

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

Кваліфікаційна робота на правах
рукопису

БОРОВЕЦЬ Руслан Григорович

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ДОЇЛЬНОГО СТАКАНА ПІД ЧАС
МАШИННОГО ДОЇННЯ**

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
д.т.н., проф. Деревянко Д. А.

Житомир – 2020

АНОТАЦІЯ

Боровець Р. Г. **Підвищення ефективності доїльного стакана під час машинного доїння.** – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістр зі спеціальності 208 – агроінженерія. – Поліський національний університет, Житомир, 2020 р.

У кваліфікаційній роботі виконана оцінка відповідності конструкційно-технологічних схем доїльних стаканів відомих виробників зооветеринарним та зоотехнічним вимогам, вказано на позитивні та негативні сторони відомих конструкцій доїльних стаканів та основні напрямки досліджень вчених галузі машинного доїння корів щодо пошуку ефективних конструкційних рішень.

Кваліфікаційна робота вирішує наукове завдання підвищення надійності доїльного стакана за рахунок збереження робочих характеристик дійкової гуми шляхом розробки натяжного пристосування та обґрунтування його конструкційно-технологічних параметрів.

Отримані аналітичні залежності визначення конструкційно-технологічних параметрів розробленого натяжного пристосування, встановлено функціональний взаємозв'язок між складовими, оцінено вплив на експлуатаційну ефективність функціонування запропонованих удосконалень та доїльного апарата в цілому.

Ключові слова: доїльний стакан, зооветеринарні вимоги, натяг дійкової гуми, вакуумметричний тиск, силова характеристика.

ANNOTATION

Borovets R.G. **Improving the efficiency of the milking cup during machine milking.** – Qualification work on the rights of the manuscript.

Qualifying work for a master's degree in 208 – agroengineering. – Polissia National University, Zhytomyr, 2020

The qualification work evaluates the compliance of design and technological schemes of milking cups of well-known manufacturers with zooveterinary and zootechnical requirements, points to the pros and cons of known designs of milking cups and the main research areas of machine milking cows to find effective design solutions.

Qualification work solves the scientific problem of increasing the reliability of the milking cup by preserving the performance of teat rubber by developing a tensioning device and substantiation of its design and technological parameters.

Analytical dependences of definition of constructional and technological parameters of the developed tension device are received, functional interrelation between components is established, influence on operational efficiency of functioning of the offered improvements and the milking machine as a whole is estimated.

Key words: milking cup, zooveterinary requirements, teat rubber tension, vacuum gauge pressure, power characteristic.

ЗМІСТ

ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ДОЇЛЬНИХ СТАКАНІВ	6
1.1. Технологічно-конструкційні та зооветеринарні вимоги до конструкції доїльного стакана	6
1.2. Оцінка конструкційно-технологічних параметрів доїльних стаканів	7
1.3. Висновки до розділу 1	11
РОЗДІЛ 2. ДОСЛІДЖЕННЯ УДОСКОНАЛЕНОЇ КОНСТРУКЦІЇ ДОЇЛЬНОГО СТАКАНА	12
2.1. Обґрунтування конструкційних параметрів удосконаленого доїльного стакана	12
2.2. Визначення характеристик поєднання складових елементів конструкції	15
2.3. Висновки до розділу 2	17
РОЗДІЛ 3. ВСТАНОВЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ДОЇЛЬНОГО СТАКАНА З МЕХАНІЗМОМ НАТЯГУ ДІЙКОВОЇ ГУМИ	18
3.1. Силевий аналіз механізму натягу дійкової гуми	18
3.2. Висновки до розділу 3	25
ВИСНОВКИ	26
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	27

ВСТУП

Актуальність теми. Доїльний стакан найбільш важлива частина доїльного апарата, оскільки забезпечує безпосередній контакт із твариною та реалізує основний технологічний процес – виведення утвореного у вимені корови молока. Найбільшого поширення для доїльних апаратів набули двокамерні доїльні стакани різного виконання із суцільним чи розбірним корпусом, односкладовою або комбінованою дійковою гумою. Відмінними у конструкції можуть бути розміщення патрубків змінного тиску, циліндрична або приплюснута форма гільзи доїльного стакана, матеріал основних складових. Позитивною ознакою двокамерних доїльних стаканів є здатність дійкової гуми пристосовуватись до різних за розмірами чвертей вимені корови, не перешкоджає відкриванню сфінктера, завдяки чому забезпечується висока швидкість доїння. Ефективна робота такого стакана залежить від еластичних властивостей дійкової гуми яка залежить від особливостей її експлуатації [1].

Поширеність двокамерних доїльних стаканів викликана їх простотою конструкції та експлуатації. Але сучасні доїльні стакани мають суттєві недоліки, котрі не сприяють підвищенню повноти видоювання корів, а в деяких випадках спонукають захворювання вимені корів. Це, в першу чергу виникнення ефекту балонізації дійкової гуми та наповзання доїльного стакана на дійку тварини, що сповільнює процес молоковиведення.

Тому виникає необхідність дослідити конструкційно-технологічні схеми доїльних стаканів та їх виявити вплив на ефективність процесу машинного доїння корів.

Мета і задачі досліджень. Мета досліджень – підвищення ефективності доїльного стакана за рахунок збереження еластичних властивостей дійкової гуми шляхом удосконалення механізму регулювання сили її розтягування.

Для досягнення поставленої мети підлягають вирішенню такі завдання:

- оцінити конструкційні особливості доїльних стаканів та встановити їх відповідність зооветеринарним та зоотехнічним вимогам;

- встановити основні конструкційні параметри розробленого пристрою підтримання сили натягування дійкової гуми;
- проаналізувати динаміку зміни тиску та взаємозв'язок із конструкційними та силовими характеристиками складових елементів конструкції;
- виконати оцінку експлуатаційної ефективності запропонованого удосконалення доїльного стакану.

Об'єкт дослідження – конструкційно-технологічні параметри доїльного стакану доїльного апарату.

Предмет дослідження – вплив режимів роботи доїльного апарату на конструкційно-технологічні параметри на силову характеристику виконавчих механізмів доїльного стакану.

Методи досліджень. При вирішенні поставлених завдань використовували теоретичні дослідження із застосуванням теорії математичного моделювання та використанням основних положень пневматики, теоретичної механіки та теплотехніки.

Апробація результатів роботи. Основні положення і результати досліджень кваліфікаційної роботи викладено у роботах:

1. Боровець Р. Г. Обґрунтування конструкції доїльного стакану. *Біоенергетичні системи : Матеріали IV міжнародної науково-практичної конференції*. Житомир: ЖНАЕУ, 2020. Ч. 2 С. 55–56.

2. Боровець Р. Г. Оцінка технічних рішень доїльних стаканів доїльного апарату. *Матеріали науково-практичної конференції «Наукові читання–2020»*. Житомир: ЖНАЕУ, 2020. С. 130–132.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота включає вступ, три розділи основної частини, загальні висновки, список використаних літературних джерел та додатки, викладена на 28 сторінках комп'ютерного тексту.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ДОЇЛЬНИХ СТАКАНІВ

1.1. Технологічно-конструкційні та зооветеринарні вимоги до конструкції доїльного стакана

Доїльний стакан є складовою частиною доїльного апарата для машинного доїння корів. Важливість відповідності доїльного стакана зооветеринарним та конструкційно-технологічним вимогам до машинного доїння корів пояснюється безпосереднім контактом з долею вимені корови [2, 3, 4]. Безпосередня взаємодія із організмом тварини накладає відповідні вимоги до його конструкційних та технологічних особливостей [5, 6], основними серед яких є наступні.

Відповідно до зооветеринарних та зоотехнічних вимог доїльні стакани повинні [7, 8, 9]:

- адаптуватись до інтенсивності молоковіддачі, змінюючи режимні налаштування;
- передбачення в конструкції елементів стимуляції молоковіддачі, підтримання температури доїльних стаканів близької до температури вимені тварини;
- усунення випадків можливих випадкових перетримок доїльних стаканів на дійках за рахунок використання сигналізуючи пристроїв;
- бажана наявність пристроїв для автоматичного відключення доїльних стаканів від вакуумметричного тиску при зніманні їх з дійок;
- простота конструкції має забезпечити швидкий доступ до складових для виконання гігієнічних заходів під час підготовки до машинного доїння;
- пропускна здатність молочної трубки повинна забезпечити безперешкодне виведення молока при максимальній інтенсивності молоковіддачі;

- матеріал дійкової гуми повинен забезпечувати максимальний комфорт під час машинного доїння та відповідати зооветеринарним та гігієнічним безпековим вимогам;

- конструкція доїльного стакану повинна забезпечити максимальну надійність та довговічність складових елементів.

Конструкції та режими роботи доїльних стаканів повинні задовольняти наведені вище вимоги. Тому, різні виробники приймають рішення залежно від власного бачення шляхів реалізації конструкції адаптивного доїльного стакану.

1.2. Оцінка конструкційно-технологічних параметрів доїльних стаканів

Двотактний режим машинного доїння корів реалізується за допомогою двокамерного доїльного стакану. Така конструкція є найбільш поширеною серед виробників доїльного обладнання (рис. 1.1) [10-14].

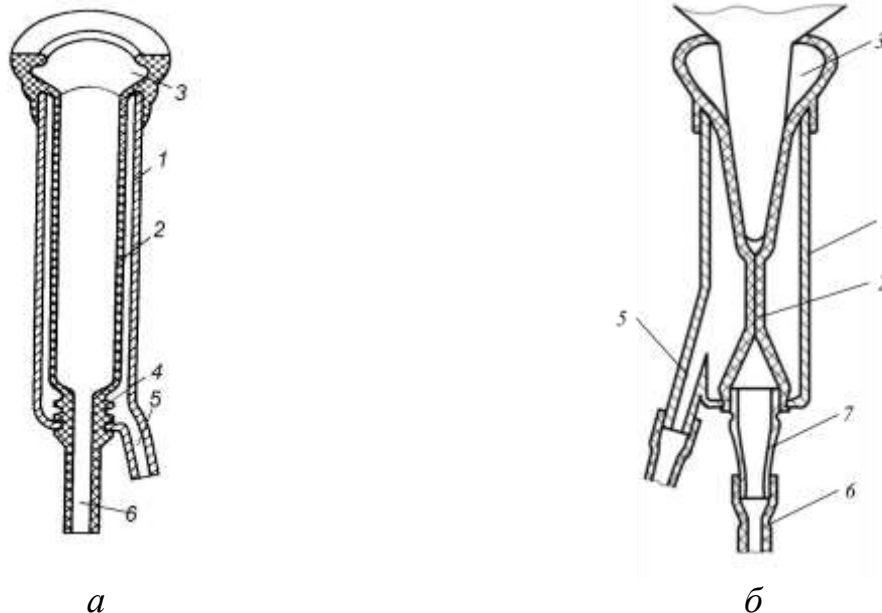


Рис. 1.1. Доїльні стакани: *а* – суміщена дійкова гума та молочна трубка; *б* – розділена конструкція молочної трубки та дійкової гуми; 1 – гільза; 2 – дійкова гума; 3 – присосок; 4 – кільцеві виступи; 5 – патрубок; 6 – молочна трубка; 7 – прозорий конус

Позитивною ознакою двокамерних доїльних стаканів є пристосованість дійкової гуми до різних за розмірами дійок, не перешкоджає відкриванню сфінктера, завдяки чому досягається висока швидкість доїння. Ефективна робота такого стакана залежить від еластичних властивостей дійкової гуми яка залежить від тривалості її експлуатації [11, 12].

Розбірній конструкції доїльного стакана (рис. 1.1, б) притаманні певні недоліки – необхідністю розбирання та промивання частин стакана, складність контролювання натягу дійкової гуми. Ці недоліки усунені в уніфікованому доїльному стакані, де дійкова гума та молочна трубка виконані як одна деталь (рис. 1.1, а), наявність кільцевих вставок дає змогу регулювати натяг дійкової гуми в процесі експлуатації без розбирання доїльного стакана. Але при цьому ускладнюється контроль за процесом молоковиведення [5].

Двокамерним доїльним стаканам притаманні спільні недоліки, які суттєво впливають на ефективність машинного доїння корів [13, 14]:

- балонізація дійкової гуми, що призводить до наповзання доїльних стаканів на дійку, при цьому сповільнюється процес молоковіддачі;
- деформування дійкової під час такту стиску зі значними зусиллями, що травмує дійку тварини;
- недостатній ресурс роботи дійкової гуми із-за відсутності надійного пристрою контролю її натягу.

Дослідницькі центри та вчені продовжують пошук оптимальних конструкцій доїльних стаканів для усунення викладених недоліків з метою максимальної адаптації до фізіології машинного доїння корів.

В основу винаходу [15] поставлено задачу створення конструкції, яка унеможливило наповзання доїльного стакана на дійку та забезпечує надійне його утримання на дійці під час машинного доїння корів (рис. 1.2).

Поставлена задача вирішується за рахунок того, що в доїльному стакані, який складається із гільзи, встановлено всередині ще одну циліндричну вставку, яка поєднується із суцільною дійково-молочною трубкою за

допомогою присоска для дійки тварини. Циліндрична внутрішня вставка поєднана із зовнішньою гільзою доїльного стакана за допомогою сільфона.

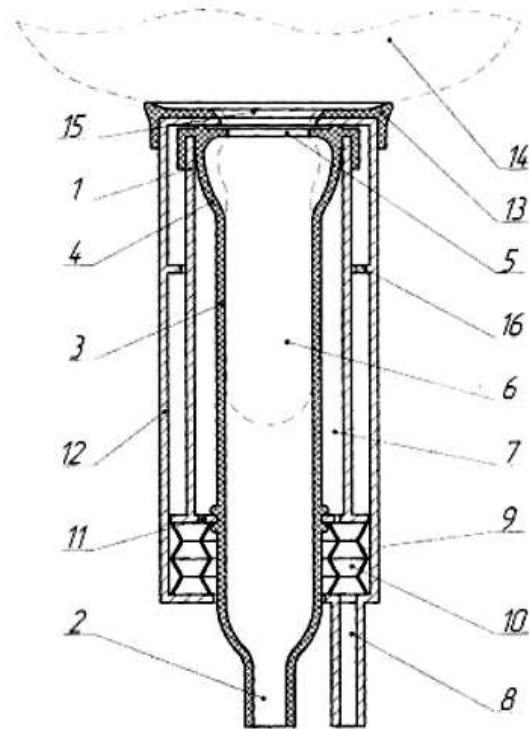


Рис. 1.2. Конструкція доїльного стакана: 1 – несуча гільза; 2 – повітропровід постійного вакууму; 3 – дійкова трубка; 4 – присосок; 5 – отвір дійкової гуми; 6 – дійка; 7 – між стінна камера; 8 – трубопровід; 9 – кільцевий сільфон; 10 – внутрішній об’ємний простір; 11 – сполучний отвір; 12 – додаткова гільза; 13 – упор; 14 – вим’я; 15 – отвір упора; 16 – напрямне кільце

Запропонована конструкція (рис. 1.2) працює за двотактним режимом, як переважна більшість доїльних апаратів. Під час такту ссання до внутрішньої порожнини сільфона та між стінного простору поширюється вакуумметричний тиск. За рахунок цього сільфон стискається та тягне донизу внутрішню гільзу, яка за допомогою осьового переміщення не дозволяє дійковій гумі, яка поєднана із внутрішньою вставкою через кільцевий виступ, наповзати на вим’я корови. Пропонована конструкція доїльного стакана дозволяє унеможливити наповзання доїльного стакана на дійку вимені, при цьому забезпечується надійне утримання доїльного стакана на дійці при доїнні. Відсутність

наповзання сприяє повному видоюванню молока, що сприяє уникненню захворюваності тварини; виключається операція додоювання, що забезпечить зростання продуктивність праці оператора машинного доїння.

Недоліком запропонованого винаходу є відсутність стимулюючих подразнень під час доїння та складність конструкції, ускладнюється механізм регулювання натягу дійкової гуми.

Доїльний стакан [16] (рис. 1.3), за твердженням винахідників здатен вирішити проблему підвищення надійності роботи з одночасним забезпеченням зручності підтримання належного натягу дійкової гуми.

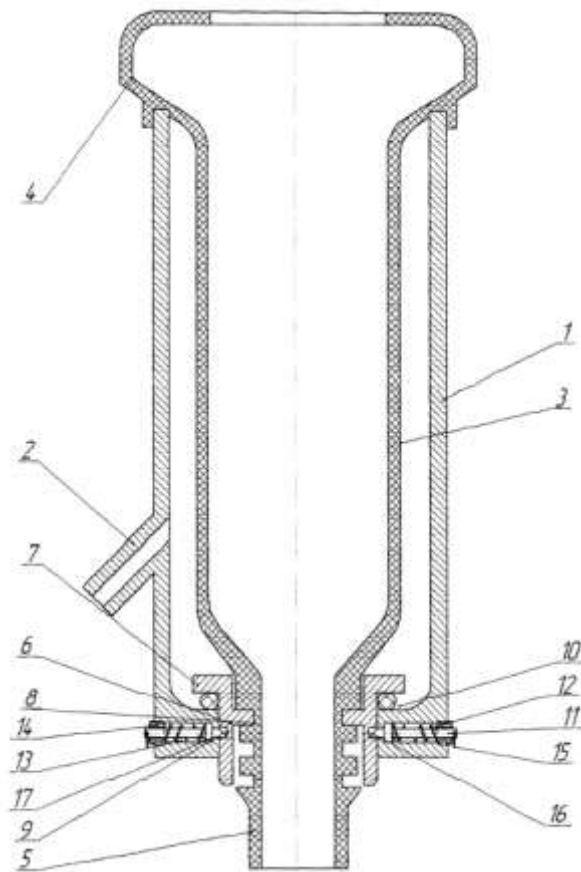


Рис. 1.3. Доїльний стакан з фіксованим натягом дійкової гуми: 1 – корпус; 2 – повітряний патрубок; 3 – дійкова гума; 4 – присосок; 5 – молочна трубка; 6 – втулка; 7, 8 – верхній та нижній кільцеві бурти; 9 – кільцева виточка; 10 – прокладка кільцева; 11 – фіксатори; 12 – пружини; 13 – напрямні отвори; 14 – гвинти; 15 – упори; 16 – зріз фіксатора; 17 – упор фіксатора

Принцип роботи пропонованого доїльного стакана (рис. 1.3) полягає в наступному. Перед черговим доїнням оператор машинного доїння витягує молочну трубку, за рахунок цього еластичний кільцевий елемент стискається верхнім буртом втулки, тим самим забезпечується герметичність доїльного стакана. Внутрішні кінці фіксаторів ковзають по зовнішній поверхні втулки до тих пір, поки не ввійдуть у кільцеву виточку втулки, тим самим фіксуючи необхідне натягнення дійкової гуми в корпусі доїльного стакана. В процесі доїння положення у фіксаторі не змінюється. Після доїння групи корів оператор машинного доїння, розсуваючи упори вручну, виводить фіксатори з кільцевої виточки втулки, тим самим звільняючи молочну трубку від натягу. В такому «розслабленому» стані дійкова гума буде знаходитися до наступного доїння, що сприяє збереженню її пружних та еластичних властивостей.

Недоліком даного рішення є складність конструкції та виражена схильність до наповзання доїльних стаканів, що ставить під сумнів доцільність такого рішення.

1.3. Висновки до розділу 1

Оцінка конструкційно-технологічних рішень серійних конструкцій доїльних стаканів вказала на незадоволення ними більшості вимог щодо забезпечення безпечного машинного доїння корів, що спонукає дослідників та вчених до пошуку нових конструкційних рішень. Встановлено, що основним недоліком сучасного доїльного стакана є можливість його наповзання на дійку корови, що перешкоджає молоковиведенню, а також поява ефекту балонізації дійкової гуми.

РОЗДІЛ 2

ДОСЛІДЖЕННЯ УДОСКОНАЛЕНОЇ КОНСТРУКЦІЇ ДОЇЛЬНОГО СТАКАНА

2.1. Обґрунтування конструкційних параметрів удосконаленого доїльного стакана

Незважаючи на різноманітність запропонованих конструкцій доїльних стаканів, відсутні рішення, котрі в повній мірі задовольняли б зооветеринарні та зоотехнічні вимоги висловлені в першому розділі. Конструкція серійних доїльних стаканів не забезпечує усунення ефекту балонізації, відсутній надійний захист дійки від вакууму під час такту стиску, відсутня будь-яка стимуляція та подразнення, що сприяло б повноті виведення молока з вимені корів. В наслідок цього спостерігається підвищена захворюваність на мастит, зростають затрати праці на реалізацію процесу машинного додоювання тварин.

Першочерговим завданням при удосконаленні або розробці нової конструкції доїльного стакана є повна відповідність зоотехнічним, зоогігієнічним та зооветеринарним вимогам.

Розроблювана нами конструкція повинна увібрати позитивні риси розглянутих доїльних стаканів. Це, в першу чергу, наявність механізму, що забезпечить відсутність осьового переміщення дійкової гуми, і як наслідок, отримання вищої повноти молоковиведення без машинного додоювання та забезпечення надійної та тривалої експлуатації дійкової гуми. Відсутність ручного машинного додоювання корів сприятиме підвищенню продуктивності праці оператора машинного доїння. Окрім цього, вченими [7, 8] встановлено, що у завершальних порціях молока зосереджено найбільше жирових кульок, що значно підвищує якість кінцевого продукту. Більш жирне молоко можна реалізувати за вищою ціною, що призводить до зростання прибутковості сільськогосподарського підприємства.

Конструкційно-технологічна схема пропонованої конструкції доїльного стакану подана на рис. 2.1 [17].

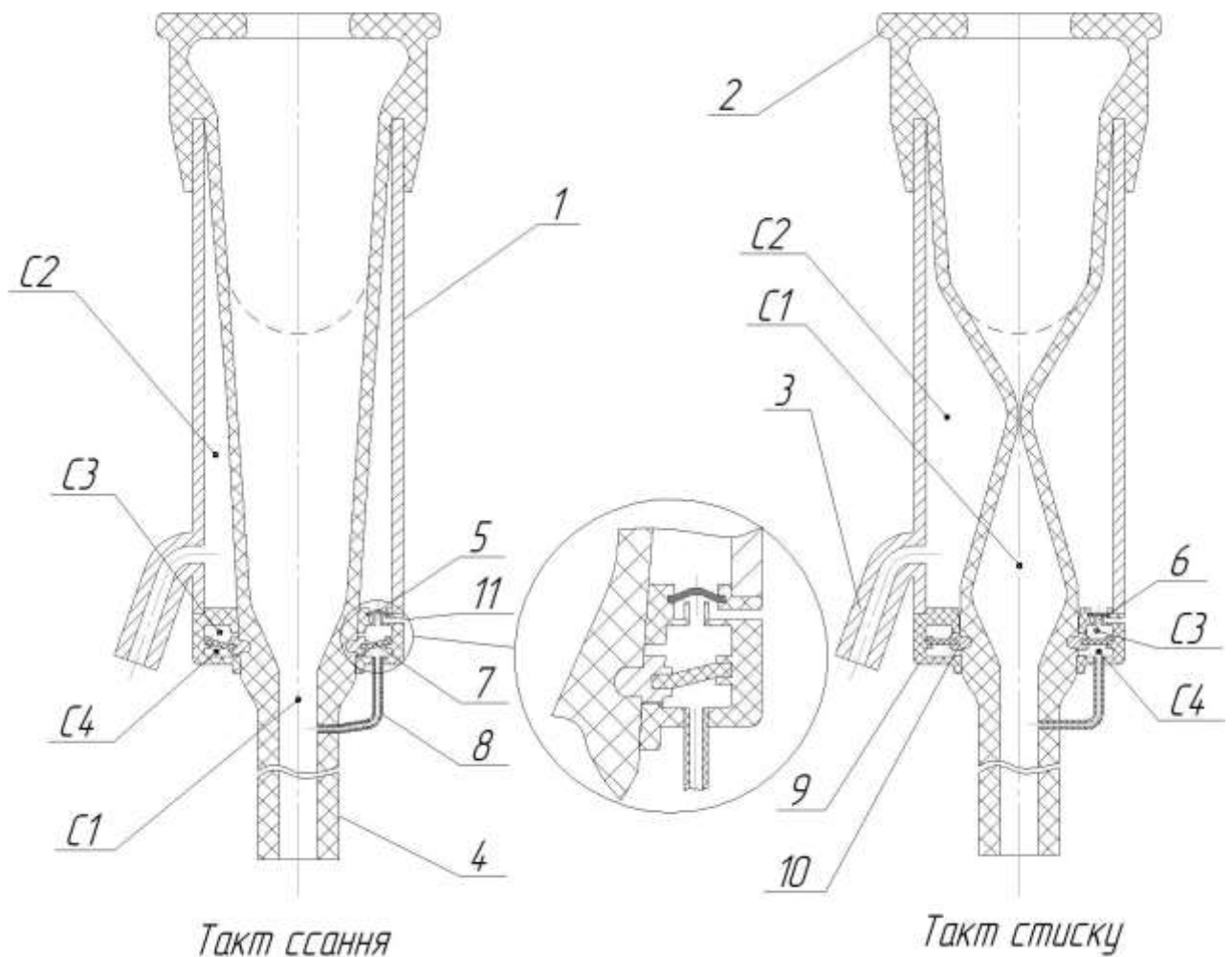


Рис. 2.1. Схема пропонованої конструкції доїльного стакану: 1 – гільза; 2 – дійкова гума; 3 – патрубок змінного тиску; 4 – молочна трубка; 5 – керуюча мембрана; 6 – кільцевий канал; 7 – кільцева мембрана; 8 – трубка; 9 – корпус; 10 – кільцева вставка; 11 – отвір; С1 – підбійкова камера; С2 – міжстінна камера; С3– верхня камера; С4 – нижня камера.

Принцип роботи нового доїльного стакакна полягає в наступному. Під час такту ссання (рис. 2.1) у камерах С1 та С2 створюється вакуумметричним тиск. При цьому дійкова гума випрямлена, що сприяє відкриттю сфінктера дійки. Відбувається виведення молока – такт ссання.

За таких умов канал 6 відкритий, оскільки зі сторони камери С1 на мембрану 5 діє вакуумметричний тиск, а під мембраною діє атмосферний тиск. Через відкритий канал 6 та отвір 11 у камері С3 наводиться атмосферний тиск. Так як у камері С4 тиск аналогічний до тиску у камері С1, то мембрана 7 із-за різниці тисків прогнеться донизу. Разом із мембраною 7 донизу рухається і кільцева вставка 10. Переміщуючись донизу кільцева вставка 10 тягне донизу дійкову гуму 2, оскільки перебуває із останньою в постійному зачепленні через кільцеву прогалину. В такому стані дійкова гума 2 буде натягуватись, забезпечуючи її робочий стан під час такту ссання. Окрім цього, що є головною метою розробки, при русі донизу мембрани 7 усувається небезпека наповзання дійкової гуми на дійки вимені, особливо на останніх хвилинах доїння. Це дає змогу забезпечити належну повноту видоювання корови.

Під час такту стиску у просторі С1 зберігається вакуум, а у міжстінний простір С2 потрапляє атмосферний тиск. За рахунок різниці тисків дійкова гума стискається, сфінктер дійки закривається й молоковиведення припиняється. В цей час з обох боків мембрани 5 діє атмосферний тиск. За рахунок дії пружних сил, мембрана 5 випрямляється і канал 6 закриється. Через отриману порожнину між дійковою гумою та внутрішньою стороною корпуса 4, до камери С3 надходить атмосферне повітря із камери С2. В наслідок цього мембрана 7 прагне рухати кільцеву вставку 10 донизу, так як у камері С4 зберігається вакуум, але отримує протидію дійкової гуми за рахунок зменшення її лінійних розмірів із-за змикання під дійкою вимені, тому мембрана 7 випрямиться. При цьому компенсується надмірне видовження дійкової гуми під час такту стиску (порівняно із серійними доїльними стаканами де дійкова гума зафіксована жорстко), продовжуючи її довговічність та протидіючи такому негативному явищу як наповзання доїльних стаканів.

При переході до такту ссання, у просторі С2 виникає вакуум. В такому випадку мембрана 5 прогинається доверху відкриваючи канал 6. Повітря надходить до камери С3 та тисне на мембрану 7, яка рухається донизу, так як у камері С4 постійний вакуум. За таких умов дійкова гума натягується.

Отже, запропонований пристрій дає змогу зберегти еластичність дійкової гуми, що продовжить її термін експлуатації, а усунення такого негативного явища як наповзання доїльних стаканів на дійки вимені (при цьому перекривається доступ молока до дійок) сприяє повноті видоювання та збільшення жирності молока.

Таким чином, за рахунок збільшення кількості видосного молока із підвищеною жирністю (останні порції молока із вимені корови мають найвищу жирність) можна отримати додаткові прибутки, а продовження міжсервісного використання дійкової гуми скорочує експлуатаційні видатки.

2.2. Визначення характеристик поєднання складових елементів конструкції

Розроблений механізм буде приєднуватись до металевої частини гільзи доїльного стакану за допомогою різьбового з'єднання. Для визначення характеристик різьбового з'єднання на міцність скористаємось схемою на рис. 2.2.

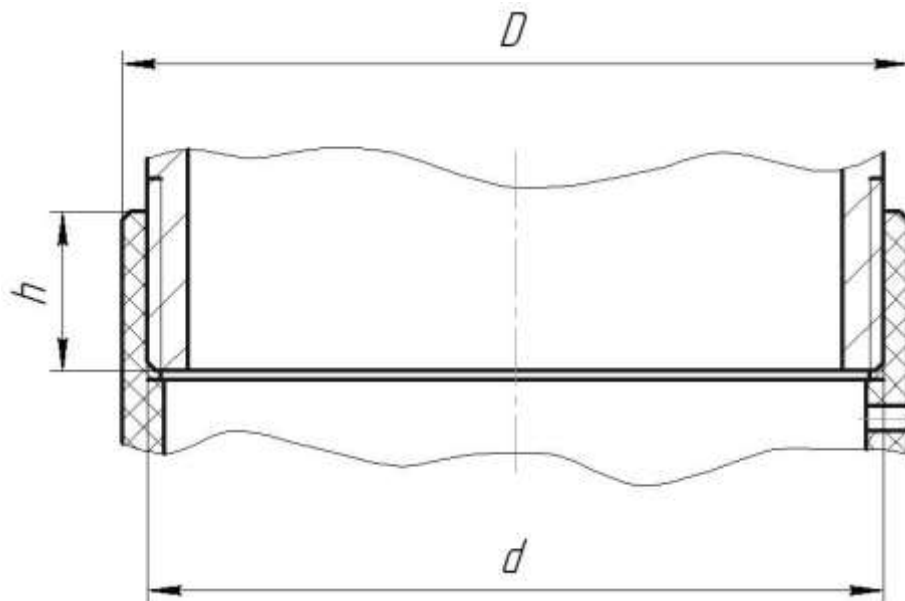


Рис. 2.2. Схема до розрахунку різьбового з'єднання

Висота різьбового з'єднання залежить від міцності матеріалу з якого виготовлено корпусний елемент розробленого механізму (рис. 2.3). Напруження на руйнування різьби корпуса розробленого механізму, в місці з'єднання із металевою гільзою, має відповідати умові [18]:

$$\tau_{zp} = \frac{F}{0,8 \cdot \pi \cdot d \cdot h} \leq [\tau_{zp}], \quad (2.1)$$

де F – сила, що діє на з'єднання, Н;

d – внутрішній діаметр різьби, що відповідає зовнішньому діаметру гільзи стакану, мм;

$[\tau_{zp}]$ – допустимі напруження на зріз різьби, для амінопласту становить $[\tau_{zp}] = 0,12 \text{ Н/мм}^2$ [18];

h – висота різьбової частини корпусу, мм;

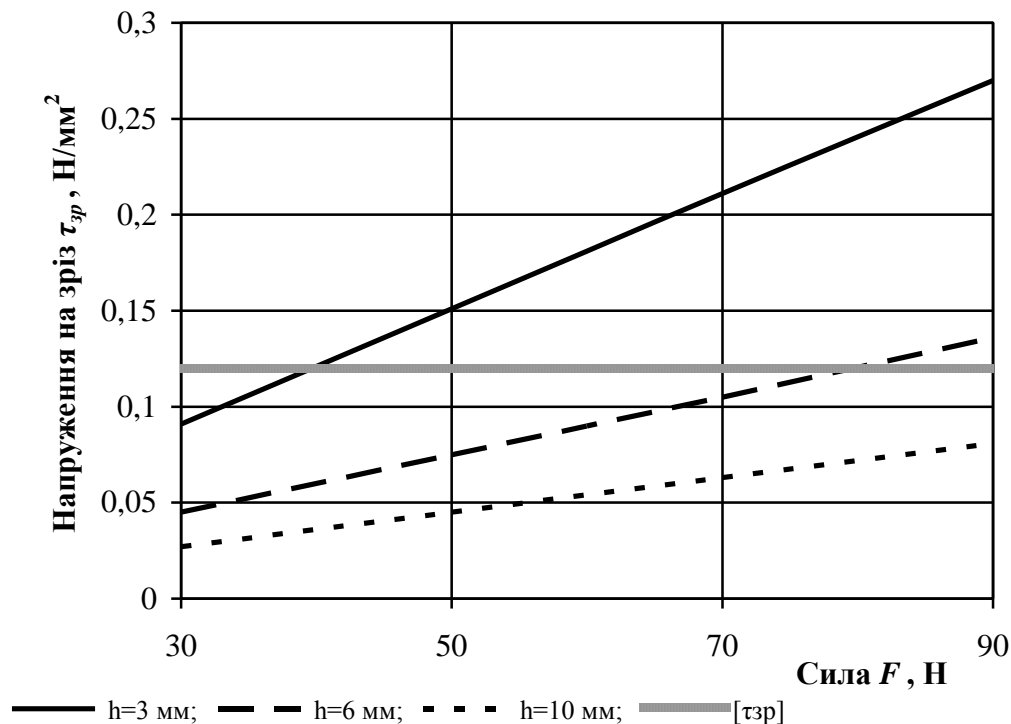


Рис. 2.3. Залежність напруження на зріз різьбового з'єднання залежно від висоти різьби h та прикладеної сили F

Відповідно до графічних залежностей на рис. 2.3, зі збільшенням сили впливу F на різьбове з'єднання лінійно зростає напруження на зріз $\tau_{зр}$, незалежно від висоти різьби h . Гранично-допустимі напруження на зріз виникають майже в усьому діапазоні прикладеної сили для незначної висоти різьби в 3 мм. Для висоти різьбового з'єднання на рівні 6 мм небезпечним може бути сила, що перевищує позначку в 80 Н. Висота різьбового з'єднання ($44 \times 1,5$) на рівні 10 мм витримує значно більші навантаження ніж передбачається теоретичними передумовами.

2.3. Висновки до розділу 2

1. Розроблений механізм автоматичного утримання дійкової гуми в натягнутому стані під час машинного доїння корів, та у розслабленому стані під час зберігання до наступного процесу доїння. Така конструкція усуває ефект наповзання дійкової гуми на дійки корови під час машинного доїння, що позитивно позначається на повноті видоювання тварини.

2. Дослідженнями конструкції розробленого механізму автоматичного натягу дійкової гуми встановлено безпечну, з точки зору надійності, висоту різьбового з'єднання на рівні не менше 10 мм. Менші значення висоти різьби не спроможні витримати діючі зусилля у всьому можливому діапазоні робочих тискув під час машинного доїння корів.

РОЗДІЛ 3

ВСТАНОВЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ДОЇЛЬНОГО СТАКАНА З МЕХАНІЗМОМ НАТЯГУ ДІЙКОВОЇ ГУМИ

3.1. Силовий аналіз механізму натягу дійкової гуми

Під час такту ссання на основну мембрану дійкової гуми будуть діяти сили що притискають її донизу (рис. 3.1). Це сили викликані тиском у верхній камері $P_{вк}$, що рівний атмосферному тиску $P_{атм}$ та тиском під мембраною $P_{нк}$, рівний тиску в піддійковому просторі доїльних стаканів $P_{нк}$.

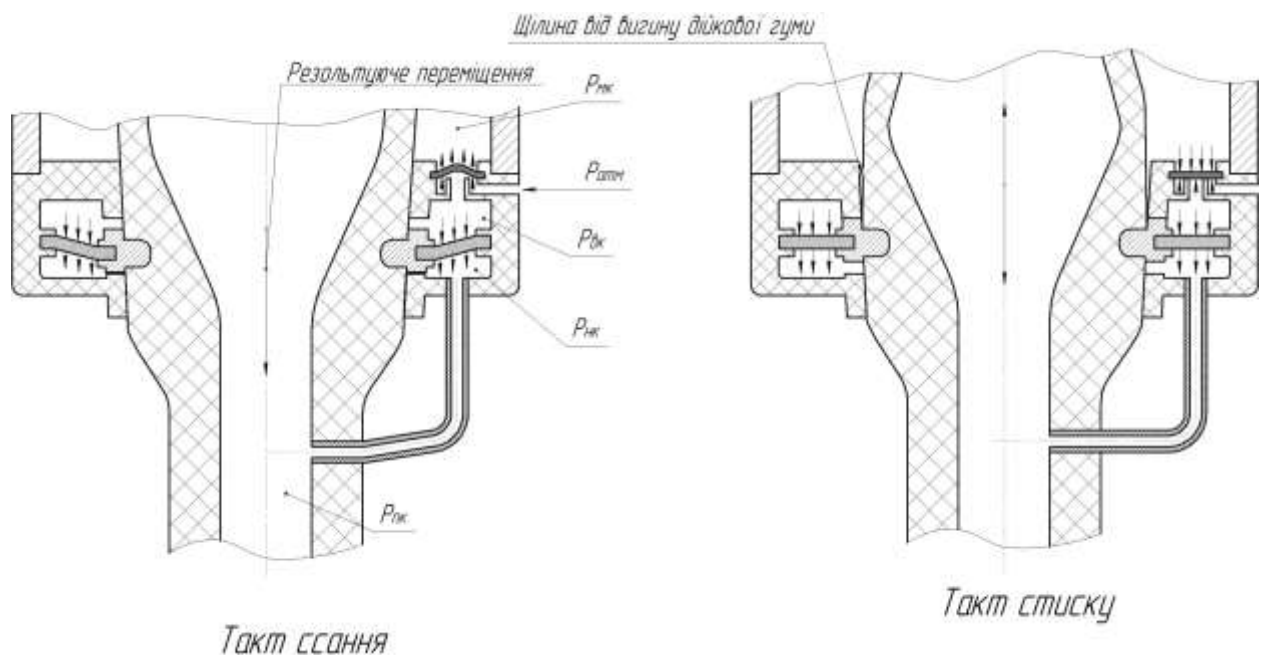


Рис. 3.1. Схема дії сил та тисків на елементи конструкції розробленого пристрою: $P_{атм}$ – атмосферний тиск; $P_{мк}$ – тиск у міжстінковій камері; $P_{вк}$ – тиск у верхній камері; $P_{нк}$ – тиск у піддійковій камері; $P_{нк}$ – тиск у нижній камері.

Під час такту ссання з обох боків основної мембрани діють тиску котрі прагнуть спрямувати її донизу. Сула (рис. 3.2), з якою прогинається мембрана

донизу, залежить від її геометричних параметрів та силового впливу, визначається за формулою:

$$F_{\kappa} = F_{\text{вк}} + F_{\text{нк}}, \quad (3.1)$$

де $F_{\text{вк}}$ – сила, що діє на мембрану з боку верхньої камери, Н;

$F_{\text{нк}}$ – сила, що діє на мембрану з боку нижньої камери, Н.

З врахуванням того, що сила визначається як добуток тиску на площу дії цього тиску [19, 20], рівняння (3.1) можна переписати у вигляді:

$$F_{\kappa} = S_{\text{м1}} \cdot (P_{\text{вк}} + P_{\text{нк}}), \quad (3.2)$$

де $S_{\text{м1}}$ – площа основної кільцевої мембрани, м²;

$P_{\text{нк}}$ – абсолютний тиск в нижній камері, кПа.

$P_{\text{вк}}$ – тиск у верхній камері, кПа.

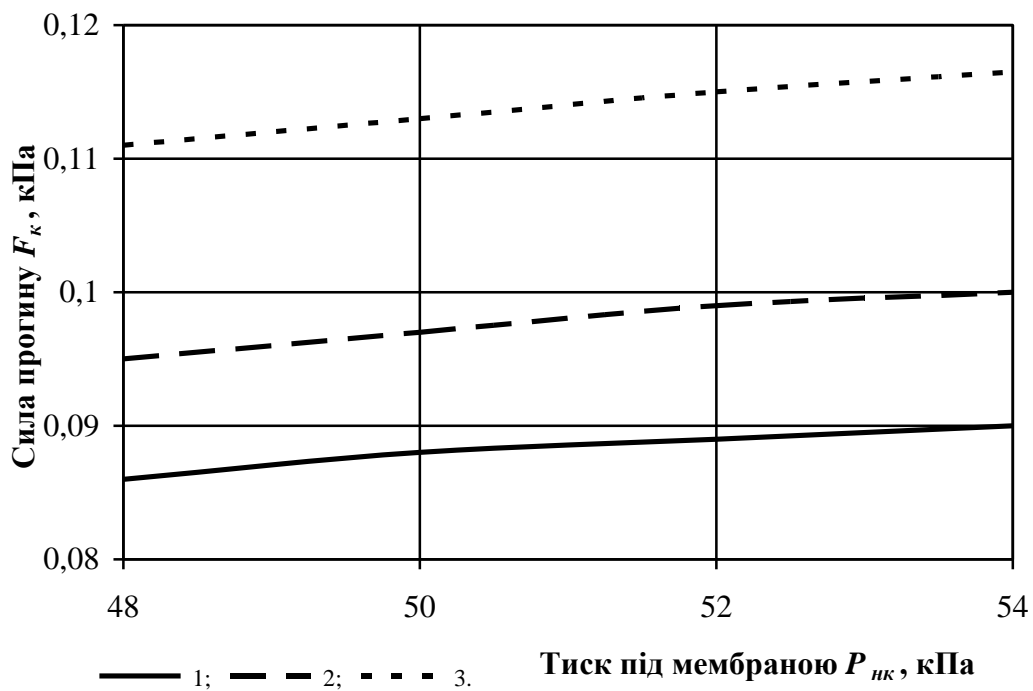


Рис. 3.2. Залежність сили прогину кільцевої мембрани від тиску під мембраною за умови її робочої площі: 1 – $S_{\text{м1}}=0,00055 \text{ м}^2$; 2 – $S_{\text{м1}}=0,00065 \text{ м}^2$; 3 – $S_{\text{м1}}=0,00075 \text{ м}^2$

Відповідно до графічних залежностей на рис. 3.2, зі збільшення робочої площі кільцевої мембрани зростає сила F_k її прогину значно суттєвіше, ніж при збільшенні тиску $P_{нк}$ під мембраною.

Прогину основної мембрани протидіє сила пружності матеріалу з якого вона виготовлена. Сила, що прагне випрямити мембрану визначається за формулою [7, 12]:

$$F_{мб1} = S_{м1} \cdot P_{вк} \cdot \lambda_1, \quad (3.3)$$

де λ_1 – коефіцієнт, що враховує пружні властивості мембрани, визначається за формулою [12]:

$$\lambda_1 = \frac{\frac{1}{3} + \frac{d_{вк}}{d_{нк}} + \left(\frac{d_{вк}}{d_{нк}}\right)^2}{1 + \frac{2d_{вк}}{d_{нк}} + \left(\frac{d_{вк}}{d_{нк}}\right)^2}, \quad (3.4)$$

де $d_{вк}$ – робочий діаметр мембрани з боку верхньої камери, м;

$d_{нк}$ – робочий діаметр мембрани з боку нижньої камери, м.

За умови рівності діаметрів, отримуємо співвідношення $d_{вк}/d_{нк}=1$, при якому коефіцієнт пружності матеріалу мембрани становитиме $\lambda_1=0,583$. Якщо співвідношення діаметрів буде більшим від одиниці, то коефіцієнт пружності зростатиме, а якщо меншим – то зменшується. Таким чином сила протидії прогину мембрани визначається її геометричними параметрами.

Сила ($F_{км}$), з якою буде натягуватися дійкова гума під час такту ссання визначимо за формулою:

$$F_{км} = F_{вк} + F_{нк} - F_{мб1}. \quad (3.5)$$

Підставимо у рівняння (3.5) значення рівнянь (3.2) та (3.3), отримаємо формулу для визначення сили натягу при відомих геометричних характеристиках кільцевої мембрани (рис. 3.3):

$$F_{км} = S_{м1} \cdot [(P_{вк} + P_{нк}) - P_{вк} \cdot \lambda_1]. \quad (3.6)$$

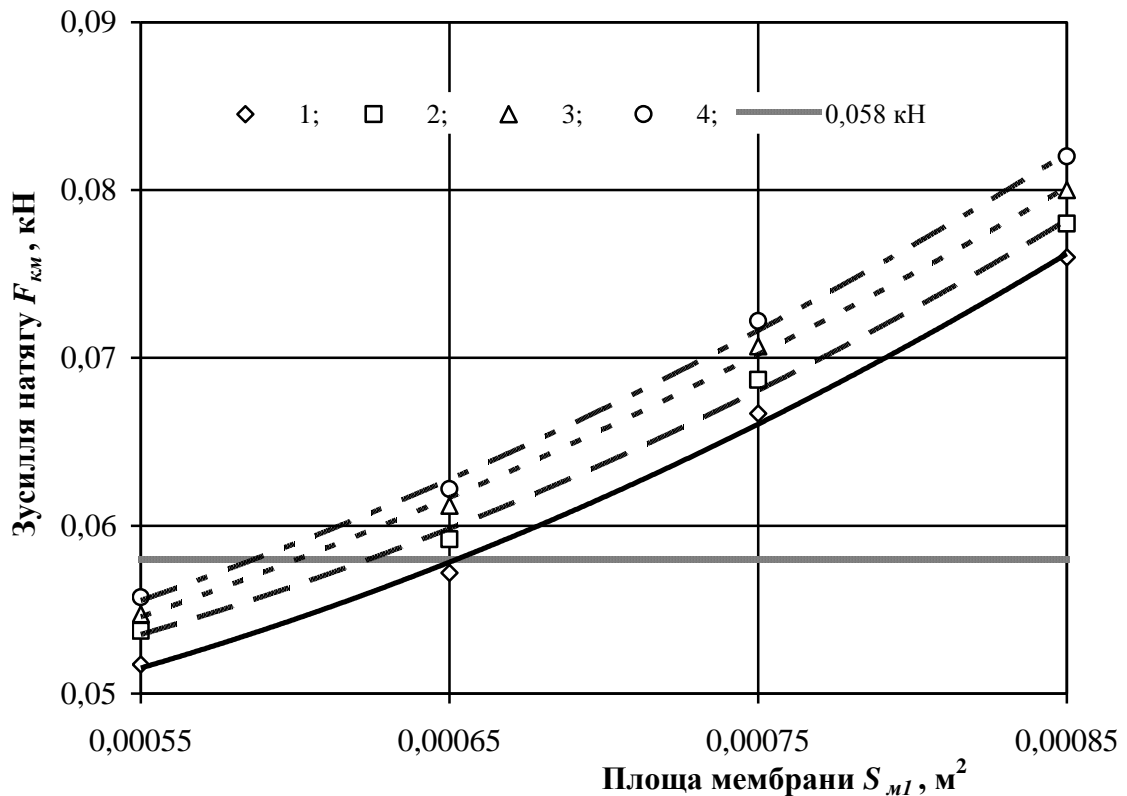


Рис. 3.3. Залежність зусилля натягу дійкової гуми залежно від площі кільцевої мембрани за умови мінімально-допустимої сили 0,058 кН при тиску під мембраною: 1 – 47 кПа; 2 – 50 кПа; 3 – 52 кПа; 4 – 54 кПа

Мінімально-допустиме зусилля для впливу на матеріал дійкової гуми регламентує вибір тиску та площі кільцевої мембрани (рис. 3.3). При збільшенні рівня тиску під мембраною зусилля натягу дійкової гуми зростає лише на 7–8 %, що є несуттєвим. Зі збільшенням площі кільцевої мембрани зусилля натягу дійкової гуми зростає на 46–47 %, що можна вважати керуючим фактором проведених досліджень. Так, мінімально-допустиме зусилля натягу досягається при площі кільцевої мембрани 0,00065 м² та тиску 47 кПа, а при

тиску 54 кПа – площа мембрани має зменшена до 0,00058 м². За умови використання в доїльних апаратах найбільш поширеного значення тиску на рівні 54 кПа, площу кільцевої мембрани необхідно встановити на рівні 0,00058 м². Гарантовано запропонований механізм натягу дійкової гуми виконує своє функціональне призначення у всьому діапазоні робочих тисків доїльного апарата за умови площі кільцевої мембрани більшої від 0,00065 м². Конкретні розміри можна прийняти конструктивно відповідно до поданих рекомендацій.

Під час такту ссання керуюча мембрана розробленого пристрою (див. рис. 3.1) повинна бути відкритою. Сила, що піднімає керуючу мембрану доверху залежить від тиску в міжстінковому просторі, тиску під мембраною та сили пружності мембрани, оскільки вона прагне випрямитись. Відповідно до рівняння рівноваги при дії вказаних сил, зусилля піднімання керуючої мембрани можна визначити за формулою:

$$F_m = F_{mk} + F_{atm} - F_{mb2}, \quad (3.7)$$

де F_{mk} – сила дії з боку між стінного простору, Н;

F_{atm} – сила дії з боку атмосферного тиску, Н;

F_{mb2} – сила протидії вигину керуючої мембрани, Н.

З врахуванням прямої залежності сили від геометричних параметрів та рівня тиску (рис. 3.4), рівняння (3.7) можна записати у вигляді:

$$F_m = 0,785 \cdot d_{m2}^2 \cdot [(P_{mk} + P_{atm}) - P_{mk} \cdot \lambda_2], \quad (3.8)$$

де P_{mk} – тиск в міжстінному просторі, Па;

d_{m2} – робочий діаметр керуючої мембрани, м;

P_{atm} – тиск під керуючою мембраною, рівний атмосферному, Па;

λ_2 – коефіцієнт, що враховує пружні властивості матеріалу керуючої мембрани [12].

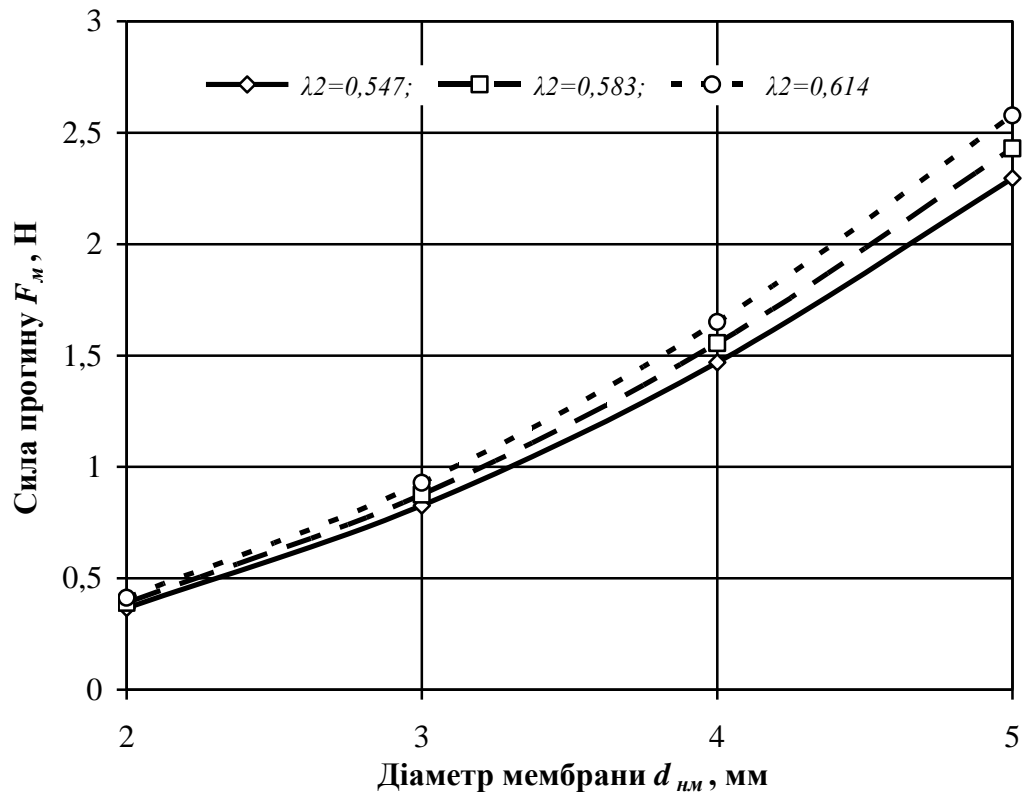


Рис. 3.4. Залежність сили прогину керуючої мембрани (F_M) від діаметра (d_{nm}) її нижньої площини при умові робочого тиску 54 кПа за різного значення коефіцієнта λ_2

Незалежно від величини коефіцієнта λ_2 (рис. 3.4), сила відкривання мембрани (F_M) збільшується зі збільшенням діаметра (d_{nm}) її робочої поверхні з боку нижнього простору керуючої камери.

За результатами досліджень отримане рівняння регресії, яке характеризує взаємозв'язок між геометричними параметрами керуючої мембрани та сили її прогину:

$$F_M = 0,0972 \cdot d_{nm}^2 + 0,194 \cdot d_{nm} + 0,0978, \quad (3.9)$$

Рівняння (3.9) отримане за умови співвідношення діаметрів мембрани з боку верхнього та нижнього простору керуючої камери рівному одиниці при тиску 54 кПа. Досить високе значення апроксимації $R^2=0,999$ вказує на достовірність отриманих результатів.

Під час такту стиску на кільцеву мембрану будуть діяти сили що рухають її донизу. Це сили викликані тиском у верхній камері $P_{вк}$, що рівний тиску у міжстінковій камері $P_{мк}$ та тиском під мембраною $P_{нк}$, рівний тиску в піддійковому просторі доїльних стаканів $P_{нк}$.

Силовий аналіз вказав, що сукупна сила буде прагнути потягнути кільцеву мембрану донизу. Але під час такту стиску дійкова гума змикається під дією вимені, що викликає зменшення її фактичного поздовжнього розміру на 3–5мм. Так як сила змикання дійкової гуми значно перевищує силу яка тягне її донизу (оскільки площа бічної поверхні дійкової гуми значно перевищує площу кільцевої мембрани за однакової величини тиску), кільцева мембрана буде мати горизонтальне результуюче положення. При цьому дійкова гума буде залишатись у натягнутому робочому положенні, що є позитивним явищем нашої розробки.

Оцінивши дію сил у керуючій камері під час такту стиску встановлено, що керуюча мембрана буде прогинатись донизу (результуюча сила зі знаком «мінус») силою 0,38 Н. За такого положення припиняється доступ атмосферного повітря у простір над кільцевою мембраною. Керуюча мембрана буде закрита впродовж такту стиску. Як тільки відбудеться перехід до такту ссання, керуюча мембрана відкриється і процес повториться.

При відключенні доїльного апарата від джерела вакууму з обох боків кільцевої мембрани буде діяти однаковий зовнішній тиск, тому дійкова гума буде перебувати у нейтральному вільному стані, що сприятиме продовженню терміну її використання. У серійних доїльних стаканах дійкова гума весь час, навіть коли не відбувається процес доїння, знаходиться у фіксованому натягнутому стані.

Порівняльний аналіз серійного доїльного стакана та удосконаленого з використанням запропонованого пристрою автоматичного натягу дійкової гуми вказав на позитивний економічний ефект, за рахунок зростання на 3–8 % повноти видоювання корів. При цьому, термін окупності впровадження розробки не перевищує одного місяця.

3.2. Висновки до розділу 3

1. Запропонований пристрій дає змогу зберегти еластичність дійкової гуми, це продовжить її термін експлуатації, а усунення такого негативного явища як наповзання доїльних стаканів на дійки вимені, сприяє повноті видоювання, що дозволяє отримати молоко вищої жирності. Таким чином, тваринницьке підприємство може отримати додаткові прибутки, а продовження міжсервісного використання дійкової гуми скорочує експлуатаційні видатки.

2. Розрахунок вказав на функціональну придатність запропонованого пристрою автоматичного підтримання дійкової гуми в натягнутому стані під час такту ссання. Отримані аналітичні залежності дозволяють встановити основні конструкційні параметри елементів розробленого пристрою та режимів функціонування доїльного стакана в цілому.

ВИСНОВКИ

1. Встановлено, що серійні доїльні стакани доїльного апарата не забезпечують виконання всіх вимог до доїльного обладнання. Зокрема, це стосується усунення такого негативного явища як наповзання доїльних стаканів на дійки вимені корови під час доїння, відсутність стимулюючого ефекту та забезпечення більшої тривалості неперервного використання дійкової гуми.

2. Виконаний аналіз вказав, що постійне фіксоване положення дійкової гуми у гільзі, незалежно від того чи працює доїльний апарат чи знаходиться на відпочинку, притаманне сучасним доїльним стаканам. В наслідок цього дійкова гума перебуває під дією постійних розтягуючих зусиль, що призводить до зменшення експлуатаційного періоду її використання із-за прискореної втрати пружних властивостей. Визначено, що одним із шляхів підвищення ефективності доїльного стакана є розроблення пристрою автоматичного натягу дійкової гуми тільки під час безпосереднього виведення утвореного у вимені корови молока – тобто, такту ссання.

3. Розроблений пневматичний механізм автоматичного підтримання дійкової гуми у натягнутому стані тільки під час такту ссання та у вільному стані по завершенні процесу машинного доїння. Дослідження запропонованої конструкції на міцність дали змогу встановити висоту різьбового з'єднання на рівні не менше 10 мм за умови діючих зусиль. Встановлено, що сила натягу дійкової гуми суттєво залежить від площі кільцевої мембрани, котра повинна бути не менше ніж $0,00065 \text{ м}^2$ в усьому діапазоні робочого вакуумметричного тиску. Отримано рівняння регресії, яке пов'язує геометричні параметри керуючої системи із зусиллям на відкривання керуючої мембрани. Доведено експлуатаційну доцільність використання розробки, термін окупності якої складає лише один місяць. Незначне осьове переміщення дійкової гуми під час такту ссання створює додатковий стимулюючий ефект, що сприяє повноті видоювання корови.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Деревянко Д. А., Боровець Р. Г. Оцінка технічних рішень доїльних стаканів доїльного апарата. *Матеріали науково-практичної конференції «Наукові читання–2020»*. Житомир: ЖНАЕУ, 2020. С. 130–132.
2. Хомик Н. І., Довбуш А. Д. *Машини та обладнання для тваринництва: курс лекцій*. Ч. 2. Тернопіль: Видавництво ТНТУ, 2013. 224 с.
3. *Посібник-практикум: машини та обладнання для тваринництва* / І. І. Ревенко та ін. К.: Кондор, 2011. 396 с.
4. Федоренко І. Я., Садов В. В. *Техника и технологии в животноводстве*. Ч. 2. Барнаул: РИО АГАУ, 2015. 218 с.
5. Палій А. П., Палій А. П., Науменко О. А. *Інноваційні технології та технічні системи у молочному скотарстві*. Х., 2015. 323 с.
6. Ткач В. В. До питання взаємодії дійкової гуми та дійки у процесі машинного доїння корів. *Механізація та електрифікація сільського господарства*. 2017. Вип. №5 (104) С. 143–148
7. Карташов Л. П. *Машинное доение коров*. М. : Колос, 1982. 301 с.
8. Админ Е. И. *Доение коров на фермах промышленных комплексов*. К. : Урожай, 1980. 144 с.
9. *Машини для тваринництва та птахівництва*. / за ред. В. І. Кравчука та Ю. Ф. Мельника. Дослідницьке: УкрНДПВТ ім. Л.Погорілого, 2009. 207 с.
10. Бабкин В. П. *Механизация доения коров и первичной обработки молока*. М. : Агропромиздат, 1986. 271 с.
11. *Машини та обладнання для тваринництва* / за ред. І. Г. Бойко; том 2. Х., 2006. 279 с
12. Мельников С. В. *Механизация и автоматизация животноводческих ферм*. Л.: Колос, 1985. 560 с.
13. *Машинне доїння корів і первинна обробка молока*. / за ред. А. І. Фененко. 2-е вид. перероб. і доп. К.: Урожай, 1990. 216 с.

14. Механизация и автоматизация молочных ферм. / В. А. Ясенецкий и др. К.: Урожай, 1992. 392 с.
15. Доильный стакан Пат. 95214 Україна, А01J 5/08. № 201013823 ; заявл. 22.11.2010; дата публ. 11.07.2011, Бюл. № 13.
16. Доильный стакан : пат. 2332842 Российская федерация : МПК А01J5/08. № 2007110604/12 ; заявл. 22.03.2007 ; опубл. 10.09.2008, Бюл. № 25.
17. Боровець Р. Г. Обґрунтування конструкції дойльного стакана. *Біоенергетичні системи : Матеріали IV міжнародної науково-практичної конференції*. Житомир: ЖНАЕУ, 2020. Ч. 2 С. 55–56.
18. Справочник конструктора машиностроителя: в 3-х томах. / под ред. И. Н. Жестковой. М.: Машиностроение, 2006. Т.1. 928 с.
19. Лойцянский Л. Г. Механика жидкости и газа : учебник для вузов. 7-е изд., испр. М. : Дрофа, 2003. 840 с.
20. Вакуумная техника : справочник. / Фролов Е. С., и др. ; под общ. ред. Е. С. Фролова, В. Е. Минайчева. М. : Машиностроение, 1992. 480 с.