

УДК 681.586

В. Ю. Кучерук, Є. А. Паламарчук, П. І. Кулаков, Т. В. Гнесь

В. Ю. Кучерук, Е. А. Паламарчук, П. И. Кулаков, Т. В. Гнесь

V. Kucheruk, Y. Palamarchuk, P. Kulakov, T. Gnes

**ДОСЛІДЖЕННЯ ПОХИБОК НЕПРЯМИХ ВИМІРЮВАНЬ
ЗООТЕХНІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ТВАРИН**

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПОГРЕШНОСТЕЙ КОСВЕННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ
ЗООТЕХНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЖИВОТНЫХ**

**THE STUDY OF INDIRECT MEASURING ERRORS OF ANIMAL
ZOOTECNICAL PARAMETERS**

Анотація

У статті розглядається використання засобу вимірювання рівню молока на основі фотоелектричного перетворювача для непрямого вимірювання певних зоотехнічних параметрів тварин. Вимірювані зоотехнічні параметри визначаються на основі результатів прямих вимірювань рівню молока та поточного часу. Отримано залежності, на основі яких здійснюється непряме вимірювання зоотехнічних параметрів, отримано вирази для абсолютних похибок непрямих вимірювань. Теоретичні дослідження підтверджені результатами експерименту.

Аннотация

В статье рассматривается использование средства измерения уровня молока на основе фотоэлектрического преобразователя для косвенного измерения определенных зоотехнических параметров животных. Измеряемые зоотехнические параметры определяются на основе результатов прямых измерений уровня молока и текущего времени. Получены зависимости, на основе которых проводится косвенное измерение зоотехнических параметров, получены выражения для абсолютных погрешностей непрямых измерений. Теоретические исследования подтверждены результатами эксперимента.

Extended abstract

In paper shown the using of milk level measuring means in milkreceiving tank of milking unit on the basis of photoelectric measuring reformer. The analytic interdependences were received, owing to that on the basis of direct measuring results of milk level and current time are determined the animal milk yield, average milk intensity, milking time, stock time, milk intensity during first 30 from milking start, milk intensity during 30-60 s from milking start, milk intensity during 60-90 s from milking start, instant value of milk flow. The theoretical study was realized and

analytic expressions were received for indirect measuring absolute error of above animal zootechnical parameters. As a result of experimental study of milk level measuring means the agreement between experimental data and theoretical results is established. The distribution law of milk level measuring error is approximate to normal. The experimental milk level measuring means ensures more measuring accuracy of zootechnical parameters than known analogs.

Ключові слова: рівень молока, вимірювальний перетворювач рівню, зоотехнічні параметри, машинне доїння.

Ключевые слова: уровень молока, измерительный преобразователь уровня, зоотехнические параметры, машинное доение.

Key words: milk level, measuring level converter, zootechnical parameters, mechanical milking.

Вступ

На сучасних доїльних установках використовується великий асортимент доїльного обладнання, алгоритм роботи якого відповідає фізіологічним механізмам молокоутворення і молоковіддачі тварини та забезпечує наблизений до оптимального режим процесу доїння. Але воно не завжди здатне забезпечити високоточне вимірювання та контроль удою, тривалості доїння, інтенсивності потоку молока та інших зоотехнічних параметрів, які необхідні для систем автоматичного управління молочними відділеннями тваринницьких ферм.

У роботі [1] запропоновано оптичний вимірювальний перетворювач інтенсивності потоку молока для доїльного апарату. При його використанні неможливо забезпечити високу достовірність контролю зоотехнічних параметрів тварин внаслідок значного впливу на результат піни та пузирів повітря, які обов'язково виникають на виході колектора. При використанні оптичного кореляційного витратоміру молока, який пропонується у [2], достовірність контролю зоотехнічних параметрів тварин значно зменшується при великих значеннях молочного потоку та наявності у ньому піни та пузирів повітря. Це пов'язано з тим, що вихідні сигнали його фотоприймачів у цих умовах втрачають подібність. При застосуванні ротаційних витратомірів [3] для вимірювання та контролю зоотехнічних параметрів, виникає швидко їх забруднення молочним каменем, що приводить до зменшення достовірності контролю, відмов, збільшення бактеріальної заплідненості молока. Використання ультразвукових витратомірів [4] для вимірювання та контролю зоотехнічних параметрів виявилось неефективним внаслідок значного збільшення похибки вимірювання внаслідок наявності пузирів та піни, а також великого значення похибки вимірювання при малих потоках молока. Найчастіше, для вимірювання та контролю зоотехнічних параметрів тварин, на стаціонарних доїльних станках у доїльних залах, використовують ковшовий

вимірювальний перетворювач [3]. Але його використання у переносних доїльних апаратах для стійлового молокопроводу неможливе внаслідок певних конструктивних особливостей. Окрім того, він має певну дискретність вимірювального перетворення, що зумовлює значне збільшення похибки при невеликих значеннях удою. У роботі [5] запропоновано фотоелектричний засіб вимірювання рівню молока, який може використовуватись як на стаціонарних доїльних станках, так і на переносних доїльних апаратах. На основі вимірювальної інформації про рівень молока у молокоприймальній камері доїльного апарату здійснюється вимірювання та контроль цілого ряду зоотехнічних параметрів тварин. Виходячи з цього, оцінка точності їх вимірювання, при використанні вищевказаного засобу, є актуальним завданням. Проведені дослідження відносяться до теорії та практики проектування засобів вимірювання та контролю зоотехнічних параметрів тварин для молочних відділень тваринницьких ферм.

Мета статті

Сучасні доїльно-молочні відділення тваринницьких ферм не можуть оптимально функціонувати без систем автоматичного управління технологічним процесом отримання молока, до складу яких входять інформаційно-вимірювальні системи контролю та вимірювання зоотехнічних параметрів тварин. Окрім того, актуальним завданням є модернізації існуючих ферм шляхом їх реконструкції та впровадження вищевказаних систем.

Невід'ємною складовою інформаційно-вимірювальної системи зоотехнічних параметрів тварин є доїльний апарат з функцією керування процесом доїння. За допомогою такого апарату здійснюється ідентифікація тварини, забезпечується вимірювання та контроль необхідних зоотехнічних параметрів, на основі отриманої вимірювальної інформації реалізується наближений до оптимального процес доїння, передається інформацію про результати вимірювання та контролю до серверу інформаційно-вимірювальної системи з метою їх подальшого використання в системі автоматичного управління фермою.

У засобі вимірювання, що входить до складу доїльного апарату з функцією керування процесом доїння, який розглянуто у [5], здійснюється непряме вимірювання удою та інших вторинних зоотехнічних параметрів на основі прямого вимірювання рівню молока у молокоприймальній камері. Окрім цього, у [5] проведено аналіз похибки вимірювання рівню молока за допомогою вищевказаного засобу. Під час видоювання тварини вимірюється поточний час. Це дає можливість вимірювати та контролювати важливі зоотехнічні показники тварини, а саме : час доїння, час припуску - часовий інтервал між початком доїння та видоюванням ста грамів молока [6], інтенсивність молочного потоку протягом перших тридцяти секунд від початку доїння, протягом часового інтервалу з тридцяти до шестидесяти секунд від початку доїння, протягом часового інтервалу з шестидесяти до дев'яноста секунд від початку доїння, миттєве значення інтенсивності молочного потоку, середню інтенсивність

молочного потоку. Похибки вимірювання цих зоотехнічних параметрів у [5] не розглянуті.

Метою статті є знаходження залежностей, які зв'язують вищевказані зоотехнічні параметри з рівнем молока, теоретичне та експериментальне дослідження похибок вимірювання певних зоотехнічних параметрів тварин за допомогою засобу вимірювання рівню молока на основі фотоелектричного вимірювального перетворювача, який розглянуто у [5].

Основний текст

Розглянемо конструкцію та принцип дії молокоприймальної камери доїльного апарату з фотоелектричним вимірювальним перетворювачем рівню молока, схематичне креслення якої наведено на рис. 1.

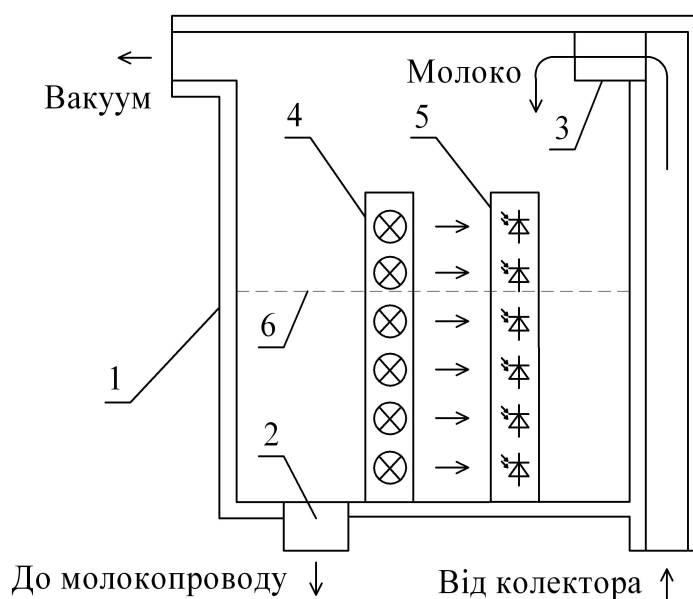


Рис. 1. Схематичне креслення молокоприймальної камери доїльного апарату з фотоелектричним вимірювальним перетворювачем рівню молока: 1 - корпус камери, 2 - зливний електроклапан, 3 - піновідділювач, 4 - інфрачервоні випромінювачі, 5 - фотоприймачі, 6 - рівень молока

Під дією пульсуючого вакууму, який утворюється за допомогою пульсатора в доїльних стаканах, молоко з колектора всмоктується через піновідділювач в молокоприймальну камеру. У цій камері розташований первинний вимірювальний перетворювач рівню рідини, до складу якого входять інфрачервоні випромінювачі та фотоприймачі, та зливний електроклапан. В процесі доїння рівень молока в молокоприймальній камері збільшується. Після досягнення певного рівню відкривається зливний клапан і накопичене в камері молоко скидається у загальний молокопровід. На протязі часу видоювання однієї тварини відбувається декілька скидань молока з молокоприймальної камери.

Розглянемо рис. 2, а, на якому наведено схематичне конструктивне креслення фотоелектричного вимірювального перетворювача рівню молока, та

рис. 2, б, на якому наведено структурну схему засобу вимірювання рівню молока на його основі.

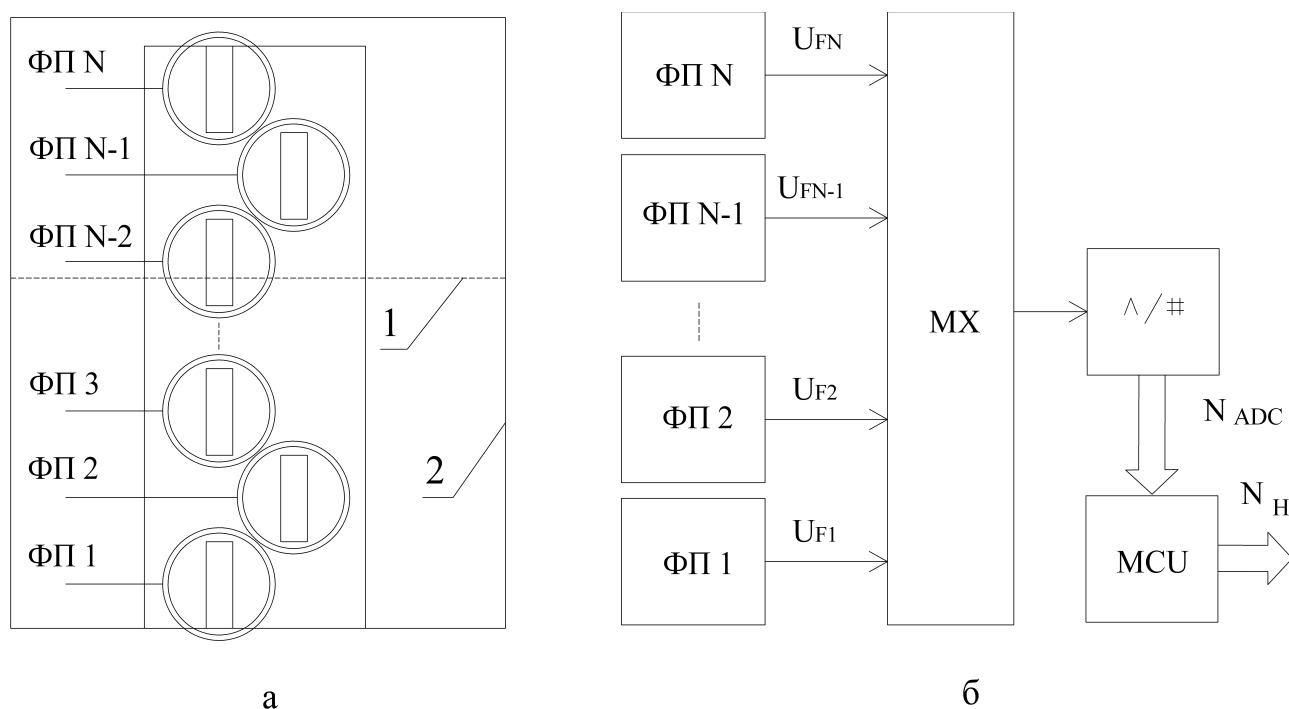


Рис. 2. Засіб вимірювання рівню молока на основі фотоелектричного вимірювального перетворювача: а - конструктивне креслення первинного вимірювального перетворювача рівню, б - структурна схема засобу вимірювання рівню молока, 1 – рівень молока, 2 – корпус камери.

Первинний фотоелектричний вимірювальний перетворювач рівню молока (рис. 2, а) складається з N фотоприймачів ФП на основі пари фотодіод - операційний підсилювач. Перед фоточутливим шаром фотодіодів розташовані діафрагми прямокутної форми, кожна діафрагма має ширину D та висоту L . Фотодіоди розташовані так, що рівень верхньої границі діафрагми кожного фотодіоду співпадає з рівнем нижньої границі діафрагми наступного фотодіоду. В результаті, в еквіваленті утворюється діафрагма висотою $N \times L$ та шириною D . Навпроти кожного фотодіоду знаходиться випромінювач з конденсорною лінзою для забезпечення рівномірного світлового потоку на площині фоточутливого шару. Вихідні сигнали фотоприймачів на основі пари фотодіод-операційний підсилювач $U_{F1}, U_{F2}, U_{F3} \dots U_{FN}$, які прямо пропорційні освітлюваній площі фоточутливого шару фотодіоду, поступають на вхід мультиплектора MX, за допомогою якого здійснюється послідовне під'єднання цих сигналів до входу аналого-цифрового перетворювача $\wedge/\#$. Результат аналого-цифрового перетворення вихідного сигналу кожного фотоприймача у вигляді коду N_{ADC} передається до порта уведення мікроконтролера MCU. На основі отриманих даних мікроконтролер здійснює розрахунок рівню молока і представляє результат вимірювання у вигляді коду N_H .

При наявності молока у молокоприймальній камері, як впливає з рис. 2, а, діафрагма одного з фотоприймачів, порядковий номер якого m , частково перекрита молоком. Його вихідна напруга знаходиться в межах від нуля до максимального значення U_{FMAX} , яке буде на виході фотоприймача при повністю відкритій діафрагмі. Тоді у всіх фотоприймачів з номерами від $m+1$ до N діафрагма буде повністю відкрита, а у фотоприймачів з номерами від 1 до $m-1$ - повністю закрита. Значення m визначається програмно шляхом аналізу вихідних кодів аналого-цифрового перетворювача відповідних сигналам U_{F1} , U_{F2} , U_{F3} ... U_{FN} . Таким чином, рівень молока буде визначатися сумою висот закритих молоком діафрагм фотоприймачів з номерами від 1 до $m-1$ і рівнем закриття діафрагми m - того фотоприймача. У роботі [5] встановлено, що вираз для визначення рівню молока в молокоприймальній камері доїльного апарату має вигляд

$$H_M = L - \frac{U_{Fm} r^2}{IS_{I0} R_{ZZ} D} + \sum_{i=1}^{m-1} L = \sum_{i=1}^m L - \frac{U_{Fm} r^2}{IS_{I0} R_{ZZ} D}, \quad (1)$$

де U_{Fm} - вихідна напруга m -того фотоприймача; S_{I0} - інтегральна струмова чутливість фотодіоду при немодульованому опроміненні; I - сила світла; r - відстань до джерела світла, що освітлюється; R_{ZZ} - опір в колі зворотнього зв'язку операційного підсилювача.

Також у роботі [5] отримано вираз, який визначає абсолютну похибку вимірювання рівню молока

$$\Delta_M = \frac{r^2}{IS_{I0} R_{ZZ} D} \left((\Delta I R_{ZZ} + U_{SM} + U_N) \left(1 + \frac{R_{ZZ}}{K_0 R_{IN}} + \frac{1}{K_0} \right) + \right. \\ \left. + I_S R_{ZZ} \left(\exp \left(\frac{e_e U_{VD}}{kT} \right) - \frac{1}{j} \right) + U_{Fm} \left(\frac{R_{ZZ}}{K_0 R_{IN}} + \frac{1}{K_0} \right) \frac{1}{j} + \Delta_{VS} + \frac{U_{REF}}{2 \times (2^n - 1)} \right), \quad (2)$$

де ΔI - різниця вхідних струмів операційного підсилювача; U_{SM} - напруга зміщення нуля операційного підсилювача; U_N - напруга шуму на виході фотоприймача, яка залежить від шумового струму I_{NR} резистора в колі зворотнього зв'язку, шумового струму фотодіоду I_{ND} , шумового струму операційного підсилювача I_{NA} та напруги шуму операційного підсилювача E_{NA} ; K_0 - коефіцієнт передачі операційного підсилювача; R_{IN} - вхідний опір операційного підсилювача; Δ_{VS} - похибка встановлення, яка зумовлена відхиленням від вертикалі положення молокоприймальної камери доїльного апарату, коливанням поверхні молока, наявністю крапель та піни; U_{REF} - опорна напруга аналого-цифрового перетворювача; n - розрядність аналого-цифрового перетворювача; I_S - темновий струм фотодіоду; e_e - заряд електрону; U_{VD} - падіння напруги на фотодіоді; T - абсолютна температура; k - постійна Больцмана.

Представимо результат вимірювання рівню молока у молокоприймальній камері доїльного апарату у вигляді суми $H_M \pm \Delta_M$, позначимо через S_M площу

дна молокоприймальної камери. Тоді загальний удій тварини визначається виразом

$$V_M = S_M \sum_{i=1}^{N_M} (H_{Mi} \pm \Delta_M) = S_M \sum_{i=1}^{N_M} H_{Mi} \pm S_M N_M \Delta_M, \quad (3)$$

де N_M - кількість порцій молока, скинутих в молокопровід на протязі часу доїння однієї тварини.

Друга складова виразу (3) визначає абсолютну похибку вимірювання удою тварини при проведенні одного доїння

$$\Delta_V = S_M N_M \Delta_M. \quad (4)$$

З урахуванням того, що похибка вимірювання часового інтервалу незначна у порівнянні з іншими складовими і практично не впливає на результат вимірювання, середня інтенсивність молоковиділення, яка є відношенням удою до часу доїння, визначається за виразом

$$I_C = \frac{V_M \pm \Delta_V}{T_D} = \frac{V_M}{T_D} \pm \frac{S_M N_M \Delta_M}{T_D}, \quad (5)$$

де T_D - час доїння тварини.

Друга складова виразу (5) визначає абсолютну похибку вимірювання середньої інтенсивності молоковиділення

$$\Delta_C = \frac{S_M N_M \Delta_M}{T_D}. \quad (6)$$

Інтенсивність молоковиділення на протязі перших тридцяти секунд після початку доїння визначається виразом

$$I_{30} = \frac{V_{M30} \pm \Delta_{V30}}{T_{30}} = \frac{V_{M30}}{T_{30}} \pm \frac{S_M N_{M30} \Delta_M}{T_{30}}, \quad (7)$$

де V_{M30} - удій тварини на тридцятій секунді після початку доїння; Δ_{V30} - абсолютна похибка вимірювання удою на тридцятій секунді після початку доїння; T_{30} - часовий інтервал тривалістю тридцять секунд; N_{M30} - кількість порцій молока, яку були сформовані станом на тридцяту секунду після початку доїння.

У цьому випадку, абсолютна похибка вимірювання інтенсивності молоковиділення на протязі тридцяти секунд після початку доїння визначається виразом

$$\Delta_{I30} = \frac{S_M N_{M30} \Delta_M}{T_{30}}. \quad (8)$$

Інтенсивність молоковиділення на протязі часового інтервалу від тридцяти до шестидесяти секунд після початку доїння визначається виразом

$$I_{60} = \frac{V_{M60} \pm \Delta_{V60} - V_{M30} \pm \Delta_{V30}}{T_{30}} = \frac{V_{M60} - V_{M30}}{T_{30}} \pm \frac{S_M \Delta_M (N_{M60} + N_{M30})}{T_{30}}, \quad (9)$$

де V_{M60} - удій тварини на шестидесятій секунді після початку доїння; Δ_{V60} - абсолютна похибка вимірювання удою на шестидесятій секунді після початку доїння; N_{M60} - кількість порцій молока, яку були сформовані станом на шестидесяту секунду після початку доїння.

Відповідно, абсолютна похибка вимірювання інтенсивності молоковиділення на часовому інтервалі від тридцяти до шестидесяти секунд після початку доїння визначається другою складовою виразу (9)

$$\Delta_{I_{60}} = \frac{S_M \Delta_M (N_{M60} + N_{M30})}{T_{30}}. \quad (10)$$

Інтенсивність молоковиділення на протязі часового інтервалу від шестидесяти до дев'яноста секунд після початку доїння визначається виразом

$$I_{90} = \frac{V_{M90} \pm \Delta_{V90} - V_{M60} \pm \Delta_{V60}}{T_{30}} = \frac{V_{M90} - V_{M60}}{T_{30}} \pm \frac{S_M \Delta_M (N_{M90} + N_{M60})}{T_{30}}, \quad (11)$$

де V_{M90} - удій тварини на дев'яностах секундах після початку доїння; Δ_{V90} - абсолютна похибка вимірювання удою на дев'яностах секундах після початку доїння; N_{M90} - кількість порцій молока, яку були сформовані станом на дев'яносту секунду після початку доїння.

Абсолютна похибка вимірювання інтенсивності молоковиділення на часовому інтервалі від шестидесяти до дев'яноста секунд після початку доїння визначається другою складовою виразу (11)

$$\Delta_{I_{90}} = \frac{S_M \Delta_M (N_{M90} + N_{M60})}{T_{30}}. \quad (12)$$

Миттєва інтенсивність молоковиділення визначається як перша похідна удою за часом, часовий інтервал цифрового диференціювання у цьому випадку значно менший, ніж час, за який у молокоприймальній камері формується порція молока. Позначимо через H_{M1} рівень молока у камері в момент часу t_1 , а через H_{M2} - рівень молока у камері в момент часу t_2 . Тоді вираз, за яким визначається миттєва інтенсивність молоковиділення

$$I_M = \frac{S_M (H_{M2} - H_{M1} \pm 2\Delta_M)}{t_2 - t_1} = \frac{S_M (H_{M2} - H_{M1})}{t_2 - t_1} \pm \frac{2\Delta_M}{t_2 - t_1}. \quad (13)$$

Таким чином, абсолютна похибка вимірювання миттєвої інтенсивності молоковиділення визначається виразом

$$\Delta_{IM} = \frac{2\Delta_M}{t_2 - t_1}. \quad (14)$$

Важливим зоотехнічним параметром тварини є час припуску молока. В середньому, якщо тварини не тугодійна, не хвора, не знаходиться в стані стресу та якісно підготована дояром до доїння, то на протязі двадцяти секунд після початку доїння її мінімальний удій повинен складати сто грам молока [7-9]. Об'єм молокоприймальної камери доїльного апарату значно перевищує об'єм, який відповідає ста грамам молока, тобто $N_M = 1$. Виходячи з цього, справедливий вираз

$$V_{M100} = S_M H_{M100} \pm S_M \Delta_M, \quad (15)$$

де V_{M100} - об'єм молока, який відповідає ста грамам його ваги; H_{M100} - рівень молока у молокоприймальній камері, який який відповідає ста грамам його ваги.

Абсолютна похибка вимірювання значення V_{M100} визначається виразом

$$\Delta_{V_{100}} = S_M \Delta_M. \quad (16)$$

Алгоритм контролю часу припуску молока полягає в наступному. Через двадцять секунд після початку доїння здійснюється вимірювання об'єму молока у молокоприймальній камері. Якщо виміряне у цей момент часу значення об'єму більше або дорівнює V_{M100} , вважається, що час припуску відповідає нормі.

Розглянемо можливість спрощення виразу (2), який визначає абсолютну похибку вимірювання рівню молока. Різниця вхідних струмів ΔI для сучасних операційних підсилювачів складає одиниці нА, а напруга зміщення U_{SM} - одиниці мВ. При умовах $U_F \gg U_{SM}$ та $I_{VD} \gg \Delta I$, значеннями U_{SM} та ΔI можна знехтувати. При використанні елементної бази з низьким рівнем шумів, шумовою складовою U_N виразу (2) можна знехтувати. Внаслідок малого значення темного струму сучасних фотодіодів, яке складає одиниці наноампер, можна вважати, що $I_s \approx 0$. Вхідний опір сучасних операційних підсилювачів складає десятки або сотні МОм, що значно перевищує опір R_{ZZ} в колі зворотного зв'язку та внутрішній опір фотодіоду. Коефіцієнт передачі сучасних операційних підсилювачів також дуже високий. Виходячи з цього справедливий вираз

$$\lim_{\substack{K_0 \rightarrow \infty \\ R_{IN} \rightarrow \infty}} \left(\frac{R_{ZZ}}{K_0 R_{IN}} + \frac{1}{K_0} \right) = 0. \quad (17)$$

При використанні аналого-цифрового перетворювача з великою кількістю розрядів вихідного коду, похибка квантування значно менша за похибку встановлення, виникнення якої зумовлено відхиленням від вертикалі положення молокоприймальної камери доїльного апарату, коливанням поверхні молока, наявністю крапель та піни, іншими випадковими факторами, серед яких неможливо визначити домінуючий. Виходячи з цього, основною складовою похибки вимірювання рівню молока є похибка встановлення, розподіл абсолютної похибки вимірювання рівню молока у молокоприймальній камері доїльного апарату при використанні фотоелектричного перетворювача рівню можна прийняти за нормальний.

Експериментальні дослідження

Дослідження експериментального зразка переносного доїльного апарату для стійлової доїльної установки з фотоелектричним перетворювачем рівню проводилися в СТОВ "Колос", с. Капустяни, Тростянецького району Вінницької області (Україна). Експериментальні доїння здійснювалися у групі з сорока вісьми тварин за допомогою трьох доїльних апаратів, один із яких експериментальний, а два інші - стандартні доїльні апарати УДМ.05.000 виробництва ВАТ "Брацлав" з механічним попарним пульсатором без функції керування процесом доїння. Під час досліджень було проведено чотириста вісімдесят доїнь різних тварин у групі за допомогою експериментального зразка доїльного апарату, тобто за його допомогою видоювалась третина усіх тварин групи на протязі п'ятнадцяти ранкових та п'ятнадцяти вечірніх доїнь. Результати вимірювання удою, отримані за допомогою експериментального зразка

доїльного апарату, порівнювались з результатами, отриманими за допомогою приладу для проведення контрольних доїнь ІУ-1, виробництва ВАТ "Брацлав", які вважались дійсним значенням вимірюваної величини. В результаті досліджень встановлено, що закон розподілу похибки вимірювання рівню молока, у відповідності з критерієм згоди Пірсона [10], наближений до нормального. Максимальна відносна похибка вимірювання удою не перевищує 6 %, відносне середньоквадратичне значення похибки вимірювання удою складає 2,7 %. Відносне середньоквадратичне значення похибки вимірювання середньої інтенсивності молочного потоку та інтенсивності молочного потоку на протязі перших тридцяти секунд від початку доїння складає 3,1 %, миттєвої інтенсивності молочного потоку - 4,2 %, часу припуску - 2,6 %, інтенсивності молочного потоку протягом часового інтервалу з тридцяти до шестидесяти секунд від початку доїння та інтенсивності молочного потоку протягом часового інтервалу з шестидесяти до дев'яноста секунд від початку доїння - 7,2 %. Експериментально встановлене значення максимальної відносної похибки вимірювання удою за допомогою аналогічних засобів [1, 2] складає 9–15 %, в залежності від ступеню піноутворення.

Висновки

1. Отримано залежності, за допомогою яких, при використанні засобу вимірювання рівню з фотоелектричним вимірювальним перетворювачем, на основі результатів прямих вимірювань рівню молока у молокоприймальній камері доїльного апарату та поточного часу, визначаються удій тварини, середня інтенсивність молочного потоку, час доїння, час припуску, інтенсивність молочного потоку протягом перших тридцяти секунд від початку доїння, інтенсивність молочного потоку протягом часового інтервалу з тридцяти до шестидесяти секунд від початку доїння, інтенсивність молочного потоку протягом часового інтервалу з шестидесяти до дев'яноста секунд від початку доїння, миттєве значення інтенсивності молочного потоку.

2. Проведено теоретичні дослідження та отримано аналітичні вирази для абсолютних похибок непрямих вимірювань разового удою, середньої інтенсивності молочного потоку, удою, який відповідає часу припуску, інтенсивності молочного потоку протягом перших тридцяти секунд від початку доїння, інтенсивності молочного потоку протягом часового інтервалу з тридцяти до шестидесяти секунд від початку доїння, інтенсивності молочного потоку протягом часового інтервалу з шестидесяти до дев'яноста секунд від початку доїння, миттєвого значення інтенсивності молочного потоку.

3. В результаті експериментальних досліджень засобу вимірювання рівню молока з фотоелектричним вимірювальним перетворювачем встановлено відповідність експериментальних даних отриманим теоретичним результатам. Закон розподілу похибки вимірювання рівню молока наближений до нормального. Експериментальний засіб вимірювання рівню молока забезпечує більш високу точність вимірювання зоотехнічних параметрів, ніж відомі аналоги.

Література

1. Кучерук, В. Ю. Датчик інтенсивності молоковіддачі переносного доїльного апарату для стійлового молокопроводу [Текст] / В. Ю. Кучерук, П. І. Кулаков, Є. А. Паламарчук, Т. В. Гнесь // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2013. – №3. – с. 44-48.
2. Каталог продуктів і послуг ДеЛаваль [Текст], 2011. – 372 с.
3. Цой, Ю. А. Процеси і обладнання доїльно-молочних відділень животноводчих ферм [Текст] / Ю. А. Цой. – М. : ГНУ ВИЭСХ, 2010. – 424 с.
4. Залманзон, Л. А. Микропроцессоры и управление потоками жидкости и газа [Текст] / Л. А. Залманзон. – М.: Наука, 1984. – 320 с.
5. Кучерук, В. Ю. Засіб вимірювання рівню молока для переносного доїльного апарату стійлової установки [Текст] / В. Ю. Кучерук, П. І. Кулаков, Є. А. Паламарчук, Т. В. Гнесь // Восточно-европейский журнал передовых технологий. - 2014. - № 3/9 (69). - с. 16-22.
6. Де Монмоллен, Н. Системы «человек-машина» [Текст] / Н. Де Монмоллен. – М.: Мир, 1973. – 256 с.
7. Голиков, А.Н. Новое в физиологии и нервной системе сельскохозяйственных животных [Текст] / А. Н. Голиков, Е. И. Любимов - М.: Колос, 1977. – 110 с.
8. Грачев, И. И. Физиология лактации сельскохозяйственных животных [Текст] / И. И. Грачев, В. П. Ланцев. - М.: Колос, 1974. - 280 с.
9. Вальдман, Э. К. Физиология машинного доения коров [Текст] / Э. К. Вальдман. - М.: Колос, 1977. - 192 с.
10. Новицкий, П. В. Оценка погрешностей результатов измерений [Текст] : произв. изд. / П. В. Новицкий, И. А. Зограф. – Л. : Энергоатомиздат, 1991. – 304 с.

Referenses

1. Kucheruk, V. Y., Kulakov, P. I., Palamarchuk, E. A., Gnes, T. V. (2013). Milking intensity sensor of portable milking machine for stabling milking farm. Measuring and computing equipment in industrial processes, 3, 44–48
2. Catalogue of products and services DeLaval (2011), 372.
3. Tsoy, Y. A. (2010). Processes and equipment of milk departments of farms. - M.: GNU VIESH, 424.
4. Zalmanzon, L. A. (1984). Microprocessors and control of the liquid and gas flow. - M.: Nauka, 320.
5. Kucheruk, V. Y., Kulakov, P. I., Palamarchuk, E. A., Gnes, T. V. (2014). Means of milk level measuring for portable farmyard milking machine. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, Vol. 3, № 9 (69), 16–22.
6. De Monmollen, N. (1973). The "man-machine" systems. Mir, 256.
7. Golikov, A. N., Lyubimov, E. I. (1977). New in the physiology and nervous system of the farm animals. - M.: Kolos, 110.
8. Grachev, I. I., Lantsev V. P. (1974). Lactation physiology of farm animals. - M.: Kolos, 280.
9. Valdman, E. K. (1977). Physiology of machine milking of the cows. - M.: Kolos, 192.

10. Novickiy, P. V., Zograf, I. A. (1991). Estimation of errors of measurement results. Energoatomizdat, 304.

Відомості про авторів

ПІБ: Кучерук Володимир Юрійович

Науковий ступінь: доктор технічних наук

Вчене звання: професор

Посада: завідувач кафедри метрології та промислової автоматики

Установа: Вінницький національний технічний університет

Контактний тел. 0432-59-86-72

E-mail: kucheruk@mail.ru

ПІБ: Паламарчук Євген Анатолійович

Науковий ступінь: кандидат технічних наук

Вчене звання: доцент

Посада: професор кафедри економічної кібернетики

Установа: Вінницький національний аграрний університет

Контактний тел. 0432-43-85-20

E-mail: evgen.pal@gmail.com

ПІБ: Кулаков Павло Ігорович

Науковий ступінь: кандидат технічних наук

Вчене звання: доцент

Посада: доцент кафедри метрології та промислової автоматики

Установа: Вінницький національний технічний університет

Контактний тел. 0432-59-86-72

E-mail: kulakovpi@gmail.com

ПІБ: Гнесь Тетяна Вікторівна

Науковий ступінь: -

Вчене звання: -

Посада: аспірант кафедри метрології та промислової автоматики

Установа: Вінницький національний технічний університет

Контактний тел. 0432-59-86-72

E-mail: tata-1990@mail.ru

Сведения об авторах

ФИО: Кучерук Владимир Юрьевич

Ученая степень: доктор технических наук

Ученое звание: профессор

Должность: заведующий кафедрой метрологии и промышленной автоматики

Организация: Винницкий национальный технический университет

Контактный тел. 0432-59-86-72

E-mail: kucheruk@mail.ru

ФИО: Паламарчук Євген Анатолійович
Ученая степень: кандидат технических наук
Ученое звание: доцент
Должность: профессор кафедры экономической кибернетики
Организация: Винницкий национальный аграрный университет
Контактный тел. 0432-43-85-20
E-mail: evgen.pal@gmail.com

ФИО: Кулаков Павло Ігорович
Ученая степень: кандидат технических наук
Ученое звание: доцент
Должность: доцент кафедры метрологии и промышленной автоматике
Организация: Винницкий национальный технический университет
Контактный тел. 0432-59-86-72
E-mail: kulakovpi@gmail.com

ФИО: Гнесь Татьяна Викторовна
Ученая степень: -
Ученое звание: -
Должность: аспирант кафедры метрологии и промышленной автоматике
Организация: Винницкий национальный технический университет
Контактный тел. 0432-59-86-72
E-mail: tata-1990@mail.ru

Information about the authors

Name: Kucheruk Volodymyr
Degree: Doctor of engineering
Academic title: Professor
Job: Head of department of metrology and industrial automatics
Organization: Vinnytsia National Technical University
Contact tel. 0432-59-86-72
E-mail: kucheruk@mail.ru

Name: Palamarchuk Yevhen
Degree: Candidate of engineering
Academic title: Assistant professor
Job: Professor of department of economic cybernetics
Organization: Vinnytsia National Agrarian University
Contact tel. 0432-43-85-20
E-mail: yevgen.pal@gmail.com

Name: Kulakov Pavlo
Degree: Candidate of engineering
Academic title: Assistant professor
Job: Assistant professor of department of metrology and industrial automatics

Organization: Vinnytsia National Technical University
Contact tel. 0432-59-86-72
E-mail: kulakovpi@gmail.com

Name: Gnes Tatiana

Degree: -

Academic title: -

Job: Postgraduate student of department of metrology and industrial automatics

Organization: Vinnytsia National Technical University

Contact tel. 0432-59-86-72

E-mail: tata-1990@mail.ru