

П.І. Кулаков, к.т.н., Т.В. Гнесь, аспірант

СТАТИСТИЧНА МОДЕЛЬ ТРИВАЛОСТІ МАШИННОГО ДОЇННЯ НА СТІЙЛОВІЙ ДОЇЛЬНІЙ УСТАНОВЦІ

Ключові слова: доїння, тривалість доїння, тривалість підготовки, статистична модель, стійлова доїльна установка.

В теперішній час найбільш розповсюдженими в Україні є стійлові доїльні установки, ефективність яких можна підвищити шляхом впровадження систем автоматичного управління та інформаційно-вимірювальних систем параметрів технологічного процесу отримання молока.

Тривалість машинного доїння є важливим параметром доїльної установки і залежить від зоотехнічних параметрів тварин, їх кількості, селекційної підібраності, тривалості підготовки тварини до доїння та тривалості процесу доїння, типу та кількості доїльних апаратів. Недосконалість існуючих моделей тривалості доїння в значній мірі зумовлюють складність визначення продуктивності установки та характеристик інформаційно-вимірювальних систем параметрів технологічного процесу отримання молока при їх проектування та модернізації. Виходячи з цього, подальше вдосконалення цих моделей є актуальним завданням.

Існує два типи доїльних апаратів – з функцією керування процесом доїння та без функції керування процесом доїння. Обидва ці типи можуть бути використані на стійловій доїльній установці.

Типовий алгоритм роботи доїльного апарату без функції керування процесом доїння полягає в наступному: після вдягання доїльних стаканів, дояр візуально оцінює процес доїння і за певними ознаками робить суб'єктивний висновок про необхідність його завершення. Таким чином, час тривалості доїння t_{TDi} при використанні доїльного апарату без функції керування процесом доїння є повністю випадковою величиною.

Типовий алгоритм роботи доїльного апарату з функцією керування доїнням полягає в наступному: після вдягання доїльних стаканів дояр вмикає доїльний апарат, який протягом детермінованого часу t_s здійснює стимуляцію вимені. Після закінчення фази стимуляції відбувається перехід до фази некерованого доїння. Під час цієї фази протягом детермінованого часу t_{ND} інтенсивність молоковиділення не вимірюється. Далі здійснюється перехід до фази керованого доїння, під час якої вимірюється інтенсивність молоковиділення, і в залежності від її значення, встановлюється частота і шпаруватість пульсацій вакууму в доїльних стаканах. Ця фаза має випадкову тривалість t_{kDi} . Після зниження інтенсивності молоковиділення нижче певного значення, відбувається перехід до фази додоювання, під час якої протягом детермінованого часу t_M здійснюється масаж вимені [1].

У роботі [2] наведено результати експериментальних досліджень часу підготовки тварини до доїння та часу видоювання тварини при різних типах доїльних апаратів. У цій роботі встановлено, що часовий інтервал технологічного процесу підготовки тварини до доїння t_{PD} має хі-квадрат розподіл, а часовий інтервал тривалості доїння t_{TDi} при використанні доїльного апарату без функції керування процесом доїння та часовий інтервал фази керованого доїння t_{kDi} при використанні доїльних апаратів з функцією керування процесом доїння мають гамма-розподіл.

Математичне очікування часового інтервалу t_{PD} тривалості підготовки тварини до доїння визначається виразом [3]

$$M_{PD} = \int_0^{+\infty} \frac{\frac{k}{t^2} e^{-\frac{t}{k}}}{2^2 \tilde{A}\left(\frac{k}{2}\right)} dt = k, \quad (1)$$

де k - параметр хі-квадрат розподілу; $\Gamma(Z)$ – гамма-функція Ейлера;

Дисперсія часового інтервалу t_{PD} тривалості підготовки тварини до доїння визначається виразом [3]

$$D_{PD} = \int_0^{+\infty} \frac{(t-k)^2 t^{\frac{k}{2}-1} e^{-\frac{t}{2}}}{2^{\frac{k}{2}} \tilde{A}\left(\frac{k}{2}\right)} dt = 2k. \quad (2)$$

Математичне очікування тривалості доїння t_{TDi} при використанні доїльного апарату без функції керування процесом доїння та математичне очікування часового інтервалу фази керованого доїння t_{KDi} при використанні доїльних апаратів з функцією керування процесом доїння визначається виразом [3]

$$M_{TD} = \int_0^{+\infty} \frac{t^{l+1} e^{-\frac{t}{m}}}{m^{l+1} \tilde{A}(l+1)} dt = m(l+1), \quad (3)$$

де l, m – параметри гамма-розподілу.

Дисперсія тривалості доїння t_{TDi} при використанні доїльного апарату без функції керування процесом доїння та дисперсія часового інтервалу фази керованого доїння t_{KDi} при використанні доїльних апаратів з функцією керування процесом доїння визначається виразом [3]

$$D_{TD} = \int_0^{+\infty} \frac{(t-m(l+1))^2 t^l e^{-\frac{t}{m}}}{m^{l+1} \tilde{A}(l+1)} dt = m^2(l+1). \quad (4)$$

Для створення статистичної моделі тривалості доїння на стійловій доїльній установці необхідно отримати вираз, який зв'яже математичне очікування і дисперсію тривалості доїння з кількістю доїльних апаратів, кількістю тварин, математичним очікуванням та дисперсією підготовки тварини до доїння, математичним очікуванням та дисперсією часу доїння.

В результаті аналізу циклограми роботи стійлової доїльної установки [4], встановлено, що математичне очікування тривалості доїння стійлової доїльної установки визначається виразом

$$M_{TDU} = RM_{PD} + \frac{N}{Z} M_{TD}, \quad (5)$$

де Z – кількість доїльних апаратів; R, N – коефіцієнти, які залежать від кількості доїльних апаратів і кількості тварин K у доїльній групі та визначаються виразами

$$R = \begin{cases} Z, \left\{ \frac{K}{Z} \right\} = 0 \\ Z \left\{ \frac{K}{Z} \right\}, \left\{ \frac{K}{Z} \right\} \neq 0 \end{cases}; \quad (6)$$

$$N = \begin{cases} K, \left\{ \frac{K}{Z} \right\} = 0 \\ Z \left(\left[\frac{K}{Z} \right] + 1 \right), \left\{ \frac{K}{Z} \right\} \neq 0. \end{cases} \quad (7)$$

Дисперсія тривалості доїння стійлової доїльної установки визначається виразом

$$D_{TDU} = RD_{PD} + \frac{N}{Z} D_{TD}, \quad (8)$$

Після нескладних перетворень отримуємо рівняння, яке визначає математичне очікування тривалості доїння стійлової доїльної установки при використанні доїльних апаратів без функції керування процесом доїння

$$M_{TDU} = Rk + \frac{N}{Z} m (l + 1). \quad (9)$$

Математичне очікування тривалості доїння стійлової доїльної установки при використанні доїльних апаратів з функцією керування процесом доїння визначається виразом

$$M_{TDU} = Rk + \frac{N}{Z} (t_s + t_{ND} + t_M + m (l + 1)). \quad (10)$$

Дисперсія тривалості доїння стійлової доїльної установки при використанні двох типів доїльних апаратів визначається виразом

$$D_{TDU} = 2Rk + \frac{N}{Z} m^2 (l + 1). \quad (11)$$

Закон розподілу тривалості машинного доїння на стійловій доїльній установці у вищевказаних випадках можна вважати нормальним, згідно першої граничної теореми [3].

Таким чином, створено статистичну модель, яка встановлює функціональний зв'язок між статистичними характеристиками тривалості доїння стійлової доїльної установки та статистичними характеристиками часу підготовки тварини, статистичними характеристиками часу видоювання тварини, кількістю тварин, кількістю доїльних апаратів, типом доїльного апарату.

Створена статистична модель тривалості доїння стійлової доїльної установки дозволить підвищити точність визначення продуктивності доїльної установки при її проектуванні або модернізації, дозволить розробити методику проектування інформаційно-вимірювальних систем параметрів технологічного процесу отримання молока та систем автоматичного управління фермою.

Список літературних джерел

1. Цой, Ю. А. Процессы и оборудование доильно-молочных отделений животноводческих ферм [Текст] / Ю. А. Цой. – М. : ГНУ ВИЭСХ, 2010. – 424 с.
2. Кучерук, В. Ю. Статистичні моделі тривалості машинного доїння [Текст] / В. Ю. Кучерук, Є. А. Паламарчук, П. І. Кулаков, Т. В. Гнесь // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2014. – Т. 1, № 3 (67). – С. 4–7.
3. Королюк, В. С. Справочник по теории вероятностей и математической статистике [Текст] : справочник / В. С. Королюк, Н. И. Портенко, А. В. Скороход, А. Ф. Турбин. – М. : Наука, 1985. – 640 с.
4. Кучерук, В. Ю. Статистичні моделі тривалості машинного доїння на стійловій доїльній установці [Текст] / В. Ю. Кучерук, Є. А. Паламарчук, П. І. Кулаков, Т. В. Гнесь // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2014. – Т. 2, № 4 (68). – С. 31–37.