автоматизації машинного доїння корів, зокрема маніпулятора доїння, потребує виваженого підходу. Ретельний аналіз відомих конструкцій забезпечить отримання необхідної інформації для виявлення позитивних сторін які потребують подальшого удосконалення та покращення режимних характеристик [6].

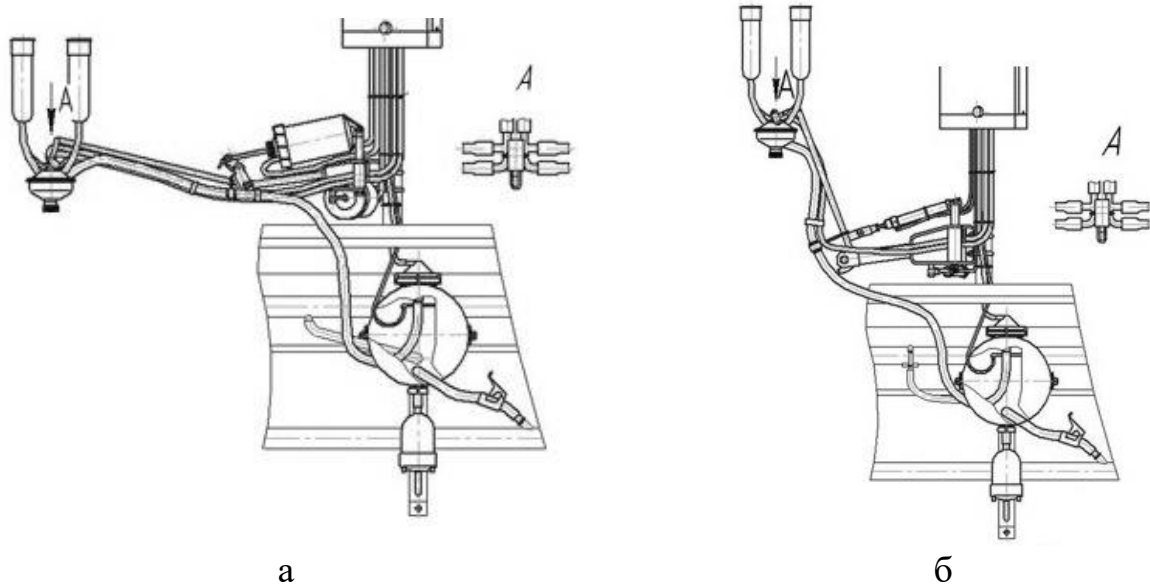
1.2. Аналіз функціональності серійних автоматизованих пристроїв для доїння корів

Машинне доїння корів потребує значних затрат ручної праці оператора. Це пов'язано не тільки із виконанням підготовчих операцій (омивання вимені корови та його масаж, здоювання перших цівок молока та оцінка стану дійок), а, також, із надіванням доїльних стаканів на дійки корови, виконання операцій заключного доїння, операцій додоювання та знімання доїльних стаканів із вимені [10, 11].

Для підвищення продуктивності праці оператора машинного доїння корів, перелічені вище операції необхідно автоматизувати. З цією метою виробники доїльного обладнання пропонують комплектувати доїльні установки маніпуляторами машинного доїння [11, 12].

Сучасне доїльне обладнання, зокрема і маніпулятори доїння, продукує широко відомий український виробник машин і обладнання для агропромислового комплексу ТДВ «Брацлав». Серійний маніпулятор для доїння [13, 14] призначається для підтримання доїльних стаканів під час їх одягання на дійки вимені корови, проведення технологічного процесу

машинного доїння корів без участі оператора, запобігання наповзання доїльних стаканів на долі вимені під час машинного додоювання, автоматичного відключення, знімання та відведення доїльних стаканів із зони доїння (рис. 1.2).



в

Рис. 1.2. Маніпулятор для доїння: а – з вакуумним керуванням; б – з керуванням надлишковим тиском; в – загальний вигляд [13]

До складу запропонованого маніпулятора (рис. 1.2) входить виконавчий механізм, доїльний апарат, система автоматичного керування, з'єднувальні елементи та гнучкі повітря- і молокопроводи.

Маніпулятор для доїння має дві комплектації:

- з керуванням силовими циліндрами за допомогою вакуумметричного тиску (рис. 1.2, а);

- з керуванням силовими циліндрами за допомогою надлишкового тиску, що створюється компресором (рис. 1.2, б).

Автоматичне керування процесом доїння, додоювання та знімання доїльних стаканів із вимені корови здійснюється за допомогою блоку доїння. Блок доїння дозволяє автоматично вибирати режим роботи електромагнітного пульсатора під час доїння залежно від інтенсивності молоковіддачі. Поряд із позитивними сторонами такого маніпулятора, присутні і деякі недоліки. Зокрема, кінематика механізму підтримання доїльних стаканів не забезпечує правильне їх розміщення, особливо коли дно вимені корови має нахил більше ніж 10° [13].

На ринку доїльного обладнання присутні маніпулятори для доїння комбінованого типу (рис. 1.3–1.4). Діаграма тривалості машинного доїння з використанням автомата доїння та без нього подана на рис. 1.5.



Рис. 1.3 Маніпулятор для машинного доїння фірми WestfaliaSurge (Німеччина) – процес машинного доїння



Рис. 1.4 Маніпулятор для машинного доїння фірми WestfaliaSurge (Німеччина) – процес автоматичного машинного додоювання та знімання доїльних стаканів

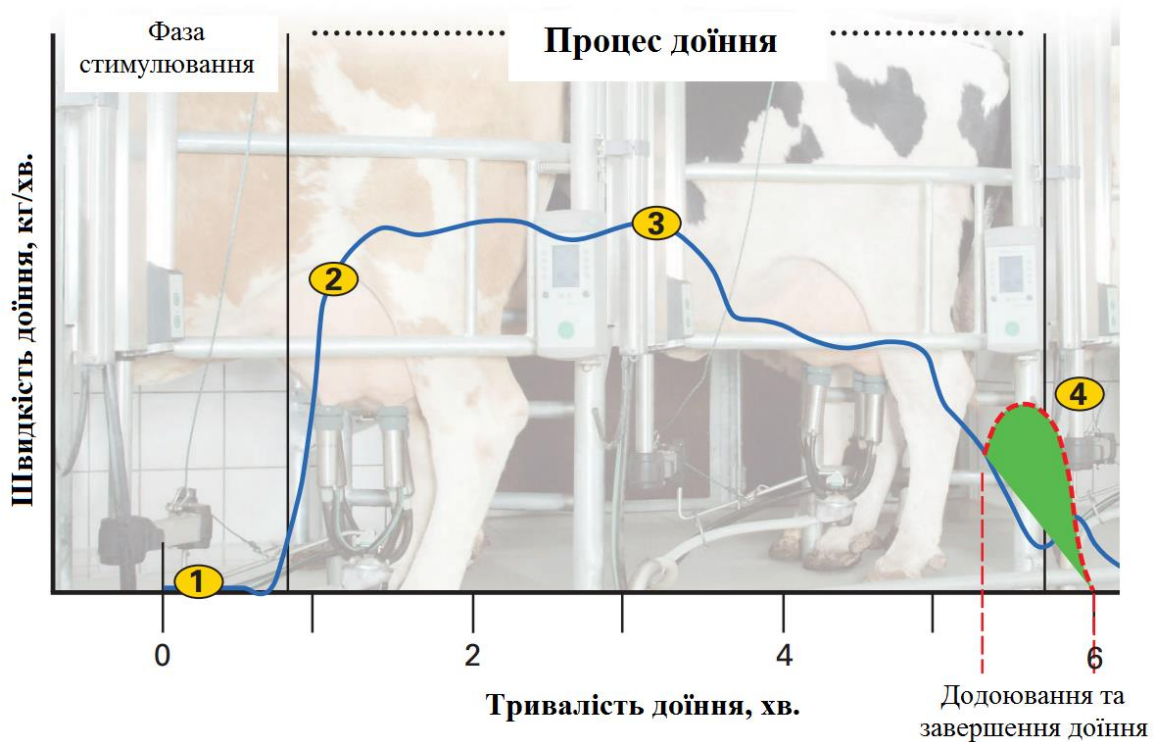


Рис. 1.5. Залежність швидкості доїння від тривалості технологічного процесу: 1 – стимулюючі дії та підключення доїльного апарата; 2 – інтенсивне молоко виведення; 3 – постійна інтенсивність молоко виведення; 4 – машинне додоювання (зелений колір).

Для виконання заключної операції машинного додоювання у конструкції такого типу маніпуляторів використовується тросик із силовим пневмоциліндром. При зниженні швидкості молоковиведення до 400 мл/хв. подається вакуум до пневмоциліндра, який, діючи на трос, забезпечує відтягування доїльних стаканів із зусиллям 25–40 Н, відбувається операція машинного додоювання. Якщо молоковіддача знизиться до 200 мл/хв [15, 16, 17], доїльні стакани разом з колектором знімаються із дійок вимені за допомогою відтягування тросиком. Незважаючи на простоту конструкції, застосування гнучкого тросу не захищає доїльні стакани від можливого падіння, що робить більш прийнятним шарнірні системи [11, 14].

Отже, розроблення маніпулятора доїння, який поєднував би позитивні сторони відомих на ринку зразків з ефективним позиціонуванням доїльних стаканів при реалізації багатоступового доїння залишається актуальним завданням.

1.3. Висновки до розділу 1

1. Значна трудомісткість машинного доїння корів вимагає оснащувати доїльні установки маніпуляторами доїння, які в автоматичному режимі виконують технологічні операції машинного доїння, додоювання та знімання доїльних стаканів по завершенні процесу молоковіддачі без участі оператор.

2. Виконаний аналіз фізіологічних особливостей корів, їх пристосованість до машинного доїння та функціонально-структурних схем серійних маніпуляторів вказав на наявність спільних недоліків. Пропонується усунути недоліки шляхом удосконалення кінематичної схеми механізму орієнтування доїльних стаканів із колектором доїльного апарата в зоні доїння.

РОЗДІЛ 2

ТЕОРЕТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ УДОСКОНАЛЕННЯ АВТОМАТА ДЛЯ ДОЇННЯ КОРІВ

2.1. Розроблення функціональної схеми удосконаленого автомата для доїння

Сучасні конструкції маніпуляторів машинного доїння корів передбачають вільне знаходження доїльних стаканів на дійках вимені корів. В свою чергу на положення у просторі доїльних стаканів впливає пружність гнучких молочних трубок та повітропроводів які сполучають доїльні стакани із колектором. Тобто, серійне обладнання не забезпечує точного орієнтування доїльних стаканів відносно поздовжньої осі дійок, яке залежить від форми та нахилу вимені корови. Це має негативний вплив на реалізацію технологічного процесу повноти видоювання, особливо на заключних етапах доїння. Отже, метою удосконалення, є створення кінематичної схеми важільного механізму автомата доїння із пристроєм для орієнтування доїльних стаканів в напрямку осей дійок вимені корови (рис. 2.1).

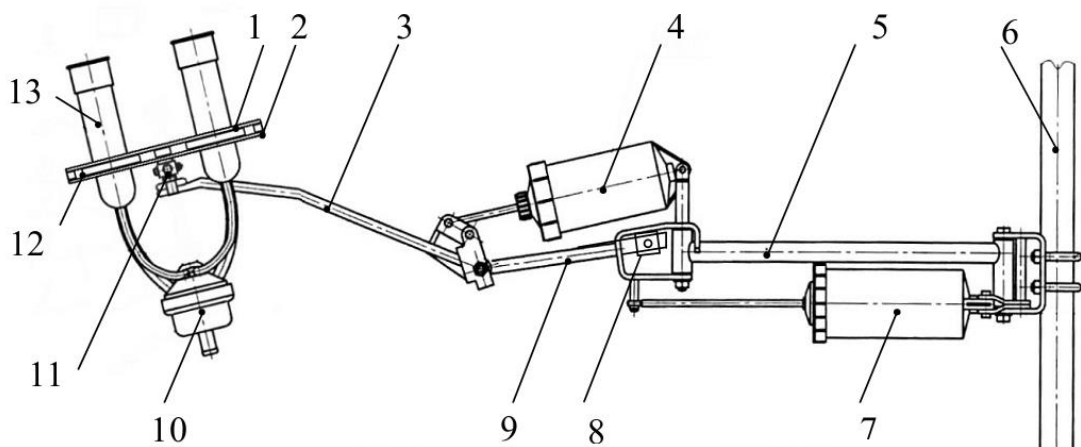


Рис. 2.1. Загальний вигляд удосконаленого маніпулятора для машинного доїння корів: 1 – фіксатор стаканів доїльних верхній; 2 – фіксатор стаканів доїльних нижній; 3 – штанга підтримуюча; 4 – пневмокамера підтримуючої штанги; 5 – опорна стійка; 6 – стійка станка; 7 – пневмокамера стійки станка;

8 – скоба; 9 – важіль; 10 – колектор; 11 – кріплення багатопозиційне; 12 – механізм регулювання; 13 – доїльні стакани.

Принцип функціонування запропонованої схеми важільного механізму автомата для доїння корів наступний. За допомогою фіксаторів стаканів верхнього 1 та нижнього 2 (рис. 2.1) налаштовують необхідне, адаптивне відносно долей вимені корови, розташування у просторі доїльних стаканів 13 із залученням регулювального пристрою 12. В такому положенні доїльні стакани підтримуються за допомогою пневмокамери 4. Під час операції машинного додоювання, шток пневмокамери 4 тисне на підтримуючу штангу 3, в наслідок цього доїльні стакани через фіксатори 2 і 3 відтягуються донизу. Після завершення операції машинного додоювання, якщо інтенсивність молоковиведення знизиться менше ніж до 200 г/хв., відключається подача вакууму у підбійковий простір доїльних стаканів. При цьому подається сигнал до пневмокамери 7, яка діючи на важіль 9 відводить доїльні стакани разом із колектором доїльного апарата із зони доїння корови.

Для ефективної роботи важільної схеми необхідно обґрунтування структури її кінематики (рис. 2.2).

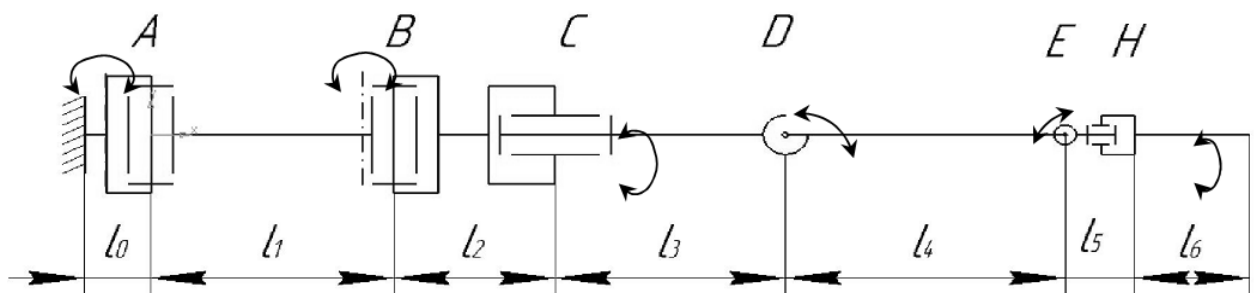


Рис. 2.2. Кінематична схема розробленого важільного механізму: $l_0, l_1, l_2, l_3, l_4, l_5, l_6$ – довжина складових елементів; A, B, C, D, E, H – координати центрів шарнірів.

Запропонована кінематична схема (рис. 2.2) повинна мати максимальну рухливість для забезпечення точного орієнтування доїльних стаканів відносно дійок вимені корови, а також реалізацію технологічної операції машинного додоювання. Для цього необхідно визначити ступінь свободи розробленого важільного механізму, відповідно до рекомендацій [18, 19], за формулою:

$$W = 6n - 5p_5 - 4p_4 - 3p_3 - 2p_2 - p_1, \quad (2.1)$$

де n – кількість рухомих складових важільного механізму, шт.;

p_1, p_2, p_3, p_4, p_5 – кількість кінематичних груп, шт.

Таким чином, відповідно до рівняння (2.1) запропонований важільний механізм маніпулятора для доїльних установок має ступінь свободи $W=6$. Це найбільше із можливо отриманих значень, що означає максимальну рухливість та здатність адаптуватись під задані умови.

2.2. Обґрунтування кінематичних та геометричних параметрів удосконаленого автомата для доїння

Положення доїльних стаканів в зоні доїння має відповідати розташуванню долей вимені корів. Для цього необхідно володіти необхідною базовою інформацією щодо параметрів вимені корів, параметрів дійок тварин, форми вимені корів, форми дійок, висота розміщення чвертей вимені, геометрія розташування та віддаль між долями вимені корів, нахил нижньої стінки вимені у горизонтальній площині. На основі масиву даних будемо користуватись усередненими значеннями, що дозволить досить точно встановити параметри складових багатоважільної системи.

Розглянемо особливості орієнтування складових запропонованої схеми, а саме доїльних стаканів, у вертикальній площині (рис. 2.3).

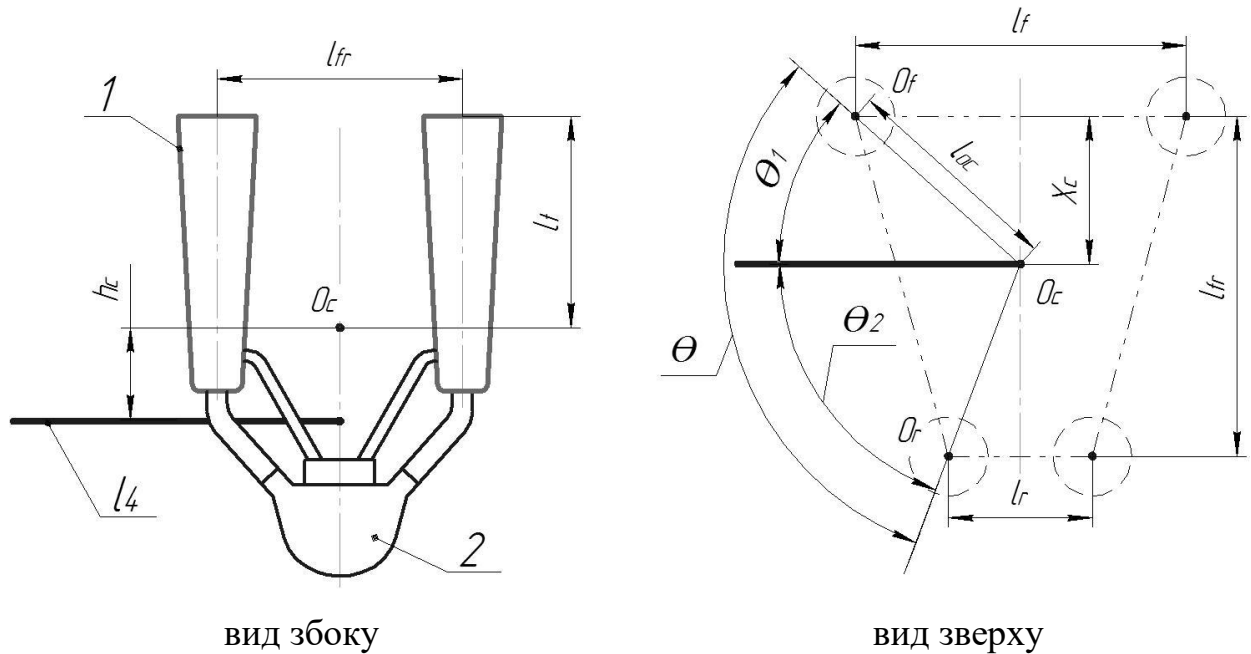


Рис. 2.3. Структурна схема положення доїльних стаканів у вертикальній площині: 1 – доїльний стакан; 2 – колектор; l_4 – штанга підтримуюча; h_c – висота кріплення багатопозиційного; θ – гранична величина можливого кутового положення підтримуючої штанги в зоні доїння; l_t – висота верхнього зрізу доїльних стаканів від точки кріплення O_c ; O_f , O_r – точки обмеження положення підтримуючої штанги; x_c – положення передніх стаканів відносно точки кріплення; l_f – віддаль між долями вимені спереду; l_r – віддаль між долями вимені ззаду; l_{oc} – віддаль від центру кріплення O_c до точки O_f .

Відповідно до рис. 2.3, можна визначити граничне значення положення підтримуючої штанги:

$$\Theta = \Theta_1 + \Theta_2, \quad (2.2)$$

де θ_1 , θ_2 – граничні кутові положення штанги підтримання між точками обмеження передніх та задніх доїльних стаканів, град.

Знайдемо θ_1 за формулою:

$$\sin \Theta_1 = \frac{x_c}{l_{oc}}, \quad (2.2)$$

За відомим геометричним співвідношенням сторін [19], встановимо віддаль від центру кріплення O_c до точки O_f (див. рис. 2.3) за формулою:

$$l_{oc} = \sqrt{x_c^2 + \left(\frac{l_f}{2}\right)^2}, \quad (2.3)$$

Відповідно до величини віддалі між положенням ніг тварини, а, також, з врахуванням рівняння (2.3), знайдемо довжину підтримуючої штанги l_4 (рис. 2.2):

$$l_4 = \frac{l_b}{2 \cos \Theta_1}, \quad (2.4)$$

де l_b – обмежуюча максимальна дія підтримуючої штанги відповідно до габаритів тварини, м.

За відомими геометричними параметрами доїльних установок та з врахуванням рівняння (2.4) можна визначити параметри складових елементів l_2 та l_3 , кінематики важільного механізму:

$$l_{2,3} = \frac{l_p + x_n}{\cos \Theta_1} - l_4, \quad (2.5)$$

де l_p – лінійний параметр зони доїння у вертикальній площині, м;

x_n – величина вільного простору до огороження, м.

Довжина опорної стійки l_1 (див. рис. 2.1 та рис. 2.2) становитиме:

$$l_1 = l_h - \left[l_3 + (l_{2,3} + l_4) \sin \Theta_1 \right] - l_0, \quad (2.6)$$

де l_h – лінійний параметр зони доїння у горизонтальній площині, м;

l_0 – довжини скоби кріплення до стійки станка, м.

Використовуючи довідникові дані конструкційних параметрів різних типів доїльних установок та морфологічних параметрів корів [3, 4, 15, 16, 17] отримали наступні усереднені параметри складових запропонованого важільного механізму маніпулятора для доїння корів: довжини скоби кріплення до стійки станка $l_0=0,10$ м; довжина опорної стійки $l_1=0,42$ м; довжина важеля та кронштейна поворотного керуючої пневмокамери, відповідно, $l_2=0,16$ м, $l_3=0,19$ м; довжину підтримуючої штанги $l_4=0,48$ м.

2.3. Висновки до розділу 2

1. Запропонована удосконалена конструкція маніпулятора для доїльних установок, а саме нова кінематика, яка враховує позиціонування доїльних стаканів відносно вимені корови. Позитивною ознакою запропонованого механізму є можливість адаптувати кінематику автомата доїння відповідно до фізіологічної будови вимені корів, що сприятиме повноті видоювання із-за відсутності перекривання молочної протоки на завершальних етапах доїння. Запропонований важільний механізм має найбільшу із можливих ступінь свободи, що означає максимальну рухливість та здатність адаптуватись під задані умови.

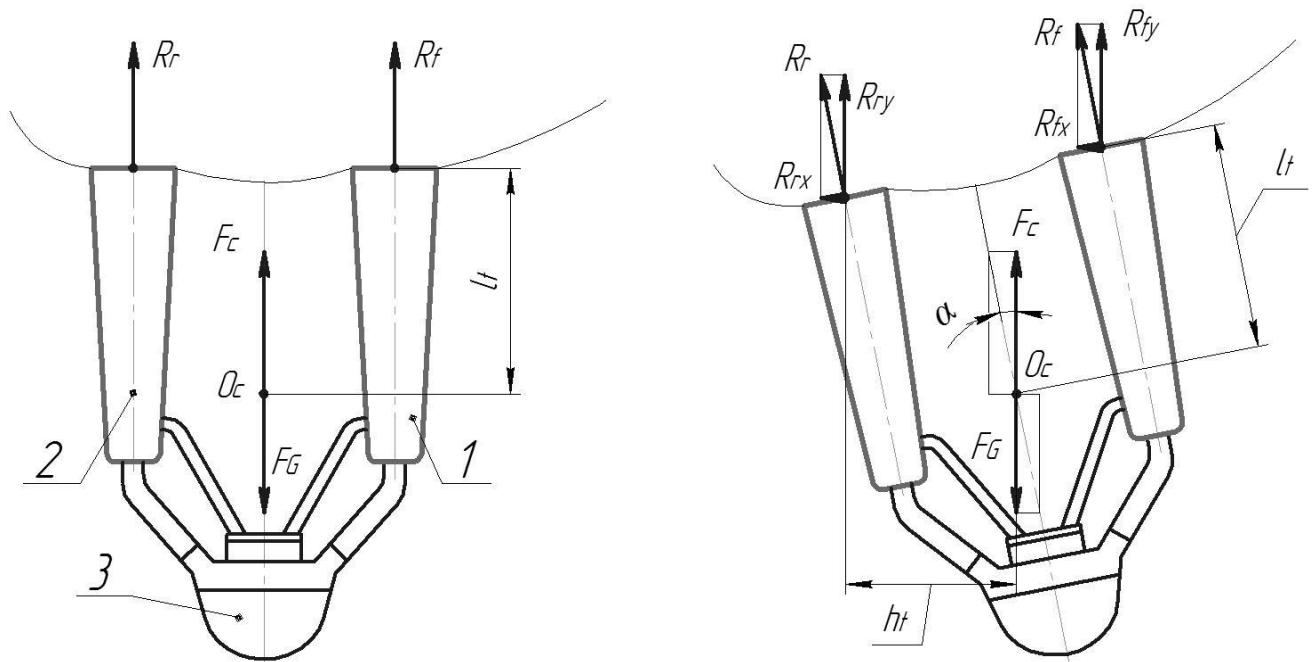
2. Отримані аналітичні залежності за допомогою яких можна визначити основні геометричні параметри запропонованого важільного механізму маніпулятора, а саме: довжину скоби кріплення до стійки станка; довжину опорної стійки; довжину важеля та кронштейна поворотного керуючої пневмокамери; довжину підтримуючої штанги.

РОЗДІЛ 3

ПАРАМЕТРИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ УДОСКОНАЛЕНОГО АВТОМАТА ДЛЯ ДОЇННЯ КОРІВ

3.1. Дослідження системи орієнтування виконавчих механізмів удосконаленого маніпулятора для доїння

Розташування доїльних стаканів та колектора на вимені корови, як вже відзначалось, залежить від форми вимені корови. При цьому сили що діють на доїльний апарат під час доїння та машинного додоювання будуть мати різні значення (рис. 3.1).



вертикально розташовані дійки вимені

нахилені дійки вимені

Рис. 3.1. Схема дії сил на елементи доїльного апарата за умови різної форми вимені корови: 1 – передні стакани доїльні; 2 – задні стакани доїльні; 3 – колектор; F_G – сила ваги доїльного апарата; F_c – сила утримання доїльного апарата на вимені; R_f – реакція передніх долей вимені; R_r – реакція задніх долей вимені; α – кут нахилу доїльних стаканів відносно вертикальної площини; O_c – вузол кріплення доїльних стаканів та колектора до важільного механізму.

У поданих на рис. 3.1. схемах прийнято деякі допущення для спрощення розрахункових залежностей. Так, приймемо допущення, що доїльні стакани з'єднані із колектором у жорстку структуру, а вплив пружності з'єднувальних молочних та повітряних трубок буде незначним порівняно із діючими зусиллями під час машинного доїння та додоювання, коли відбувається відтягування доїльних стаканів разом із колектором у напрямку сили ваги.

В такому випадку, визначимо реакції передньої долі вимені корови:

- у вертикальній площині:

$$R_{fy} = \left(\frac{l_{fr} \cdot \cos \alpha}{2} + \frac{F_{Gr} \cdot l_{mt} + F_{Gf} \cdot l_{mt} + F_{Gc} \cdot l_c}{F_{Gr} + F_{Gf} + F_{Gc}} \cdot \sin \alpha \right) \frac{F_G}{l_{fr} \cdot \cos \alpha}, \quad (3.1)$$

де l_{mt} – лінійна віддаль від вертикальної осі прикладання сил до осі доїльних стаканів, м;

l_{fr} – віддаль між передніми та задніми долями, м;

F_G – сукупна сила ваги доїльного апарата, Н;

F_{Gc} – сила ваги колектора доїльного апарата, Н;

l_c – віддаль від центра колектора до точки прикладання сил, м

F_{Gr}, F_{Gf} – сила ваги доїльного апарата, що припадає на задні та передні долі вимені корови відповідно, Н.

- у горизонтальній площині, враховуючи що $R_f = R_{fy} / \cos \alpha$, отримаємо:

$$R_{fx} = \sqrt{R_f^2 - R_{fy}^2}, \quad (3.2)$$

Знайдемо реакції задніх долей вимені корови:

- у вертикальній площині:

$$R_{ry} = \left(\frac{l_{fr} \cdot \cos \alpha}{2} - \frac{F_{Gr} \cdot l_{mt} + F_{Gf} \cdot l_{mt} + F_{Gc} \cdot l_c}{F_{Gr} + F_{Gf} + F_{Gc}} \cdot \sin \alpha \right) \frac{F_G}{l_{fr} \cdot \cos \alpha}, \quad (3.3)$$

- у горизонтальній площині, враховуючи що $R_r = R_{ry} / \cos \alpha$, отримаємо:

$$R_{rx} = \sqrt{R_r^2 - R_{ry}^2}, \quad (3.4)$$

Сили, що діють на долі вимені подано у вигляді графічних залежностей на рис. 3.2.

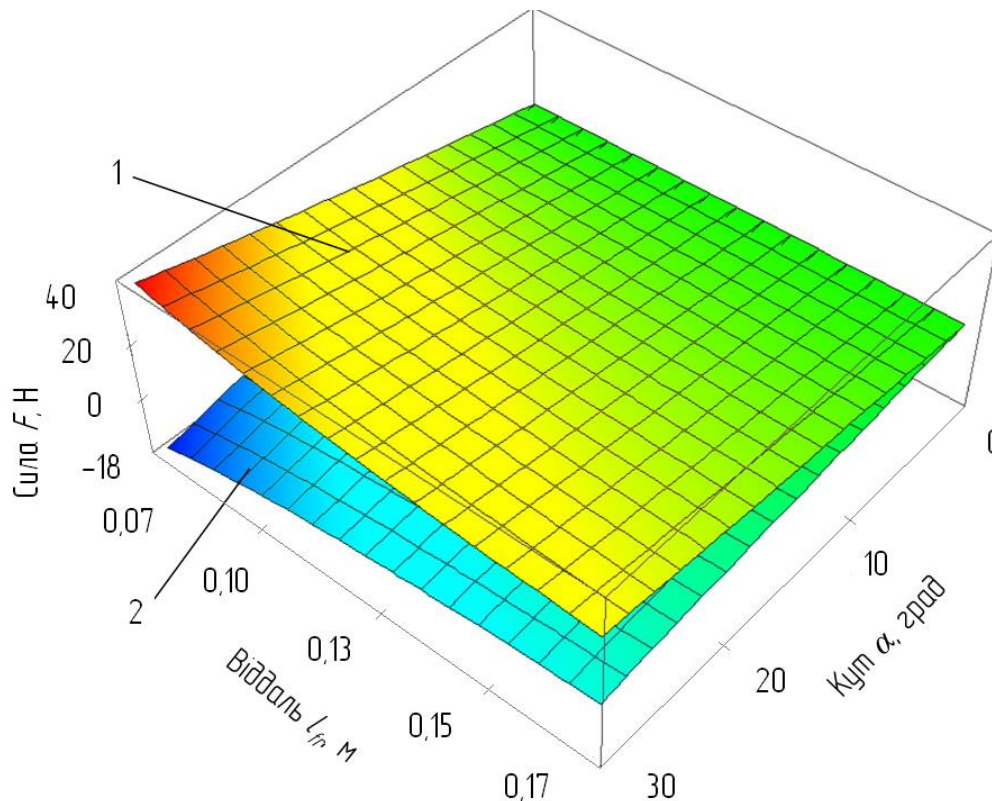


Рис. 3.2. Залежність силового впливу на долі вимені доїльним апаратом від віддалі між передніми і задніми доїльними стаканами при заданому кутовому положенні відносно вертикальної площини: 1 – для передніх чвертей вимені; 2 – для задніх чвертей вимені.

Відповідно до отриманих графічних залежностей на рис. 3.2, можна встановити, що зі зростанням віддалі між передніми та задніми чвертями вимені зменшується сила впливу на дійки, як передні так і задні. За умови мінімальної віддалі $l_f=0,07$ м, спостерігається від'ємне значення сили, що вказує на згин чверті вимені у протилежному напрямку. Таке явище є

негативним, оскільки перекриває відтік молока. Оптимальним є вибір віддалі між чвертями вимені при дії сили на рівні 20 Н (відповідно до рекомендацій [3]), що відповідає величині $l_{fr}=0,15-0,17$ м, при кутовому відхиленні від вертикальної площини на рівні $\alpha=15-20^\circ$.

3.2. Встановлення впливу кінематики удосконаленого маніпулятора на ефективність технологічного процесу доїння

Дослідження встановлення доцільного способу кріплення системи доїльні стакани-колектор до багатоважільного механізму дозволили отримати математичні моделі та графічні залежності (рис. 3.3–3.4).

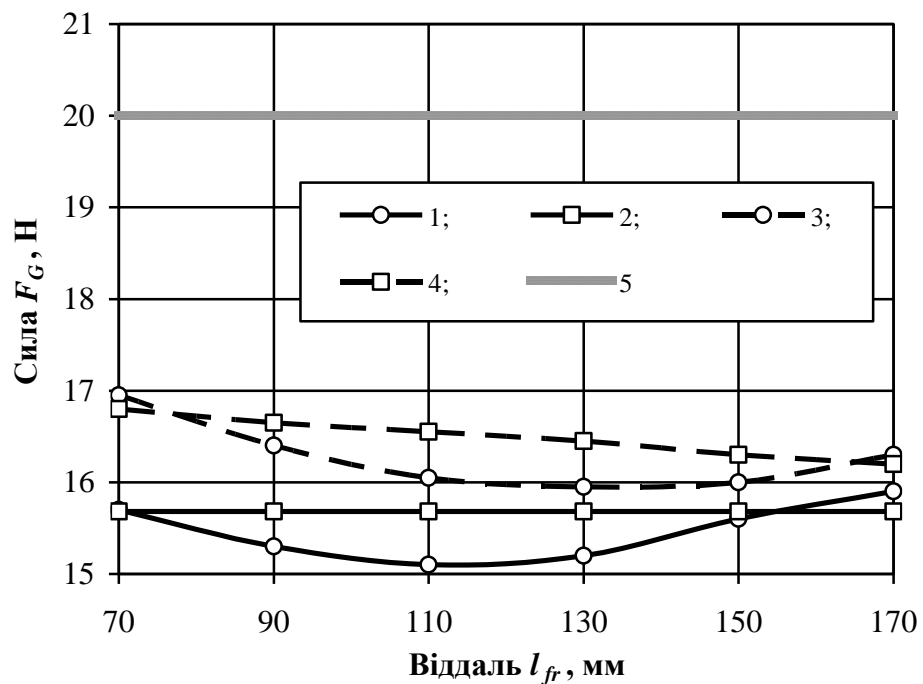


Рис. 3.3. Залежність сили ваги доїльних стаканів та колектора (F_G) залежно від віддалі між передніми та задніми чвертями вимені корови (l_{fr}) та способу сполучення із багатоважільним механізмом маніпулятора при куті (α) відхилення від вертикальної площини поздовжньої осі доїльних стаканів: 1 – сполучення за верх колектора при $\alpha=0^\circ$; 2 – сполучення за фіксатор стаканів при

$\alpha=0^\circ$; 3 – сполучення за верх колектора при $\alpha=10^\circ$; 4 – сполучення за фіксатор стаканів при $\alpha=10^\circ$; 5 – гранично-допустима межа зусилля 20 Н.

Відповідно до графічних залежностей на рис. 3.3, незалежно від схеми поєднання системи «доїльні стакани-колектор» з маніпулятором для доїння, зусилля тиску на долі вимені не перевищують встановленої межі. Максимальне значення сили ваги спостерігається при мінімальній віддалі між передніми та задніми долями вимені корови.

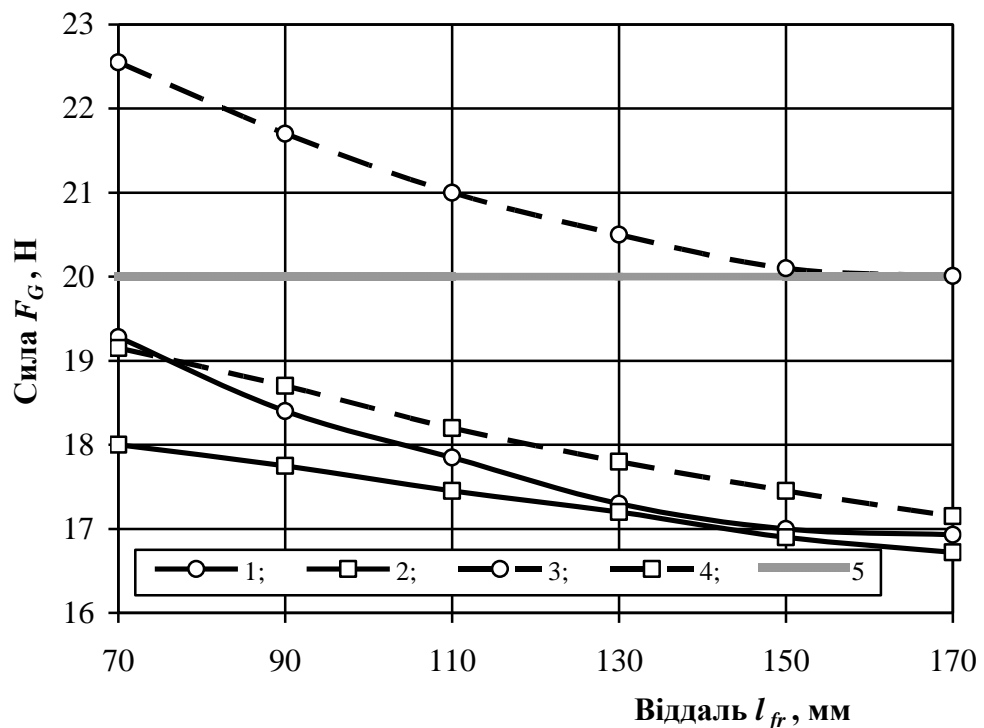


Рис. 3.4. Залежність сили ваги доїльних стаканів та колектора (F_G) залежно від віддалі між передніми та задніми чвертями вимені корови (l_{fr}) та способу сполучення із багатоважільним механізмом маніпулятора при куті (α) відхилення від вертикальної площини поздовжньої осі доїльних стаканів: 1 – сполучення за верх колектора при $\alpha=20^\circ$; 2 – сполучення за фіксатор стаканів при $\alpha=20^\circ$; 3 – сполучення за верх колектора при $\alpha=30^\circ$; 4 – сполучення за фіксатор стаканів при $\alpha=30^\circ$; 5 – гранично-допустима межа зусилля 20 Н.

З графічних залежностей на рис. 3.4 походить, що за умови кутового відхилення чвертей вимені від вертикальної площини на 30° , сила тиску буде перевищувати граничну величину при використанні схеми поєднання системи «доїльні стакани-колектор» з серійним маніпулятором для доїння. Причому використання удосконаленої схеми поєднання дає найменші значення зусилля навіть при максимальному кутовому відхиленні. Це вказує на доцільність використання запропонованих удосконалень для подальшого використання.

Врівноваження зусиль на передні та задні чверті вимені є важливим досягненням розробленого маніпулятора для доїння корів із приєднанням шарнірного пристрою до площини фіксатора системи «доїльні стакани-колектор». Підтвердженням сказаного є отримані математичні моделі (3.5–3.6) та графічні залежності впливу сил тиску на чверті вимені корів (рис. 3.5).

Для передніх чвертей вимені математична модель встановлення зусилля становить, Н:

$$F_{Gf} = 39,12 - 414,83 \cdot l_{fr} + 0,356 \cdot \alpha + 1843,75 \cdot l_{fr}^2 - 2,442 \cdot \alpha \cdot l_{fr}. \quad (3.5)$$

де l_{fr} – віддаль між передніми та задніми долями, м;

α – кут нахилу доїльних стаканів відносно вертикальної площини.

Для з чвертей вимені математична модель встановлення зусилля становить, Н:

$$F_{Gr} = -3,645 + 345,57 \cdot l_{fr} - 0,292 \cdot \alpha - 1518,75 \cdot l_{fr}^2 + 1,93 \cdot \alpha \cdot l_{fr}. \quad (3.6)$$

Математичні моделі пройшли перевірку на достовірність за допомогою такого показника детермінації, який для моделі (3.5) становить $R^2=0,88$, а для рівняння (3.6) цей показник становить $R^2=0,91$. Це вказує на те, що досліджувальні параметри, зокрема параметр кутового відхилення та віддалі

між передніми та задніми долями вимені корови є прийнятними для опису запропонованого механізму.

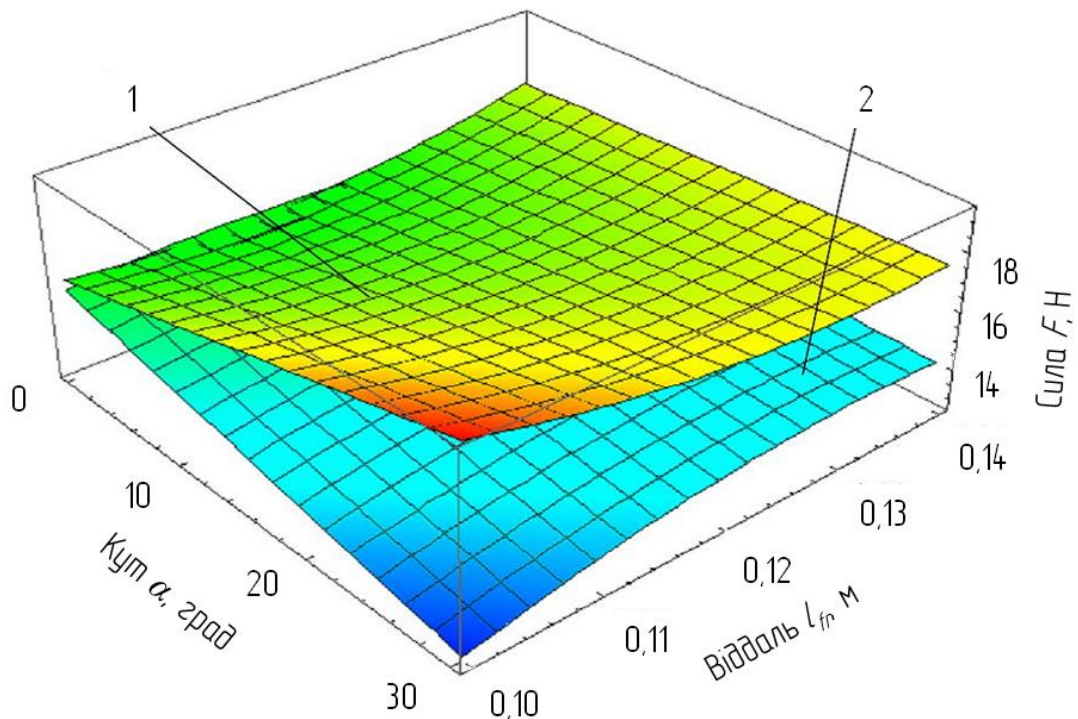


Рис. 3.5. Залежність силового впливу (F) розробленого маніпулятора для доїння на долі вимені доїльним апаратом від віддалі (l_{fr}) між передніми і задніми доїльними стаканами при заданому кутовому положенні (α) відносно вертикальної площини: 1 – для передніх чвертей вимені; 2 – для задніх чвертей вимені.

Як видно із графічних залежностей (рис. 3.5), порівняно із серійною конструкцією, запропонований маніпулятор для доїння корів більш ощадний щодо силового впливу на долі вимені корови. Це видно із відсутності дії сили з мінусовим значенням, що вказує на позбавлення від такого негативного явища як перегин задніх чвертей вимені та, як наслідок перекриття потоку молока. За умови незначного кутового положення ($\alpha=0-15^\circ$) спостерігається незначне відхилення (в межах 1,2–1,8 Н) між зусиллями сили ваги на передні та задні чверті вимені корови, тобто можна говорити про розподіл навантаження близький до рівномірного. Навіть, при значних ($\alpha=20-30^\circ$) кутових відхиленнях

від вертикальної площини (якщо такі корови будуть у дійному стаді) зусилля впливу не перевищують встановлених граничних значень – 20 Н. Таким чином, запропоновані удосконалення підвищують ефективність машинного доїння корів на автоматизованих доїльних установках, навіть при використанні корів котрі мають нестандартну форму вимені з великими кутовими відхиленнями.

3.3. Висновки до розділу 3

1. Встановлено, що розташування доїльних стаканів та колектора на вимені корови залежить від форми вимені корови. Доведено, що зі зростанням віддалі між передніми та задніми чвертями вимені зменшується сила впливу на дійки, як передні так і задні. За умови мінімальної віддалі $l_f=0,07$ м, спостерігається від'ємне значення сили, що вказує на згин чверті вимені у протилежному напрямку, що сповільнює виведення молока.

2. Встановлено, що оптимальною є віддаль $l_f=0,15-0,17$ м за кутового відхиленні від вертикальної площини на рівні $\alpha=15-20^\circ$, що відповідає рекомендованій вченими силі до 20 Н.

3. Запропонований маніпулятор для доїння корів забезпечує врівноваження зусиль на передні та задні чверті вимені. Досягнуто відсутність дії сил з мінусовим значенням, що вказує на позбавлення від такого негативного явища як перегин задніх чвертей вимені та, як наслідок перекриття потоку молока. Таким чином, запропоновані удосконалення підвищують ефективність машинного доїння корів на автоматизованих доїльних установках, навіть при використанні корів котрі мають нестандартну форму вимені з великими кутовими відхиленнями.

ВИСНОВКИ

1. Машинне доїння корів вимагає значних затрат праці (до 70 % від всіх трудозатрат на молочній фермі), тому сучасні доїльні установки оснащуються маніпуляторами для доїння, які в автоматичному режимі виконують технологічні операції машинного доїння, додоювання та знімання доїльних стаканів по завершенні процесу молоковіддачі. Але функціонально-структурні схеми серійних маніпуляторів для доїння недостатньо адаптовані до фізіологічних особливостей корів стосовно їх пристосованості до машинного доїння. Усунути недоліки серійного обладнання пропонується шляхом удосконалення кінематичної схеми механізму орієнтування доїльних стаканів із колектором доїльного апарата в зоні доїння.

2. Запропонована удосконалена кінематична схема конструкції маніпулятора для доїльних установок, яка враховує позиціонування доїльних стаканів відносно вимені корови. Така схема дозволяє адаптувати кінематику автомата доїння відповідно до фізіологічної будови вимені корів, що сприятиме повноті видоювання із-за відсутності перекидання молочної протоки на завершальних етапах доїння. Запропонований важільний механізм має найбільшу із можливих ступінь свободи ($W=6$), що означає максимальну рухливість та здатність адаптуватись під задані умови.

3. Отримані аналітичні залежності для визначення основних геометричних параметрів запропонованої кінематичної схеми важільного механізму маніпулятора для доїння корів. Встановлено оптимальні параметри елементів удосконаленої кінематичної схеми: довжина скоби кріплення до стійки станка ($l_0=0,10$ м); довжина опорної стійки ($l_1=0,42$ м); довжина важеля та кронштейна поворотного керуючої пневмокамери ($l_2=0,16$ м, $l_3=0,19$ м); довжина підтримуючої штанги ($l_4=0,48$ м).

4. Встановлено, що взаємне розташування доїльних стаканів та колектора доїльного апарата на вимені корови залежить від форми її вимені. Доведено, що зі збільшенням віддалі між передніми та задніми чвертями вимені

спостерігається зменшення сили тиску на передні і задні доли вимені. При мінімальній віддалі між передніми і задніми долями вимені ($l_{ff}=0,07$ м) виникає негативне явище їх перегину, про що свідчить від'ємне значення сили тиску. Встановлено, що для машинного доїння корів найбільш доцільно використовувати корів у яких віддаль між передніми і задніми долями вимені знаходиться в межах $l_{ff}=0,15-0,17$ м при їх кутовому відхиленні від вертикальної площини в межах $\alpha=15-20^\circ$, що відповідає рекомендованій вченими граничній силі тиску на вим'я до 20 Н.

5. Запропонований маніпулятор для доїння корів забезпечує врівноваження зусиль на передні та задні чверті вимені, порівняно із серійною конструкцією. Так, при кутовому відхиленні чвертей вимені в межах $\alpha=0-15^\circ$ виникає досить невелика, порівняно із граничною величиною 20 Н, різниця впливу сили ваги в межах 1,2–1,8 Н між передніми та задніми чвертми вимені корови, тобто можна говорити про розподіл навантаження близький до рівномірного. Доведено, що за умови кутового відхилення від вертикальної площини в межах $\alpha=20-30^\circ$, зусилля сили ваги системи «доїльні стакани-колектор» не перевищують встановлених граничних значень у 20 Н. Отже, запропонований удосконалений маніпулятор для доїння корів на автоматизованих доїльних установках забезпечує ефективне машинне доїння навіть тих корів, котрі мають суттєві кутові відхилення, що неможливо на серійному доїльному обладнанні.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Вітвіцький В., Александров М. Шляхи зниження затрат праці у молочному скотарстві. *Тваринництво України*. 2005. № 1. С. 7–10.
2. Горлова В. М. Оцінка морфо-функціональних ознак вим'я корів української чорно-рябої молочної породи різних генотипів. *Науково-технічний бюлетень Інституту тваринництва УААН*. Харків, 2007. № 95. С. 55–59.
3. Фененко А. І. Механізація доїння корів. Теорія і практика. К., 2008. 200 с.
4. Базишин М. М. Порівняльна оцінка молочної худоби різної селекції за комплексом ознак : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук : 06.02.01 – Розведення і селекція тварин. Чубинське, 2008. 20 с.
5. Пелехатий М. С., Шуляр А. П. Морфо-функціональні властивості вим'я корів новостворених молочних порід. *Зб. наук. праць Вінницького національного аграрно-технічного університету : Сер. Сільськогосподарські науки*. Вінниця :ВНАУ, 2011. Вип. 11 (51). С. 108–115.
6. Медведський О. В., Несін Є. В. Вплив форми вимені корів на ефективність машинного доїння. *Студентські читання–2021* : матеріали науково-практичної конференції. 15 листопада 2021 р. Житомир: Поліський національний університет, 2021. С. 75–77.
7. Карташов Л. П., Макаровская З. В., Фененко А. И. Значения механизма управления молокоотдачей для эффективного машинного доения. *Механізація та електрифікація сільського господарства*: міжвід. темат. наук. зб. Глеваха: ННЦ «ІМЕСГ», 2004. Вип. 90. С. 30–39.
8. 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.
9. Адмін Є., Борщ О. Перехід на енергозберігаючі технології виробництва молока та реконструкція молочних ферм. *Тваринництво України*. 2002. № 11. С. 5–7.

10. Хомик Н. І., Довбуш А. Д. *Машини та обладнання для тваринництва* : курс лекцій. ч. 2. Тернопіль : Видавництво ТНТУ, 2013. 224 с.
11. Несін Є. В. Конструкційна функціональність маніпулятора машинного доїння корів. *Наукові читання–2021* : матеріали науково-практичної конференції. 20 травня 2021 р. Житомир: Поліський національний університет, 2021. С. 50–52.
12. Москаленко С. П., Ліщинський С. П., Резніков І. В. Комплексна оцінка ефективності експлуатації доїльних установок. *Механізація та електрифікація сільського господарства*: міжвід. темат. наук. зб. Глеваха, 2013. Вип. № 97. Т.1. С. 557–564.
13. Маніпулятор для доїння : веб-сайт. URL : <https://bratslav.com/katalog-zapasnikh-chastin/mdp12000>.
14. Медведський О. В., Несін Є. В. Оцінка конструкційних особливостей маніпуляторів доїння корів. *Біоенергетичні системи* : матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції. Житомир: Поліський національний університет, 2021. Том 3. С. 21–22.
15. Ревенко І. І., Брагінець М. В., Ребенко В. І. *Машини та обладнання для тваринництва* : підручник. К. : Кондор, 2012. 713 с.
16. Палій А. П., Палій А. П., Науменко О. А. *Інноваційні технології та технічні системи у молочному скотарстві*. Х.: ФОП, 2015. 323 с.
17. *Машини для тваринництва та птахівництва*. / за ред. В. І. Кравчука та Ю. Ф. Мельника. Дослідницьке: УкрНДПВТ ім. Л.Погорілого, 2009. 207 с.
18. Кіницький Я. Т., Харжевський В. О., Марченко М. В. *Теорія механізмів і машин в системі Mathcad* : навч. посіб. Хмельницький : РВЦ ХНУ, 2014. 324 с.
19. Бронштейн И. Н., Семендяев К. А. *Справочник по математике*. М. : Наука, 1967. 608 с.
20. Павловський М. А. *Теоретична механіка*. Київ : Техніка, 2002. 510 с.