

## **ОЦІНКА СТАБІЛЬНОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВАКУУМНОЇ СИСТЕМИ МОБІЛЬНОЇ ДОЇЛЬНОЇ УСТАНОВКИ**

***І.І. Ревенко, доктор технічних наук  
Національний університет біоресурсів і  
природокористування України  
О.В. Медведський, здобувач\****

***Житомирський національний агроекологічний університет***

*З'ясовано, що якість процесу машинного доїння корів у значній мірі залежить від технологічних та конструктивних параметрів підсистем мобільних доїльних установок. Виробникам мобільного доїльного обладнання рекомендується узгоджувати потужність вакуумного насоса та об'єм вакуумної системи з врахуванням обмежуючого фактора – гранично-допустимих коливань вакууметричного тиску у піддійковому просторі доїльних стаканів.*

***Машинне доїння, доїльний стакан, молоко, доїльна установка.***

**Постановка проблеми.** Ефективність машинного доїння корів залежить від цілого ряду факторів (технічні характеристики та технологічні параметри доїльних установок, особливості організації процесу доїння та інш.), що впливають не тільки на технологічні особливості протікання процесу, а також і на організм тварин.

До техніко-технологічних характеристик доїльних установок в першу чергу відносять [6, 7, 14, 15] робочий вакуумметричний тиск у піддійковому просторі доїльних стаканів та у вакууммережі. Встановлено [1, 2, 14], що між величиною вакуумметричного тиску і швидкістю виведення молока із вимені корови існує пряма залежність: чим вищий вакуум тим більша швидкість доїння. Але при високих його рівнях зростає небезпека захворювання вимені корів. Узагальнюючи дослідження [3, 12, 13], раціональним вважається рівень вакуумметричного тиску в межах 37,2-53,2 кПа, залежно від технологічної схеми реалізації процесу машинного доїння.

Не менш важливим є забезпечення стабільності вакуумметричного тиску під час доїння. З'ясовано [1, 2, 6], що систематичні коливання вакууму в піддійковому просторі доїльних стаканів зумовлюють скорочення надоїв молока на 9,2% та зниження швидкості доїння на 11,8%. Це пояснюється активізацією в організмі корів специфічних гомостатичних захисних реакцій [8, 10].

\*Науковий керівник – доктор технічних наук І.І. Ревенко

© І.І. Ревенко, О.В. Медведський, 2012

Окрім цього, при зниженні швидкості доїння дійки значно довше будуть знаходитись під впливом механічних навантажень, що підвищує ймовірність їх травмування, значно частіше спостерігається виникнення у тварин маститів [7, 14].

**Аналіз останніх досліджень.** Коливання вакууметричного тиску в піддійковому просторі доїльних стаканів Жук З.Я. поділяє на дві категорії [5]:

- випадкові, спричинені різноманітними порушеннями правил машинного доїння із-за низької кваліфікації операторів та відмовами систем, що усуваються в процесі роботи;

- систематичні, пов'язані з недосконалістю та невідповідністю конструктивно-технологічних параметрів доїльного обладнання характерові процесу доїння.

За результатами досліджень доїльних установок Адмін Є.І. запропонував таку класифікацію вакуумних режимів у піддійковому просторі доїльних стаканів [1, 2]:

- відносно стабільний режим, коли під час доїння доїльні апарати додатково не включаються і не виключаються, не відсмоктується молоко із мірних циліндрів в молокопровід, не допускається підсмоктування повітря між дійкою тварини і дійковою гумою доїльного стакана. При цьому коливання вакууметричного тиску в піддійкових камерах доїльних стаканів не перевищує 1-2,26 кПа;

- повсякденно-робочий режим має місце в звичайних виробничих умовах, коли періодично здійснюється включення і виключення доїльних апаратів, видалення молока із молокозбірника та інші операції відповідно до технології доїння. Коливання вакууму під діями корів в цьому випадку досягає величини 2,93-8,6 кПа;

- нестійкий режим – виникає при порушенні технології доїння. В даному випадку коливання вакууму збільшуються до 10,8-15,7 кПа.

Вирішенню проблеми стабілізації вакуумного режиму стаціонарних доїльних установок приділялась значна увага. Так, вченими розроблені рекомендації [6, 15, 16] щодо визначення основних параметрів вакуумних ліній з урахуванням обмежуючого фактора – гранично-допустимих коливань вакууметричного тиску під час доїння. За різними даними [1, 2, 9], безпечним для здоров'я тварин вважається відхилення номінального тиску в межах від 2,66 до 7,3 кПа. Відсутність одностайності, спонукала до прийняття за орієнтир гранично-допустиму величину коливання вакууметричного тиску на рівні 6,65 кПа [6].

На сучасному етапі розвитку молочного тваринництва основну частину незбираного молока виробляють підсобні господарства населення, маючи по 1-3 корови на двір. У таких господарствах корів

утримують в нетипових приміщеннях, що робить неможливим втілення конструктивних та технологічних рішень високопродуктивних установок до відмінних умов експлуатації. З іншого боку постає питання якості отриманого молока, що є запорукою гарантованого його збуту переробним підприємствам [11].

На вирішення даного протиріччя спрямований інший, відносно новий для нашого ринку, тип доїльної системи з автономним джерелом розрідження та доїльними апаратами встановлену на візку. На перший погляд є деяка їх подібність із доїльними установками для доїння в переносні відра. Але, відсутність належної інформації не дає можливості в повній мірі оцінити їх технологічну ефективність залежно від геометричних параметрів та конструктивних втілень.

**Мета досліджень.** Порівняльний аналіз конструктивних параметрів вакуумних систем та їх вплив на стабільність режимних характеристик мобільних доїльних установок.

**Результати досліджень.** Якщо доцільність вакуумного балона в структурі вакуумної системи лінійних доїльних установок не виникає суперечностей, то не всі виробники мобільних доїльних установок дотримуються однаковості з цього приводу. В деяких мобільних доїльних установках («Пульсар», «Березка-1», «Березка-2» та «Carello») взагалі відсутній вакуумний балон, а ті, що ним обладнані мають різний об'єм (табл. 1). Це спонукає до встановлення логічного зв'язку між об'ємом вакуумного балона та параметрами технологічних ліній мобільних доїльних систем.

### 1. Характеристика технологічних ліній мобільних доїльних установок.

Марка	Об'єм (кількість, шт.) молокозбірних місткостей, л	Кількість доїльних апаратів, шт.	Об'єм вакуумного балона, л	Сукупний (початковий) об'єм системи, л	Відношення продуктивності вакуумного насоса до сукупного об'єму системи, м <sup>3</sup> /год×л	Продуктивність вакуумного насоса з розрахунку на одну тварину (при одночасному доїнні), м <sup>3</sup> /год×гол.
1	2	3	4	5	6	7
Bosio MMU11	25(1)	1	20	45	0,227	10,2
Bosio MMU22	50(2)	2	20	70	0,146	5,1
Mini-Milker	30(1)	1	14	44	0,19	8,4
MobiMelk	40(1)	1	20	60	0,20	6

**Продовження табл. 1**

1	2	3	4	5	6	7
GEPV 160	23(1)	1	25	48	0,20	9,6
GEPV 250	46(2)	2	25	71	0,211	7,5
УІД-10	18(1)	1	6	24	0,25	6
УІД-20	36(2)	2	6	42	0,143	3

Представлені мобільні доїльні установки мають різні питомі показники продуктивності вакуумного насоса як на одиницю об'єму вакуумпровідної системи (до початку доїння), так і на одну тварину при одночасному доїнні. Причиною таких відмінностей можна вважати брак досліджень з даного питання.

З іншого боку, хаотичний вибір продуктивності вакуумного насоса можна спростувати звернувши увагу на відношення його продуктивності до сукупного об'єму вакуумпровідної системи. Майже всі виробники вкладаються в проміжок 0,19...0,25 м<sup>3</sup>/год×л. Незначна, на перший погляд, різниця у 24% між найменшим та найбільшим значенням може бути ознакою свідомого вибору технологічних параметрів та характеристик вакуумпровідних систем. Але установки тих же виробників (наприклад, Bosio MMU22 й УІД-20) оснащених двома місткостями та двома доїльними апаратами значно відрізняються за даним показником – 0,143...0,146 м<sup>3</sup>/год×л, хоча й знаходяться майже на однаковому технологічному рівні.

Вітчизняні вчені [4], керуючись власними дослідженнями, рекомендують використовувати вакуумні насоси, продуктивність яких з розрахунку на одну корову має становити 10 м<sup>3</sup>/год. Проте дані табл. 1 вказують на неспроможність більшості доїльних установок забезпечити даний показник на початку процесу молоковидедення.

Показник питомої продуктивності вакуумного насоса на одиницю об'єму вакуумпровідної системи можна вважати гарантією стійкості та стабільності вакуумметричного тиску під час доїння корів. На перші позиції за даним показником піднімається вітчизняна мобільна установка УІД-10 (0,25 м<sup>3</sup>/год×л), але вона має одну з найменших продуктивність вакуумного насоса. Вищезгадану перевагу установка отримала лише за рахунок досить малого об'єму вакуумного балона, а тому виникає сумнів щодо забезпечення достатньої стійкості вакуумметричного тиску. Найближчий конкурент за показником питомої продуктивності вакуумного насоса на одиницю об'єму (0,227 м<sup>3</sup>/год×л) є агрегат Bosio MMU11 з одним доїльним апаратом та доїльним відром. Дане обладнання має вищий на 28% об'єм молокозбірної місткості та на 70% об'єм вакуумного балона. Вища на 37,25% продуктивність вакуумного насоса, є запорукою стійкості та стабільності вакуумного режиму. Намагання виробника

установки УІД-10 покращити одні параметри за рахунок погіршення інших (зокрема, зниження об'єму вакуумного балона) можна пояснити відсутністю чіткого розуміння взаємозв'язку продуктивності вакуумного насоса з об'ємом вакуумної системи та кількістю одночасно працюючих доїльних апаратів.

Тільки мобільні доїльні установки італійської фірми «Interpuls» GERV 160 та GERV 250 мають пропорційне зростання продуктивності вакуумного насоса при збільшенні об'єму вакуумної системи та кількості одночасно працюючих доїльних апаратів. Характерною особливістю є майже ідентичні показники питомої продуктивності вакуумного насоса з розрахунку на одиницю сукупного об'єму системи – 0,20 та 0,211 м<sup>3</sup>/год\*л відповідно. Відрізняється дане обладнання й найвищою продуктивністю вакуумного насоса серед установок з двома доїльними апаратами. Необхідність такого кроку можна пояснити прагненням забезпечити стабільність розрідження у вакуумній системі під час машинного доїння корів.

При поєднанні вакуумної мережі мобільної установки та молокозбірної місткості доїльного апарата, сукупний тиск газу ( $p_{CM}$ ) утвореної системи ( $V_{CM}$ ) визначається за законом Дальтона:

$$p_{CM} = p_{Pn} + p_{Mn}, \quad (1)$$

де  $p_{Pn}$ ,  $p_{Mn}$  – відповідно, парціальні тиски газів вакуумної мережі та молокозбірної місткості, Па.

Здійснивши ряд перетворень, отримуємо:

$$p_{CM} = \frac{p_P \cdot V_P + p_M \cdot V_M}{V_{CM}}, \quad (2)$$

де  $p_P$  – початковий тиск у вакуумній мережі, Па;  $p_M$  – початковий тиск у молокозбірній місткості, Па;  $V_{CM}$  – сукупний об'єм системи ( $V_{CM} = V_P + V_M$ ), м<sup>3</sup>;  $V_P$  – об'єм вакуумної мережі, м<sup>3</sup>;  $V_M$  – об'єм молокозбірної місткості, м<sup>3</sup>.

Величина сукупного вакуумметричного тиску системи ( $p_{BC}$ ) становитиме:

$$p_{BC} = p_{ATM} - p_{CM} = \frac{p_{ATM} \cdot V_{CM} - (p_{ATM} - p_{BP}) \cdot V_P - p_M \cdot V_M}{V_{CM}} = \frac{V_P}{V_{CM}} \cdot p_{BP}, \quad (3)$$

де  $p_{BC}$  – сукупний вакуумметричний тиск у системі, Па;  $p_{BP}$  – початковий вакуумметричний тиск у вакуумній мережі, Па;  $p_{ATM}$  – атмосферний тиск, Па.

Очевидно, що сукупний вакуумметричний тиск системи нижчий за початковий вакуумметричний тиск у вакуумній мережі. Різниця між даними величинами становить втрати вакуумметричного тиску ( $\Delta p_{BP}$ ):

$$\Delta p_{BP} = p_{BP} - p_{BC} = p_{BP} - \frac{V_P}{V_{CM}} \cdot p_{BP} = p_{BP} \cdot \left(1 - \frac{V_P}{V_{CM}}\right), \quad (4)$$

Сукупний об'єм системи є змінним параметром як за об'ємом вакуумної мережі, при різній величині вакуумного балона, так і за об'ємом молокозбірних місткостей. Причому, залежно від особливостей поєднання вказаних складових, буде змінюватись величина падіння вакуумметричного тиску у вакуумній магістралі (рис. 1).

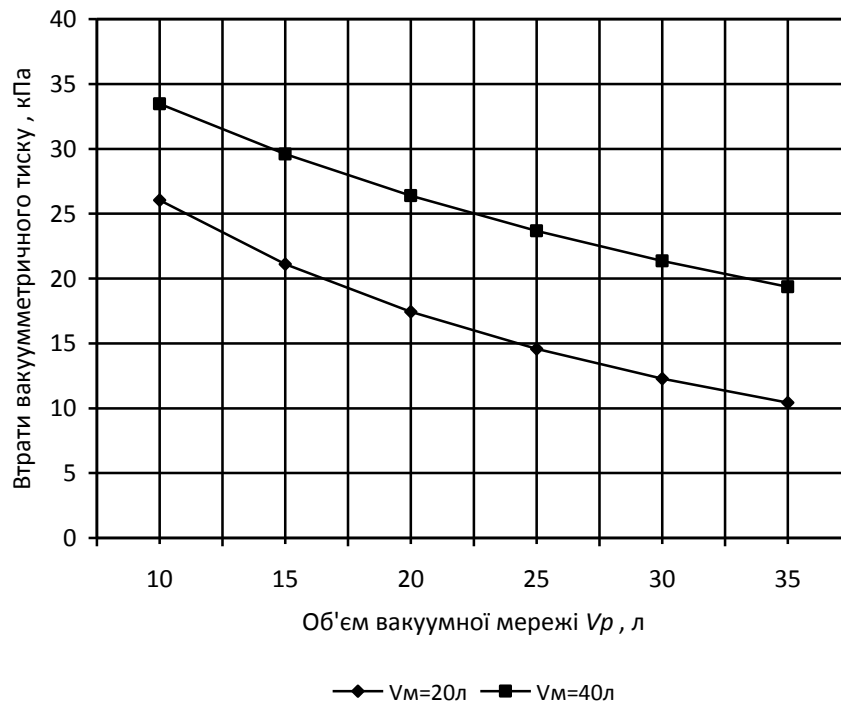


Рис. 1. Вплив об'єму вакуумної мережі ( $V_P$ ) на величину втрат вакуумметричного тиску ( $\Delta p_{BP}$ ) при різних об'ємах молокозбірної місткості ( $V_M$ ).

З наведених графіків видно, що зі збільшенням об'єму вакуумної мережі спостерігаються значно менші втрати вакуумметричного тиску ( $\Delta p_{BP}$ ) незалежно від об'єму молокозбірної місткості. Але в системах з більшим об'ємом молокозбірної місткості, спостерігаються вищі втрати вакуумметричного тиску, незалежно від об'єму вакуумної мережі.

Позитивна динаміка між стабільністю вакуумметричного тиску у високопродуктивному доїльному обладнанні та об'ємом вакууммережі, в першу чергу за рахунок раціональної місткості вакуумного ресивера, відзначається в багатьох роботах [4, 16]. Отже, має сенс виважено підійти до даної закономірності стосовно мобільних доїльних установок.

**Висновок.** На основі виконаного аналізу, з високою ймовірністю можна стверджувати, що якість процесу машинного доїння корів у значній мірі залежить від технологічних та конструктивних параметрів підсистем мобільних доїльних установок. Тому, виробникам мобільного доїльного обладнання необхідно враховувати вказану особливість, адже неузгодженість потужності вакуумного насоса та об'єму вакуумної системи може викликати порушення стійкості технологічних параметрів машинного доїння і як наслідок – втрата продуктивності та здоров'я корів.

### Список літератури

1. Админ Е.И. Доеение коров на фермах промышленных комплексов / Е.И. Админ. – К.: Урожай, 1980. – 144 с.
2. Админ Е.И. Научные основы технологии машинного доения на фермах промышленного типа : автореф. дис. на соискание степени д-ра с.-х. наук / Е.И. Админ. – К.: УСХА, 1974. – 59 с.
3. Иванцов В.В. Влияние низковакуумной доильной системы на состояние вымени коров и качество молока / [В.В. Иванцов, Н.Б. Керимов, Ю.И. Ширшов, С.В. Игнатьев] // Улучшение качества молока и молочных продуктов : Труды ВАСХНИЛ. – М.: Колос, 1980. – 272 с.
4. Выбор и оценка доильных аппаратов и молоковакуумных систем : методические рекомендации. – Харьков, 2002. – 84 с.
5. Жук З.Я. Исследование молочных линий доильных установок с целью стабилизации режима их работы : автореф. дис. на соискание степени канд. тех. наук / З.Я. Жук. – М., 1972. – 28 с.
6. Карташов Л.П. Машинное доение коров / Л.П. Карташов. – М.: Колос, 1982. – 301 с.
7. Колчев А.Г. Зооветеринарная оценка способа регулирования вакуума в централизованной вакуумной системе доильных установок / А.Г. Колчев, Н.А. Яковенко // Сибирский вестник с.-х. наук. – 1988. – № 3. – С. 78–83.
8. Крейлис М.Л. Физиология молокоотдачи и практика доения коров: автореф. дис. на соискание степени д-ра биолог. наук / М.Л. Крейлис. – Х.: НИИЖ, 1987. – 33 с.
9. Лищинский С.П. Стабилизация давления в подсосковом пространстве доильного аппарата / С.П. Лищинский // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – К.: Урожай, 1975. – Вип. 34. – 126 с.
10. Ракецкий П.П. Влияние различных режимов работы доильных аппаратов на молокоотдачу и физиологическое состояние молочной железы коров : автореф. дис. на соискание степени канд. с.-х. наук / П.П. Ракецкий. – Жодино, 1979. – 27 с.
11. Ревенко І.І. Перспективи механізації доїння корів на малих фермах / І.І. Ревенко, О.В. Медведський // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – К., 2010. – Вип. 144, ч.4. – С. 82–87.
12. Савран В.П. Зоотехнические основы совершенствования технологии и автоматизации доения коров на фермах промышленного типа : автореф. дис. на соискание степени д-ра с.-х. наук / В.П. Савран. – К.: УСХА, 1991. – 48 с.

13. Семенов Ю.П. Анализ работы вакуумно-молочных систем доильных установок и пути их совершенствования / Ю.П. Семенов // Совершенствование сельскохозяйственной техники, применяемой в животноводстве / Труды Горьковского СХИ. – Горький, 1980. – Т. 141. – 120 с.
14. Семенов Ю.П. Влияние вакуумного режима на показатели машинного доения / Ю.П. Семенов, И.В. Жилов // Совершенствование сельскохозяйственной техники, применяемой в животноводстве / Труды Горьковского СХИ. – Горький, 1980. – Т. 141. – 120 с.
15. Фененко А.И. Теоретические и экспериментальные исследования молоковакуумной системы доильных установок : автореф. дис. на соискание степени канд. техн. наук / А.И. Фененко. – К.: УСХА, 1972. – 26 с.
16. Яковенко Н.А. Выбор параметров и режимов централизованных вакуумных систем доильных установок / Н.А. Яковенко, А.И. Оберемченко, И.К. Хлебников // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1988. – №3. – С. 16–18.

*Выяснено, что качество процесса машинного доения коров в значительной степени зависит от технологических и конструктивных параметров подсистем мобильных доильных установок. Производителям мобильного доильного оборудования рекомендуется согласовывать мощность вакуумного насоса и объем вакуумной системы с учетом ограничивающего фактора – предельно-допустимых колебаний вакууметричного давления.*

***Машинное доение, доильный стакан, молоко, доильная установка.***

*Found that quality of milking cows to large extent depends on technological and design parameters of subsystems of mobile milking machines. Mobile milking equipment manufacturers are encouraged to coordinate the power of vacuum pump and the volume of vacuum system, taking into account limiting factor the maximum allowable vacuum pressure fluctuations.*

***Machine milking cows, teat cup, milk, milking machine.***