

*the vacuum system, in particular, maintaining a high level of stability of the initial pressure in vacuum line.*

***Vacuum system, vacuum tank, pressure, vacuum line, stabilizing.***

УДК 637.125.65:681.32

## **МОДЕЛЮВАННЯ КІЛЬКОСТІ ДОЇЛЬНИХ АПАРАТІВ ПРИ ОПТИМАЛЬНІЙ ЗАВАНТАЖЕНОСТІ ОПЕРАТОРА МАШИННОГО ДОЇННЯ**

***В.Т. Дмитрів, кандидат технічних наук  
Львівський національний аграрний університет***

*Приведено аналіз моделей розрахунку часових параметрів машинного доїння корів, розроблено математичну модель кількості доїльних апаратів з якими одночасно може обслуговувати оператор машинного доїння при оптимальному коефіцієнті завантаження оператора, приведено результати моделювання для різних типів доїльних установок.*

***Доїльна установка, коефіцієнт завантаження, доїльний апарат, оператор машинного доїння, результати моделювання.***

**Постановка проблеми.** Процес машинного доїння корів пов'язаний із виконанням оператором машинного доїння (ОМД) комплексу технологічних операцій, які направлені на забезпечення вимог фізіології виведення молока. Важливими операціями є підготовчі й завершальні, що дозволяють підготувати корову до молоковіддачі й провести машинне додоювання та виключити перетримку доїльних апаратів на вимені корови. Дотримання вимог забезпечується тривалістю, яка обмежується кількістю доїльних апаратів, що одночасно обслуговує ОМД. Тому важливо обґрунтувати кількість доїльних апаратів для ОМД, що дозволить оптимально завантажити робочий час й виключити перетримку доїльних апаратів на вимені корови.

**Аналіз останніх досліджень.** Моделюванням процесу машинного доїння корів в основному ґрунтувалися на визначення часових параметрів роботи доїльного апарата, а саме тривалості машинного доїння, часу виконання підготовчо-завершальних операцій, переходів ОМД, тривалості машинного додоювання.

Так В.С, Мкртумян [1], використовуючи імовірнісний підхід, для визначення часу машинного доїння ( $t_m$ ) пропонує формулу:

© В.Т. Дмитрів, 2015

$t_m = (n-1)M[\tau_i] + 1,5\sqrt{n-1} \cdot \sigma_{\tau_i}$ , де  $n$  – кількість доїльних апаратів, з якими працює оператор машинного доїння;  $M[\tau_i]$ ,  $\sigma_{\tau_i}$  – математичне очікування і середньоквадратичне відхилення всіх операцій, що передують машинному доїнню, які виконує оператор машинного доїння для однієї корови, с.

Зрозуміло, що процес доїння корів на тваринницькій фермі залежить від виконання оператором машинного доїння комплексу технологічних операцій. Тому одержання функціональної залежності для визначення кількості доїльних апаратів, які обслуговує оператор машинного доїння (ОМД), як функції тривалості ручних ( $t_p$ ) і машинно-ручних ( $t_{m-p}$ ) операцій та часу видоювання ( $t_d$ ) молока із вимені, базувались на дослідженнях організації виконання технологічних операцій при доїнні корів у стійлах за схемою “апарат переміщується до корови” Фененком А.І., Савраном В.П. і ін. вченими [2-8]. Для організації виконання технологічних операцій процесу машинного доїння корів, коли програма доїнь ОМД виконує з “оптимальною” кількістю апаратів, їх кількість можна визначити з залежності:

$$n_{da} = t_d + t_p / t_p + t_{m-p} \cdot$$

Визначення часових характеристик процесу доїння (тривалість циклу роботи установки ( $t_{uo}$ ), тривалість циклу процесу доїння ( $t_u$ )) проводять з врахуванням чисельності ОМД та обмежуються загальним фондом часу ( $T$ ) [2-8]. Використання такого методу розрахунку кількості доїльних апаратів для одного ОМД і часових характеристик процесу не враховує фізіологічні особливості молоковіддачі та індивідуальні особливості ОМД.

Розробники програмного забезпечення для автоматизованих систем доїння, зокрема для доїльного обладнання ТДВ “Брацлав” вважають що тривалість машинного доїння корови є випадковою величиною і підпорядкована статистичній моделі [9–11]. Авторами були проведені дослідження часу тривалості доїння  $t_{TD}$  при використанні доїльних апаратів без функції управління процесом доїння та тривалості фази керованого доїння  $t_{KD}$  доїльних апаратів з функцією управління процесом доїння, розподіл цих часових інтервалів наближається до гамма-розподілу і визначається виразом

$P_{TD}(t) = t^l \cdot e^{-t/m} / m^{l+1} \cdot \Gamma(l+1)$ , де  $P_{TD}(t)$  – закон розподілу тривалості доїння при використанні доїльних апаратів без функції керування доїнням та тривалості фази керованого доїння при використанні доїльних апаратів з функцією керування доїнням;  $l$ ,  $m$  – параметри розподілу.

При використанні доїльного апарату без функції керування, час доїння пропонується визначати як сума двох випадкових часових інтервалів – тривалості підготовки тварини до доїння та часу доїння

$t_{N-D} = t_p + t_{TD}$ , закон розподілу їх суми  $P_D(t)$  знаходиться як згортка їх

$$\text{законів розподілу [9-11]} \quad P_D(t) = P_{PD}(t) \cdot P_{TD}(t) = \int_0^{+\infty} \frac{\tau^{\frac{k}{2}-1} \cdot (t-\tau)^l \cdot e^{-\frac{2t+\tau(m-2)}{2m}}}{\tau^{\frac{k}{2}} \cdot m^{l+1} \cdot \Gamma(l+1) \cdot \Gamma\left(\frac{k}{2}\right)} d\tau.$$

Доцільно звернути увагу, що вище наведені автори тривалість доїння з використанням доїльних апаратів з функцією керування процесом доїння визначають як сума часу підготовки тварини ( $t_p$ ), часу стимуляції ( $t_s$ ), часу некерованого доїння ( $t_{ND}$ ), часу керованого доїння ( $t_{KD}$ ), часу додоювання ( $t_M$ ):  $t_{K-D} = t_p + t_s + t_{ND} + t_{KD} + t_M$ .

Випадковими величинами є час підготовки тварини та час керованого доїння, закон розподілу суми яких визначається математичним очікуванням часу доїння з використанням доїльних апаратів з функцією керування процесом визначається виразом  $M_{K-D} = t_s + t_{ND} + t_M + m \cdot (l+1) + k$ .

Для доїльного робота тривалість підготовки тварини до доїння є детермінованою величиною  $t_p$ , а математичне очікування часу доїння з використанням доїльного робота буде  $M_{R-D} = t_p + t_s + t_{ND} + t_M + m \cdot (l+1)$ .

Авторами [9–11] регламентуються операції по часу з умовою використання автоматизованих систем доїння. Питання обґрунтування кількості доїльних апаратів не ставиться. Вважають, що основними є часові характеристик процесу, а кількість доїльних апаратів і величина регламентована. Така методика розрахунку може бути використана тільки в автоматизованих системах доїння, коли ОМД виконує функцію спостереження і аварійного втручання в технологічний процес машинного доїння.

Важливим параметром при обґрунтуванні кількості доїльних апаратів для ОМД є його завантаженість при виконанні операцій технологічного процесу машинного доїння, що регламентує якість їх виконання [12].

Аналіз основних способів технологічного розрахунку доїльних установок показав, що вони або не відображають якісну сторону процесу машинного доїння корів [7–9], або є громіздкими за аналітичними залежностями, що затрудняють їх практичне використання [4, 10–12].

**Мета досліджень** – розробити математичні моделі для обґрунтування оптимальної кількості доїльних апаратів, що одночасно може обслуговувати оператор машинного доїння без .

**Результати досліджень.** При оптимальному варіанту, для заданої кількості доїльних апаратів які обслуговує ОМД, коефіцієнт завантаженості ОМД повинен бути рівним 1. Зрозуміло, що підготовчо-

завершальні операції залежать від дотримання правил машинного доїння корови і технологічної майстерності (професійності) ОМД. Коefіцієнт завантаження  $K_{оп}$  ОМД виходячи з послідовності виконання підготовчо-завершальних операцій машинного доїння корові розраховуємо за формулою [12]:

$$K_{оп} = \frac{t_{\partial} + (n_{\partial a} - 1) \cdot t_3}{n_{\partial a} \cdot t_{n-3}}, \quad (1)$$

де:  $t_{\partial}$  – тривалість доїння однієї корови,  $t_{\partial} = t_M + t_{n-3}$ , с [13];  $t_3$  – тривалість завершальних операцій, с.

Якщо  $K_{оп} > 1$  – оператор недовантажений, відповідно перетримка доїльного апарата на дійках вимені відсутня, коли  $K_{оп} < 1$  – оператор машинного доїння перевантажений і не витримується регламент виконання підготовчих і завершальних операцій, або доїльні апарати перетримуються. Кількість доїльних апаратів, що обслуговує один ОМД корів, характеризує його завантаженість. Промодельуємо завантаженість ОМД корів, скориставшись залежністю (1) і результати наведемо на рис. 1. З залежності (1) отримаємо рівняння для розрахунку оптимальної кількості доїльних апаратів, врахувавши що  $t_{n-3} = t_n + t_3$ ,  $t_{\partial} = t_n + t_M + t_3$ :

$$n_{\partial a} = \frac{t_M}{t_n} \cdot \left[ K_{оп} + \frac{t_3}{t_n} (K_{оп} - 1) \right]^{-1} + \left[ K_{оп} + \frac{t_3}{t_n} (K_{оп} - 1) \right]. \quad (2)$$

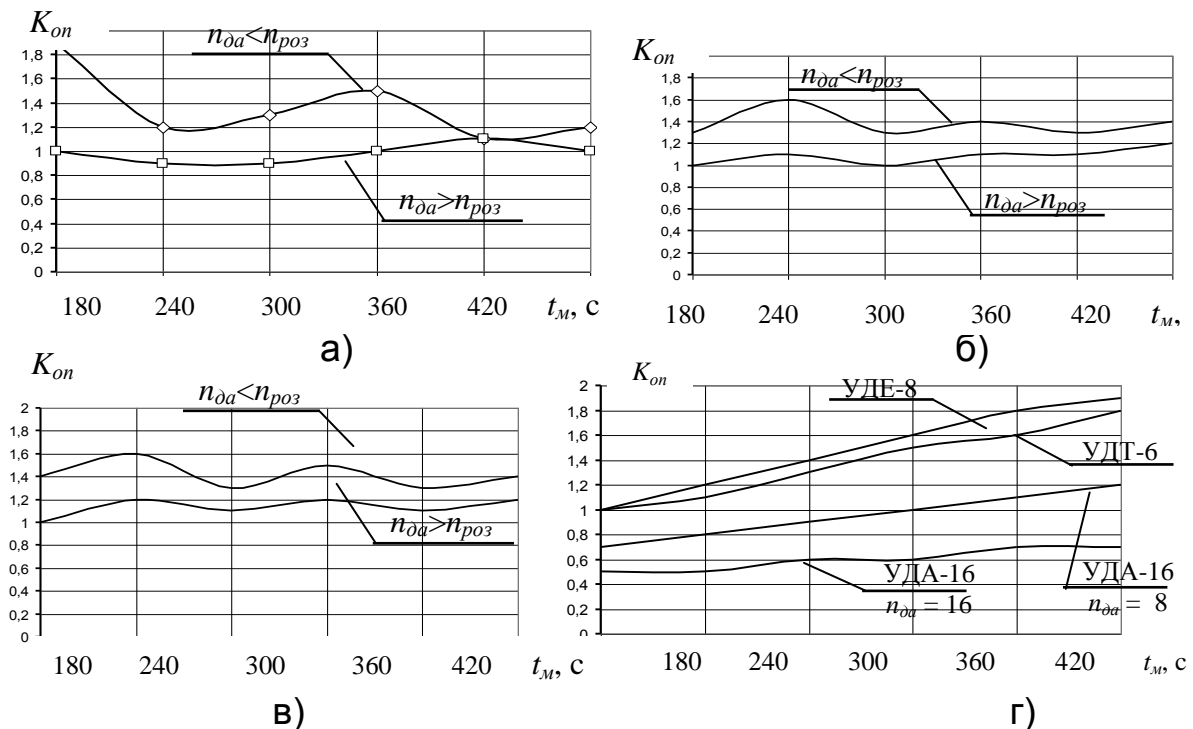


Рис. 1. Завантаженість оператора машинного доїння при роботі на доїльній установці: а) УДБ-100; б) УДМ-100; в) АДМ-8А; г) доїння в доїльному залі.

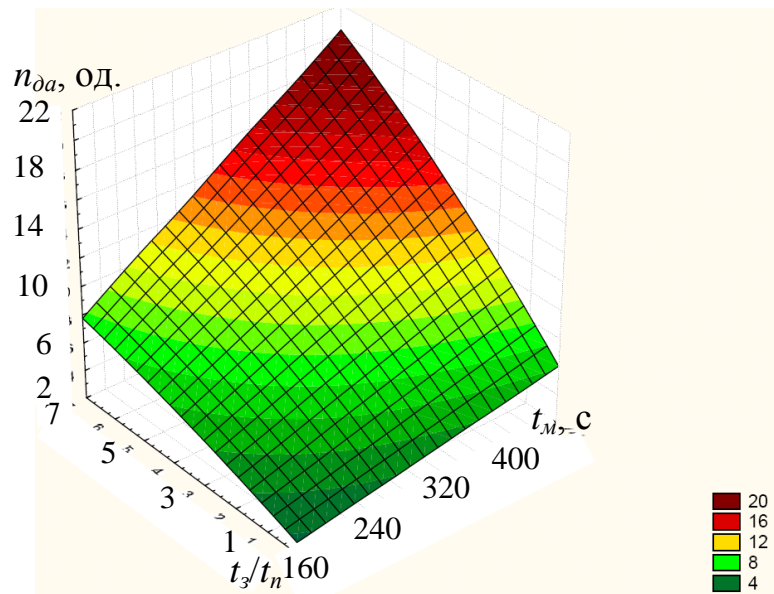


Рис. 2. Залежність кількості доїльних апаратів  $n_{да}$ , що обслужить ОМД від тривалості машинного доїння  $t_M$  корови і співвідношення завершальних і підготовчих операції  $t_3/t_n$ .

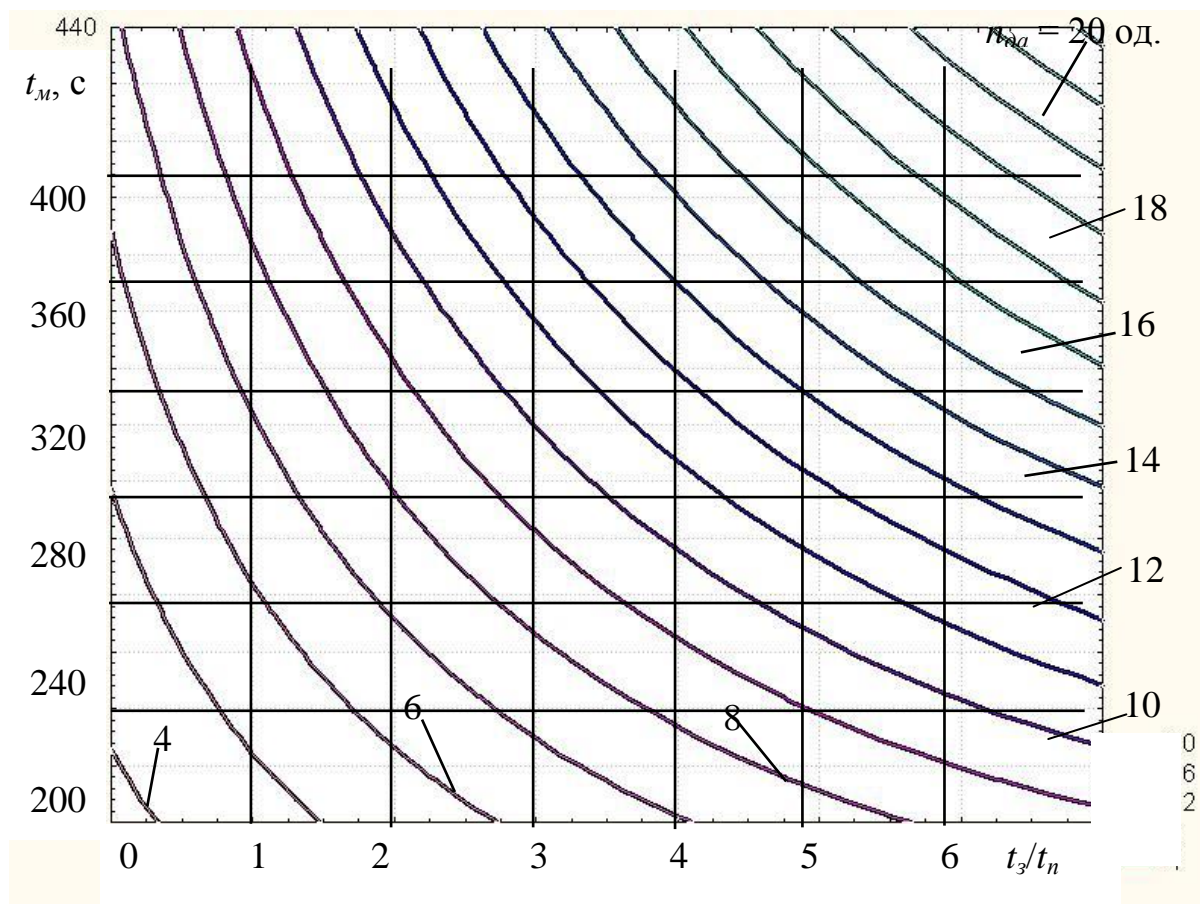


Рис. 3. Графік проєкції поверхні відгуку залежності кількості доїльних апаратів  $n_{да}$ , що обслужить ОМД від тривалості машинного доїння  $t_M$  корови і співвідношення завершальних і підготовчих операції  $t_3/t_n$ .

Оптимальним є значення  $K_{оп} = 1$ . Тоді залежність (2) набуде вигляду:

$$n_{од} = t_m / t_n + 1, \quad (3)$$

де:  $t_n$  – тривалість виконання підготовчих операцій ОМД, с.

Результати моделювання оптимальної кількості доїльних апаратів приведено на рис. 2.

Для зручності аналізу залежності (2) побудували графік проєкції відгуку (рис. 3).

### Висновки

Аналіз технологічного процесу машинного доїння корів показує, що тривалість підготовчо-завершальних операцій регламентується типом доїльної установки, рівнем автоматизації операцій машинного доїння і частково залежить від кваліфікації ОМД та його рівня відповідальності.

Зміна відношення співвідношення  $t_3/t_n$  від 1 до 7, при умові що завершальні операції виконуються без участі ОМД (машинне додоювання, зняття доїльного апарата, його переміщення виконуються механізмами доїльної установки при автоматизації або роботизації технологічного процесу) забезпечує значне збільшення кількості доїльних апаратів, що обслуговуються ОМД. Так ОМД може одночасно працювати з 5-8 апаратами на доїльних установках для доїння в стійлах у молокопровід, і з 8-12 при доїнні в доїльних залах, а при автоматизації завершальних операцій – від 7 до 20 доїльних апаратів. Параметром, що впливає на кількість доїльних апаратів які одночасно може обслуговувати ОМД є тривалість машинного доїння однієї корови  $t_m$ .

Кількість доїльних апаратів, що обслуговує один ОМД характеризує його завантаженість. При цьому оператор може дотримуватись вимог технології машинного доїння або порушувати її. Умова дотримання ОМД вимог технологічного процесу машинного доїння буде при  $K_{оп} \geq 1$ .

### Список літератури

1. Мкртумян В.С. Теоретические исследования параметров доильных установок / В.С. Мкртумян, Н.А. Петухов // Техническая диагностика и механизация сельского хозяйства. Труды Сибирского филиала ВИМ. – Новосибирск, 1968. – Вып. 141. – С. 3–38.
2. Фененко А.І. Механізація доїння корів. Теорія і практика : монографія / А.І. Фененко. – К.: Наука, 2008. – 198 с.
3. Фененко А.І. Біотехнічна система “людина-машина-тварина” ферми по виробництву молока / А.І. Фененко // Механізація та електрифікація сільського господарства. – К.: Аграрна наука, 1995. – Вип. 81. – С. 3–9.
4. Фененко А.І. Конструктивно-технологічні параметри ланки “людина-машина-тварини” / А.І. Фененко // Механізація та електрифікація сільського господарства. – Глеваха, 2008. – Вип. 92. – С. 196–203.

5. Погорельый Л.В. Биотехнические системы в животноводстве / Л.В. Погорельый, М.М. Луценко. – К.: Урожай, 1992. – 344 с.
6. Похваленский В.П. Доильные установки (технологические основы расчета) / В.П. Похваленский. – М.: Машиностроение, 1971. – 160 с.
7. Савран В.П. Зоотехнические основы совершенствования технологии и автоматизации доения коров на фермах промышленного типа : Автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. – К.: НАУ. – 1991. – 48 с.
8. Patkos Istvan, Toth Laszlo. A szarvasmar ha tartas gepesitese. – Budapest: Mezogazdasadi Kiado, 1978. – 246 s.
9. Кучерук В.Ю. Статистичні моделі тривалості машинного доїння / В.Ю. Кучерук, Є.А. Паламарчук, П.І. Кулаков, Т.В. Гнесь // Восточно-Европейский журнал передових технологий. – 2014. – Т.3, №1(67). – С. 4–7.
10. Кучерук В.Ю. Статистична модель тривалості машинного доїння на стійловій доїльній установці / В.Ю. Кучерук, Є.А. Паламарчук, П.І. Кулаков, Т.В. Гнесь // Восточно-Европейский журнал передових технологий. – 2014. – Т.4, №2(68). – С. 31–37.
11. Кучерук В.Ю. Статистичні моделі тривалості машинного доїння на групових доїльних установках / В.Ю. Кучерук, Є.А. Паламарчук, П.І. Кулаков // Восточно-Европейский журнал передових технологий. – 2014. – Т.4, №4(70). – С. 13–17.
12. Дмитрів В.Т. Моделювання завантаженості оператора машинного доїння / В.Т. Дмитрів // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ, 2011. – Вип. 11. – Т. 5. – С. 56–62.
13. Дмитрів В.Т. Основи теорії машиновикористання у тваринництві : навчальний посібник. [для студ. вищ. навч. закл.] / В.Т. Дмитрів. – Львів: Афіша, 2008. – 260 с.

*Проведен анализ моделей расчета временных параметров машинного доения коров, разработана математическая модель количества доильных аппаратов с которыми одновременно может обслуживать оператор машинного доения при оптимальном коэффициенте загрузки оператора, приведены результаты моделирования для различных типов доильных установок.*

***Доильная установка, коэффициент загрузки, доильный аппарат, оператор машинного доения, результаты моделирования.***

*The analysis of models calculation time parameters of machine milking cows mathematical model number of milking machines which can simultaneously serve milking machine operator at the optimum load factor operator The results of simulations for different types of milking machines.*

***Milking unit, load factor, milking machine, operator of machine milking, simulation results.***