

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

МЕДВЕДСЬКИЙ ОЛЕКСАНДР ВАСИЛЬОВИЧ

УДК 631.8: 637.116

ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ПРОЦЕСУ ТА УДОСКОНАЛЕННЯ ЗАСОБІВ ДОЇННЯ
КОРІВ В УМОВАХ ФЕРМЕРСЬКОГО ВИРОБНИЦТВА

05.05.11 – машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ – 2016

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Житомирському національному агроекологічному університеті Міністерства освіти і науки України

Науковий керівник доктор технічних наук, професор
Ревенко Іван Іванович,
Національний університет біоресурсів
і природокористування України,
професор кафедри механізації тваринництва
та біотехнологічних систем

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Фененко Анатолій Іванович,
Національний науковий центр
«Інститут механізації та електрифікації
сільського господарства» НААН,
головний науковий співробітник відділу
біотехнічних систем у тваринництві
та заготівлі кормів

кандидат технічних наук,
старший науковий співробітник
Ясенецький Володимир Антонович,
Державна наукова установа «Український науково-
дослідний інститут прогнозування та випробування
техніки і технологій для сільськогосподарського
виробництва імені Леоніда Погорілого»,
провідний науковий співробітник лабораторії
наукового забезпечення підготовки кадрів
та пропаганди інноваційних розробок

Захист відбудеться «04» березня 2016 р. о 10⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.004.06 у Національному університеті біоресурсів і природокористування України за адресою: 03041, м. Київ, вул. Генерала Родимцева, 19, навчальний корпус № 1, кімната 97

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Національного університету біоресурсів і природокористування України за адресою: 03041, м. Київ, вул. Героїв Оборони, 13, навчальний корпус № 4, кімната 41а

Автореферат розісланий «02» лютого 2016 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

І. Л. Роговський

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Останнім часом в результаті скорочення поголів'я корів в Україні саме особисті селянські господарства є основними виробниками незбираного молока. Станом на кінець 2014 року в них утримується 77,5 % всіх корів та виробляється 76,3 % молока.

Утримування корів в нетипових приміщеннях накладає відбиток на реалізацію найважливішого процесу – виведенні утвореного у вимені корови молока, тобто доїння. Поширеним у таких умовах є ручне доїння корів, якому властиві велика трудомісткість виконуваних операцій та низька якість молока. Останнє зумовлене контактом молока з оточуючим середовищем, що впливає на його показники чистоти та бактеріальної забрудненості. Впровадження машинного доїння корів дозволить підвищити якість отриманого молока та збільшити прибутковість особистих селянських та фермерських господарств.

Серед наявного типорозмірного ряду доїльних установок найбільш доцільні для умов таких господарств мобільні доїльні установки. В технологічному відношенні, це доїння у пересувну місткість з автономним джерелом вакууму, тому відпадає потреба у монтуванні у приміщенні для тварин громіздких вакуум- та молокопроводів й використанні потужних вакуумних насосів.

При наявності спільних рис за конструктивним виконанням, технологічними та питомими показниками роботи, серійне обладнання різних виробників має певні відмінності. Зокрема це стосується компоновки елементів та їх конструктивних параметрів, що впливає на характер протікання технологічного процесу та забезпечення стійкості режимних характеристик. Проте достатніх науково-обґрунтованих конструктивно-технологічних параметрів даного обладнання наразі не існує. Тому виробники мобільних доїльних установок керуються лише логічними припущеннями за аналогією до стаціонарних доїльних систем.

У зв'язку з відміченим виникає доцільність обґрунтувати конструктивно-технологічні параметри та компоновочні рішення для забезпечення раціональних режимів роботи технологічних ліній мобільної доїльної установки в умовах дрібнотоварного виробництва незбираного молока.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана на кафедрі процесів, машин і обладнання Житомирського національного агроекологічного університету.

Дослідження за темою дисертаційної роботи є частиною науково-дослідної роботи «Наукові основи проектування екологобезпечних малогабаритних технічних засобів механізації в тваринництві» (номер державної реєстрації – 0115U004889).

Мета і задачі досліджень. Мета досліджень – підвищення технологічної і енергетичної ефективності мобільних доїльних установок шляхом забезпечення стабільності режимних характеристик вакуумної системи.

Для досягнення вказаної мети необхідно було вирішити такі завдання:

- за оцінкою технічних засобів машинного доїння корів для дрібнотоварного виробника молока встановити вплив конструктивних параметрів вакуумної системи на експлуатаційні показники роботи мобільної доїльної установки;

- проаналізувати взаємозв'язок між величиною вакуумметричного тиску у вакуум-проводі та об'ємом елементів вакуумної системи, що забезпечують стабільні режимні характеристики мобільної доїльної установки;

- встановити характер впливу режимно-конструктивних параметрів вакуумної системи на тривалість відновлення стабільних технологічних показників і обґрунтувати раціональний об'єм вакуумного балона мобільної доїльної установки;

- розробити математичну модель динаміки зміни рівня тиску у вакуумній системі та визначити раціональні співвідношення між об'ємом вакуумної мережі і молокозбірником (доїльне відро);

- оцінити вплив удосконалень мобільної доїльної установки на її технологічну та економічну ефективність.

Об'єкт дослідження – мобільні доїльні установки, технологічні параметри їх роботи (в умовах особистих селянських та невеликих фермерських господарств).

Предмет дослідження – встановити закономірності впливу конструктивно-технологічних параметрів елементів вакуумної системи на стабільність режимних характеристик мобільної доїльної установки.

Методи досліджень. При вирішенні поставлених завдань використовували теоретичні та експериментальні дослідження. Теоретичні дослідження базувалися на застосуванні теорії математичного моделювання з використанням основних положень інтегрального та диференціального числення, гідрогазодинаміки, теплотехніки та вакуумної техніки (методи класичних наук). Експериментальні дослідження виконували згідно з загальноприйнятими методиками на основі методів планування багатофакторного експерименту – план трифакторного експерименту Бокса-Бенкіна. Для цього була використана спеціально розроблена експериментальна установка. Обробка результатів експериментальних досліджень виконана із застосуванням положень теорії ймовірності та математичної статистики з використанням пакету прикладних програм Statistica 10 і Microsoft Excel 2010. Виробничу перевірку виконували за стандартними методиками випробовування сільськогосподарської техніки, а економічну оцінку – відповідно до існуючих нормативів.

Наукова новизна одержаних результатів:

- отримана математична модель функціонування вакуумної системи мобільної доїльної установки із врахуванням її конструктивно-технологічних характеристик та режимів роботи;

- набуло подальшого розвитку моделювання впливу конструктивно-технологічних параметрів складових вакуумної системи на стабільність режимних характеристик мобільної доїльної установки;

- удосконалено методику обґрунтування раціональної структурно-компоновочної схеми вакуум-провідної мережі та параметрів її складових щодо забезпечення максимальної ефективності роботи мобільної доїльної установки.

Практичне значення одержаних результатів. Обґрунтована раціональна конструктивно-функціональна схема та параметри основних елементів мобільної доїльної установки (об'єм вакуумного балона, об'єм молочного відра, вакуум-провідна мережа) із врахуванням заданих технологічних умов (рівень та стійкість вакуумметричного тиску).

Удосконалена методика інженерного розрахунку дозволяє встановити конструкційні параметри вакуум-провідної мережі мобільної доїльної установки, що забезпечить підвищення коефіцієнта ефективності функціонування її вакуумної системи на 6,7–7,6 %.

Результати досліджень впроваджені у СТОВ «Юрківщина» (с. Ярунь, Новоград-Волинський район, Житомирська область) та у навчальній лабораторії тваринництва Житомирського національного агроекологічного університету (м. Житомир).

Розроблені за результатами досліджень нові технічні рішення захищені двома патентами України на винахід та одним патентом на корисну модель.

Особистий внесок здобувача. Основні теоретичні положення дисертаційної роботи та результати експериментальних досліджень отримано здобувачем особисто, а саме: обґрунтування та вибір раціональних експлуатаційних показників роботи мобільної доїльної установки; отримання математичної моделі функціонування вакуумної системи з раціональними параметрами вакуумної системи; визначення оціночного (порівняльного) показника раціональної компоновки складових вакуум-провідної мережі – коефіцієнту ефективності. У наукових працях, опублікованих у співавторстві, доля здобувача становить не менше 60 %.

Експериментальні дослідження виконано здобувачем особисто. Постановка мети і задач досліджень, розроблення методики досліджень, аналіз та трактування результатів виконано спільно із науковим керівником.

Апробація результатів дисертації. Основні положення і результати досліджень дисертаційної роботи доповідались і отримали позитивну оцінку на: I, VI, XVI Міжнародних наукових конференціях «Сучасні проблеми землеробської механіки» (м. Київ, 2000, 2005, 2015 рр.); Міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми виробництва екологічно чистої продукції на межі третього тисячоліття» (м. Житомир, 2000 р.); IX, XIV Міжнародних науково-технічних конференціях «Технічний прогрес у сільськогосподарському виробництві» (сmt Глеваха, 2001, 2006 рр.); XII-му Міжнародному симпозиумі з питань машинного доїння корів (сmt Глеваха, 2004 р.); IV, XI Конференціях науково-педагогічних працівників, наукових співробітників та аспірантів «Техніка і технології» (м. Київ, 2004, 2011 рр.); VI, VII, IX Міжнародних науково-практичних конференціях «Сучасні проблеми збалансованого природокористування» (м. Кам'янець-Подільський, 2011, 2012, 2014 рр.); XV Міжнародній науковій конференції «Сучасні проблеми землеробської механіки» (м. Житомир, 2014 р.).

Публікації. Основні результати досліджень за темою дисертаційної роботи опубліковано у 23 друкованих працях, з них 10 статей у наукових фахових виданнях України, стаття у науковому фаховому виданні України, включеному до міжнародних наукометричних баз даних, 3 статті у інших наукових виданнях, 5 тез наукових доповідей. Отримано патент на корисну модель та 3 патенти на винаходи.

Структура і обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається із вступу, 5 розділів основної частини, загальних висновків, додатків. Робота викладена на 146 сторінках комп'ютерного тексту, містить 12 таблиць та 47 рисунків, список використаних джерел містить 150 найменувань.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У першому розділі «Технології та технічні засоби машинного доїння корів для дрібнотоварного виробника» проведено аналіз сучасного стану виробництва молока в умовах особистих селянських та фермерських господарств, виконана порівняльна оцінка способів доїння та наявних технічних засобів реалізації технологічного процесу машинного доїння корів.

Розглянуто результати теоретичних та експериментальних робіт, пов'язаних із оцінкою впливу технологічних параметрів доїльних установок на ефективність машинного доїння корів, таких вчених: Адмін Є. І., Карташов Л. П., Семенов Ю. П., Сарван В. П., Фененко А. І., Крейліс М. Л., Кім Ф. Е., Ліщинський С. П., Дмитрів В. Т., Сиротюк В. М., Цой Ю. А., Москаленко С. П., Ревенко І. І., Луценко М. М., Ясенецький В. А., Келпис Е. А., Корольов В. Ф. та інші.

Аналіз існуючих наукових досліджень свідчить про значний вплив на інтенсивність молоковіддачі та продуктивність корів не тільки рівня робочого вакуумметричного тиску у доїльних стаканах та у вакуум-магістралі, але і його стабільності, що спонукає до постійного удосконалення технологічних ліній стаціонарних доїльних установок шляхом збільшення об'єму вакуум-провідних ліній та підвищення продуктивності вакуумного насоса.

Відзначено відмінність у конструктивних та технологічних параметрах вакуумної системи мобільних доїльних установок різних фірм-виробників, що може впливати на стабільність режимних характеристик вакуумної мережі.

Встановлено, що перспективним напрямом підвищення ефективності машинного доїння корів та якості отриманого молока особистими селянськими та невеликими фермерськими господарствами є наукове обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів, компоновочних схем та режимів роботи мобільних доїльних установок.

У другому розділі «Теоретичні дослідження конструктивних параметрів вакуум-провідної системи мобільної доїльної установки» виконано оцінку впливу конструктивно-технологічних параметрів вакуум-провідної системи на рівень та стабільність вакуумметричного тиску, отримано математичну модель динаміки зміни тиску в елементах вакуумної системи залежно від їх об'єму, встановлено провідність вакуумної системи мобільної доїльної установки (рис. 1).

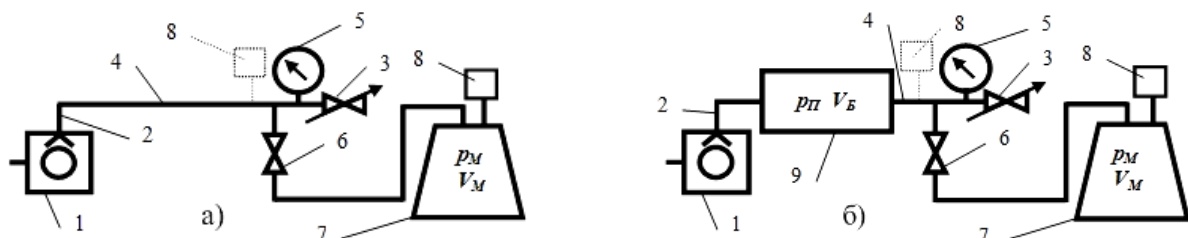


Рис. 1. Схеми вакуумних систем мобільної доїльної установки: а – спрощена схема (без вакуумного балона); б – схема з вакуумним балоном; 1 – вакуумний насос; 2 – всмоктувальний патрубок; 3 – регулятор тиску; 4 – вакуум-провід (V_{II}); 5 – вакуумметр; 6 – вакуумний кран; 7 – молокозбірна місткість (V_M); 8 – пульсатор; 9 – вакуумний балон (V_B).

Об'єм вакуумної системи (V) є змінним параметром (рис. 2), який може визначати режим функціонування мобільної доїльної установки. Так, при поєднанні молокозбірника (V_M) з вакуумною мережею ($V_{ПБ}$), через вакуумний кран, тиск у вакуумній системі набуде величини сукупного тиску (p_c):

$$p_c = \frac{p_M \cdot (V_M + V_{ПБ} \cdot \sigma_p + V \cdot \sigma_p)}{2 \cdot V}, \quad (1)$$

де $p_{П}$ – початковий тиск у вакуумній мережі, Па;

p_M – початковий тиск у молокозбірній місткості, Па;

σ_p – співвідношення початкових тисків, $\sigma_p = p_{П}/p_M$;

$V_{ПБ}$ – об'єм вакуумної мережі ($V = V_{ПБ} + V_B$), м³;

V_M – об'єм молокозбірної місткості, м³;

V – об'єм вакуумної системи, $V = V_{ПБ} + V_M$, м³.

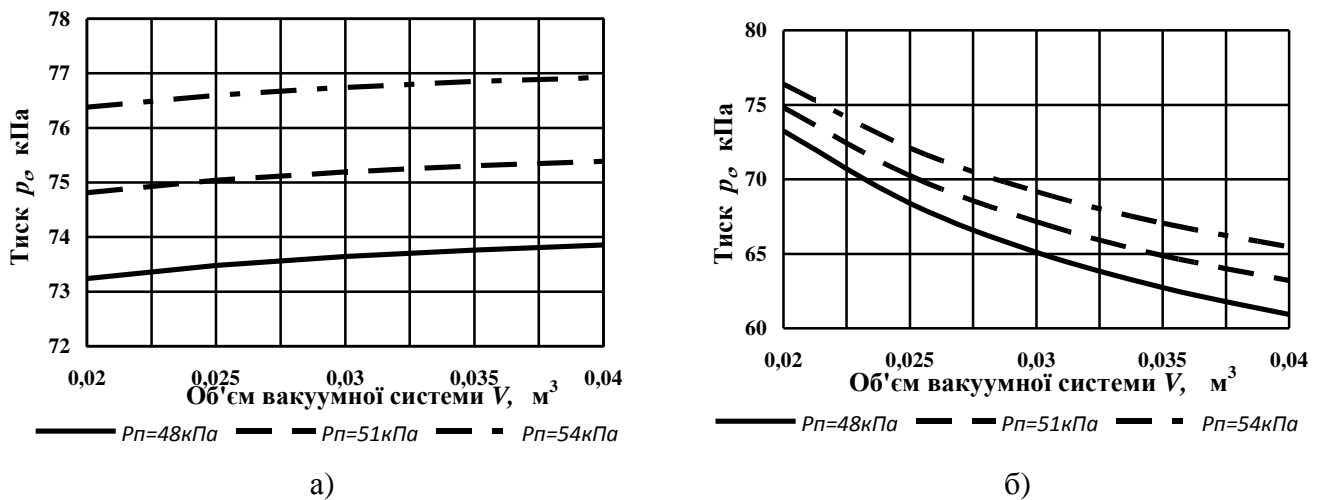


Рис. 2. Залежність сукупного тиску (p_c) від об'єму системи (V): а – за умови $V_{ПБ} = const$; б – за умови $V_M = const$.

Сукупний тиск (p_c) вакуумної системи (V) зростає (рис. 2, а) зі збільшенням об'єму молокозбірника (V_M) завдяки збільшенню величини його парціального тиску. За умови більшого об'єму вакуумної мережі ($V_{ПБ}$) зростає її парціальний тиск, тому сукупний тиск системи (p_c) знижується (рис. 2, б). Таким чином, визначником величини сукупного тиску системи (p_c) є співвідношення об'ємів її складових незалежно від рівня початкових тисків ($p_{П}$ та p_M).

За постійної роботи вакуумного насоса, тривалість періоду (t_1) встановлення сукупного тиску системи (p_c) описується рівнянням:

$$t_1 = \frac{V \cdot \sqrt{V_M + V_{ПБ} \cdot \sigma_p - V \cdot \sigma_p}}{S_{П} \cdot 2 \cdot \sqrt{2 \cdot RT \cdot (V_M + V_{ПБ} \cdot \sigma_p)}}, \quad (2)$$

де $S_{П}$ – площа поперечного перерізу повітропроводу, м²;

R – питома газова стала, Дж/кг×К;

T – температура середовища, К.

Тривалість періоду (t_1) зростає (рис. 3) зі збільшенням рівня початкового тиску вакуумної мережі ($p_{П}$) та об'єму вакуумної системи (V).

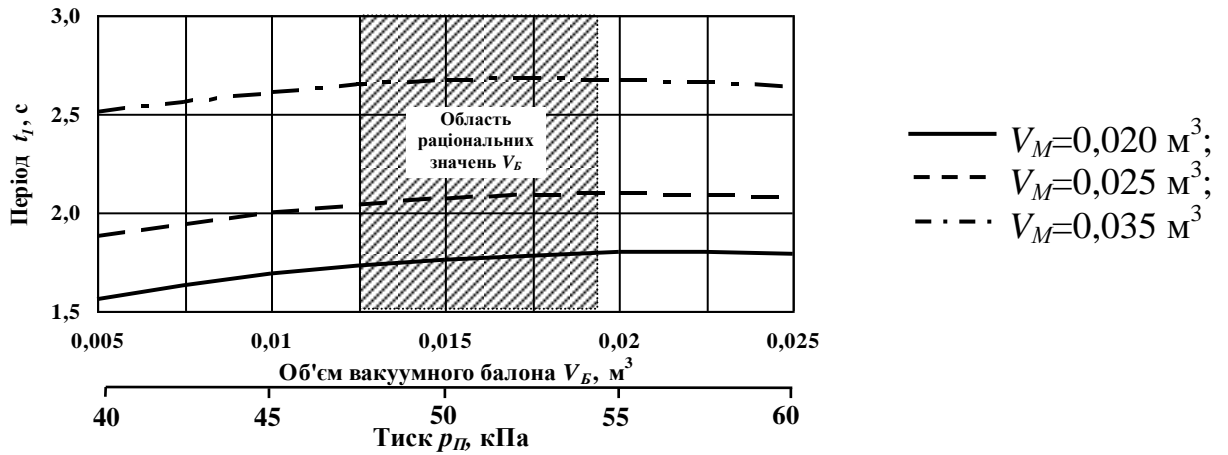


Рис. 3. Функціональна залежність тривалості періоду (t_1) від параметрів елементів мобільної доїльної установки (V_M та V_B , за умови $V_{II} = const$).

Незалежно від об'єму вакуумного балона (V_B) тривалість періоду (t_1) зростає зі збільшенням об'єму молокозбірної місткості (V_M). Тривалість періоду (t_1) стабілізується на рівні об'єму вакуумного балона $V_B = 0,012 - 0,020 \text{ м}^3$ незалежно від об'єму молокозбірної місткості (V_M) у межах робочого тиску вакуумної мережі ($p_{II} = 48 - 53 \text{ кПа}$) – область раціональних значень об'ємів вакуумного балона (рис. 3).

По завершенні періоду (t_1) відбувається відновлення тиску вакуум-проводу до початкової величини (p_{II}) протягом періоду (t_2):

$$t_2 = \frac{V}{S_{II} \cdot \sqrt{2 \cdot RT \cdot \frac{V_M + V_{II} \cdot \sigma_p - V \cdot \sigma_p}{V_M + V_{II} \cdot \sigma_p + V \cdot \sigma_p}}} \cdot \left(\ln \frac{p_M \cdot (V_M + V_{II} \cdot \sigma_p + V \cdot \sigma_p)}{2 \cdot V} - \ln p_{II} \right). \quad (3)$$

Тривалість періоду t_2 зменшується (рис. 4.) при збільшенні об'єму вакуумного балона (V_B) з одночасним підвищенням рівня початкового тиску вакуумної мережі (p_{II}), незалежно від об'єму молокозбірника (V_M).

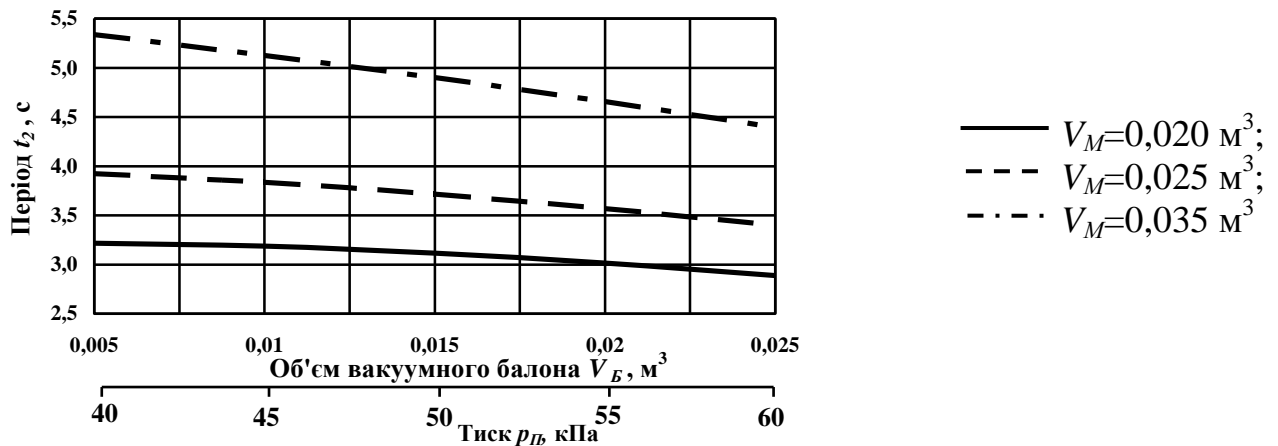


Рис. 4. Функціональна залежність тривалості періоду t_2 від параметрів елементів мобільної доїльної установки (V_M та V_B , за умови $V_{II} = const$).

За менших значень початкового тиску p_{II} та більших об'ємах V_M тривалість періоду (t_2) збільшується (рис. 4.). Це можна пояснити незмінністю об'ємної витрати повітря вакуумною системою при більшому (майже у двічі) логарифмічному співвідношенні між початковим (p_c) та кінцевим (p_{II}) рівнями тиску.

За проміжок часу (t_1+t_2) тиск (p_{V_M}) у молокозбірнику (V_M) змінюється від початкового значення p_M до величини тиску вакуум-проводу p_{II} (рис. 5) за рахунок перерозподілу повітря на весь об'єм вакуумної системи (V) при одночасному видаленні деякої його долі вакуумним насосом. Диференціальне рівняння зміни тиску у молокозбірнику (V_M) має вигляд:

$$\frac{dp}{dt} = k \cdot (p_i - p_j), \quad (4)$$

де k – коефіцієнт пропорційності, який визначає вплив об'єму складових вакуумної системи на швидкість зміни величини тиску в ній;

p_i – рівень початкового тиску, кПа;

p_j – величина кінцевого тиску, кПа.

У загальному, рішення рівняння (4) набуває вигляду:

$$p_{V_M} = p_j + (p_i - p_j) \cdot \left(\frac{V_M^t}{2 \cdot V^t} \right)^{\frac{t}{t_{ij} - t_i}}, \quad (5)$$

де p_{V_M} – рівень тиску у молокозбірнику, при вільному від молока об'ємі (V_M^t), у поточний момент часу t , кПа;

V^t – об'єм вакуумної системи за об'єму V_M^t , м³;

t_{ij} – тривалість періоду зміни тиску від p_i до p_j , с;

t_i – тривалість періоду, що передує t_{ij} , с.

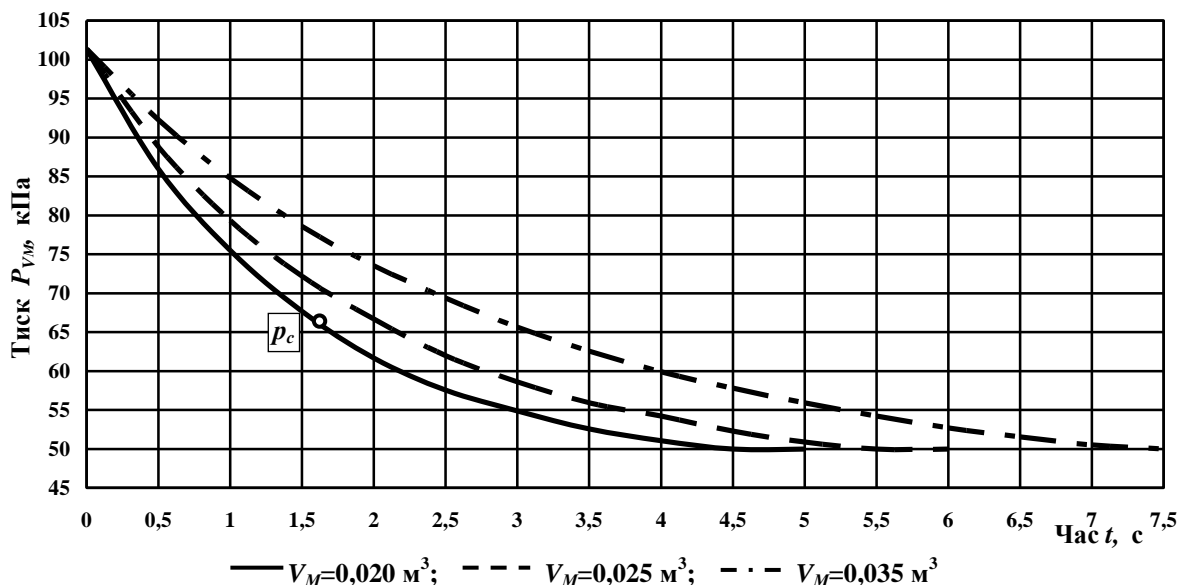


Рис. 5. Графік зміни тиску (p_{V_M}) у молокозбірнику (V_M) різного об'єму від моменту поєднання елементів вакуумної системи між собою впродовж фази t_1+t_2 при об'ємі вакуумного балона $V_B=0,010$ м³ та тиску вакуумної мережі $p_{II}=50$ кПа.

При збільшенні об'єму молокозбірника (V_M) крива значно пологіша (рис. 5.), що зумовлено зростанням тривалості періоду (t_1) встановлення тиску p_c та збільшенням коефіцієнта пропорційності (k) при незмінному об'ємі вакуумного балона. Для періоду тривалістю $t_{ij}=t_1$ тиск $p_i=p_M$, для наступного періоду тривалістю $t_{ij}=t_2$ тиск $p_i=p_c$. В обох випадках кінцеве значення тиску буде становити $p_j=p_{II}$.

За період часу t_1 тиск у вакуумній мережі зміниться від p_{II} до p_c за рахунок додаткового об'єму повітря (V^M), що надійде із молокозбірника. Диференційне рівняння зміни тиску у вакуумній мережі за період t_1 має такий вигляд:

$$\frac{dp}{dt} = \frac{\Delta p}{\tau_1}. \quad (6)$$

де τ_1 – постійна часу вакуумної мережі, $\tau_1 = V^M / Q_{VM}$, с.

Рішення диференційного рівняння (6):

$$p_{V_{II}} = p_c - (p_c - p_{II}) \cdot e^{-\frac{t}{\tau_1}} = p_c - (p_c - p_{II}) \cdot e^{-\frac{Q_{VM} \cdot t}{V^M}}, \quad (7)$$

де V^M – додатковий об'єм повітря, м³;

Q_{VM} – об'ємна подача додаткового об'єму повітря (V^M), м³/с.

Диференційне рівняння процесу зниження тиску у вакуумній мережі від p_c до p_{II} протягом періоду t_2 таке:

$$dp \cdot V^{II} = Q_{VII} \cdot (p_c - p_{II}) \cdot dt, \quad (8)$$

де V^{II} – додатковий об'єм повітря у вакуумній мережі, м³;

Q_{VII} – об'ємна подача повітря у вихідному перерізі вакуумної мережі, м³/с.

Графічне рішення диференційних рівнянь (6) і (8) відображено на рис. 6.

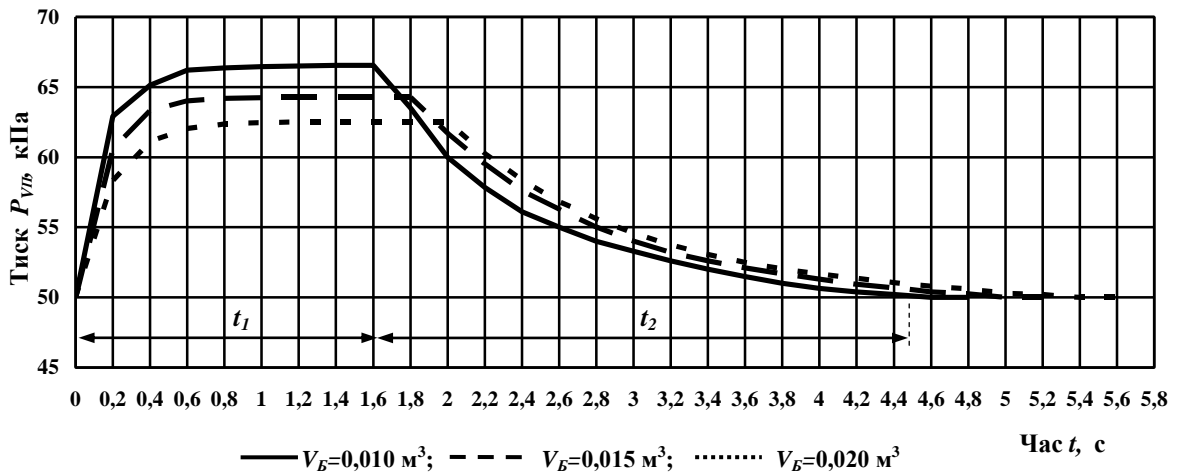


Рис. 6. Графік зміни тиску (P_{VII}) у вакуумній мережі впродовж фази t_1+t_2 залежно від об'єму вакуумного балона при об'ємі молокозбірника $V_M=0,020$ м³ та тиску $p_{II}=50$ кПа.

Зі збільшенням об'єму вакуумного балона (V_B) знижується рівень сукупного тиску (p_c) та збільшується час (t_1) його встановлення (рис.6). Це можна пояснити збільшенням постійної часу τ_1 через зниження у 1,1–1,2 раза об'ємної витрати повітря (Q_{VM}) за рахунок зменшенням рушійної різниці тисків (p_c-p_{II}) з одночасним

збільшенням у 1,5 раза об'єму, який займає надлишкове повітря (V^M) за незмінної величини початкового тиску вакуумної мережі (p_{II}) та об'єму молокозбірника (V_M). За умови більшого об'єму вакуумного балона (V_B) крива $p_{V_{II}}$, для досягнення тиску $p_{II}=50$ кПа, потребує тривалішого періоду t_2 , що пояснюється нижчою на 10,3 % швидкістю потоку повітря за рахунок меншого рівня сукупного тиску (p_c) та незмінної провідності вакуумної мережі за однакового рівня початкового тиску p_{II} .

При послідовному поєднанні елементів вакуумної системи об'ємний потік повітря (Q_S) становить:

$$Q_S = \frac{V''(p_2 - p_1)}{\tau_1} = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{U_i}} (p_2 - p_1), \quad (9)$$

де Q_S – об'ємний потік повітря, Па \times м³/с;

U_i – провідність i -го елементу вакуумної системи, м³/с;

$(p_2 - p_1)$ – різниця тисків у кінці і на початку вакуум-провідної системи, Па.

Провідність трубопроводу ($U_{тр}$) за відомих геометричних параметрів (рис. 7) визначається рівнянням:

$$U_{тр} = 85,5 \frac{d_{тр}^4 \cdot \sqrt{T}}{l_{тр} \cdot b_\varepsilon} \cdot \left(\frac{p_1 + p_2}{2} \right) = 85,5 \frac{d_{тр}^4 \cdot T^{\frac{1}{2}}}{(l_{тр} + l_{екв}) \cdot b_\varepsilon} \cdot \left(p_1 + \frac{\Delta p_{тр}}{2} \right), \quad (10)$$

де b_ε – коефіцієнт зміни кінетичної енергії, $b_\varepsilon=1$ за температури повітря $t=0^\circ\text{C}$, К/К;

85,5 – коефіцієнт узгодження сталих величин (π , R , L_I), с⁻¹К^{-1/2}Па⁻¹;

$\Delta p_{тр}$ – втрати тиску у трубопроводі, Па;

$l_{тр}$ – довжина трубопроводу, м;

$l_{екв}$ – ступінь збільшення довжини трубопроводу з місцевим опором, м;

$d_{тр}$ – діаметр трубопроводу, м.

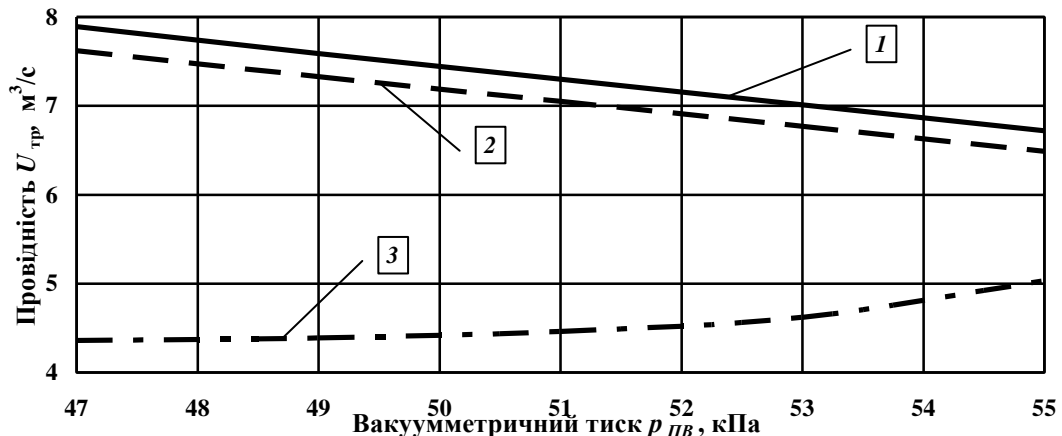


Рис. 7. Залежність провідності ($U_{тр}$) трубопроводу від вакуумметричного тиску ($p_{ПВ}$) у вихідному перерізі: 1 – пряmolінійний трубопровід довжиною $l_{тр}$; 2 – зігнутий під кутом 90° трубопровід з довжиною пряmolінійних ділянок $l_{тр}$; 3 – короткий трубопровід довжиною $l_{тр} < 20d_{тр}$.

При збільшенні рівня вакуумметричного тиску ($p_{ПВ}$) провідність трубопроводів пряmolінійного (рис. 7, 1) та із місцевим опором у вигляді коліна

(рис. 7, 2) знижується за рахунок зменшення об'ємного потоку повітря (Q_S). Провідність трубопроводу, зігнутого з оптимальними кутами (90°) та радіусом ($R_k=(1,2-1,5)d_{tr}$), має несуттєву відмінність (у межах 3,5 %) від прямолінійного трубопроводу аналогічної довжини. Короткий трубопровід ($l_{tr}<20d_{tr}$) характеризується значними втратами тиску у вхідному перерізі, що визначають його значно нижчу провідність (рис. 7, 3), яка майже не змінюється в робочому діапазоні вакуумметричного тиску ($p_{ПВ}$).

Втрати тиску (Δp_B) у вакуумній мережі (рис. 8) визначаються як різниця між початковим (наперед заданим) вакуумметричним тиском у вакуум-проводі ($p_{ПВ}$) та сукупним вакуумметричним тиском ($p_{Вс}=p_{атм}-p_c$):

$$\Delta p_B = p_{ПВ} - p_{Вс} = p_{ПВ} - p_{ПВ} \cdot \left(1 - \frac{V_M}{2 \cdot (V_{II} + V_B + V_M)} \right) = p_{ПВ} \cdot \frac{V_M}{2 \cdot V}, \quad (11)$$

де $p_{ПВ}$ – початковий вакуумметричний тиск у вакуумній мережі, кПа;
 $p_{Вс}$ – сукупний вакуумметричний тиск у вакуумній мережі, кПа.

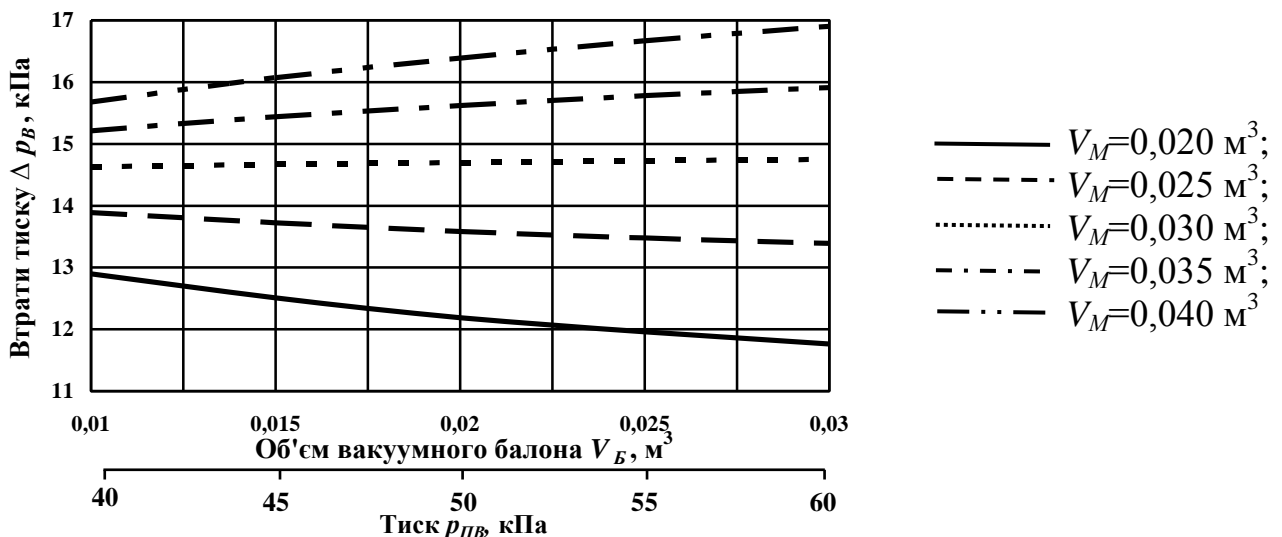


Рис. 8. Залежність втрати вакуумметричного тиску (Δp_B) у вакуумній мережі від об'єму вакуумного балона (V_B) за різних значень об'єму молокомісткості (V_M) та початкового вакуумметричного тиску ($p_{ПВ}$).

При об'ємі молокозбірника на рівні $V_M=0,030$ м³ (рис. 8) втрати тиску (Δp_B) не залежать від об'єму вакуумного балона (V_B) та рівня початкового вакуумметричного тиску ($p_{ПВ}$) вакуумної мережі. Характер графічних залежностей вище кривої $V_M=0,030$ м³ відмінний від кривих $V_M=0,020-0,025$ м³ (рис. 8) завдяки збільшеному на 33,3 % співвідношенню між парціальними тисками молокозбірника (V_M) та вакуумної мережі ($V_{ПВ}$) за умови початкового вакуумметричного тиску $p_{ПВ}=50$ кПа. Втрати вакуумметричного тиску (Δp_B) вищі у вакуумних системах із більшим об'ємом молокозбірної місткості (V_M) при аналогічних параметрах початкового вакуумметричного тиску ($p_{ПВ}$) та об'ємі вакуумного балона (рис. 8).

Об'єм вакуумного балона (V_B) при заданому значенні тривалості стабілізаційного періоду (t) залежно від об'єму молокозбірника (V_M) становить:

$$V_B = \frac{V_M^2 (1 - 2 \cdot k_v)}{4 \cdot t \cdot Q_S \cdot k_v} \cdot p_{ПВ} - V_{II} = \frac{V_M \left(1 - \frac{\Delta p_B \cdot V_M}{t \cdot Q_S} \right)}{2 \cdot \Delta p_B} \cdot p_{ПВ} - V_{II}, \quad (12)$$

де t – тривалість стабілізаційного періоду ($t=t_1+t_2$), с;

V_{II} – об'єм повітропровідної системи, м³;

k_v – коефіцієнт кратності співвідношення об'ємів $k_v = V_M / 2 \cdot V$.

Більший об'єм молокозбірника потребує більшого об'єму вакуумного балона незалежно від тривалості стабілізаційного періоду (t) та коефіцієнта k_v (рис. 9).

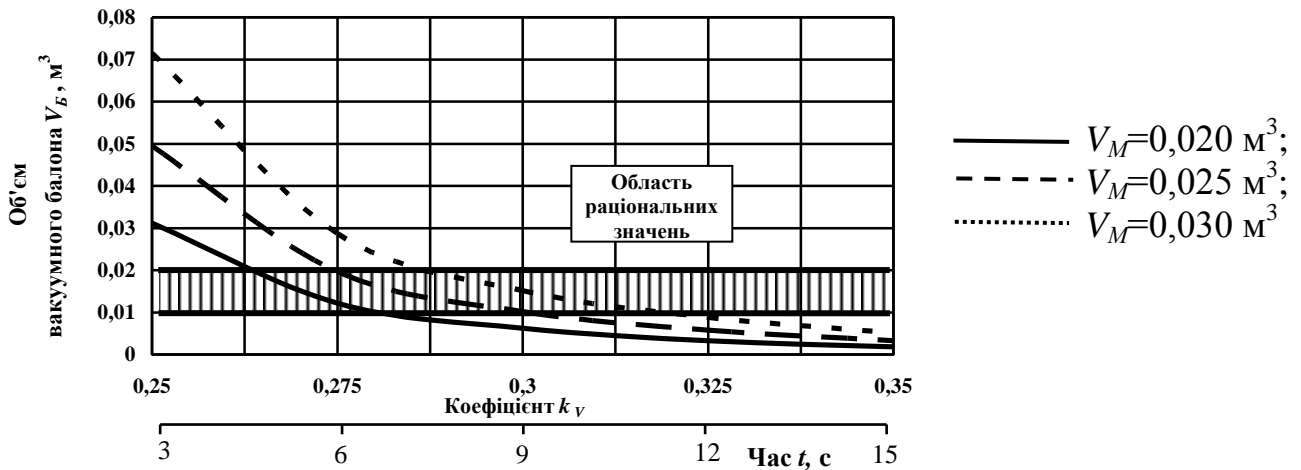


Рис. 9. Залежність об'єму вакуумного балона (V_B) від коефіцієнта кратності співвідношення об'ємів (k_v) та тривалості стабілізаційного періоду (t) при фіксованих об'ємах молокозбірника (V_M) та рівні вакуумметричного тиску $p_{ПВ}=47$ кПа.

Відповідно до області раціональних значень об'ємів вакуумного балона $V_B=0,010$ – $0,020$ м³ коефіцієнт кратності співвідношення об'ємів має бути обмежений $k_v=0,27$ – $0,320$ (рис. 9). За такого співвідношення об'ємів вакуумного балона (V_B) та молокозбірника (V_M) втрати тиску у вакуумній магістралі (Δp_B) будуть ліквідовані за 5–11 с. Збільшення тривалості стабілізаційного періоду (t) зумовлено вищими втратами вакуумметричного тиску ($\Delta p_B=31$ – 54 кПа) при незначних об'ємах вакуумного балона ($V_B=0,0018$ – $0,0052$ м³) (рис. 9). Характер графічних залежностей при іншому рівні вакуумметричного тиску ($p_{ПВ}$) залишається незмінним.

У третьому розділі «Програма та методика експериментальних досліджень» викладено програму та методику проведення досліджень, оброблення експериментальних даних, описано експериментальну установку.

Мета досліджень полягала у перевірці теоретичних передумов щодо впливу особливостей компоновки та параметрів елементів вакуумної системи мобільної доїльної установки на технологічні та енергетичні показники роботи.

Для проведення експериментів було розроблено дослідну установку (рис. 10), яка дозволяє по-різному поєднувати між собою елементи вакуум-провідної системи (рис. 11) з різними параметрами та характеристиками.

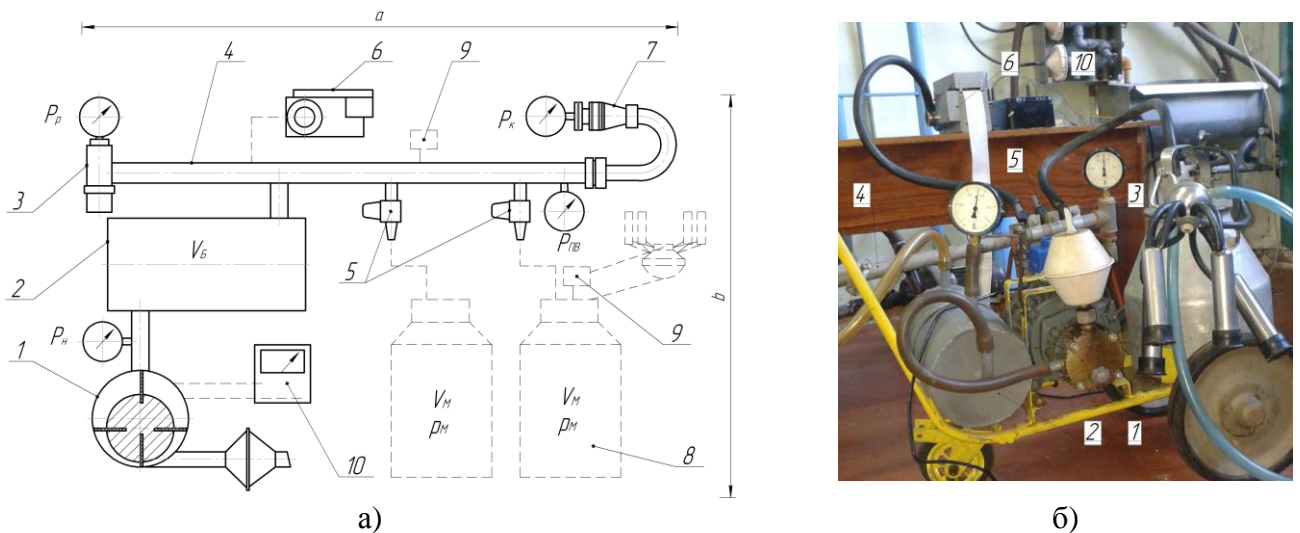


Рис. 10. Експериментальна установка: а – структурна схема; б – загальний вигляд; 1 – вакуумний насос; 2 – вакуумний балон; 3 – вакуумний регулятор; 4 – вакуум-провід; 5 – вакуумні крани; 6 – кімограф; 7 – прилад КИ-4840М; 8 – доїльне відро; 9 – пульсатор; 10 – ватметр.

Дослідження виконували у відповідності до ДСТУ ISO 6690:2004 та СОУ 74.3-37-273:2005. Програма досліджень передбачала визначення впливу параметрів структурних елементів вакуумної системи на стійкість режимних характеристик. При цьому було реалізовано трифакторний експеримент з планом Бокса-Бенкіна.

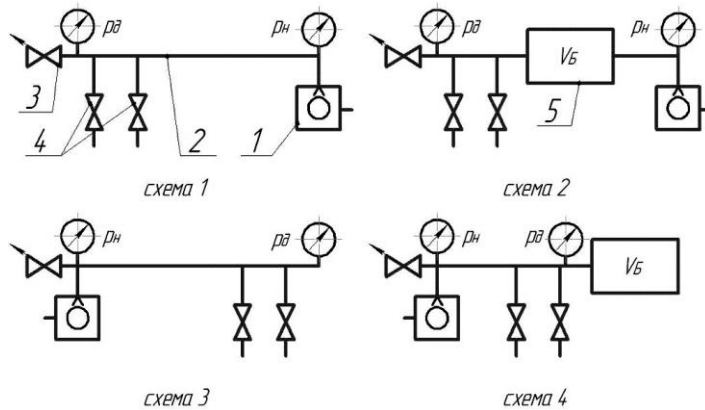


Рис. 11. Досліджувані варіанти компоновки елементів вакуумної системи: схема 1 – без вакуумного балона; схема 2 – з прохідним вакуумним балоном; схема 3 – з вакуумним регулятором на початку вакуум-проводу; схема 4 – з тупиковим розміщенням вакуумного балона; 1 – вакуумний насос; 2 – вакуум-провід (вакуумна магістраль); 3 – вакуумний регулятор; 4 – вакуумні крани доїльних апаратів; 5 – вакуумний балон.

На продуктивність вакуумного насоса ($Q_{V_n} = p_n^{-1} \cdot U_{\Sigma} (p_0 - p_n)$) суттєвий вплив чинить сукупна провідність вакуумної системи (U_{Σ}), яка визначається опором її конструктивних елементів. Тому, за різних схем компоновки елементів (рис. 11) мобільної доїльної установки отримали різні значення втрат тиску. Величина

падіння тиску за умови стаціонарного потоку ($\Delta p_{1нд}$) та стабільної роботи пульсатора доїльного апарата ($\Delta p_{2нд}$), становить:

$$\begin{aligned}\Delta p_{1нд} &= p_{1н} - p_{1д}; \\ \Delta p_{2нд} &= p_{2н} - p_{2д},\end{aligned}\quad (13)$$

де $p_{1н}$, $p_{2н}$ – вакуумметричний тиск в перерізі вакуумного насоса при стаціонарному процесі функціонування вакуумної мережі та при стабільній роботі пульсатора доїльного апарата, за показами вакуумметра p_n (рис. 11), кПа;

$p_{1д}$, $p_{2д}$ – вакуумметричний тиск в кінцевому перерізі вакуум-проводу при стаціонарному процесі функціонування вакуумної мережі та при стабільній роботі пульсатора доїльного апарата, за показами вакуумметра p_d (рис. 11), кПа.

Досліди проводилися з трикратною повторюваністю щодо кожної компоновочної схеми вакуумної мережі та початкового вакуумметричного тиску вакуум-проводу на рівні 47, 50 та 53 кПа. Результати вимірювань вносили у електронну базу даних з подальшою електронною обробкою.

У четвертому розділі «Аналіз та узагальнення результатів експериментальних досліджень» наведено результати експериментальних досліджень впливу параметрів конструктивних елементів та компоновочних схем на стабільність режимних характеристик мобільної доїльної установки.

За результатами експериментальних досліджень отримано залежності (рис. 12) сукупного (спільного для всіх елементів системи) вакуумметричного тиску ($p_{Вс}$) від об'єму вакуумного балона (V_B) та об'єму молокозбірної місткості (V_M). У випадку встановлення (вакуумним регулятором) початкового тиску вакуумної мережі на рівні $p_{ПВ}=47$ кПа отримано рівняння регресії:

$$p_{Вс} = 24,86 + 1700,67 \cdot V_B - 280,5 \cdot V_M - 38033,33 \cdot V_B^2 - 4700 \cdot V_M \cdot V_B + 3250 \cdot V_M^2. \quad (14)$$

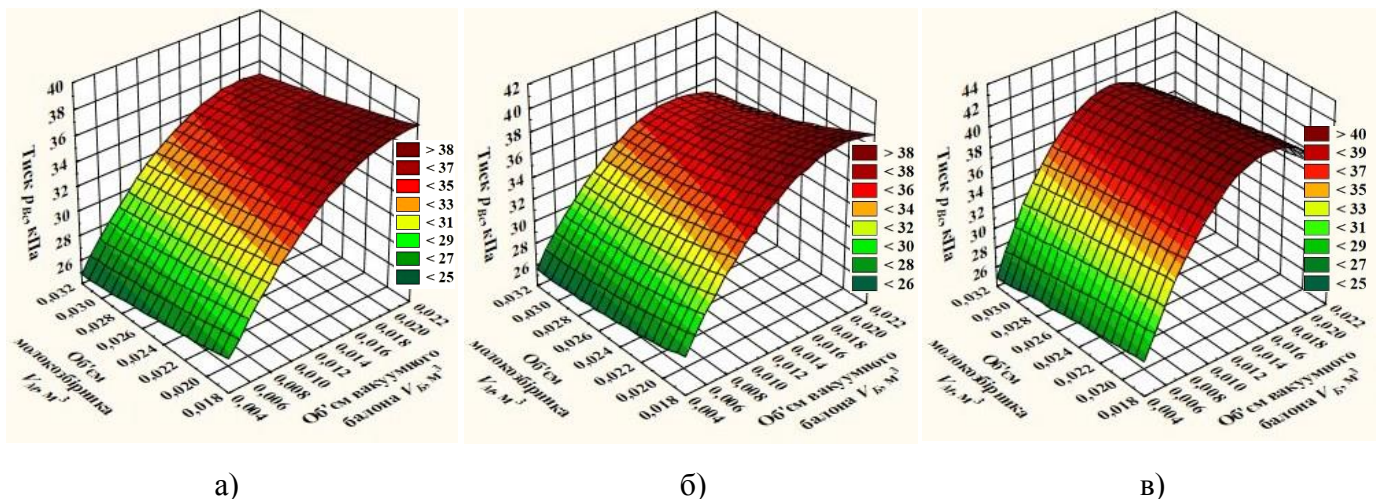


Рис. 12. Залежність сукупного вакуумметричного тиску ($p_{Вс}$) від об'єму вакуумного балона (V_B) та об'єму молочної місткості (V_M) при початковому тиску вакуумної мережі: а – $p_{ПВ}=47$ кПа; б – $p_{ПВ}=50$ кПа; в – $p_{ПВ}=53$ кПа.

Об'єм вакуумного балона (рис. 12) у межах від 0,012 до 0,020 м³ забезпечує на 26–31 % вищий рівень сукупного вакуумметричного тиску ($p_{Вс}$) при об'ємі молокозбірної місткості (V_M) у межах від 0,020 до 0,030 м³. На наявність

взаємозв'язку між елементами вакуумної системи (V_B , V_M) та сукупним тиском (p_{BC}) вказує коефіцієнт детермінації $R^2=0,949$ для рівняння (14).

Порівняння експериментальної та теоретичної кривих впливу об'ємів елементів вакуумної системи на сукупний вакуум відображено на рис. 13.

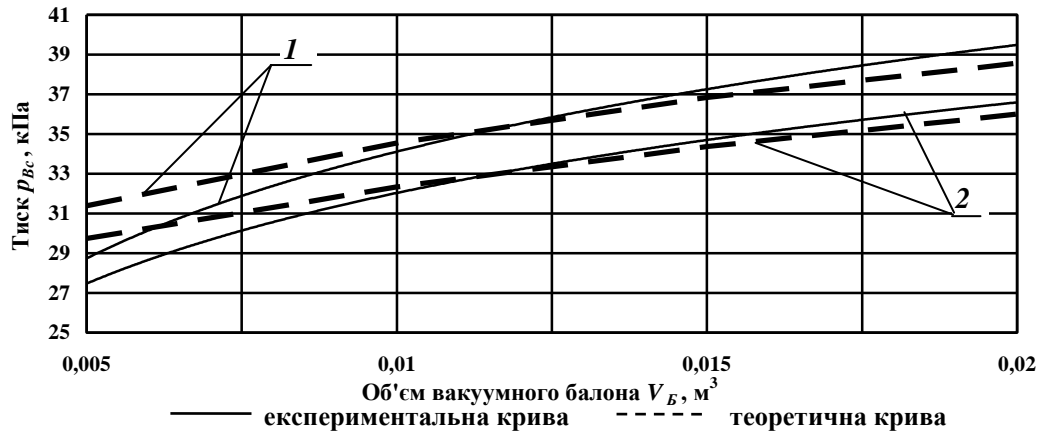
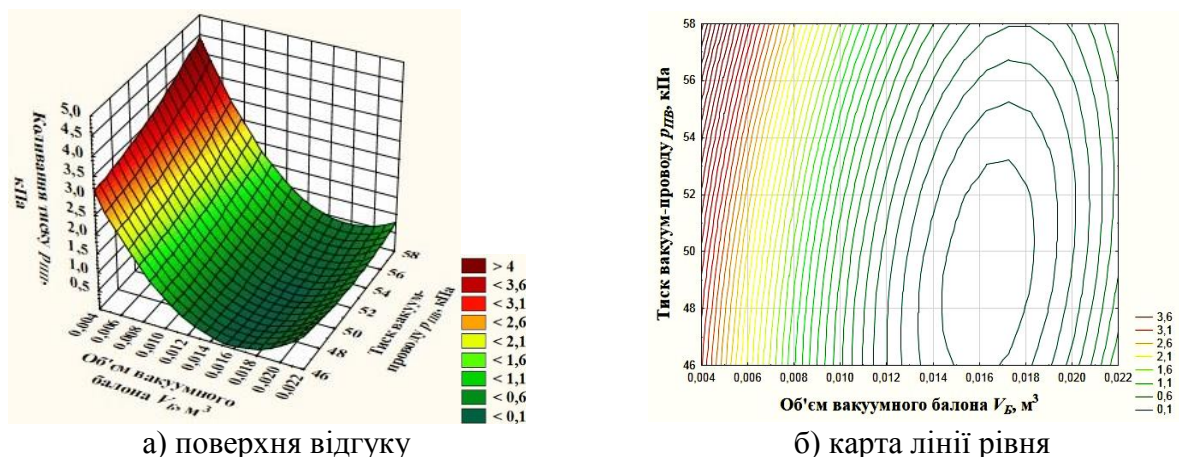


Рис. 13. Вплив об'єму вакуумного балона (V_B) на сукупний вакуумметричний тиск (p_{BC}) при об'ємі молокозбірника: 1 – $V_M=0,020$ м³; 2 – $V_M=0,030$ м³.

З графіка (рис. 13) видно, що дослідна та теоретична криві мають однаковий характер, рівень наближення оцінений індексом детермінації $\eta^2=0,91$. Незначне відхилення (9,9–10,8 %), за умови мінімального об'єму вакуумної мережі, можна пояснити відсутністю у теоретичних залежностях (розділ 2) змінних, які враховують особливості геометричних параметрів повітропровідної системи та її структуру.

За результатами дослідження встановили залежність (рис. 14) впливу об'єму вакуумного балона (V_B) на коливання у вакуум-проводі вакуумметричного тиску (p_{III}) під час роботи пульсатора доїльного апарата, отримано рівняння регресії:

$$p_{III} = 14,01 - 382,43 \cdot V_B - 0,44 \cdot p_{IIB} + 21500 \cdot V_B^2 - 6,53 \cdot p_{IIB} \cdot V_B + 0,0056 \cdot p_{IIB}^2. \quad (15)$$



а) поверхня відклику

б) карта лінії рівня

Рис. 14. Вплив об'єму вакуумного балона (V_B) та вакуумметричного тиску (p_{IIB}) на амплітуду коливання тиску (p_{III}) у вакуумній мережі за умови $V_M=0,020$ м³.

Аналіз поверхні відклику (рис. 14, а) свідчить, що в діапазоні об'ємів вакуумного балона $V_B=0,014-0,018$ м³ за робочого тиску у вакуум-проводі

$p_{ПВ}=47-53$ кПа коливання вакууму майже відсутні ($p_{III}=0,21-0,27$ кПа). Це підвищує стійкість роботи пульсатора доїльного апарата (д. а.) на 92,6–93,2 %.

Проведено дослідження впливу компоновочних схем (див. рис. 11) на втрати вакуумметричного тиску (Δp_k) у вакуумній мережі (рис. 15), які становлять:

$$\Delta p_k = \Delta p_{1нд} - \Delta p_{2нд}. \quad (16)$$

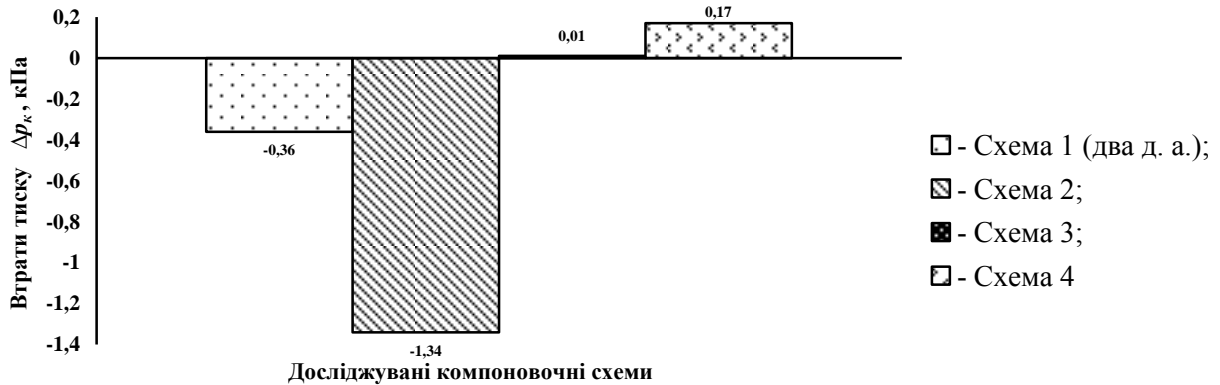


Рис. 15. Діаграма зміни вакуумметричного тиску (Δp_k) за різних компоновочних схем вакуумної мережі мобільної доїльної установки.

Відсутність втрат тиску Δp_k (для схеми 1 з одним доїльним апаратом, рис. 11) свідчить про однакову ефективність вакуумної мережі при розглянутих режимах роботи. Від'ємне значення величини втрат тиску Δp_k (рис. 15) вказує на недостатню конструкційну ефективність компоновочної схеми вакуумної мережі.

Для детального аналізу конструктивних особливостей компоновочних схем мобільних доїльних установок (рис. 16), використали коефіцієнт конструкційної ефективності (k_k) вакуумної мережі:

$$k_k = \frac{\Delta p_{1нд}}{\Delta p_{2нд}} = \frac{Q_{Vn1} \cdot p_{1н} \cdot U_{\Sigma 2}}{U_{\Sigma 1} \cdot Q_{Vn2} \cdot p_{2н}} = \frac{U_{\Sigma 2}}{U_{\Sigma 1}}, \quad (17)$$

де Q_{Vn1} – об'ємна витрата повітря вакуумним насосом при тиску $p_{1н}$, м³/с;

Q_{Vn2} – об'ємна витрата повітря вакуумним насосом при тиску $p_{2н}$, м³/с.

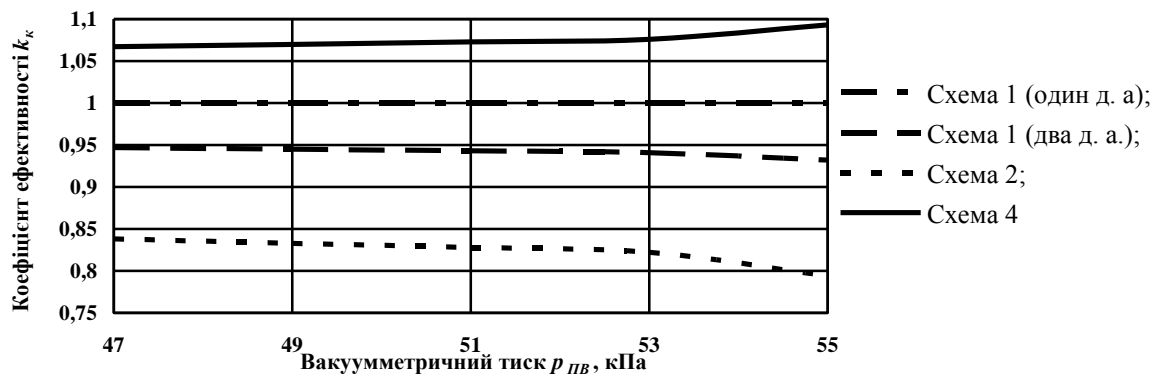


Рис. 16. Вплив компоновочних схем мобільної доїльної установки на коефіцієнт конструкційної ефективності (k_k).

Найбільш ефективною (рис. 16) щодо зниження втрат тиску (Δp_k) у вакуумній мережі в режимі стабільної роботи пульсатора доїльного апарата є схема із тупиковим розміщенням вакуумного балона (схема 4, див. рис. 11), для якої коефіцієнт конструкційної ефективності $k_k=1,067-1,076$ при тиску у вакуумній мережі $p_{ПВ}=47-53$ кПа. Для схеми 1 та схеми 2 (рис. 11) початковий вакуумметричний тиск ($p_{ПВ}$) необхідно дещо збільшувати із зростанням об'єму вакуумної системи, порівняно зі схемами 3 та 4 (рис. 11), у яких спостерігається зворотня залежність, при цьому номінальний (регульований) рівень вакуумметричного тиску на 5–6 кПа нижчий.

У п'ятому розділі «**Виробнича перевірка та економічна ефективність**» наведено результати виробничих випробовувань мобільної доїльної установки із досліджуваними конструктивними схемами (схема 2 та схема 4, рис. 11) поєднання елементів вакуумної системи (рис. 17).

Перевірка вказала на зростання показників якості виконання технологічних операцій за рахунок вищої стабільності режимних характеристик мобільної доїльної установки.

Виробнича апробація виконувалася у сільськогосподарському підприємстві СТОВ «Юрківщина» (с. Ярунь, Новоград-Волинський район, Житомирська область) з результатом 878,42 грн з розрахунку на одну корову в рік. За рахунок використання запропонованої компоновочної схеми мобільної доїльної установки покращилася стійкість вакуумметричного тиску, зросла повнота видоювання на 2,5 % за рахунок збільшення інтенсивності молоковіддачі та знизилася на 2,43 % витрати енергії з розрахунку на одиницю отриманої продукції.

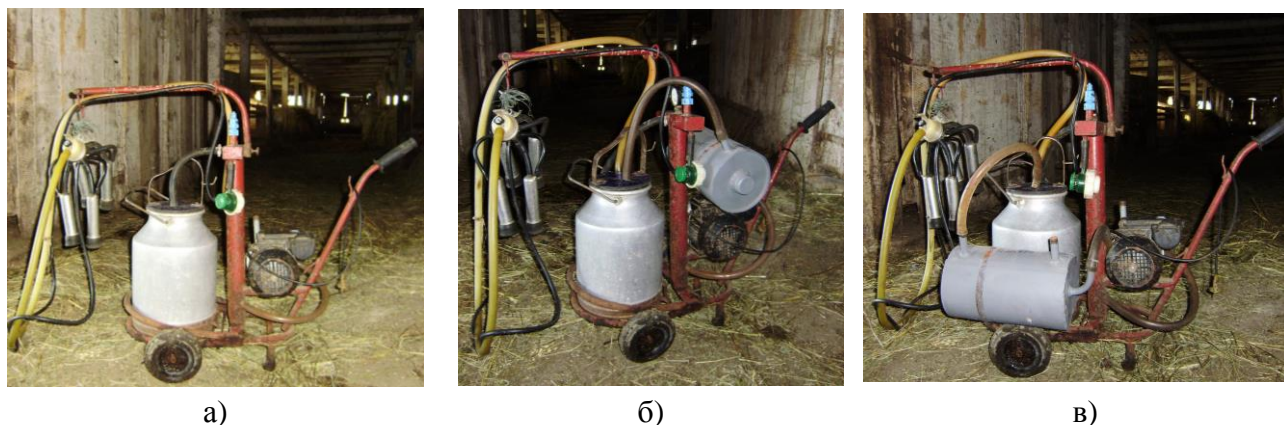


Рис. 17. Мобільні доїльні установки, використані при виробничих випробовуваннях: а – базовий варіант (серійна установка «Берізка-1»); б – варіант із прохідною схемою розміщення вакуумного балона; в – варіант із тупиковою схемою розміщення вакуумного балона.

Дослідне впровадження було виконане у навчальній лабораторії тваринництва Житомирського національного агроекологічного університету. За рахунок використання мобільної доїльної установки, порівняно із наявною системою доїння у переносні бідони, отримали економічний ефект у розмірі 1265,33 грн/гол. в рік.

ВИСНОВКИ

1. Аналіз стану виробництва молока в Україні та порівняльна оцінка існуючих засобів машинного доїння корів показали актуальність досліджень та удосконалення мобільних доїльних установок.

2. Встановлено, що збільшений об'єм вакуумного балона ($V_B=0,012-0,020 \text{ м}^3$) забезпечує вищий на 26–31 % рівень сукупного вакуумметричного тиску у вакуумній мережі при об'ємі молокозбірної місткості у межах $V_M=0,020-0,030 \text{ м}^3$. Такі конструктивні параметри забезпечують зниження на 48 % втрат вакуумметричного тиску ($\Delta p_B=11-16 \text{ кПа}$), порівняно із системами, у яких відсутній вакуумний балон або його об'єм мінімальний.

3. В діапазоні об'ємів вакуумного балона $V_B=0,014-0,018 \text{ м}^3$ коливання вакууму майже відсутні (амплітуда зміни тиску $p_{III}=0,21-0,27 \text{ кПа}$) в межах робочого вакуумметричного тиску у вакуумній мережі $p_{IV}=46-53 \text{ кПа}$. При цьому стійкість роботи пульсатора доїльного апарата зростає на 92,6–93,2 %. До величини вакуумного балона $V_B=0,010 \text{ м}^3$ інтенсивність стабілізації тиску становить 73,9 %, а на проміжку $V_B=0,010-0,015 \text{ м}^3$ знижується до 28,6 %. Об'єм вакуумного балона більший за $V_B=0,020 \text{ м}^3$ не має суттєвого впливу на зниження амплітуди коливання вакуумметричного тиску у вакуумній мережі. Експериментально отримано рівняння регресії яке пов'язує амплітуду зміни тиску (p_{III}) з об'ємом структурних елементів вакуумної системи (V_B , V_M) та вакуумметричним тиском вакуум-проводу. Оцінка точності результатів експерименту виконувалась за t -критерієм Стюдента, значення коефіцієнта детермінації склало $R^2=0,953$.

4. Експериментально встановлено, що за умови $p_{IV}=46-48 \text{ кПа}$ знижується на 11,5–20,8 % тривалість рівноважного періоду (t_1), величина якого стабілізується протягом 2,43–2,74 с, при об'ємі вакуумного балона у межах $V_B=0,012-0,020 \text{ м}^3$ незалежно від об'єму молокозбірника (V_M). Ступінь впливу об'єму молокозбірника (V_M) у збільшенні тривалості стабілізаційного періоду на 11,1–43,7 % вищий ніж об'єму вакуумного балона (V_B) – 3,6–17,8 %. Тривалість стабілізаційного періоду (t_2) зменшується на 15,8 % при зниженні вакуумметричному тиску до рівня $p_{IV}=46-48 \text{ кПа}$. За умови збільшення коефіцієнта кратності співвідношення об'ємів (k_v), у вказаних межах тисків, спостерігається незначне зростання (до 7,02 %) тривалості стабілізаційного періоду, що не має суттєвого впливу на вибір об'єму молокозбірної місткості (V_M) при $k_v=0,27-0,32$.

5. Отримано математичну модель, яка характеризує взаємозв'язок геометричних параметрів елементів вакуумної системи із динамікою зміни тиску залежно від заданих технологічних умов. Розроблена модель свідчить, що зі збільшенням об'єму вакуумного балона зростає постійна часу вакуумної мережі через зниження у 1,1–1,2 раза об'ємної витрати повітря вакуум-провідною системою в результаті зменшення рушійної різниці тисків з одночасним збільшенням у 1,2–1,5 раза об'єму, який займає надлишкове повітря за незмінної величини початкового тиску вакуумної мережі та об'єму молокозбірника.

6. Отримано рівняння встановлення об'єму вакуумного балона (V_B) при заданому значенні тривалості стабілізаційного періоду (t), коефіцієнта кратності співвідношення об'ємів (k_v), втрат вакуумметричного тиску (Δp_B) та об'ємного потоку повітря у вакуумній мережі (Q_S) незалежно від об'єму молокозбірника (V_M).

7. Різна компоновка елементів доїльної установки вимагає встановлення відповідних номінальних величин вакуумметричного тиску для забезпечення заданих параметрів роботи доїльних апаратів. Так, схема із тупиковим розміщенням вакуумного балона потребує на 5–6 кПа нижчого рівня вакуумметричного тиску у вакуумній мережі, порівняно із схемою із прохідним вакуумним балоном. У такому варіанті коефіцієнт конструкційної ефективності найвищий – $k_k=1,067-1,076$, за рахунок збільшення провідності вакуум-провідної мережі. Для схем у яких вакуумний балон замінено вакуум-проводом збільшеного діаметра вищий коефіцієнт конструкційної ефективності можна забезпечити шляхом встановлення вакуумного регулятора поблизу всмоктувального патрубку вакуумного насоса.

8. Розроблена раціональна структурно-компоновочна схема мобільної доїльної установки, порівняно із серійною, забезпечує: зменшення на 2,35 % тривалості доїння за рахунок інтенсивнішої молоковіддачі; зростання річного надою молока на 2,5 % в результаті повнішого видоювання. Затрати праці знижуються на 0,35 люд×год/ц, а витрати електроенергії – на 0,21 кВт×год/ц. Річний економічний ефект становить 878,42 грн з розрахунку на одну корову фермерського господарства СТОВ «Юрківщина» та 1265,33 грн/гол. в умовах навчальної лабораторії тваринництва Житомирського національного агроекологічного університету.

ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

За проведеними дослідженнями та виробничими випробуваннями встановлено доцільність використання мобільної доїльної установки з раціональною конструктивно-функціональною компоновочною схемою вакуумної системи, що дає змогу підвищити ефективність машинного доїння корів та якості отриманого молока у особистих селянських та невеликих фермерських господарствах за рахунок забезпечення стабільних режимно-технологічних характеристик роботи виконавчих механізмів. Розробленні технічні та технологічні пропозиції зниження на 6,7-7,6 % енергоємності машинного доїння корів та підвищення на 93 % стійкості роботи пульсатора доїльного апарата шляхом встановлення раціонального співвідношення між об'ємами елементів вакуумної системи мобільної доїльної установки.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у наукових фахових виданнях України:

1. Ревенко І. І. Методологічні підходи до оцінки перспективності доїльної установки як об'єкту удосконалення / І. І. Ревенко, Г. П. Водяницький, **О. В. Медведський** // Механізація сільського господарства. – 2000. – Т. VIII. – С. 22–26. (Здобувач розробив алгоритм оцінки засобів машинного доїння корів).

2. Ревенко І. І. Системний підхід до обґрунтування варіанту доїння корів на малих фермах / І. І. Ревенко, Г. П. Водяницький, **О. В. Медведський** // Механізація сільського господарства. - 2000. – Т. IX. - С. 131–135. (Здобувач обґрунтував підходи до вибору оптимального варіанту доїння корів).

3. Водяницький Г. П. Обґрунтування вибору об'єкту дослідження та удосконалення / Г. П. Водяницький, **О. В. Медведський** // Вісник Державної агроекологічної академії України. – 2000. – № 2. – С. 319–323. (Здобувач

проаналізував конструктивні особливості варіантів доїння корів щодо умов застосування).

4. Коновалов О. В. Дослідження автоматичної системи регулювання вакуумметричного тиску доїльних установок / О. В. Коновалов, **О. В. Медведський**, В. В. Шапіренко // Вісник Житомирського національного агроекологічного університету. – 2010. – № 2 (27) – С. 172–177. *(Здобувач запропонував схему безступінчастої зміни продуктивності вакуумного насоса).*

5. Ревенко І. І. Перспективи механізації доїння корів на малих фермах / І. І. Ревенко, **О. В. Медведський** // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокристування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – 2010. – Вип. 144. – Ч. 4. – С. 82–87. *(Здобувач оцінив за питомими показниками серійні мобільні доїльні установки).*

6. Медведський О. В. Оцінка ефективності засобів механізації доїння корів в умовах дрібнотоварного виробництва / **О. В. Медведський**, С. М. Кухарець // Вісник Житомирського національного агроекологічного університету. – 2011. – Т. 1. – № 2 (29). – С. 203–209. *(Здобувач виконав порівняльний аналіз серійних доїльних установок).*

7. Ревенко І. І. Оцінка стабільності технологічних характеристик вакуумної системи мобільної доїльної установки / І. І. Ревенко, **О. В. Медведський** // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокристування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – 2012. – Вип. 170. – Ч. 1. – С. 39–46. *(Здобувач оцінив вплив параметрів вакуумної системи на стабільність тиску у вакуум-проводі).*

8. Водяницький Г. П. Підвищення ефективності біотехсистем шляхом ресурсозбереження / Г. П. Водяницький, **О. В. Медведський**, М. А. Горкуша // Вісник Житомирського національного агроекологічного університету. – 2012. – Т. 1. – № 2. – С. 179–186. *(Здобувач оцінив способи зниження енергоємності машинного доїння).*

9. Медведський О. В. Обґрунтування режимних характеристик пластинчасто-роторного вакуумного насоса двосторонньої дії / **О. В. Медведський**, С. В. Бушма, С. М. Кухарець, О. В. Коновалов // Вісник Житомирського національного агроекологічного університету. – 2014. – Т. 1. – № 1 (39). – С. 197–203. *(Здобувач виконав оцінку вакуумних насосів доїльних установок та запропонував шляхи удосконалення конструкції пластинчасто-роторного насоса).*

10. Кухарець С. М. Вплив конструктивно-технологічних параметрів складових вакуумної системи на стабільність режимних характеристик мобільної доїльної установки / С. М. Кухарець, О. Ю. Романишин, **О. В. Медведський** // Вісник Житомирського національного агроекологічного університету. – 2014. – Т. 4. – № 2 (45), Ч. 1. – С. 290–298. *(Здобувач виконав моделювання процесу зміни тиску у молокозбірнику).*

*Стаття у науковому фаховому виданні України,
включеного до міжнародної наукометричної бази даних:*

11. Медведський О. В. Динаміка зміни тиску в об'ємах конструктивних елементів вакуумної системи мобільної доїльної установки / О. В. Медведський //

Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – 2015. – Вип. 212. – Ч. 2. – С. 161–167.

Статті у інших виданнях:

12. Ревенко І. І. Вплив компоновочної схеми та параметрів на стабільність режимів індивідуальних доїльних установок / І. І. Ревенко, **О. В. Медведський** // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. – 2005. – Вип. 42. – С. 210–214. (Здобувач проаналізував вплив компоновочної схеми вакуумної системи на втрати тиску).

13. Ревенко І. І. Засоби механізації доїння корів / І. І. Ревенко, **О. В. Медведський** // Пропозиція. – 2011. – № 1. – С. 106–108. (Здобувач оцінив мобільні доїльні установки за експлуатаційними показниками).

14. Бурлака В. Оптимізація структури та параметрів доїльної установки як системи масового обслуговування / В. Бурлака, **О. В. Медведський**, Г. Водяницький // Тваринництво України. – 2015. – № 4. – С. 2–5. (Здобувач встановив особливості використання різнотипних доїльних установок).

Патенти на винаходи:

15. Патент на корисну модель 28967 Україна, А01J 5/04. Установа для доїння корів / І. І. Ревенко, **О. В. Медведський** ; заявник і патентовласник Нац. аграрний ун-т. – № 200710091 ; заявл. 10.09.2007; дата публікації 25.12.2007, Бюл. № 21. (Здобувач здійснив патентний пошук та запропонував схему вакуумної системи мобільної доїльної установки).

16. Пат. 95214 Україна, А01J 5/08. Доїльний стакан / І. Г. Грабар, **О. В. Медведський**, О. В. Коновалов, С. В. Бушма. ; заявник і патентовласник Житомир. нац. агрокол. ун-т. – № 201013823 ; заявл. 22.11.2010; дата публікації 11.07.2011, Бюл. № 13. (Здобувач здійснив патентний пошук та запропонував схему доїльного стакана).

17. Пат. 99577 Україна, А01J 7/00. Регулятор вакууму доїльного агрегату / І. Г. Грабар, **О. В. Медведський**, О. В. Коновалов, С. В. Бушма. ; заявник і патентовласник Житомир. нац. агрокол. ун-т. – № 201114704 ; заявл. 12.12.2011; дата публікації 27.08.2012, Бюл. № 16. (Здобувач запропонував конструкцію вакуумного регулятора).

18. Пат. 106313 Україна, F04C 2/344, F04C 11/00. Вакуумний пластинчато-роторний насос / **О. В. Медведський**, О. В. Коновалов, С. В. Бушма, О. Д. Муляр ; заявник і патентовласник Житомир. нац. агрокол. ун-т. – № 201306021 ; заявл. 15.05.2013; дата публікації 11.08.2014, Бюл. № 15. (Здобувач здійснив патентний пошук).

Матеріали і тези наукових доповідей:

19. Водяницький Г. П. Оцінка доїльних систем молочно-товарних ферм / Г. П. Водяницький, **О. В. Медведський** // Вісник Державної агроекологічної академії України. – 2000. – № 1. – С. 233–235. (Здобувач запропонував основні підходи щодо оцінки варіантів доїння корів).

20. Ревенко І. І. До стабілізації вакуумного режимів роботи індивідуальних

доїльних агрегатів / І. І. Ревенко, **О. В. Медведський** // Матеріали XII Міжнародного симпозіуму з питань машинного доїння корів / – (11–14 травня 2004). – Глеваха: ННЦ „ІМЕСГ”, 2005. – С. 147–151. (*Здобувач оцінив вплив параметрів вакуумної системи на стабільність тиску у вакуум-проводі*).

21. Ревенко І. І. Вплив конструктивних параметрів та компоновочних схем на стабільність режимних характеристик індивідуальних доїльних установок / І. І. Ревенко, **О. В. Медведський** // Науковий вісник Національного аграрного університету. – 2006. – Вип. 95. – С. 261–265. (*Здобувач проаналізував сукупний вплив параметрів та компоновочної схеми вакуумної системи на втрати тиску*).

22. Медведський О. В. Визначення технологічних параметрів вакуумної системи мобільної доїльної установки / О. В. Медведський // Збірник наукових праць Подільського державного аграрно-технічного університету. – 2012. – Спец. вип. «Сучасні проблеми збалансованого природокористування»: наук.-практ. конф. – С. 178–181.

23. Медведський О. В. Встановлення техніко-технологічних параметрів вакуумної системи мобільної доїльної установки / О. В. Медведський // Збірник наукових праць Подільського державного аграрно-технічного університету. – 2014. – Спец. вип. «Сучасні проблеми збалансованого природокористування»: наук.-практ. конф. – С. 165–168.

АНОТАЦІЯ

Медведський О. В. Інтенсифікація процесу та удосконалення засобів доїння корів в умовах фермерського виробництва. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.05.11 – машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва. – Національний університет біоресурсів і природокористування України, Київ, 2016.

Дисертація присвячена підвищенню технологічної та енергетичної ефективності мобільної доїльної установки шляхом забезпечення стабільності режимних характеристик вакуумної системи.

На основі аналізу технічних засобів машинного доїння корів як найбільш доцільні для особистих селянських та невеликих фермерських господарств виділені мобільні доїльні установки. Доведено вплив параметрів елементів вакуумної системи на рівень та стабільність вакуумметричного тиску у вакуум-проводі мобільної доїльної установки. Встановлено, що перспективним напрямом підвищення ефективності машинного доїння корів є наукове обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів, компоновочних схем та режимів роботи мобільних доїльних установок.

Отримано теоретичні залежності динаміки зміни тиску в елементах вакуумної системи, які визначають раціональне співвідношення об'ємів вакуумного балона і молокозбірної місткості за умови стабільних режимних характеристик мобільної доїльної установки.

Удосконалено методику визначення провідності структурних елементів вакуум-провідної мережі, що дозволяє встановити їх конструктивні параметри при мінімальних втратах тиску.

Обґрунтовано раціональну конструктивно-функціональну схему мобільної доїльної установки з вищим на 6,7–7,6 % коефіцієнтом ефективності функціонування її вакуумної системи при дотриманні заданих технологічних умов (рівень та стійкість вакуумметричного тиску).

Ключові слова: мобільна доїльна установка, машинне доїння, вакуумний балон, вакуумметричний тиск, молокозбірна місткість, вакуум-провід, компоновочна схема, вакуумна система.

АННОТАЦИЯ

Медведский А. В. Интенсификация процесса и совершенствование средств доения коров в условиях фермерского производства. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.05.11 – машины и средства механизации сельскохозяйственного производства. – Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, Киев, 2016.

Диссертация посвящена повышению технологической и энергетической эффективности мобильной доильной установки путем обеспечения стабильности режимных характеристик вакуумной системы.

На современном этапе развития молочного животноводства Украины основную часть цельного молока получают в личных крестьянских и небольших фермерских хозяйствах, которым присуще ручное доение и, как следствие, низкое качество полученного молока по показателям чистоты и бактериальной загрязненности (в 1,4 раза выше, чем в молоке от сельскохозяйственных товаропроизводителей).

Недостатком ручного доения является низкая производительность труда и большая трудоемкость выполняемых операций. Выходом является механизация технологического процесса – машинное доение коров.

Сравнительная оценка известных доильных систем показывает, что, при условии одинакового количества одновременных короводоений, мобильные доильные установки имеют идентичную (с системой доения в молокопровод) производительность труда оператора (при наличии двух доильных аппаратов), меньшие затраты труда и наименьшую удельную энерго- и металлоемкость, поэтому, являются наиболее привлекательными для обслуживания дойного стада коров личных крестьянских и небольших фермерских хозяйств (поголовьем до 32 коров).

Доказано влияние параметров элементов вакуумной системы на уровень и стабильность вакуумметрического давления в вакуум-проводе мобильных доильных установок. Установлено, что перспективным направлением повышения эффективности машинного доения коров является научное обоснование конструктивно-технологических параметров, компоновочных схем и режимов работы мобильных доильных установок.

Цель работы заключается в повышении технологической и энергетической эффективности мобильных доильных установок путем обеспечения стабильной работы исполнительных механизмов вакуумной системы.

Объектом исследования являются мобильные доильные установки, технологические параметры их работы (в условиях личных крестьянских и небольших фермерских хозяйств).

Увеличенный объем вакуумного баллона ($V_B=0,012-0,020 \text{ м}^3$) обеспечивает выше на 28 % уровень совокупного вакуумметрического давления в вакуумной сети при объеме молокоборника в пределах $V_M=0,020-0,030 \text{ м}^3$. Такие конструктивные параметры обеспечивают снижение на 48 % потерь вакуумметрического давления ($\Delta p_B=11-16 \text{ кПа}$), по сравнению с системами в которых отсутствует вакуумный баллон, или его объем минимален. Объем вакуумного баллона больше $V_B=0,020 \text{ м}^3$ не имеет существенного влияния на снижение амплитуды колебания вакуумметрического давления.

Получена математическая модель, характеризующая взаимосвязь между геометрическими параметрами элементов вакуумной системы с динамикой изменения давления в зависимости от заданных технологических условий. Разработанная модель показывает, что с увеличением объема вакуумного баллона растет постоянная времени вакуумной сети из-за снижения в 1,1–1,2 раза объемного расхода воздуха вакуум-проводной системой вследствие уменьшения движущей разницы давлений с одновременным увеличением в 1,2–1,5 раза объема, который занимает избыточный воздух при неизменной величине начального давления вакуумной сети и объема молокоборника.

Усовершенствована методика определения проводимости структурных элементов вакуум-проводной сети, это позволяет установить ее конструктивные параметры при минимальных потерях давления.

Получены уравнения регрессии влияния объемов вакуумного баллона и объема молокоборника на совокупное вакуумметрическое давление, потери давления, амплитуды колебания давления и продолжительности стабилизационного периода при установке различного начального давления в вакуум-проводе.

Обоснована рациональная конструктивно-функциональная схема мобильной доильной установки с большим на 6,7–7,6 % коэффициентом эффективности функционирования ее вакуумной системы при соблюдении заданных технологических условий (уровень и устойчивость вакуумметрического давления).

Предложенная рациональная структурно-компоновочная схема мобильной доильной установки обеспечивает уменьшение на 2,35 % продолжительности доения в расчете на единицу полученной продукции за счет более интенсивной молокоотдачи. Годовой надой молока поднялся на 2,5 % по сравнению с серийной мобильной доильной установкой, за счет увеличения полноты доения. Уровень затрат труда снизился на 0,35 чел×ч/ц, а расход электроэнергии – на 0,21 кВт×ч/ц, что позволило снизить эксплуатационно-производственные расходы на 816,72 грн. Годовой экономический эффект в размере 7027,36 грн на все поголовье дойных коров хозяйства СООО «Юрковщина» подтверждает позитивность примененных конструктивных изменений вакуумной системы мобильной доильной установки.

Ключевые слова: мобильная доильная установка, машинное доение, вакуумный баллон, вакуумметрическое давление, молокоборник, вакуум-провод, компоновочная схема, вакуумная система.

ANNOTATION

Medvedsky O. V. The process of intensification and improvement the means of milking cows at farm production. – Manuscript.

The thesis for the degree of candidate of technical sciences, specialty 05.05.11 – Machines and means of mechanization of agricultural production. – National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, 2016.

The thesis is devoted to improving technology and energy efficiency of mobile milking machine by providing operational stability characteristics of the vacuum system.

On base of analysis the means of machine milking of cows as the most appropriate for personal peasant and small farmers, dedicated portable milking machines. The influence of parameters of the vacuum system on level and stability of vacuum pressure in vacuum-line mobile milking machines was proved. It has been established that the perspective direction of improving the efficiency of machine milking of cows is scientific argumentation of design and technological parameters of assembly schemes and modes of mobile milking machines.

It has been obtained the theoretical dependences of the dynamics of change of pressure in vacuum system elements that define sustainable value the volume of vacuum tank and milk collector volume because of stable operational characteristics of mobile milking machines.

It was improved the method for determination the conductivity of structural elements of vacuum-lined network, allowing them to establish their design parameters with minimal pressure losses.

It was grounded the rational structural and functional scheme of mobile milking machines with higher 6.7–7.6 % of efficiency of the vacuum system, keep to the specified process conditions (level and stability of vacuum pressure).

Key words: mobile milking machine, machine milking of cows, vacuum tank, vacuum pressure, milk collector volume, vacuum line, assembly schemes, vacuum system.

Підписано до друку 28.01.16
Ум. друк. арк. 0,9
Наклад 100 прим.

Формат 60x84\16
Обл.-вид.арк. 0,9
Зам. № 8274

Віддруковано у редакційно-видавничому відділі НУБіП України
вул. Героїв оборони, 15, Київ, 03041
тел.: 527-81-55