

Виявлення змін технічних параметрів дійкової гуми в виробничих умовах з встановленням впливу на процес доїння

**А. П. Палій, Е. Б. Алієв, О. В. Нанка, О. В. Богомолів, В. В. Бредихін,
А. П. Палій, О. І. Шкромада, Ю. В. Мусієнко, О. Г. Стоцький, Н. П. Гребеник**

Багаторічний досвід експлуатації доїльних апаратів засвідчує, що дійкова гума була й залишається недовговічною й ненадійною ланкою в технологічному процесі машинного доїння. У процесі експлуатації гума швидко втрачає міцність і пружні властивості, стає жорсткою й менш еластичною, деформується, змінюючи форму.

Метою дослідження є виявлення змін технічних параметрів дійкової гуми в виробничих умовах з встановленням впливу на процес доїння. Отримані результати дозволять здійснити раціональний вибір дійкової гуми доїльних стаканів, що забезпечить ефективний процес доїння.

Під час проведення досліджень на первинному етапі експериментально встановлювали фізико-механічний стан дійкової гуми за парової дезінфекції та в наслідок насичення виробу молочними жирами. На наступному етапі виявляли вплив натягу дійкової гуми у доїльному стакані на швидкість доїння.

Встановлено, що дійкова гума в процесі експлуатації активно піддається впливу молочного жиру, що призводить до втрати її ваги відносно початкового значення. На 1000 день роботи втрата ваги, по відношенню до початкового значення (100 г), за температурних режимів промивання у 85 °С, 50 °С, 35 °С та 20 °С становила 1 г, 3,3 г, 5 г та 4,2 г відповідно. Встановлені залежності маси набухання дійкової гуми M від температури м'яючих розчинів T і тривалості експлуатації t в наслідок насичення молочними жирами.

Встановлена залежність швидкості молоковіддачі V від сили натягу дійкової гуми F доїльних стаканів. Так встановлено, що при зміні сили натягу дійкової гуми від 25 до 60 Н різниця середньої інтенсивності молоковіддачі становить 0,13 кг/хв. (10,8 %). Стосовно величини удою за зазначеного натягу, то різниця має значення у 0,15 кг (2,5 %). За натягу гуми від 60 до 25 Н середній час доїння збільшується на 0,46 хв. (8,3 %). Отже встановлено, що доїльний апарат з дійковою гумою з різним натягом при загальному часу доїння буде нерівномірно видоювати різні частки вимені тварини. Середньоквадратичне відхилення швидкості молоковіддачі при цьому може скласти 0,07 кг/хв.

Проведені дослідження розширюють уявлення про техніко-технологічні характеристики гумових виробів, а саме її зміни за парової дезінфекції та в наслідок насичення молочними жирами.

Ключові слова: дійкова гума, експлуатація гуми, параметри гуми, молочний жир, швидкість доїння.

1. Вступ

Машинне доїння – це складний процес отримання молока від корів і збору його в молокоприймальну ємність. При цьому доїльне устаткування має безпосередній контакт з організмом тварини. Даний процес дозволяє не лише знизити витрати ручної праці, але і підвищити продуктивність в 2–5 разів порівняно з ручним доїнням [1].

Аналіз численних експериментів [2–4] свідчить про те, що у молочному скотарстві особливе місце займає машинне доїння корів, як найбільш трудомісткий і відповідальний процес. На частку цього технологічного процесу припадає $\approx 50\%$ загальних трудових витрат з обслуговування дійного стада [5]. Як зазначено в [6, 7], на відміну від ручного доїння, машинне вразі полегшує та спрощує працю операторів та суттєво підвищує продуктивність. Це вимагає забезпечення технічного переходу на якісно новий, досконаліший технологічний рівень.

Проте, як показує практика [8, 9], основною проблемою реалізації процесу вилучення молока з вимені є негативна дія доїльних апаратів на молочну залозу тварини. У зв'язку з цим виникає питання про можливість і необхідність виробництва молока в умовах молочнотоварних ферм, технічне оснащення яких є одним з найбільш значимих завдань. Зазначене питання зачіпає різні сфери господарської і науково-дослідної діяльності фахівців в області машинного доїння.

В значній мірі параметри та характеристики роботи доїльного апарату залежать від техніко-технологічного стану дійкової гуми. Це в загальній системі доїння має вирішальне значення для реалізації алгоритму управління процесом доїння.

Дійкова гума є проміжною ланкою між твариною та доїльним апаратом. З цією метою до гумового виробу пред'являються суворі гігієнічні вимоги.

Технічні характеристики дійкової гуми є чинниками, які мають визначальний характер роботи гуми під час процесу доїння, і як наслідок, її дії на організм тварини. Тому гумовим виробам доїльних апаратів необхідно приділяти належну увагу.

Цілий спектр експлуатаційних випробувань та перевірок якості проводяться для дійкової гуми, щоб вироб міг витримувати високі рівні механічного навантаження та хімічної дії.

Таким чином, необхідність даних досліджень полягає у виявленні змін технічних параметрів дійкової гуми в виробничих умовах з встановленням впливу на процес доїння. Це досягається за рахунок проведення порівняльних технічних випробувань дійкової гуми за парової дезінфекції та в наслідок насичення виробу молочними жирами.

Такий підхід дасть можливість розширити уявлення про техніко-технологічні характеристики гумових виробів. Поряд з цим це дозволить розкрити механізм змін технічних параметрів дійкової гуми в процесі використання, що несе практичну цінність.

2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

Один з шляхів підвищення ефективності виробництва продукції тваринництва – поліпшення основних показників: збільшення продуктивності тварин,

зниження витрат ресурсів і праці. Так, розробники і виробники техніки для молочного скотарства приділяють значну увагу вдосконаленню конструктивного виконання доїльного устаткування, а саме дійковій гумі доїльних апаратів [10]. Поряд з цим, як зазначають дослідники у роботах [11, 12], удосконалення відбувається в цілях підвищення функціональних і техніко-технологічних можливостей доїльного обладнання.

Роботи в цьому напрямі ведуться постійно. Так основна ідея досліджень, зазначена в роботі [13], полягає в тому, щоб будь-який доїльний апарат мав оптимальні параметри щодо фізіологічних потреб тварин. У праці [14] увага акцентується на тому, що доїльне обладнання має забезпечувати повне вилучення молока з вимені тварин без шкідливого впливу на молочну залозу. Поряд з цим, дослідники у роботі [15] наголошують на ефективності застосування доїльних апаратів в плані продуктивності та функціональності. Але єдина думка з приводу зазначеного відсутня, що пояснюється складністю у комплексних дослідженнях та значною варіабельністю фізіологічного стану тварин.

Виробник доїльного устаткування пропонує своє оригінальне технічне рішення. Усі вузли і деталі цього устаткування, як правило, проходять багатократні випробування. Дійкова гума є одним з основних елементів доїльної техніки і також розробляється з урахуванням специфічних особливостей, властивих конкретному виробникові. Навантаження на дійкову гуму вкрай високе. Це механічна дія під час роботи доїльного апарату, руйнівний вплив хімічних компонентів, що входять до складу миючих засобів, вплив високих температур під час процесу промивання [16]. Тому кожен виробник доїльного устаткування старається, щоб дійкова гума, витримувала певний термін служби без погіршення її первинних властивостей.

Дійкова гума працює в агресивному середовищі, піддаючись постійному впливу молочного жиру, гарячої води і різних миючих засобів, що містять луги, кислоти і хлор. Проникаючи в гуму, молекули жиру викликають її набухання, тим самим прискорюючи процеси старіння і руйнування полімерної структури. Миючі засоби видаляють більшу частину молочного жиру, але при цьому також впливають на внутрішню поверхню гуми, приводячи до її старіння.

Під час експлуатації дійкової гуми спостерігається її набухання, яке пов'язане з вбиранням гумою жиру. Емульгований жир значно повільніше вбирається гумою. За цієї причини дійкова гума, занурена у молоко, вбирає незначну кількість жиру. Жир спочатку повинен відложитися на гумі, перш ніж може бути поглинутий. Це говорить про значення регулярного миття та видалення жирової плівки, яка утворюється на робочій поверхні дійкової гуми [17, 18].

В роботах [19, 20] зазначається, що жир здійснює двояку дію на гуму – пом'якшує її. З точки зору молекулярного старіння це відбувається тому, що молекули жиру розривають молекули гуми і особливо легко проникають в гуму, коли виріб знаходиться під напругою. Основні зв'язки дійкової гуми (сіра – каучук) не розриваються, але внутрішні ланцюги зв'язку, які сприяють жорсткості, руйнуються. Крім того, гума швидше окислюється в жиру. Більш короткі ланцюги молекул, які утворюються під час окислення, сприяють більш інтенсивному вбиранню жиру. Таким чином забезпечується коло: вбирання жиру зу-

мовлює прискорене окислення гуми, а окислення, у свою чергу, відкриває більш широкий доступ жиру всередину гуми.

Теплова обробка недостатньо вимитої гуми призводить до вибирання жиру, а тепла обробка вже просоченої жиром гуми призводить до її розм'ягчення.

В роботі [21] наголошується, що наявність двох комплектів дійкової гуми та використання їх по черзі дозволяє зберігати її бактеріально чистою та в оптимальному фізичному стані. Але неправильне розуміння значення відпочинку дійкової гуми призводить до прискореного її зношування. Поряд з цим, недостатньо знежирена гума, поставлена на відпочинок, продовжує руйнуватися.

Інформації про те, як витримує теплову обробку дійкова гума сучасного виробництва, не виявлено.

Ряд дослідників у своїх роботах [22–25] стверджують, що в одному доїльному апараті вся дійкова гума повинна мати майже однакову жорсткість. Так, при укомплектуванні доїльного апарату дійковою гумою з різним ступенем жорсткості відбувається неодноразове видоювання часток вимені. Доки будуть видоюватися інші дійки, у видосній відбувається так зване «сухе» доїння, яке може призвести до захворювання вимені.

Наслідками використання дійкової гуми, що не відповідає зоотехнічним, санітарно-гігієнічним та міжнародним техніко-технологічним вимогам (ISO 3918, ISO 5707, ISO 6690) є значний технологічний вплив на мікроструктуру молока та фізіологічний стан тварин [26].

Існує два матеріали з яких виготовляють дійкову гуму [27]. У продажу найчастіше зустрічається звичайний чорний каучук. Свою популярність виріб завоював дешевизною, але на цьому його переваги закінчуються [28]. Другий тип виробляють з силікону. Одна така дійкова гума коштує в рази дорожче за аналог з каучуку [29].

Попередні дослідження експлуатаційних властивостей дійкової гуми здійснювалися із заздалегідь відомим часом їх напрацювання. Це виключало можливість встановлення зміни технічних характеристик виробів за парової дезінфекції та в наслідок насичення виробу молочними жирами [30].

Дослідженню питання розробці та функціонування доїльного обладнання присвячені роботи [31–33]. Але залишилися невирішеними питання, пов'язані з встановленням впливу натягу дійкової гуми на швидкість доїння. Причиною цього слугує витратна частина в плані термінів проведення відповідних досліджень та спостережень.

Отже доцільним є проведення дослідження, присвяченого виявленню змін технічних параметрів дійкової гуми в виробничих умовах з встановленням впливу на процес доїння.

3. Мета і завдання дослідження

Метою дослідження є виявлення змін технічних параметрів дійкової гуми в виробничих умовах з встановленням впливу на процес доїння. Отримані результати дозволять здійснити раціональний вибір дійкової гуми доїльних стаканів, що забезпечить ефективний процес доїння.

Для досягнення поставленої мети вирішувалися наступні задачі:

- експериментально встановити фізико-механічний стан дійкової гуми за парової дезінфекції та в наслідок насичення виробу молочними жирами;
- виявити вплив натягу дійкової гуми у доїльному стакані на швидкість доїння.

4. Матеріали та методи дослідження технічних параметрів дійкової гуми

4.1. Методика дослідження зміни фізико-механічних властивостей дійкової гуми у виробничих умовах

Всі дослідження проводили в умовах Державного підприємства «Дослідне господарство «Гонтарівка» Вовчанського району Харківської області (Україна) за прив'язного утримання дійних корів української чорно-рябої молочної породи. Доїння тварин відбувається у молокопровід на доїльній установці УДМ-200 «Брацлавчанка». У доїльних апаратах застосовується дійкова гума ДД 00.041А з матеріалу гумових сумішей виробництва АО «Брацлав» смт. Брацлав, Немирівський р-н, Вінницька обл. (Україна). Загальна кількість зразків дійкової гуми складала 96. Загальна тривалість роботи доїльної установки складало 1125 годин.

Дослідження зміни фізико-механічних властивостей дійкової гуми у виробничих умовах проводилося наступним чином. Напочатку дійкову гуму зважували з точністю до сотої долі грама, монтували в доїльні стакани і запускали на доїльній установці процес доїння. Дослідження проводили з чергуванням роботи та відпочинку. При знятті дійкової гуми на відпочинок її обробляли одним із наступних способів: I – гарячою водою (90 °С); II – гарячою водою (90 °С)+раз на добу пропарювання протягом 3 хв.; III – гарячою водою (90 °С)+мийним розчином на основі засобу фірми «Еколат» (Німеччина); IV – гарячою водою (90 °С)+мийним розчином на основі засобу фірми «Еколат» (Німеччина) +раз на добу пропарювання протягом 3 хв. Окрім цього дійкову гуму мили за допомогою йоршів, полоскали в теплій воді, сушили та розташовували у витяжній шафі. Під час зняття гуми її повторно зважували, визначали прибавку у вазі до першопочаткової ваги, що є коефіцієнтом набухання. Так, коефіцієнт набухання відображає ступінь вбирання жиру дійковою гумою.

Для зважування дійкової гуми при визначенні маси зразка використовували аналітичні електронні ваги AS 60/C з рідкокристалічним індикатором (Польща), які внесені у Держреєстр України за № У 1821-09.

Також в процесі досліджень слід було визначити залежність коефіцієнта набухання дійкової гуми M (г) від температури миючих розчинів T (°С) і тривалості експлуатації (t , год.) в наслідок насичення молочними жирами і представити її у вигляді рівняння регресії та поверхні відгуку. Температура миючих розчинів варіювалася в межах від 20 °С (в закодованому вигляді відповідає «-1») до 85 °С (в закодованому вигляді відповідає «1»). Вимірювання проводилися через кожні 125 год. експлуатації доїльної установки. Прийнято що час експлуатації 125 год. в закодованому вигляді відповідає «-1», а час 1125 год. – відповідає «1».

Вимірювання температури здійснювали термометром біметалічним з занурювальною гільзою T63/50 Watts F+R801 (Т) (Італія). Діапазон вимірювань становив від 0 °С до 120 °С. Клас точності – 2,0.

Окрім вище зазначеного в кінці досліду для кожного зразка дійкової гуми було визначено його залишкове та відносне подовження в результаті прикладання зусилля 60 Н за допомогою розробленого лабораторного пристрою (рис. 1).

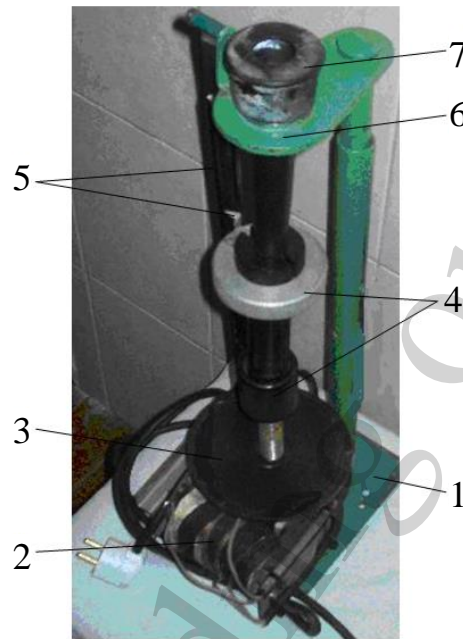


Рис. 1. Пристрій для дефектації дійкової гуми за її подовженням: 1 – станина; 2 – електромагніт; 3 – пластина; 4 – вузол фіксації гуми; 5 – вузол зняття показань; 6 – стійка з опорою; 7 – дійкова гума (яка випробовується).

Також в кінці досліду було визначено границю міцності розриву для кожного зразка дійкової гуми за допомогою випробувальної машини TIRAtest фірми «VEB TIW Rauenstein betrieb des VEB Werkzeugmaschinenkombinat «Fritz Heckert» (Німеччина) (рис. 2). Мікропроцесор K1520 машини TIRAtest за допомогою блока керування регулює роботу вузла навантаження (електромеханічного редуктора). Вузол через механічний зв'язок (черв'ячну передачу) здійснює переміщення рухомої траверси разом із закріпленим на ній рухомим затискувачем та навантажує зразок.

Актуальним є питання о допустимій, виправданій тривалості експлуатації дійкової гуми та про значення відпочинку її при паровій дезінфекції. Так, було проведено ще паралельний дослід, факторами досліджень якого є робота дійкової гуми (без відпочинку та з чергуванням роботи та відпочинку) і режим санітарної обробки доїльних апаратів (за використання парової дезінфекції і без використання пари). При цьому критеріями досліджень, як і попередньому досліді, були коефіцієнт набухання, залишкове подовження і відносне подовження, границя міцності розриву.



Рис. 2. Загальний вигляд випробувальної машини TIRAtest: 1 – пульт керування; 2 – пристрій для друкування ROBOTRON K6313; 3 – динамометр; 4 – нерухомий (верхній) затискувач; 5 – випробувальний зразок; 6 – рухомий (нижній) затискувач; 7 – рухома траверса

За результатами отриманих даних за кожним критерієм визначалася абсолютна похибка вимірювання за загальноприйнятою методикою [34].

4. 2. Методика дослідження впливу натягу дійкової гуми у доїльному стакані на швидкість доїння

З метою оцінки впливу натягу дійкової гуми в доїльному стакані на швидкість доїння було сформовано групу корів з 18 голів. Тварин доїли позмінно доїльними апаратами з натягом гуми в стакані: 25, 35, 45 та 60 Н.

Визначення натягу дійкової гуми в гільзі доїльного стакану здійснювали за допомогою пристрою [16]. Пристрій має відліковий пристрій, корпус, фіксаційний гвинт, упор, рухому втулку, поворотний важіль та нерухому вставку.

По отриманим даним (удій та час доїння) розраховували середню інтенсивність молоковіддачі за різного натягу гуми.

Середню інтенсивність молоковіддачі (Q) у кг/хв розраховували за формулою (1).

$$Q = \frac{\sum(q_1 + q_2)}{\sum(t_1 + t_2)}, \quad (1)$$

де q_1 – величина машинного надою, кг, q_2 – величина машинного додоювання, кг, t_1 – тривалість машинного доїння, хв, t_2 – тривалість машинного додоювання, хв.

Середній час видоювання розраховували за формулою (2).

$$T = t_1 + t_2 + t_3, \quad (2)$$

де t_1 – час машинного доїння (від моменту надівання четвертого доїльного стакану до зниження інтенсивності молоковиведення – менше 200 г/хв); t_2 – час холостого доїння (від моменту зниження інтенсивності до початку машинного додоювання); t_3 – час машинного додоювання (від початку машинного додоювання до зняття доїльних стаканів).

За результатами отриманих даних за кожним критерієм визначалася абсолютна похибка вимірювання за загальноприйнятою методикою [34].

5. Результати дослідження технічних параметрів дійкової гуми

5.1. Дослідження зміни фізико-механічних властивостей дійкової гуми у виробничих умовах

Результати дослідження зміни фізико-механічних властивостей дійкової гуми за різних способів обробки у виробничих умовах зведені в табл. 1.

Таблиця 1

Зміна фізико-механічних властивостей дійкової гуми за різних способів обробки

Способи обробки доїльних апаратів	Коефіцієнт набухання, г	Залишкове подовження, (%)	Відносне подовження, (%)	Границя міцності розриву, (кгс/см ²)
I – гарячою водою (90 °С)	3,34±0,21	6,80±0,24	68,6±0,8	162,4±2,8
II – гарячою водою (90 °С)+раз на добу пропарювання протягом 3 хв.	3,42±0,26	6,16±0,28	69,9±1,2	161,6±2,2
III – гарячою водою (90 °С)+мийним розчином на основі засобу фірми «Еколат» (Німеччина)	6,71±0,24	8,20±0,35	61,3±0,9	148,1±2,2
IV – гарячою водою (90 °С)+мийним розчином на основі засобу фірми «Еколат» (Німеччина)+раз на добу пропарювання протягом 3 хв.	6,06±0,31	7,20±0,31	62,0±1,1	150,4±1,8

Мінімальне значення коефіцієнту набухання (3,34±0,21 г) спостігалось для способу обробки доїльних апаратів гарячою водою (90 °С), а найбільше для обробки гарячою водою (90 °С)+мийним розчином на основі засобу фірми «Еколат» (Німеччина)+раз на добу пропарювання протягом 3 хв. Залишкове подовження було наменше (6,16±0,28 %) для II способу обробки (гарячою водою (90 °С)+раз на добу пропарювання протягом 3 хв.). Відносне подовження є мінімальним (61,3±0,9 %) для III способу обробки доїльних апаратів – гарячою водою (90 °С)+мийним розчином на основі засобу фірми «Еколат» (Німеччина). В свою чергу границя міцності розриву є найбільшою (162,4±2,8 кгс/см²) для обробки гарячою водою (90 °С).

Результати досліджень значення відпочинку дійкової гуми при паровій дезінфекції під час тривалої експлуатації зведені в табл. 2.

Мінімальне значення коефіцієнту набухання (4,71±0,17 г), залишкове подовження (6,65±0,20 %) спостігалось для чергування роботи та відпочинку дійкової гуми за використання парової дезінфекції. Відносне подовження (60,3±0,9 %) і границя міцності розриву (142,3±2,2 кгс/см²) є мінімальними для

чергування роботи та відпочинку дійкової гуми без використання пари. З таблиці 2 виявлено, що процес вбирання жиру в один і той же робочий час при беззмінній роботі гуми відбувається більш інтенсивно ніж при чергуванні роботи та відпочинку.

Таблиця 2

Зміна фізико-механічних властивостей дійкової гуми за різних режимів роботи та санітарної обробки

Робота дійкової гуми	Режим санітарної обробки доїльних апаратів	Коефіцієнт набухання, г	Залишкове подовження, (%)	Відносне подовження, (%)	Границя міцності розриву, (кгс/см ²)
Без відпочинку	За використання парової дезінфекції	6,70±0,21	8,40±0,23	62,3±0,8	152,0±2,9
	Без використання пари	8,02±0,34	8,90±0,24	63,6±0,9	160,2±3,1
Чергування роботи та відпочинку	За використання парової дезінфекції	4,71±0,17	6,65±0,20	62,6±1,0	149,1±2,1
	Без використання пари	6,51±0,31	7,91±0,21	60,3±0,9	142,3±2,2

В результаті отриманих даних та подальшій їх обробці в програмному пакеті Mathematica (США) з використанням функції «NonlinearModelFit» отримана залежність набухання дійкової гуми M (г) від температури миючих розчинів T , x_1 (°C) і тривалості експлуатації t , x_2 (год.) в наслідок насичення молочними жирами в закодованому вигляді:

$$\begin{aligned}
 M = & 2.82909 - 4.49291 x_1 - 0.422701 x_1^2 + \\
 & + 2.70899 x_1^3 - 1.78642 x_2 - 1.06308 x_1 x_2 - \\
 & - 0.03114 x_1^2 x_2 - 0.721989 x_2^2 + \\
 & + 1.49473 x_1 x_2^2 + 3.18519 x_2^3.
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

Статистична обробка отриманого рівняння приведена в табл. 3. Порівнюючи розрахований критерій Стюдента із табличним $t_{0,05}(9)=2,26$ проведемо відхилення незначущих коефіцієнтів регресії. В результаті остаточно отримуємо рівняння:

$$\begin{aligned}
 M = & -11.2397 + 0.0417957t - 0.000057436 t^2 + \\
 & + 2.54815 \cdot 10^{-8} t^3 + 0.627032T - 0.000295379tT + \\
 & + 1.83967 \cdot 10^{-7} t^2 T - 0.0124291 T^2 + 0.0000789147T^3.
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

Таблиця 3

Результати статистичної обробки рівняння залежність набухання дійкової гуми $M(x_1, x_2)$

Коефіцієнт	Значення	Помилка	Критерій Стьюдента	Ймовірність
a_{00}	2.82909	0.447404	6.32334	$1.07487 \cdot 10^{-6}$
a_{10}	-4.49291	1.30737	-3.43661	0.00199186
a_{20}	-1.78642	0.769678	-2.32099	0.0283939
a_{12}	-1.06308	0.35488	-2.9956	0.00594871
a_{112}	-0.03114	0.601442	-0.0517755	0.959103
a_{221}	1.49473	0.619309	2.41355	0.0231419
a_{11}	-0.422701	0.459874	-0.919166	0.366458
a_{22}	-0.721989	0.469191	-1.5388	0.135937
a_{111}	2.70899	1.3239	2.04623	0.0509711
a_{222}	3.18519	0.854166	3.729	0.000943979

Графічна інтерпретація залежність набухання дійкової гуми $M(T, t)$ представлена на рис. 3 (червоні точки відповідають виміряним експериментальним даним).

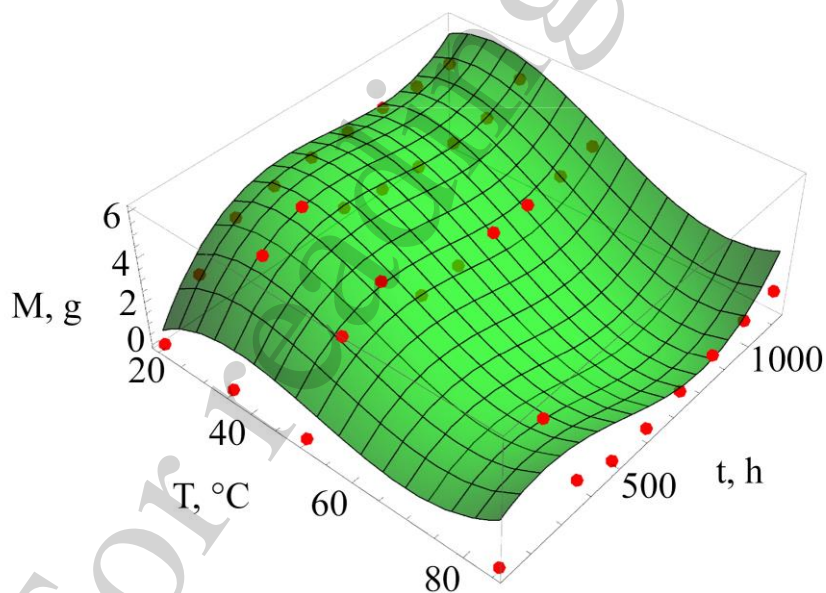


Рис. 3. Залежності маси набухання дійкової гуми M від температури миючих розчинів T і тривалості експлуатації t в наслідок насичення молочними жирами

Внаслідок окислення молекулярні ланцюжки жиру розпадаються, таким чином приєднується ще більше молекул і процес окислення все більше прискорюється.

Короткі молекулярні ланцюжки погіршують зворотну силу дійкової гуми і викликають ефект пом'якшення. Надалі процес старіння гуми прискорюють висока температура та механічне навантаження.

Так, за використання миючих розчинів $t=85^\circ\text{C}$ вдається нівелювати вплив молочного жиру на дійкову гуму (рис. 3). Встановлено, що вагу дійкова гума за

застосування даного температурного режиму втрачає лише до ≈ 80 годин експлуатації. У наступних часових проміжках використання маса поступово повертається до першочергових значень – 100 г. У подальшому, починаючи з ≈ 625 годин експлуатації, гума поступово втрачає вагу, але не значно (майже 1 г після 1000 год. напрацювання).

За використання температурних режимів у $50\text{ }^\circ\text{C}$ маса дійкової гуми зменшується протягом перших 300 год. експлуатації до 95,6 г, (4,4 %). У подальшому маса відновлюється, і на 500 год використання становить 97,5 г (2,5 %). На наступних годинах її маса знову піддається поступовій зміні – відбувається її зменшення, і на 1000 год. напрацювання становить 96,7 г (3,3 %). Таким чином втрата маси дійкової гуми протягом 1000 год. роботи, по відношенню до початкового значення (100 г), становить 3,3 %.

Стосовно результатів, одержаних за використання миючих розчинів $t=35\text{ }^\circ\text{C}$, то до ≈ 320 годин роботи маса дійкової гуми різко втрачається – до 94,3 г (5,7 %), і в подальшому маса виробу відновлюється не суттєво до 95,8 г (4,2 %).

Щодо температурного режиму у $20\text{ }^\circ\text{C}$, то за його застосування маса гумового виробу протягом усього терміну експлуатації поступово втрачається. Так на 250 годині маса дійкової гуми становила 97,6 г (3,4 %), на 500-й – 96,4 г (3,6 %). На 1000 годині роботи втрата маси, по відношенню до початкового значення, становила 4,2 %.

За результатами проведених досліджень встановлено, що дійкова гума в процесі експлуатації активно піддається впливу молочного жиру, що призводить до втрати її маси відносно початкового значення.

5.2. Дослідження впливу натягу дійкової гуми у доїльному стакані на швидкість доїння

Після одержання результатів удою та часу доїння корів розраховано середню швидкість молоковіддачі та середній час видоювання за різного натягу дійкової гуми (табл. 4).

Таблиця 4

Залежність швидкості доїння корів від сили натягу дійкової гуми

Показник	Сила натягу дійкової гуми F			
	60 Н	45 Н	35 Н	25 Н
Удій в середньому по групі, кг	6,10 \pm 0,32	6,10 \pm 0,32	6,00 \pm 0,32	5,95 \pm 0,32
Середній час доїння, хв.	5,10 \pm 0,18	5,25 \pm 0,18	5,50 \pm 0,18	5,56 \pm 0,18
Середня швидкість молоковіддачі V , кг/хв.	1,20 \pm 0,02	1,16 \pm 0,02	1,12 \pm 0,02	1,07 \pm 0,02

Так, встановлено, що при зміні сили натягу дійкової гуми від 25 до 60 Н різниця середньої інтенсивності молоковіддачі становить 0,13 кг/хв. (10,8 %). Стосовно величини удою за зазначеного натягу, то різниця має значення у 0,15 кг (2,5 %). При цьому різниця удою за натягу гуми у 60, 45 та 35 Н була не значною відповідно до визначеної абсолютної похибки вимірювання 0,32 кг.

За натягу гуми від 60 до 25 Н середній час доїння збільшується на 0,46 хв. (8,3 %).

В свою чергу, залежність швидкості молоковіддачі V від сили натягу дійкової гуми F доїльних стаканів приведена на рис. 4. Дану залежність можна апроксимувати у лінійному вигляді:

$$V=0.0037F+0.9841, R^2=0.9321. \quad (3)$$

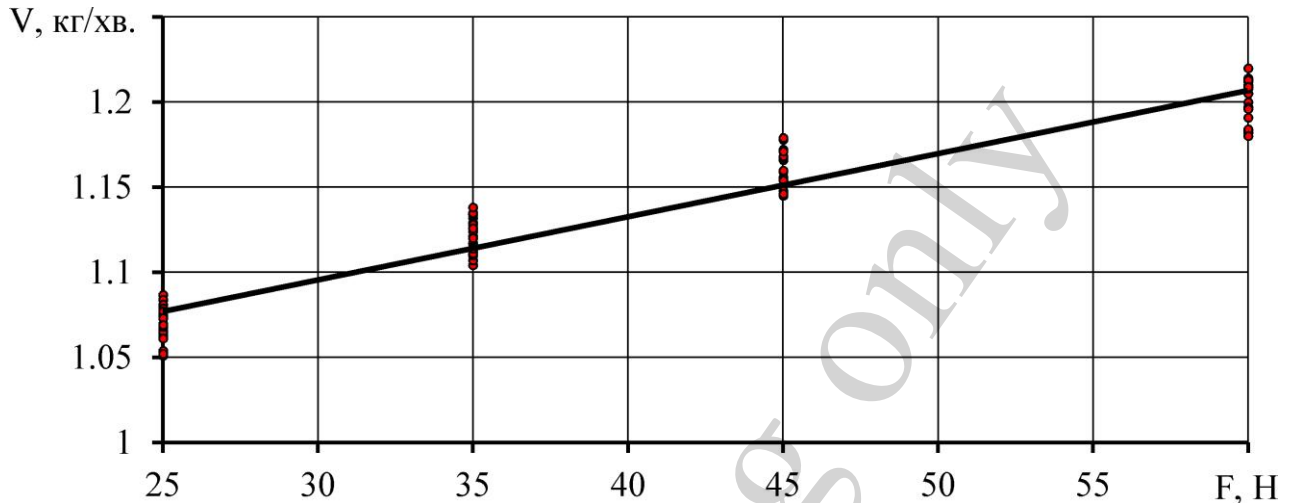


Рис. 4. Залежність швидкості молоковіддачі V від сили натягу дійкової гуми F доїльних стаканів

Під час спостережень за процесом доїння корів при різних сил натягу дійкової гуми в одному доїльному апараті помічена не рівномірність швидкості доїння різних чвертей вимені корів. Дане спостереження представлено у вигляді діаграми, яка приведена на рис. 5.

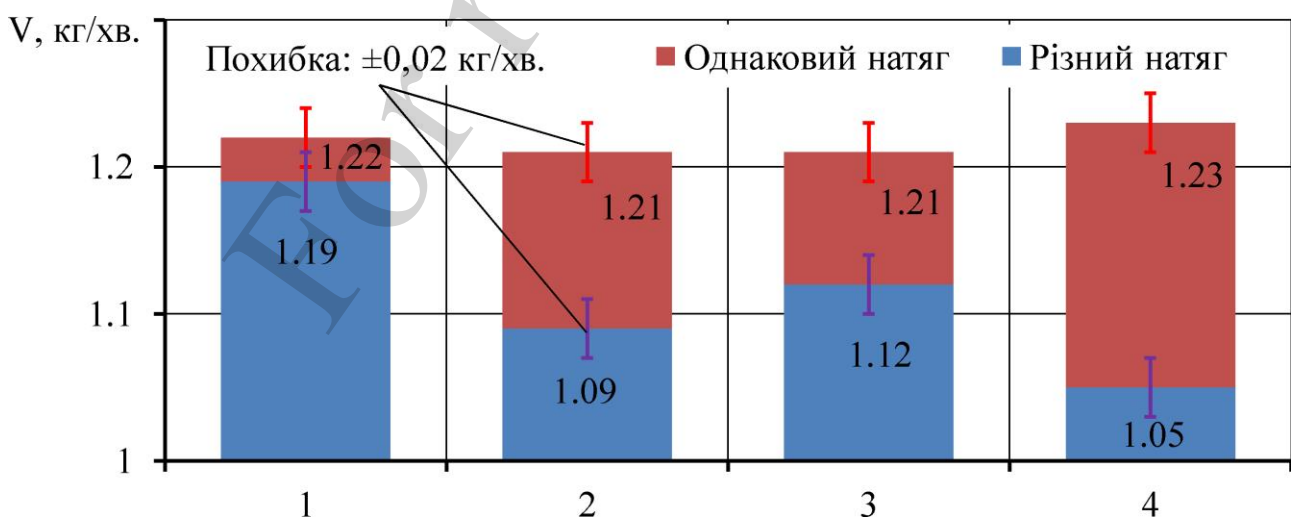


Рис. 5. Швидкість доїння різних чвертей вимені корів: 1, 2, 3, 4 – дійкова гума доїльного апарату, яка одита на відповідну чверть вимені

Для представлених результатів різний натяг дійкової гуми становив: у 1-у доїльному стакані – 55 Н, 2-у – 35 Н, 3-у – 45 Н та 4-у – 25 Н. Однаковий натяг дійкової гуми у доїльних стаканах становив 60 Н. При цьому незначна різниця швидкості доїння (середньоквадратичне відхилення становить 0,01 кг/хв.) пояснюється фізіологічним станом тварин і похибкою вимірювання. Саме цей факт закладений у виконавчий механізм закінчення доїння (для доїльних залів – автоматизований маніпулятор доїльного апарата), при якому відбувається автоматичне відключення та зняття доїльних апаратів.

Встановлено, що доїльний апарат з дійковою гумою з різним натягом при загальному часу доїння буде нерівномірно видоювати різні частки вимені тварини. Середньоквадратичне відхилення швидкості молоковіддачі при цьому може скласти 0,07 кг/хв. Це призводить до «холостого доїння» тих часток вимені, на яких встановлена гума з найбільшим натягом, що негативно впливає на організм тварини.

Отже, з метою рівномірного видоювання часток вимені, натяг дійкової гуми повинен бути однаковим в усіх доїльних стаканах апаратів.

6. Обговорення результатів дослідження технічних параметрів дійкової гуми

В працях [34–36] зазначається, що дійкова гума доїльних апаратів є єдиним компонентом, який вступає в тісний контакт з вим'ям тварини під час доїння. Від її технічних параметрів залежить ефективність проходження процесу доїння. Перевагами проведених досліджень перед зазначеними є встановлення змін фізико-механічних властивостей дійкової гуми за парової дезінфекції та в наслідок насичення виробу молочними жирами.

Так, аналізуючи приведені в табл. 1 дані, можна стверджувати, що під час миття доїльних апаратів гарячою водою та пропарюванні один раз на добу протягом 3 хв. зміни фізико-механічних властивостей не відбуваються.

Дійкова гума, яка на додаток крім пропарювання, милася мийним розчином засобу фірми «Еколат», мала деякі кращі показники, ніж гума контрольних апаратів. Так, відносне подовження було в 1,1 рази меншим. Це стосується і опору розриву.

Стосовно коефіцієнту набухання, то його значення у цьому випадку було більшим у 1,8 рази. Залишкове подовження – у 1,1 рази.

Встановлено, що процес вбирання жиру в один і той же робочий час при беззмінній роботі гуми відбувається більш інтенсивно ніж при чергуванні роботи та відпочинку (табл. 2). Тривалість активної роботи становила 20 годин. Отже, є сенс виконувати заміну дійкової гуми не через 14–15 днів, а через 10. Процес руйнування гуми за такої заміни буде більш повільним

Одержані результати в повній мірі розкривають оцінювальні технічні показники дійкової гуми доїльних апаратів. Поряд з цим висвітлюється механізм зміни експлуатаційних характеристик гумових виробів. Завдяки цьому вирішується задача у раціональному виборі дійкової гуми.

Проведення досліджень стало можливим завдяки застосуванню інноваційного обладнання (рис. 1, 2). Це дозволило провести комплекс експериментів з одержанням конкретних результатів.

Результати досліджень узгоджуються з дослідженнями інших авторів, здійсненими раніше [20, 30, 37–41], доповнюють їх. Суттєвою різницею в методичному плані проведених досліджень було те, що створена можливість вивчати широкий спектр показників – від технічних до технологічних.

Поряд з цим, через вкрай велику варіабельність конструктивних параметрів дійкової гуми доїльних апаратів, виникають труднощі у повному вирішенні питання щодо максимальної відповідності гумового виробу фізіологічним потребам тварин. Це досі залишається не вирішеним питанням у загальній технологічній ланці одержання молока на молочних комплексах.

Но обмежень досліджень можна віднести той чинник, що експерименти проведені за використання дійкової гуми лише з одного матеріалу.

Перспективними вбачаються дослідження, спрямовані на виявлення механізму впливу дійкової гуми доїльних апаратів на тварин під час доїння із застосуванням інноваційних підходів та методів.

7. Висновки

1. Встановлено, що дійкова гума в процесі експлуатації активно піддається впливу молочного жиру, що призводить до втрати її ваги відносно початкового значення. На 1000 годині роботи втрата ваги, по відношенню до початкового значення (100 г), за температурних режимів промивання у 85 °С, 50 °С, 35 °С та 20 °С становила 1 г, 3,3 г, 5 г та 4,2 г відповідно.

2. Встановлено, що при зміні сили натягу дійкової гуми від 25 до 60 Н різниця середньої інтенсивності молоковіддачі становить 0,13 кг/хв. (10,8 %). З метою рівномірного видоювання часток вимені, натяг дійкової гуми повинен бути однаковим в усіх доїльних стаканах апаратів.

Література

1. Paliy, A., Nanka, A., Marchenko, M., Bredykhin, V., Paliy, A., Negreba, J. et. al. (2020). Establishing changes in the technical parameters of nipple rubber for milking machines and their impact on operational characteristics. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (1 (104)), 78–87. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.200635>
2. Kuhnhenne, M., Pyschny, D., Kramer, L., Brieden, M., Ummenhofer, T., Ruff, D. C. et. al. (2019). Mechanical and thermal performance of new liner tray solutions. *Steel Construction*, 12 (1), 23–30. doi: <https://doi.org/10.1002/stco.201800025>
3. Palii, A. P., Kovalchuk, Y. O., Boyko, Y. A., Bondaruk, Y. V., Diachuk, P. V., Duka, T. M. et. al. (2020). Impact of various milking equipment on incidence of mastitis in dairy herd. *Ukrainian Journal of Ecology*, 10 (5), 160–165. doi: https://doi.org/10.15421/2020_224
4. Tse, C., Barkema, H. W., DeVries, T. J., Rushen, J., Pajor, E. A. (2018). Impact of automatic milking systems on dairy cattle producers' reports of milking

labour management, milk production and milk quality. *Animal*, 12 (12), 2649–2656. doi: <https://doi.org/10.1017/s1751731118000654>

5. Dzidic, A., Rovai, M., Poulet, J. L., Leclerc, M., Marnet, P. G. (2019). Review: Milking routines and cluster detachment levels in small ruminants. *Animal*, 13, s86–s93. doi: <https://doi.org/10.1017/s1751731118003488>

6. Mishra, A., Khatri, S., Jha, S. K., Ansari, S. (2020). Effects of Milking Methods on Milk Yield, Milk Flow Rate, and Milk Composition in Cow. *International Journal of Scientific and Research Publications (IJSRP)*, 10 (1), p9765. doi: <https://doi.org/10.29322/ijsrp.10.01.2020.p9765>

7. Aslam, N., Abdullah, M., Fiaz, M., Bhatti, J., Iqbal, Z., Bangulzai, N. et al. (2014). Evaluation of different milking practices for optimum production performance in Sahiwal cows. *Journal of Animal Science and Technology*, 56 (1), 13. doi: <https://doi.org/10.1186/2055-0391-56-13>

8. Silva Boloña, P., Reinemann, D. J., Upton, J. (2019). Effect of teatcup removal settings on milking efficiency and milk quality in a pasture-based automatic milking system. *Journal of Dairy Science*, 102 (9), 8423–8430. doi: <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15839>

9. Jacobs, J. A., Siegford, J. M. (2012). Invited review: The impact of automatic milking systems on dairy cow management, behavior, health, and welfare. *Journal of Dairy Science*, 95 (5), 2227–2247. doi: <https://doi.org/10.3168/jds.2011-4943>

10. Paliy, A. P. (2017). Study of the impact of milking systems on the teats of cow udder. *Известия национального аграрного университета Армении*, 1 (57), 33–35.

11. Enokidani, M., Kawai, K., Shinozuka, Y., Kurumisawa, T. (2020). A case study of improving milking cow performance and milking system performance with using a flow simulator. *Animal Science Journal*, 91 (1). doi: <https://doi.org/10.1111/asj.13389>

12. Drach, U., Halachmi, I., Pnini, T., Izhaki, I., Degani, A. (2017). Automatic herding reduces labour and increases milking frequency in robotic milking. *Biosystems Engineering*, 155, 134–141. doi: <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2016.12.010>

13. Алієв, Е. Б. (2010). Дослідження спрацьованості дійної гуми доїльного апарата з урахуванням теорії старіння на основі плоскої задачі. *Збірник наукових праць ІМТ НААН “Механізація, екологізація та конвертація біосировини у тваринництві”*, 1 (5, 6), 233–242. URL: http://aliev.in.ua/doc/stat/2010/stat_3.pdf

14. Penry, J. F., Upton, J., Leonardi, S., Thompson, P. D., Reinemann, D. J. (2018). A method for assessing teatcup liner performance during the peak milk flow period. *Journal of Dairy Science*, 101 (1), 649–660. doi: <https://doi.org/10.3168/jds.2017-12942>

15. Radu, R., Ioan, T., Petru, C. (2017). Assessment of the milking machine parameters using a computer driven test system. *Journal of Agricultural Informatics*, 8 (1), 32–44. doi: <https://doi.org/10.17700/jai.2017.8.1.321>

16. Paliy, A., Naumenko, A., Paliy, A., Zolotaryova, S., Zolotarev, A., Tarasenko, L. et al. (2020). Identifying changes in the milking rubber of milking machines during testing and under industrial conditions. *Eastern-European Journal of*

Enterprise Technologies, 5 (1 (107)), 127–137. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.212772>

17. Bava, L., Zucali, M., Brasca, M., Zanini, L., Sandrucci, A. (2009). Efficiency of cleaning procedure of milking equipment and bacterial quality of milk. *Italian Journal of Animal Science*, 8 (sup2), 387–389. doi: <https://doi.org/10.4081/ijas.2009.s2.387>

18. Kukhtyn, M., Berhilevych, O., Kravcheniuk, K., Shynkaruk, O., Horyuk, Y., Semaniuk, N. (2017). The influence of disinfectants on microbial biofilms of dairy equipment. *EUREKA: Life Sciences*, 5, 11–17. doi: <https://doi.org/10.21303/2504-5695.2017.00423>

19. Verkholiuk, M. M., Peleno, R. A., Semaniuk, N. V. (2019). Development of a regime of disinfection of milking equipment and milk inventory with the acid detergent “Milkodez.” *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies*, 21 (96), 153–157. doi: <https://doi.org/10.32718/nvlvet9627>

20. Hall, C. W. (2020). Dairy machinery. *Access Science*. doi: <https://doi.org/10.1036/1097-8542.179900>

21. Rasmussen, M. D., Frimer, E. S., Kaartinen, L., Jensen, N. E. (1998). Milking performance and udder health of cows milked with two different liners. *Journal of Dairy Research*, 65 (3), 353–363. doi: <https://doi.org/10.1017/s0022029998002994>

22. Палій, А. П. (2016). Сучасні аспекти експлуатації дійкової гуми доїльних стаканів. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій ім. С.З. Гжицького. Серія: “Сільськогосподарські науки”*, 18 (2 (67)), 159–162. doi: <https://doi.org/10.15421/nvlvet6736>

23. Антошук, С., Сорокин, Э. (2014). Сосковая резина. Меняют или обслуживают? *Белорусское сельское хозяйство*, 3, 115–117.

24. Галичева, М. С., Головань, В. Т., Дахужев, Ю. Г. (2009). Влияние эластичности сосковой резины доильного аппарата на функцию молочной железы коров. *Новые технологии*, 1, 26–29.

25. Измайлова, Н. О. (2005). Вплив доїльної апаратури на фізіологічні і продуктивні показники корів. *Вісник Сумського національного аграрного університету*, 9-10, 63–66.

26. Шевченко, І. А., Алієв, Е. Б.; Шевченко, І. А. (Ред.) (2013). Науково-методичні рекомендації з багатокритеріального виробничого контролю доїльних установок. *Запоріжжя: Акцент Інвест-трейд*, 156. URL: http://aliev.in.ua/doc/knigi/kniga_1.pdf

27. Wiercioch, M., Luberański, A., Lejman, K., Fugol, M., Prask, H. (2019). Shaping Teat Suction Forces of Liners with Varied Structure of Rubber Core. *Agricultural Engineering*, 23 (1), 105–116. doi: <https://doi.org/10.1515/agriceng-2019-0010>

28. Il'in, V. M., Rezova, A. K. (2015). Styrene Butadiene Rubber: Production Worldwide. *International Polymer Science and Technology*, 42 (10), 35–44. doi: <https://doi.org/10.1177/0307174x1504201008>

29. Shit, S. C., Shah, P. (2013). A Review on Silicone Rubber. *National Academy Science Letters*, 36 (4), 355–365. doi: <https://doi.org/10.1007/s40009-013-0150-2>

30. Gálik, R., Bod'o Š Staroňová, L. (2016). Monitoring the inner surface of teat cup liners made from different materials. *Research in Agricultural Engineering*, 61, S74–S78. doi: <https://doi.org/10.17221/50/2015-rae>
31. Paliy, A. P., Handola, Yu. M., Shevchenko, I. O., Stotskyi, A. O., Stotskyi, O. G., Sereda, A. I. et. al. (2020). Assessment of cow lactation and milk parameters when applying various milking equipment. *Ukrainian Journal of Ecology*, 10 (4), 195–201. URL: <https://www.ujecology.com/articles/assessment-of-cow-lactation-and-milk-parameters-when-applying-various-milking-equipment.pdf>
32. Fahim, A., Kamboj, M., Sirohi, A., Bhakat, M., Prasad, S., Gupta, R. (2018). Milking machine induced teat reactions in crossbred cows milked in automated herringbone milking parlour. *Indian Journal of Animal Sciences*, 88 (12), 1412–1415.
33. Xu, Y., Feng, L., Cong, H., Li, P., Liu, F., Song, S., Fan, L. (2020). Preparation of TiO₂/Ser filler with ultraviolet resistance and antibacterial effects and its application in SBR/TRR blend rubber. *Journal of Rubber Research*, 23 (2), 47–55. doi: <https://doi.org/10.1007/s42464-020-00035-x>
34. Кисельов, О. В., Комарова, І. Б., Мілько, Д. О., Бакарджиєв, Р. О.; Мілько, Д. О. (Ред.) (2017). Статистична обробка і оформлення результатів експериментальних досліджень (із досвіду написання дисертаційних робіт). Запоріжжя: СТАТУС, 1181.
35. Dmytriv, V., Dmytriv, I., Lavryk, Y., Horodeckyy, I. (2018). Models of adaptation of the milking machines systems. *BIO Web of Conferences*, 10, 02004. doi: <https://doi.org/10.1051/bioconf/20181002004>
36. Paliy, A., Nanka, O., Ishchenko, K., Paliy, A. (2019). Research on high-yielding dairy cow treatment techniques during milking. *ABAH Bioflux*, 11 (1), 1–11. URL: <http://www.abah.bioflux.com.ro/docs/2019.1-11.pdf>
37. Фененко, А. И. (2015). Техничко-технологические параметры биотехнической системы доения коров. *Механіко-технологічні процеси, виконавчі органи та машини для тваринництва*, 1 (13), 111–120.
38. Artamonova, O. A. (2020). Studying sanitary and hygienic condition of delaval milking equipment units. *International Research Journal*, 6 (96), 184–187. doi: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.96.6.035>
39. Leonardi, S., Penry, J. F., Tangorra, F. M., Thompson, P. D., Reinemann, D. J. (2015). Methods of estimating liner compression. *Journal of Dairy Science*, 98 (10), 6905–6912. doi: <https://doi.org/10.3168/jds.2015-9380>
40. Christine, O. (2018). Trends in Hand Milking and Machine Milking in Kenya. *Journal of Engineering and Applied Sciences*, 13 (14), 5655–5660. URL: https://www.researchgate.net/publication/327682156_Trends_in_hand_milking_and_machine_milking_in_Kenya
41. Paliy, A. P., Ishchenko, K. V., Bredykhin, V. V., Gurskyi, P. V., Levkin, D. A., Antoniuk, A. A. et. al. (2021). Effect of various milking equipment on milk ejection in high-yielding cows. *Ukrainian Journal of Ecology*, 11 (1), 18–24. doi: https://doi.org/10.15421/2020_303