ISSN 3154-8059

УДК 637.11:631.3 https://doi.org/10.31713/vs320269

Змієвська О. Г. [1; ORCID ID: 0009-0004-4043-6578],
старший викладач,
Налобіна О. О. [1; ORCID ID: 0000-0003-1661-7331],
д.т.н., професор,
Ювчик Н. О. [1; ORCID ID: 0000-0001-5629-0201],
доктор філософії, доцент

[1]Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне

АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ ДОЇЛЬНИХ АПАРАТІВ І НАПРЯМКИ ЇХНЬОГО ПОДАЛЬШОГО РОЗВИТКУ

Викладено результати аналізу чинних досліджень вітчизняних і закордонних вчених, присвячених вивченню конструкції, режимів роботи доїльних апаратів та вдосконаленню їхніх основних елементів. Використано системний підхід до обробляння наукових джерел, що дозволило структурувати основні напрями наукових досліджень, порівняти методологічні підходи, виявити питання, які потребують подальшого вивчення. У ході виконаного аналізу встановлено, що більшість досліджень спрямовано на обґрунтування раціональних параметрів доїльних апаратів, вивчення впливу конструктивних параметрів соскової трубки та показників твердості та пружної деформації гуми. Попри значну кількість наукових досліджень питання взаємозв'язку конструктивних параметрів соскової трубки та її фізико-механічних властивостей на біологічні характеристики дійки залишаються не розкритими.

Ключові слова: доїльний апарат; процес доїння; соскова трубка; параметри; аналіз; дослідження.

Постановка проблеми. Молочне скотарство – провідна галузь тваринництва у більшості країн світу. За даними Eurostat [1] на кінець 2025 року у країнах ЄС було 19,1 млн молочних корів, що на 0,7% менше у порівнянні з 2024 роком.

Серед найбільших виробників молочних корів у ЄС є Німеччина, Італія та Ірландія. У даних країнах порівняно з 2024 роком на кінець 2025 року прослідковувалась позитивна динаміка росту поголів'я. Так, у Німеччині поголів'я зросло на 3,6 млн голів; відповідно в Італії на 1,8 млн, а в Ірландії на 1,5 млн. Але у більшості країн поголів'я зменшується (Польща – на 1,9 млн голів; Нідерланди – 1,5 млн).

У США поголів'я молочних корів на початок 2026 року становило 9,645 млн голів.

В Україні станом на травень 2026 року чисельність ВРХ у промисловому та присадибному секторах становило 1 млн 784,8 тис. голів, у тому числі 944,5 тис. корів [2].

Динаміка зміни поголів'я великої рогатої худоби (ВРХ) в Україні відображено на рис. 1, 2.

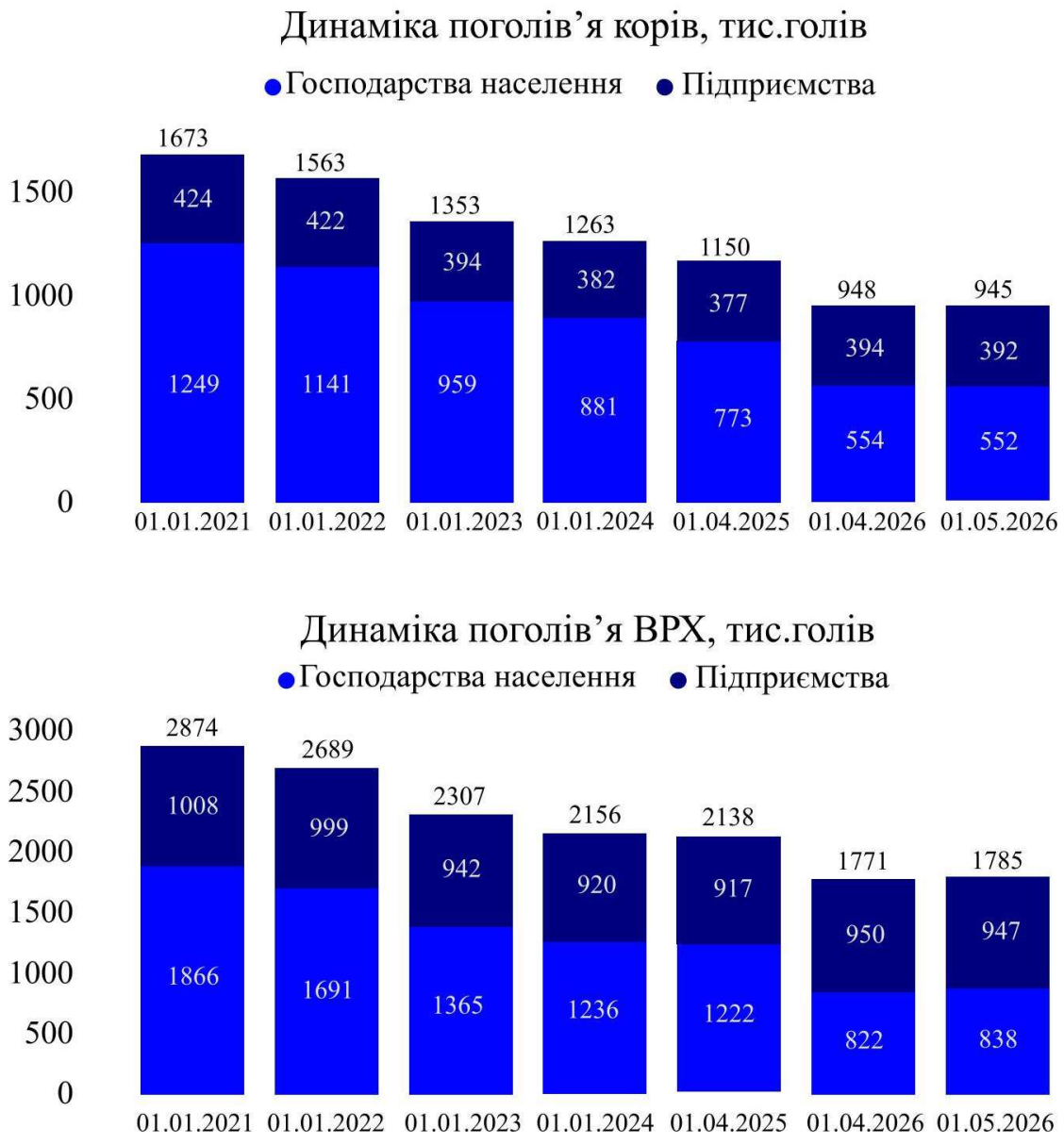


Рис. 1. Динаміка поголів'я ВРХ за 2021–2026 рр. в Україні [2]

 ISSN 3154-8059

Ефективність розвитку галузі молочного тваринництва у значній мірі залежить від рівня розвитку технологічних процесів. Продуктивність та якість технологічних процесів у молочному тваринництві визначаються досконалістю доїльної техніки.

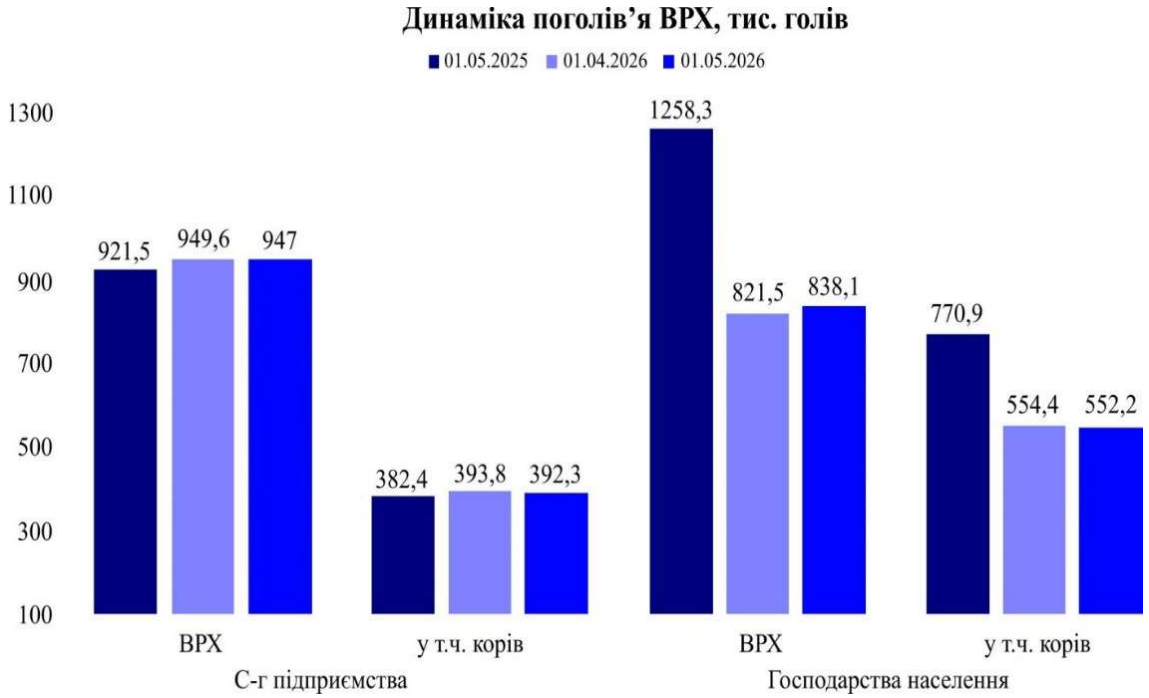


Рис. 2. Динаміка поголів'я ВРХ за 2025–2026 рр. в Україні [2]

На сучасному етапі розвитку ринок пропонує багато різноманітних доїльних апаратів, які різняться за типами насосів, кількістю тактів тощо. Але практика свідчить, що апарати не пристосовані під біологічні особливості корів [3]. Це призводить до неповного видоювання. Тенденції розвитку конструкцій апаратів для доїння враховують потребу вирішення цієї проблеми.

З урахуванням зазначеного, актуальним є пошук конструктивних рішень, які забезпечуватимуть ефективну роботу доїльного апарата. З метою обґрунтування напрямків подальших конструктивних розробок елементів доїльних апаратів виникає потреба у проведенні аналізу чинних досліджень доїльних апаратів. Такий аналіз дозволить визначити основні напрями їхнього удосконалення та встановити відповідності конструктивних і режимних параметрів біологічним особливостям тварин.

Мета дослідження. Метою роботи є аналіз досліджень доїльних апаратів і обґрунтування напрямів їхнього подальшого розвитку.

Аналіз останніх досліджень. Голуб Г., Медведський О. та ін. [4] через дослідження взаємного зв'язку між конструктивно-технологічними параметрами колектора та процесу транспортування молока до молокопроводу обґрунтували конструкцію двосекційного колектора. Авторами вирішено проблему перепадів тиску, що призводить до роздування гуми доїльного стакану та сприяє розвитку маститу у корів. Крім того, авторами проаналізовано процес транспортування молока, на який також впливають зміни тиску повітря через нерівномірність його подавання.

У роботі [5] поглиблено попередні дослідження та розглянуто проблему узгодження вакууму та пульсації у системі транспортування з фізіологічними властивостями корів. На відміну від попередньої роботи, де авторами використано інженерний підхід до проведення досліджень в основу даної роботи покладено біологічний експеримент. Досліджено стан тканин дійки та процес молоковіддачі. Авторами представлено результати експерименту в якому прийняли участь більше ніж 5000 корів, що доводить його наукову й практичну глибину.

Хоча роботи різняться за своїм підходом до проведення досліджень їхні результати доводять важливість поєднання питань конструктивного обґрунтування параметрів і режимів роботи доїльного апарата та біологічних особливостей тварин.

Сформульована вище концепція набула подальшого розвитку в роботі [6]. Авторами доведено необхідність у регулюванні параметрів системи доїння залежно від інтенсивності молоковіддачі. Викладено результати дослідження спільного впливу динамічної пульсації та точки перемикання автоматичного зняття доїльного апарата за потоком молока на стан дійок і на тривалість процесу доїння. Наголошується на необхідності вирішення проблеми зростання продуктивності процесу доїння з урахуванням стану тканин дійки. Таке системне вирішення проблеми дозволить узгодити режим машинного доїння з біологічними особливостями тварин.

Важливим результатом дослідження є встановлення впливу точки перемикання на зміну стану тканин дійки. Якщо точка перемикання становить 0,8 кг/хв, то ймовірність змін у тканинах дійки нижча ніж при значенні 0,2 кг/хв. Дослідники пояснюють це зменшенням часу передоювання.

Комплексність – це значна перевага досліджень, викладених у [6]. На відміну від робіт [4; 5], де аналізувались або точка

ISSN 3154-8059

автоматичного зняття апарата, або пульсація автори дослідили ці показники одночасно. Це дозволило одночасно оцінити наступні показники процесу доїння: час, молоковіддача, стан дійки, продуктивність, вакуум.

У якості недоліку можна відмітити відсутність у цій роботі досліджень, спрямованих на обґрунтування конструктивних параметрів доїльного апарата, що унеможливлює встановлення їхнього впливу на дійку. Крім того, досліди проведено з однією конкретною породою корів, що ставить під сумнів адаптацію результатів під інші породи корів і типи доїльних установок.

Концептуальний підхід, покладений в основу роботи [7], можна сформулювати наступним чином: ефективне використання доїльних апаратів можливе за умови поєднання високої швидкості видалення молока та мінімального механічного впливу на тканини дійки. Водночас автори відмітили, що повне виключення впливу доїльного апарата на дійку не може бути усунено. Автори пояснюють це тим, що розміри та форма дійок не можуть бути адаптовані під кожну тварину в стаді. Також значну увагу приділено дослідженню різних видів вакууму в системі доїння.

На підставі проведених літературних досліджень авторами зроблено висновок щодо значного впливу вакуума у зоні дійки та камері доїльного стакана на потік молока та механічне навантаження на тканини дійки.

На наш погляд, цікавими для науки та практики є запропоновані авторами критерії оцінювання роботи доїльної машини за коротко- й довгостроковими змінами дійки.

До короткострокових змін віднесено:

- набряк;
- відкриття дійкового каналу.

До довгострокових:

- порушення стану тканин.

Слабкою стороною дослідження є те, що всі висновки, наведені у роботі, не верифіковані експериментально.

У порівнянні з роботою [7] автори у [8] дають не лише технологічне пояснення впливу доїльного апарата на дійку, а наводять обґрунтування конструктивного виконання соскової трубки. Авторами доведено вплив конструкції соскової трубки на режим вакууму й пульсації і, як наслідок, на молоковіддачу та стан тканин дійки та здоров'я вимені.

Дослідження корелюють із попередніми. Авторами наголошується на необхідності врахування показника здоров'я дійок під час дослідження напрямів підвищення продуктивності роботи доїльних апаратів.

На наш погляд, заслуговує уваги спроба авторів розкрити механіку деформації соскової гуми. Авторами наголошено на необхідності врахування таких параметрів, як твердість матеріалу та монтажного натягу під час дослідження конструкції соскових трубок. Але в роботі відсутнє обґрунтування методики визначення її параметрів.

Аналіз публікацій останніх років 2024–2026 [9–12] висвічує значний інтерес науковців до досліджень, пов'язаних із конструкцією гумового лайнера.

Так, у роботі [9] викладено результати дослідження зміни еластичності лайнера з часом експлуатації, що впливає на результати його роботи, а саме на здатність швидко закриватись під впливом вакууму.

Дослідженню соскових трубок також присвячено роботу [10]. Авторами виконано ґрунтовний аналіз молоковіддачі, тривалості доїння залежно від форми лайнера. Виконано порівняння квадратної форми з традиційною круглою. З цією метою виконано чимало експериментальних досліджень, які показали, що використання лайнерів квадратної форми дозволяє підвищити швидкість потоку молока та збільшити продуктивність процесу доїння. Час процесу при цьому скоротився на 5%. Зменшилось навантаження на соски, що сприятиме збереженню їхнього здоров'я.

Внутрішня конфігурація лайнера була предметом дослідження й у роботі [11]. Порівняно з попередньою роботою авторами проаналізовано не лише вплив форми лайнера на молоковіддачу та тривалість доїння, а й приділено увагу дослідженню жорсткості гуми та її деформуванню.

Для проведення досліджень було виготовлено експериментальний вакуумний пристрій. Крім того, було досліджено зміну об'єму пульсаційної камери під час фаз відкриття та закриття пульсатора. У цьому дослідженні вивчали та порівнювали характеристики різних типів лайнерів круглі, трикутні, квадратні, з ребрами тощо, а також характеризували жорсткість гуми, зміну внутрішнього об'єму та процес закриття лайнера під вакуумом. Вони встановили значні відмінності характеристик різних типів лайнерів і

ISSN 3154-8059

зазначили, що оптимальна форма ще не визначена. Також важливим є висновок що форма лайнера має значно більший вплив на процес доїння ніж сам матеріал.

Авторами роботи [12] також розвинуто концепцію машинного доїння як біологічно адаптованого процесу. Дослідження, викладені в роботі характеризуються системним підходом до аналізу параметрів процесу доїння. Важливим висновком нашої роботи є сформований сучасний підхід до оцінювання процесу доїння, який передбачає одночасний аналіз молоковіддачі, пульсації, вакууму. Однак у роботі відсутнє обґрунтування комплексного критерію, який би дозволяв враховувати взаємний вплив перелічених характеристик.

На відміну від попередніх досліджень у [12] відсутні результати власних експериментальних досліджень. Висновки, викладені у роботі, зроблено на основі виконаного критичного аналізу відомих досліджень доїльних апаратів. Оглядовий характер статті не дав можливості дослідникам оцінити кількісно вплив пружно-механічних і конструктивних параметрів соскової трубки на характеристики дійки.

Дослідження [13] є більш глибоким з наукової і практичної позиції. На наш погляд, наукова новизна роботи полягає у обґрунтованій авторами математичній моделі, що розкриває взаємний зв'язок між силою натягу доїльної гуми та показником інтенсивності молоковіддачі. Однак, на наш погляд, ця модель має суттєвий недолік. Дослідники не врахували конструктивні особливості трубки, що з урахуванням вище наведених результатів досліджень, є важливим через потребу адаптації доїльних апаратів до морфології тварин.

Палій А. сформував концепцію: «техніко-технологічне забезпечення молочного скотарства повинно враховувати функціональну здатність техніки реалізувати генетичний потенціал біологічного об'єкта» [13]. З урахуванням цього автор приділив особливу увагу дослідженню дійкової гуми як робочого елемента доїльного апарата. Автор експериментальним шляхом перевірив висунуту гіпотезу щодо погіршення пружних властивостей дійкової гуми в процесі роботи, що негативно впливає на дійку. Встановлено, що жорстка гума сприяє перекриттю протоків виміні. Процес доїння зростає у часі, а у корів проявляється мастит. В доїльному апараті потрібно забезпечувати однакову жорсткість дійкової гуми. Як показали дослідження, «розбіжність жорсткості дійкової гуми в одному доїльному апараті за вакуумом змикання не повинна

перевищувати 2 кПа, а за подовженням при навантаженні на нього масою в 6 кг (58,8 Н) за час 60±0,2 с – не більше 5 мм» [13].

Палій А. встановив кореляційну залежність технологічних показників дійкової гуми (табл. 1).

Таблиця 1

Кореляційна залежність технологічних показників дійкової гуми [13]

Показник	Коефіцієнт кореляції
Розтягнення гуми/ термін експлуатації	-0,989
Довжина дійкової гуми/термін експлуатації	+0,919
Розтягнення гуми/довжина гуми	-0,864

Автором встановлено зв'язок між механічною характеристикою дійкової гуми, зокрема жорсткості, на інтенсивність молоковіддачі. Водночас питання кількісного зв'язку між конструктивними параметрами дійки та показником жорсткості не досліджено.

Доїльний апарат із можливістю керування режимом процесу доїння досліджено Бабиним І. та Грицуном А. [14]. Авторами проаналізовано фізико-механічні характеристики гуми, пружність дійки та показник інтенсивності молоковіддачі.

Робота, на наш погляд, є важливою для дослідників і розробників доїльних апаратів. Вчені систематизували методичні підходи до проведення інженерних розрахунків доїльних апаратів із керованим режимом роботи. В роботі наведено отримані математичні моделі, які розкривають зв'язок між параметрами апарата і режимами його роботи та динамікою молоковіддачі.

Виклад основних результатів та їх обговорення. Аналіз досліджень вітчизняних і закордонних вчених виявив, що їхній розвиток характеризується зміною ключових моментів досліджень. У більш ранніх роботах авторами досліджувались окремі параметри роботи доїльних апаратів: вакуум, пульсація та її фази. З часом прослідковується перехід до комплексних досліджень доїльних апаратів із врахуванням їхнього впливу на тварин. Крім того, об'єктом досліджень багатьох вчених є соскова трубка, її форма, фізико-механічні властивості та їхній вплив на кінцеві показники процесу доїння.

Систематизація результатів виконаного аналізу чинних досліджень дозволила нам виділити чотири основні етапи їхнього розвитку.

Етап перший – дослідження режимних параметрів.

Параметри, які підлягали дослідженню – фази пульсації, вакуум.

 ISSN 3154-8059

Мета досліджень – виявлення зв'язку між режимами роботи доїльного апарата та показником інтенсивності молоковіддачі.

Етап другий – дослідження соскової трубки.

Параметри, які підлягали дослідженню – конструктивні параметри трубки та фізико-механічні характеристики.

Мета досліджень – аналіз впливу соскової трубки на якість контакту з соском і виявлення наслідків впливу гуми на нього.

Етап третій – дослідження із використанням математичного моделювання процесу доїння.

Параметри, які досліджувались – фази пульсації, вакуум, фізико-механічні властивості гуми.

Мета дослідження – обґрунтування режимів роботи доїльного апарата.

Етап четвертий – розроблення адаптивних систем для доїння.

Параметри, які досліджувались – фази пульсації, вакуум, біологічні показники корів, оціночні показники роботи доїльного апарата.

Мета дослідження – розроблення систем керованого доїння.

Нижче наведено узагальнену таблицю проаналізованих робіт (табл. 2).

Таблиця 2

Зведений аналіз чинних досліджень

№ з/п	Об'єкт дослідження/джерело, рік	Ключовий результат
1	Лайнер, дійка [7], 2004 р.	Доведено вплив конструкції лайнера на стан дійки та інтенсивність молоковіддачі
2	Доїльний апарат [14], 2019 р.	Керований процес доїння
3	Доїльна гума, доїльний апарат [13], 2019 р.	Встановлено високу кореляцію твердості з параметром інтенсивності молоковідведення
4	Система доїння [6], 2019 р.	Встановлено вплив швидкості доїння на стан тканин вимені
5	Доїльний апарат [12], 2022 р.	Математична модель формування продуктивності доїльного апарата
6	Лайнер, режими роботи доїльного апарата [15], 2023 р.	Висновок щодо обов'язкового узгодження біологічних особливостей тварин і параметрів лайнера

продовження табл. 2

7	Геометричні параметри лайнера [9], 2023 р.	Встановлено вплив геометричних параметрів соскової трубки та тривалості й інтенсивності процесу доїння
8	Конфігурація трубки [10], 2024 р.	Дослідження фізико-механічних властивостей гуми і обґрунтування їхнього зв'язку з формою соскової трубки
9	Адаптивний процес доїння [4], 2024 р.	Показано, що параметри доїльного апарата можна адаптувати під процес доїння
10	Біологічні та технологічні характеристики процесу доїння [11], 2024 р.	Наукове обґрунтування високотехнологічної системи доїння
11	Показники режиму роботи доїльного апарата [5], 2024 р.	Показано яким чином динамічне керування доїльним апаратом впливає на стан процесу доїння

Враховуючи результати аналізу чинних досліджень сформуємо напрямки подальших досліджень:

1. Дослідження контактного тиску на сосок залежно від механічних властивостей соскової гуми та геометричних параметрів соскової трубки.

2. Обґрунтування оптимальних параметрів конструкції доїльного апарата.

3. Формування та вирішення задачі багатокритеріальної оптимізації з метою оцінювання ефективності конструкції доїльних апаратів.

4. Розроблення та експериментальні дослідження лайнера, який би враховував фізіологічні особливості корів і міг адаптуватись під виявлені особливості різних порід.

5. Наукове обґрунтування методик проєктування доїльних апаратів, особливо соскових трубок із врахуванням характеристик дійки.

Висновки. В ході аналітичного огляду досліджень доїльних апаратів встановлено:

1. Фокус досліджень на сучасному етапі змістився від досліджень окремих параметрів режимів функціонування доїльних апаратів до досліджень, які пов'язують техніко-технологічні параметри апарата з біологічними особливостями тварин.

 ISSN 3154-8059

2. Соскова трубка є ключовим елементом доїльного апарата, конструкція якої у сукупності з фізико-механічними властивостями гуми значним чином впливають на показники роботи доїльного апарата та стан вим'я корів.

3. Сучасний процес доїння слід розглядати як багатокритеріальний процес.

4. Характеристики доїльних апаратів, зокрема пульсація, вакуум, тривалість доїння необхідно досліджувати із використанням системного підходу, що дозволить врахувати фізіологічні та біологічні характеристики тварин.

5. Аналіз сучасних досліджень свідчить про активне запровадження адаптивного машинного доїння.

6. Незважаючи на значну кількість досліджень доїльних апаратів відсутня науково обґрунтована методика визначення конструктивних параметрів і режимів їхньої роботи з урахуванням параметрів дійок, що визначають стійкість до розвитку хвороб у корів.

7. Перспективним напрямком подальших досліджень є багатокритеріальне моделювання соскової трубки з метою встановлення залежності між її геометричними параметрами, твердістю та жорсткістю гуми й сили її натягу та режимами процесу доїння.

1. EUROSTAT. URL: https://ec.europa.eu/eurostat (дата звернення: 01.08.2026). **2.** Асоціація Виробників Молока. URL: https://avm-ua.org/uk/post/pidpriemstva-skorotili-pogoliva-koriv-u-kvitni (дата звернення: 01.08.2026). **3.** Golub G., Medvedsky O., Achkevych V., Achkevych O. Establishing rational structural-technological parameters of the milking machine collector. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2018. Vol. 1. № 91. P. 12–17. DOI: https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.121537. **4.** Singh A., Spellman M., Somula H., Kakoulis K., Paulrud C., Wieland M. Effects of flow-responsive vacuum and pulsation with early attachment of the milking unit on teat tissue condition and milking performance in Holstein dairy cows. *Journal of Dairy Science.* 2024. Vol. 107. Issue 12. P. 11744–11760. DOI: https://doi.org/10.3168/jds.2024-25198. **5**. Upton J., Browne M., Silva Bolona P. Effect of dynamic pulsation and milk flow rate switch-point settings on milking duration and postmilking teat condition. *Journal of Dairy Science*. 2025. Vol. 108. Issue 3. P. 2632–2641. DOI: https://doi.org/10.3168/jds.2024-25888. **6.** Odorčić M., Rasmussen M., Paulrud C., Bruckmaier R. Milking machine settings, teat condition and milking efficiency in dairy cows. *Animal*. 2019. Vol. 13. Issue S1. P. 94–99. DOI: https://doi.org/10.1017/S1751731119000417. **7.** Gleeson D., O'Callaghan E., Rath M. Effect of liner design, pulsator setting, and vacuum level on bovine teat tissue changes and milking characteristics as measured by ultrasonography. *Irish Veterinary Journal*. 2004. Vol. 1, Issue 57(5). P. 289–296. DOI: 10.1186/2046-0481-57-5-289. **8.** Tague T. Have you changed your liners? URL: https://animalhealthireland.ie/ (дата звернення: 11.08.2026). **9.** Herath H., Kudrass D., Bryant H., Al-Marashdeh O. Geometry of milk liners affects milking performance in dairy

cows. *Journal of Dairy Research*. 2024. Vol. 91(2). P. 224–229. DOI: 10.1017/S002202992400027X . **10.** Enokidani M., Inui Y., Kondo H., Ando A., Tomiyasu H. Survey of Liner Characteristics Used in Japan. *Journal of the ASABE.* 2024. Vol. 67(2). P. 233–242. DOI: 10.13031/ja.15734. **11.** Upton J., Bruckmaier R., Mein G., Reinemann D. at all. Rasmussen, Invited review: Contribution of milk harvesting research to optimal interaction between biology and milking technology. *Journal of Dairy Science*. 2025. Vol. 108. Issue 11. P. 11713–11732. DOI: https://doi.org/10.3168/jds.2025- 27010 **12.** Aliiev E., Paliy A., Kis V., Paliy A., Petrov R., Plyuta L. at all. Establishing the influence of technical and technological parameters of milking equipment on the efficiency of machine milking. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2022. Vol. 1(115). P. 44–55. DOI: 10.15587/1729-4061.2022.251172. **13.** Палій А. П. Обґрунтування, розробка та ефективність застосування інноваційних технологій і технічних рішень у молочному скотарстві: дисертація доктора сільськогосподарських наук 06.02.04 – технологія виробництва продуктів тваринництва. *Сільськогосподарські науки*. Харків, 2019. 382 с. URL: https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/10755 (дата звернення: 01.08.2026). **14.** Бабин І. А., Грицун А. В. Теоретичні обґрунтування деяких конструктивно-технологічних параметрів доїльного апарата з керованим режимом доїння. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*. 2020. № 2 (109). С. 16–27. DOI: 10.37128/2520-6168-2020-2-2. **15.** Kaskous S., Pfaff M. Milking Machine Settings and Liner Design Are Important to Improve Milking Efficiency and Lactating Animal Welfare—Technical Note. *AgriEngineering*. 2023. Vol. 5(3). P. 1314–1326. https://doi.org/10.3390/agriengineering5030083

REFERENCES:

1. EUROSTAT. URL: https://ec.europa.eu/eurostat (data zvernennia: 01.08.2026). **2.** Asotsiatsiia Vyrobnykiv Moloka. URL: https://avm-ua.org/uk/post/pidpriemstva-skorotili-pogoliva-koriv-u-kvitni (data zvernennia: 01.08.2026). **3.** Golub G., Medvedsky O., Achkevych V., Achkevych O. Establishing rational structural-technological parameters of the milking machine collector. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2018. Vol. 1. № 91. P. 12–17. DOI: https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.121537. **4.** Singh A., Spellman M., Somula H., Kakoulis K., Paulrud C., Wieland M. Effects of flow-responsive vacuum and pulsation with early attachment of the milking unit on teat tissue condition and milking performance in Holstein dairy cows. *Journal of Dairy Science.* 2024. Vol. 107. Issue 12. P. 11744–11760. DOI: https://doi.org/10.3168/jds.2024-25198. **5**. Upton J., Browne M., Silva Bolona P. Effect of dynamic pulsation and milk flow rate switch-point settings on milking duration and postmilking teat condition. *Journal of Dairy Science*. 2025. Vol. 108. Issue 3. P. 2632–2641. DOI: https://doi.org/10.3168/jds.2024-25888. **6.** Odorčić M., Rasmussen M., Paulrud C., Bruckmaier R. Milking machine settings, teat condition and milking efficiency in dairy cows. *Animal*. 2019. Vol. 13. Issue S1. P. 94–99. DOI: https://doi.org/10.1017/S1751731119000417. **7.** Gleeson D., O'Callaghan E., Rath M. Effect of liner design, pulsator setting, and vacuum level on bovine teat tissue changes and milking characteristics as measured by ultrasonography. *Irish Veterinary Journal*. 2004. Vol. 1, Issue 57(5). P. 289–296. DOI: 10.1186/2046-0481-57-5-289. **8.** Tague T. Have you changed your liners? URL: https://animalhealthireland.ie/ (data zvernennia: 01.08.2026). **9.** Herath H., Kudrass D., Bryant H., Al-Marashdeh O. Geometry of milk liners affects milking performance in dairy

cows. *Journal of Dairy Research*. 2024. Vol. 91(2). P. 224–229. DOI: 10.1017/S002202992400027X . **10.** Enokidani M., Inui Y., Kondo H., Ando A., Tomiyasu H. Survey of Liner Characteristics Used in Japan. *Journal of the ASABE.* 2024. Vol. 67(2). P. 233–242. DOI: 10.13031/ja.15734. **11.** Upton J., Bruckmaier R., Mein G., Reinemann D. at all. Rasmussen, Invited review: Contribution of milk harvesting research to optimal interaction between biology and milking technology. *Journal of Dairy Science*. 2025. Vol. 108. Issue 11. P. 11713–11732. DOI: https://doi.org/10.3168/jds.2025-27010 **12.** Aliiev E., Paliy A., Kis V., Paliy A., Petrov R., Plyuta L. at all. Establishing the influence of technical and technological parameters of milking equipment on the efficiency of machine milking. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2022. Vol. 1(115). P. 44–55. DOI: 10.15587/1729-4061.2022.251172. **13.** Palii A. P. Obgruntuvannia, rozrobka ta efektyvnist zastosuvannia innovatsiinykh tekhnolohii i tekhnichnykh rishen u molochnomu skotarstvi: dysertatsiia doktora silskohospodarskykh nauk 06.02.04 – tekhnolohiia vyrobnytstva produktiv tvarynnytstva. *Silskohospodarski nauky*. Kharkiv, 2019. 382 s. URL: https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/10755 (data zvernennia: 01.08.2026). **14.** Babyn I. A., Hrytsun A. V. Teoretychni obgruntuvannia deiakykh konstruktyvno-tekhnolohichnykh parametriv doilnoho aparatu z kerovanym rezhymom doinnia. *Tekhnika, enerhetyka, transport APK*. 2020. № 2 (109). S. 16–27. DOI: 10.37128/2520-6168-2020-2-2. **15.** Kaskous S., Pfaff M. Milking Machine Settings and Liner Design Are Important to Improve Milking Efficiency and Lactating Animal Welfare—Technical Note. *AgriEngineering*. 2023. Vol. 5(3). P. 1314–1326. https://doi.org/10.3390/agriengineering5030083

Zmiievska O. H. [1; ORCID ID: 0009-0004-4043-6578],
Senior Lecturer,
Nalobina O. O. [1; ORCID ID: 0000-0003-1661-7331],
Doctor of Engineering, Professor,
Yuvchyk N. O. [1; ORCID ID: 0000-0001-5629-0201],
Ph.D., Associate Professor

[1]*National University of Water and Environmental Engineering, Rivne*

ANALYSIS OF RESEARCH ON MILKING MACHINES AND DIRECTIONS FOR THEIR FURTHER DEVELOPMENT

The results of a comprehensive analysis of current research by domestic and international scientists focused on the study of the design, operating modes, and structural optimization of key components of milking machines are presented. The state of modern dairy cattle breeding is analyzed, highlighting the critical dependence of production efficiency on the level of technological process sophistication and biological adaptation of milking equipment. A systematic approach was applied to process scientific literature, which allowed structuring the main historical and scientific stages

of research development: from studying individual regime parameters (vacuum levels and pulsation phases) to modern adaptive milking systems. Methodological approaches were compared, and critical gaps requiring further study were identified. It was established that most contemporary research focuses on substantiating rational operational parameters, studying the influence of teat cup liner geometry (comparing round, square, and triangular configurations), and analyzing physical and mechanical properties of rubber, such as hardness, stiffness, tension force, and elastic deformation over operational time. Despite a substantial body of scientific work, the quantitative interrelationship between the structural parameters of the teat cup liner, its mechanical properties, and their complex impact on the biological and physiological characteristics of the cow's teat tissue remains insufficiently disclosed. The key directions for future research were formulated, including multi-criteria modeling of teat cup liners, determination of optimal contact pressure considering rubber elasticity, development of biologically adapted liners for various cattle breeds, and creation of mathematically sound design methodologies for milking equipment to preserve udder health and maximize genetic yield potential.

Keywords: milking machine; milking process; teat cup; parameters; analysis; research.

Отримано / Received: 17.08.2026
Прийнято до друку / Accepted: 16.09.2026
Опубліковано / Published: 18.09.2026

© 2026 [Zmiievska O. H., Nalobina O. O., Yuvchyk N. O.]. Licensee {NUWEE}. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-NonCommercial (CC BY-NC) license (creativecommons.org)