

УДК 681.12:637.11

В.Ю. КУЧЕРУК,  
П.І. КУЛАКОВ,  
В.С. МАНЬКОВСЬКА,  
К.О. ЗУБЕНКО,  
А.П. КУЛАКОВА

Вінницький національний технічний університет

## ВИМІРЮВАЛЬНІ ПЕРЕТВОРЮВАЧІ РІВНЯ МОЛОКА З ДИСКРЕТНИМ ВИХІДНИМ СИГНАЛОМ ДЛЯ МОЛОКОПРИЙМАЛЬНОЇ КАМЕРИ ДОЇЛЬНОГО АПАРАТА

*У статті розглянуто два варіанта вимірювальних перетворювачів рівня молока з дискретним вихідним сигналом для молокоприймальної камери доїльного апарата. За допомогою таких перетворювачів можливе вимірвання разового удою, миттєвої інтенсивності молоковіддачі, середньої інтенсивності молоковіддачі, інтенсивності молоковіддачі протягом перших трьох тридцятисекундних часових інтервалів від початку доїння та тривалості часу припуску.*

*Ключові слова: рівень молока, молокоприймальна камера, управління процесом доїння, доїльний апарат.*

V. KUCHERUK,  
P. KULAKOV,  
V. MANKOVSKA,  
K. ZUBENKO,  
A. KULAKOVA

Vinnitsia National Technical University

## MEASURING TRANSDUCER OF MILK LEVEL WITH DISCRETE OUTPUT SIGNAL FOR THE MILK OF THE RECEIVING CHAMBER OF MILKING APPARATUS

*In the article two variants of measuring transducers of the level of milk with a discrete output signal for the milk receiving chamber of the milking machine are considered. With the aid of such transducers, one-time lamb measurements, instantaneous milk yield intensity, average milk yield intensity, milk yield intensity during the first three thirty-second time intervals from the start of milking and the length of time of admission are possible. The proposed milk level measuring converters in milk receiving chamber of a milking machine with a discrete output signal (photoelectric and on the basis of MAE) are intended for use on steady milking units as part of portable milking machines and provide the necessary precision of the measurement transformation for controlling the milking process. On the functioning of the measuring transducer, the level of milk in the milk sampling chamber of the milking machine with a discrete output signal based on the MAE is not affected by the contamination of the milk receiving chamber, but it has moving parts, which reduces the reliability of its operation. Photoelectric measuring transducer of the milk level in the milk receiving chamber of the milking machine with a discrete output signal of the moving parts does not have, but its functioning can be influenced by the contamination of the milk receiving chamber.*

*Keywords: milk level, milk receiving chamber, milking control, milking apparatus.*

ВСТУП. Використання традиційних засобів вимірювання кількості рідини для вимірювання параметрів молоковіддачі, запозичених з інших галузей, виявилось малоефективним, оскільки процес молоковіддачі є унікальним, а точність молокомірів залежить від фізико-хімічних властивостей молока, динаміки молоковіддачі, ряду інших специфічних чинників. Найчастіше для вимірювання параметрів молоковіддачі використовують ковшовий вимірювальний перетворювач або спеціалізовані оптичні та кондуктометричні перетворювачі. За допомогою засобів на їх основі забезпечується вимірювання удою, тривалості доїння, інтенсивності потоку молока та інших параметрів, які необхідні для реалізації оптимального доїння. Але вищевказані перетворювачі призначені для роботи у складі стаціонарних доїльних установок у доїльних залах. Виходячи з цього, розробка нових вимірювальних перетворювачів параметрів молоковіддачі, орієнтованих на використання у складі стійлових доїльних установок, є важливим та актуальним завданням.

АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ. У роботі [1] розглянуто оптичний вимірювальний перетворювач інтенсивності потоку молока. При його використанні неможливо забезпечити високу точність вимірювання удою та інших похідних параметрів внаслідок значного впливу на результат вимірювання піни та бульбашок повітря, які виникають на виході колектора. Внаслідок випадкового характеру появи пазирів та піни у молочній лінії доїльного апарата значно збільшується похибка вимірювального перетворення традиційних кондуктометричних перетворювачів витрати рідини [2]. У оптичного кореляційного витратоміру молока, який пропонується у [3], похибка вимірювання значно збільшується при великих

значеннях молочного потоку та при наявності у ньому піни. Це пов'язано з тим, що взаємкорельовані вихідні сигнали розташованих на певній відстані фотоприймачів у цих умовах втрачають подібність. При використанні ротаційних витратомірів [4] для вимірювання інтенсивності молочного потоку виникає швидке їх забруднення молочним каменем, що призводить до збільшення похибки та відмов, а за допомогою існуючих технічних та хімічних засобів неможливо забезпечити їх якісне промивання. Використання ультразвукових витратомірів [5, 6] для вимірювання інтенсивності молочного потоку виявилось малоефективним внаслідок значного збільшення похибки вимірювання при малих потоках молока. Широко розповсюджені ковшові перетворювачі та засоби вимірювання кількості молока на їх основі [7, 8] відрізняються надійністю. Але при використанні ковшових перетворювачів удій визначається з значною дискретністю, що унеможливає високоточне вимірювання миттєвої інтенсивності молоковіддачі, що є важливим для визначення моменту зняття доїльного апарата.

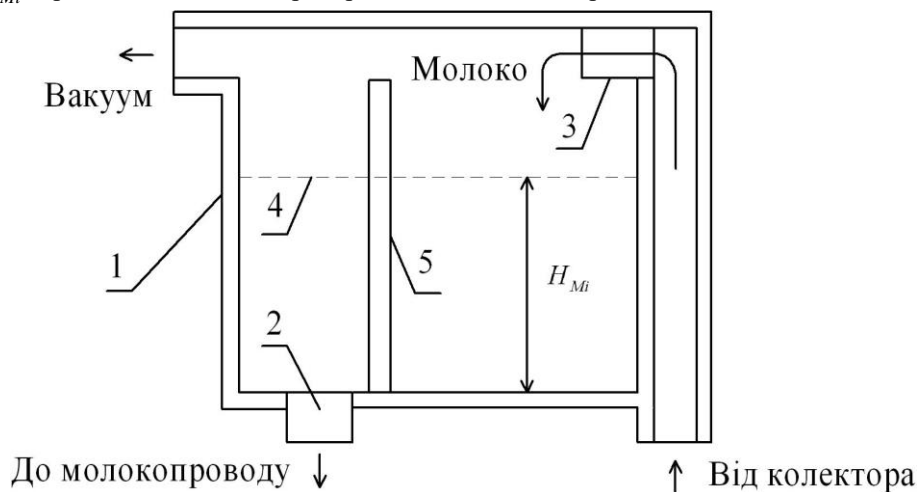
**ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ.** Для використання у доїльному обладнанні бажано використовувати безконтактні вимірювальні перетворювачі, наприклад фотоелектричні, у яких відсутні рухомі частини. Ця обставина зумовлена тим, що наявність рухомих частин значно погіршує якість промивки, внаслідок чого збільшується бактеріальна заплідненість молока. Перспективним на стійлових доїльних установках, які використовуються при прив'язному утриманні тварин, є вимірювання параметрів молоковіддачі на основі порціонного вимірювання рівня молока у молокоприймальній камері, що зумовлює необхідність розробки спеціалізованих первинних вимірювальних перетворювачів рівня молока та засобів вимірювання і управління процесом доїння на їх основі.

**РІШЕННЯ ПРОБЛЕМИ.** Розглянемо конструкцію та принцип дії молокоприймальної камери доїльного апарата, схематичне креслення якої наведено на рис. 1. 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 певний первинний вимірювальний перетворювач рівня рідини та зливний електроклапан. В процесі доїння рівень молока в молокоприймальній камері збільшується. Після досягнення певного рівня відкривається зливний клапан і накопичене в камері молоко скидається у загальний молокопровід. В залежності від інтенсивності молоковіддачі встановлюється рівень, при якому здійснюється скидання молока.

Позначимо через  $S_M$  площу дна молокоприймальної камери, тоді об'єм  $i$ -ї порції молока визначається виразом

$$V_{Mi} = S_M H_{Mi}, \quad (1)$$

де  $H_{Mi}$  – рівень молока в камері перед скиданням  $i$ -ї порції.



**Рис. 1. Схематичне креслення молокоприймальної камери доїльного апарата:**

1 – корпус камери; 2 – зливний електроклапан; 3 – піновідділювач; 4 – рівень молока; 5 – вимірювальний перетворювач рівня рідини

Разовий удій тварини визначається виразом

$$V_R = S_M \sum_{i=1}^{N_M} H_{Mi} = \sum_{i=1}^{N_M} V_{Mi}, \quad (2)$$

де  $N_M$  – кількість порцій молока, скинутих в молокопровід протягом одного доїння.

Протягом доїння вимірюється поточний час та тривалість доїння  $t_{TD}$ . Середню інтенсивність

молоковіддачі  $I_{MS}$  визначають як відношення разового удою до тривалості доїння

$$I_{MS} = \frac{V_R}{t_D} = \frac{1}{t_D} S_M \sum_{i=1}^{N_M} H_{Mi} = \frac{1}{t_D} \sum_{i=1}^{N_M} V_{Mi} \quad (3)$$

Інтенсивність молоковіддачі протягом перших тридцяти секунд після початку доїння визначається виразом

$$I_{30} = \frac{V_{M30}}{T_{30}}, \quad (4)$$

де  $V_{M30}$  – удій тварини на тридцятій секунді після початку доїння;  $T_{30}$  – часовий інтервал тривалістю тридцять секунд.

Удій на тридцятій секунді після початку доїння визначається за виразом

$$V_{M30} = S_M \left( H_{M30} + \sum_{i=1}^{N_{M30}} H_{Mi} \right), \quad (5)$$

де  $H_{M30}$  – рівень молока у молокоприймальній камері доїльного апарата на тридцятую секунду після початку доїння;  $N_{M30}$  – кількість повних порцій молока, що були сформовані станом на тридцятую секунду після початку доїння.

Інтенсивність молоковіддачі на протязі часового інтервалу від тридцяти до шістдесяти секунд після початку доїння визначається виразом

$$I_{60} = \frac{V_{M60} - V_{M30}}{T_{30}}, \quad (6)$$

де  $V_{M60}$  – удій тварини на шістдесятій секунді після початку доїння.

Удій на шістдесятій секунді після початку доїння визначається за виразом

$$V_{M60} = S_M \left( H_{M60} + \sum_{i=1}^{N_{M60}} H_{Mi} \right), \quad (7)$$

де  $H_{M60}$  – рівень молока у молокоприймальній камері доїльного апарата на шістдесяту секунду після початку доїння;  $N_{M60}$  – кількість повних порцій молока, що були сформовані станом на шістдесяту секунду після початку доїння.

Інтенсивність молоковіддачі протягом часового інтервалу від шістдесяти до дев'яноста секунд після початку доїння визначається виразом

$$I_{90} = \frac{V_{M90} - V_{M60}}{T_{30}}, \quad (8)$$

де  $V_{M90}$  – удій тварини на дев'яностій секунді після початку доїння.

Удій на дев'яностій секунді після початку доїння визначається виразом

$$V_{M90} = S_M \left( H_{M90} + \sum_{i=1}^{N_{M90}} H_{Mi} \right), \quad (9)$$

де  $H_{M90}$  – рівень молока у молокоприймальній камері доїльного апарата на дев'яносту секунду після початку доїння;  $N_{M90}$  – кількість повних порцій молока, що були сформовані станом на дев'яносту секунду після початку доїння.

Миттєва інтенсивність молоковіддачі визначається як перша похідна удою за часом, час цифрового диференціювання у цьому випадку значно менший, ніж час, за який у молокоприймальній камері формується порція молока. Позначимо через  $V_{M1}$  об'єм молока у камері в момент часу  $t_1$ , а через  $V_{M2}$  – об'єм молока у камері в момент часу  $t_2$ . Тоді вираз, за яким визначається миттєва інтенсивність молоковіддачі

$$I_{MV} = \frac{V_{M2} - V_{M1}}{t_2 - t_1} = \frac{S_M (H_{M2} - H_{M1})}{t_2 - t_1}, \quad (10)$$

де  $H_{M1}$ ,  $H_{M2}$  – відповідно рівень молока у камері в моменти часу  $t_1$  та  $t_2$ . Час припуску молока  $T_p$  визначається як час після початку доїння, за який удій тварини склав сто грам. Об'єм

молокоприймальної камери доїльного апарата перевищує об'єм, який відповідає ста грамам молока, тобто  $N_M = 1$ . Виходячи з цього, об'єм молока, який відповідає ста грамам його ваги, визначається виразом

$$V_{M100} = S_M H_{M100}, \quad (11)$$

де  $H_{M100}$  – рівень молока у молокоприймальній камері, який відповідає ста грамам його ваги.

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 молока більше або дорівнює  $V_{M100}$ , вважається, що час припуску відповідає нормі.

Розглянемо рис. 2, на якому наведено схематичне креслення молокоприймальної камери доїльного апарата з вимірювальним перетворювачем рівня молока з дискретним вихідним сигналом на основі МАЕ [9, 10].

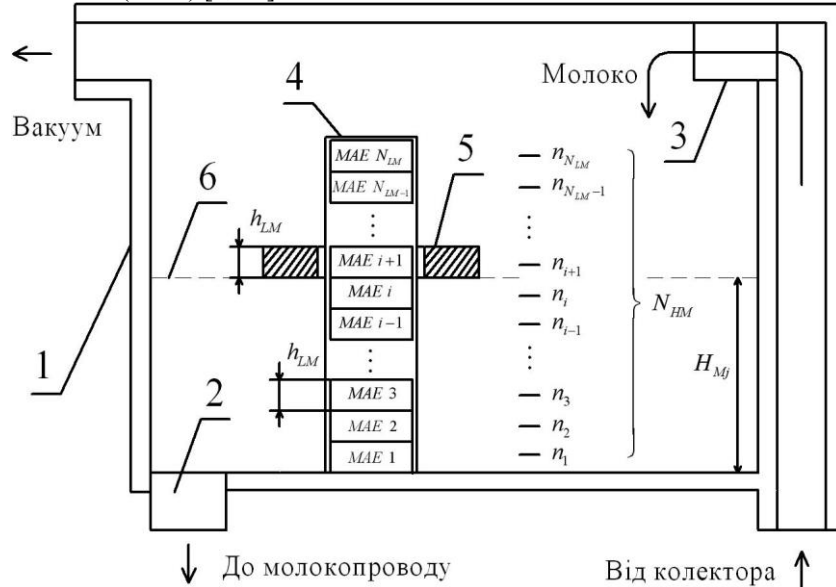


Рис. 2. Схематичне креслення молокоприймальної камери доїльного апарата з вимірювальним перетворювачем рівня молока з дискретним вихідним сигналом на основі МАЕ:

- 1 – корпус камери; 2 – зливний електроклапан; 3 – піновідділювач; 4 – МАЕ;  
 5 – поплавок з магнітом; 6 – рівень молока

У молокоприймальній камері, у вертикальному напрямку, один за одним розташовано  $N_{LM}$  МАЕ, які являють собою елементи Хола або магніторезистори. В процесі доїння, рівень молока в камері збільшується, в результаті, поплавок з магнітом змінює своє вертикальне положення у відповідності з рівнем молока. Коли певний МАЕ знаходиться в безпосередній близькості від магніту з поплавком, змінюється його вихідний сигнал. Вихідні параметри усіх МАЕ за допомогою відповідних перетворювачів трансформуються у логічні рівні. Якщо  $i$ -й МАЕ активований, то на виході  $n_i$ ,  $i$ -го перетворювача з'являється рівень логічної одиниці, в протилежному випадку – рівень логічного нуля. Таким чином, логічними рівнями вихідних сигналів перетворювачів  $n_1 - n_{N_{LM}}$  утворюється код  $N_{HM}$ , який має  $N_{LM}$  розрядів, значення якого визначає вертикальне положення поплавка з магнітом, нижня границя якого збігається з рівнем молока у молокоприймальній камері. Розглянемо рис. 3, на якому наведено варіанти взаємного розташування МАЕ та поплавка з магнітом.

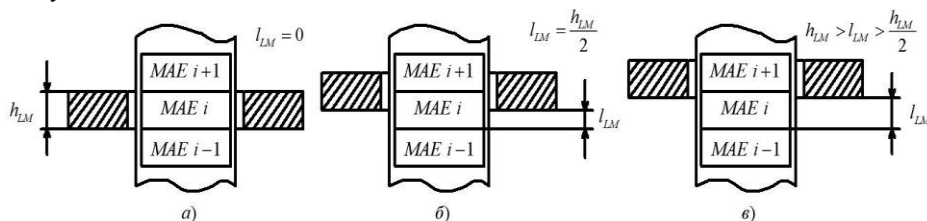


Рис. 3. Варіанти взаємного розташування МАЕ та поплавка з магнітом

Ширина чутливої зони МАЕ та товщина кільцевого магніту рівні між собою та дорівнюють  $h_{LM}$  (рис. 2). Конструктивні параметри кільцевого магніту та МАЕ забезпечені такими, що при нульовому зміщенні  $l_{LM}$  нижньої границі магніту відносно нижньої границі чутливої зони  $i$ -го МАЕ (рис. 3, а),  $n_{i-1} = 0$ ,  $n_i = 1$ ,  $n_{i+1} = 0$ , якщо  $l_{LM} = h_{LM}/2$  (рис. 3, б), то  $n_{i-1} = 0$ ,  $n_i = 1$ ,  $n_{i+1} = 1$ , коли  $h_{LM} > l_{LM} > h_{LM}/2$  (рис. 3, в), то  $n_{i-1} = 0$ ,  $n_i = 0$ ,  $n_{i+1} = 1$ . Виходячи цього, рівень  $j$ -ї порції молока у молокоприймальній камері доїльного апарата визначається виразом

$$H_{Mj} = \begin{cases} (k_{LM} - 1)h_{LM}, \sum_{i=1}^{N_{LM}} n_i = 1; \\ \left(k_{NM} - \frac{1}{2}\right)h_{LM}, \sum_{i=1}^{N_{LM}} n_i = 2, \end{cases} \quad (12)$$

де  $k_{LM}$  – номер біту коду  $N_{HM}$ , який знаходиться в стані логічної одиниці, коли в активному стані знаходиться тільки один МАЕ;  $k_{NM}$  – номер того з двох бітів коду  $N_{HM}$ , що знаходяться в стані логічної одиниці при активному стані двох МАЕ, який має менше значення.

Цей вимірювальний перетворювач можна розглядати як аналого-цифровий перетворювач рівня молока у молокоприймальній камері доїльного апарата. Як слідує з виразу (12), величина кванту перетворення визначається виразом

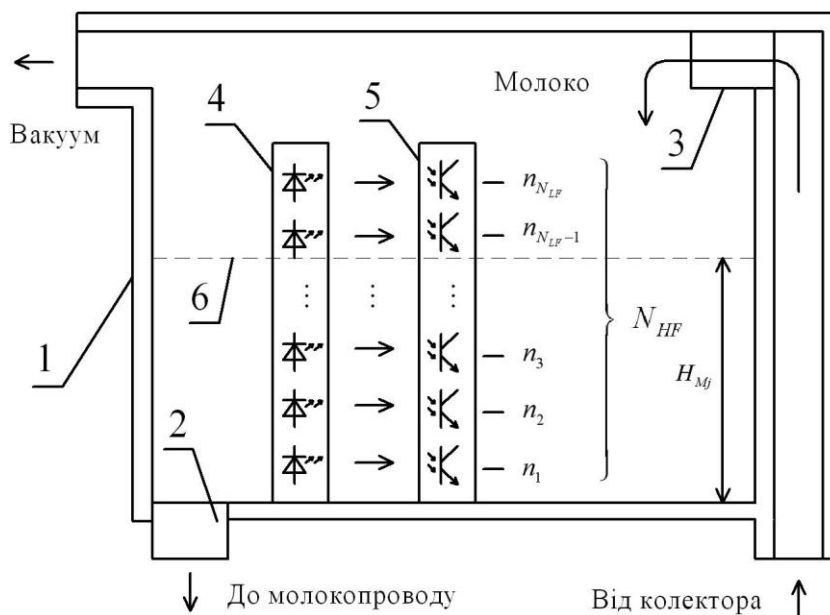
$$q_{LM} = \frac{h_{LM}}{2}. \quad (13)$$

Як відомо [11, 12], максимальне значення похибки квантування АЦП визначається як модуль половини номінального кванта перетворення. Виходячи з цього, максимальне значення похибки квантування цього перетворювача визначається виразом

$$\Delta_{LM \kappa} = \frac{q_{LM}}{2} = \frac{h_{LM}}{4}. \quad (14)$$

Основною перевагою розглянутого перетворювача є те, що якість промивки доїльного обладнання практично не впливає на його характеристики.

Розглянемо схематичне креслення фотоелектричного вимірювального перетворювача рівня молока у молокоприймальній камері доїльного апарата з дискретним вихідним сигналом [13, 14], яке наведено на рис. 4. У молокоприймальній камері, в герметичних прозорих трубках, у вертикальному напрямку, один за одним розташовано  $N_{LF}$  інфрачервоних світлодіодів та фототранзисторів.



**Рис. 4. Схематичне креслення молокоприймальної камери доїльного апарата з фотоелектричним вимірювальним перетворювачем рівня молока з дискретним вихідним сигналом:**

- 1 – корпус камери; 2 – зливний електроклапан; 3 – піновідділювач; 4 – інфрачервоні випромінювачі;
- 5 – фототранзистори, що працюють в ключовому режимі; 6 – рівень молока

При збільшенні рівня молока у камері в процесі доїння, відбувається перекриття молоком фоточутливого шару фототранзисторів, в результаті потік інфрачервоного випромінювання на нього не попадає. Фототранзистори працюють у ключовому режимі, схемотехнічно, транзисторні ключі на основі фототранзисторів реалізовані так, що при попаданні на їх фоточутливий шар певного потоку інфрачервоного випромінювання, на виході транзисторного ключа формується рівень логічного нуля, в протилежному випадку – рівень логічної одиниці [15]. Відповідно, на виході тих транзисторних ключів, фототранзистори яких закриті молоком, присутні рівні логічної одиниці, на виході усіх інших ключів – рівні логічного нуля.

Вихідні сигнали транзисторних ключів утворюють розряди  $n_1 - n_{N_{LF}}$  вихідного коду  $N_{HF}$ , який має  $N_{LF}$  розрядів і значення якого визначає рівень молока. Розглянемо рис. 5, на якому наведено розташування фототранзисторів у молокоприймальній камері доїльного апарата.

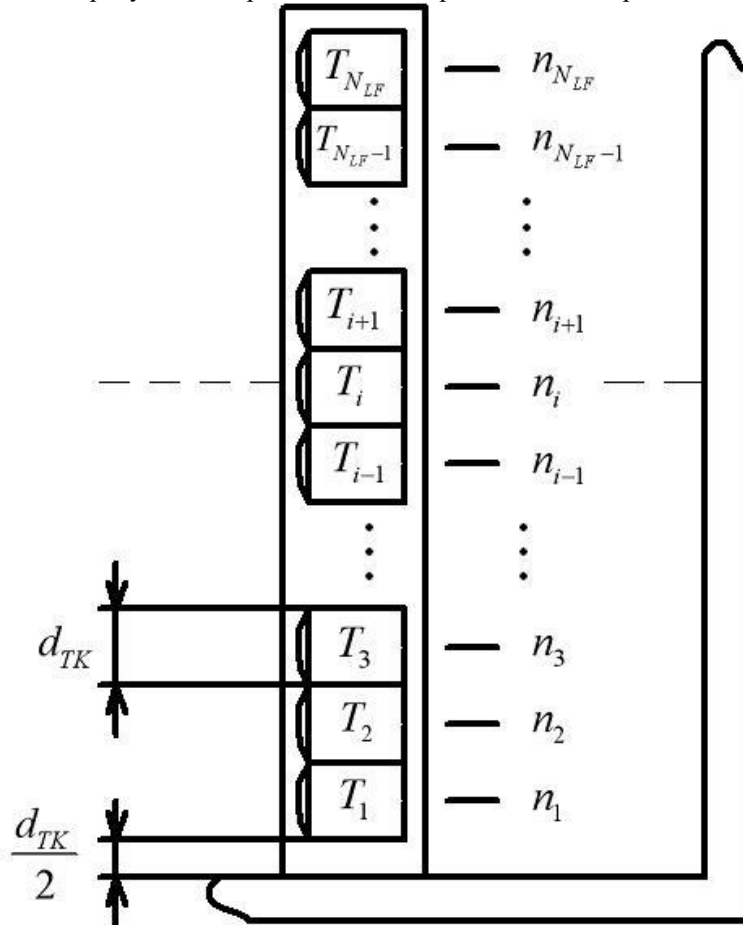


Рис. 5. Розташування фототранзисторів у молокоприймальній камері

Фототранзистори  $T_1, T_2 \dots T_{N_{LF}}$  мають діаметр фоточутливого шару  $d_{TK}$ , відстань від нижньої границі фоточутливого шару першого з низу фототранзистора  $T_1$  до дна молокоприймальної камери дорівнює  $d_{TK}/2$ . Схемотехнічно, транзисторні ключі на основі фототранзисторів реалізовані так, що зміна вихідного стану ключа з логічного нуля в логічну одиницю відбувається при зменшенні світлового потоку в два рази, тобто коли відстань від рівня молока до нижньої границі фоточутливого шару будь-якого з фототранзисторів дорівнює  $d_{TK}/2$  [16]. У цьому випадку рівень  $j$ -ї порції молока у молокоприймальній камері визначається виразом

$$H_{Mj} = d_{TK} \sum_{i=1}^{N_{LF}} n_i \cdot \quad (15)$$

Цей перетворювач також можна розглядати як аналого-цифровий перетворювач рівня молока. Величина номінального кванта перетворення, який є мінімальним приростом рівня, при якому змінюється вихідний код, визначається виразом

$$q_{LF} = d_{TK} \quad (16)$$

Максимальне значення похибки квантування фотоелектричного перетворювача рівня молока у молокоприймальній камері доїльного апарата з дискретним вихідним сигналом визначається виразом

$$\Delta_{LF\ K} = \frac{q_{LF}}{2} = \frac{d_{TK}}{2} \quad (17)$$

За допомогою розглянутих вимірвальних перетворювачів рівня молока з дискретним вихідним сигналом, разовий удій тварини, середня інтенсивність молоковіддачі, інтенсивність молоковіддачі протягом перших тридцяти секунд після початку доїння, інтенсивність молоковіддачі протягом часового інтервалу від тридцяти до шістдесяти секунд після початку доїння, інтенсивність молоковіддачі протягом часового інтервалу від шістдесяти до дев'яноста секунд після початку доїння, миттєва інтенсивність молоковіддачі, час припуску молока, визначаються за виразами (1)–(11).

**ВИСНОВКИ.** Запропоновані вимірвальні перетворювачі рівня молока у молокоприймальній камері доїльного апарата з дискретним вихідним сигналом (фотоелектричний та на основі МАЕ), призначені для використання на стійлових доїльних установках у складі переносних доїльних апаратів та забезпечують необхідну точність вимірвального перетворення для управління процесом доїння. На функціонування вимірвального перетворювача рівня молока у молокоприймальній камері доїльного апарата з дискретним вихідним сигналом на основі МАЕ не впливає забрудненість молокоприймальної камери, але він має рухомі частини, що зменшує надійність його роботи. Фотоелектричний вимірвальний перетворювач рівня молока у молокоприймальній камері доїльного апарата з дискретним вихідним сигналом рухомих частин не має, але на його функціонування може впливати забрудненість молокоприймальної камери.

### Література

1. Кучерук В. Ю. Датчик інтенсивності молоковіддачі переносного доїльного апарата для стійлового молокопроводу / В.Ю. Кучерук, П. І. Кулаков, Є. А. Паламарчук, Т. В. Гнесь // Вимірвальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2013. – № 3. – С. 44–48.
2. Войтюк В. В. Вимірювання витрати молока в молочній лінії доїльного апарата : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук / В. В. Войтюк ; Національний університет «Львівська політехніка». – Л., 2011. – 21 с.
3. Каталог продуктів і послуг DeLaval. – 2011. – 372 с.
4. Цой Ю. А. Процессы и оборудование доильно-молочных отделений животноводческих ферм / Ю. А. Цой. – М. : ГНУ ВИЭСХ, 2010. – 424 с.
5. Залманзон Л. А. Микропроцессоры и управление потоками жидкости и газа / Л. А. Залманзон. – М. : Наука, 1984. – 320 с.
6. А. с. 276609 СССР, МПК А01J 7/00. Групповой счетчик молока / Дриго В. А., Иевиньш Я. К., Карклиньш Я. Э., Балчунс В. А., Озолиньш Л. Я., Кузнецова И. В., Пилькевич И. С. (СССР). – 1151497/30–15 ; заяв. 03.05.1967 ; опубл. 14.07.1970, Бюл. № 23. – 4 с.
7. А. с. 1158118 СССР, МПК А01J 7/00. Устройство для управления процессом доения / Винников И. К., Дриго В. А., Талинский Р. В., Забродина О. Б. (СССР). – 3644471/30–15 ; заявл. 21.09.1983 ; опубл. 30.05.1985, Бюл. № 20. – 5 с.
8. А. с. 982627 СССР, МПК А01J 7/00. Устройство для учета количества молока в процессе доения / Винников И. К., Дриго В. А., Королев В. Ф., Бержицкий Ю. И., Золотуский Ю. Л. (СССР). – 3331003/30–15 ; заявл. 17.05.1981 ; опубл. 23.12.1982, Бюл. № 47. – 4 с.
9. Патент на корисну модель 97209, Україна, G01M 1/22. Пристрій для вимірювання кількості молока для переносного доїльного апарата / Кучерук В. Ю., Паламарчук Є. А., Кулаков П. І., Гнесь Т. В. ; заявник та патентовласник Вінницький національний технічний університет ; заявл. 20.06.2014 ; опубл. 10.03.2015, Бюл. № 5. – 4 с.
10. Кулаков П. І. Вимірвальний перетворювач рівня молока у молокоприймальній камері доїльного апарату на основі магнітоактивних елементів / П. І. Кулаков, У. С. Мельничук // Матеріали третьої міжнародної наукової конференції «Вимірювання, контроль та діагностика в технічних системах (ВКДТС-2015)». – Вінниця, 2015. – С. 64.
11. Интегральные микросхемы: Микросхемы для аналого-цифрового преобразования и средств мультимедиа. – М. : ДОДЭКА, 1996. – 384 с.
12. Федорков Б. Г. Микросхемы ЦАП и АЦП: функционирование, параметры, применение / Б. Г. Федорков, В. А. Телец. – М. : Энергоатомизд., 1990. – 320 с.
13. Кулаков П. І. Елементи теорії вимірвального контролю параметрів біотехнічної системи доїння / П. І. Кулаков. – Вінниця : ВНТУ, 2015. – 220 с. – ISBN 978-966-641-641-7.
14. Патент на корисну модель 97271 Україна: G01M 1/22. Оптичний пристрій для вимірювання кількості молока для переносного доїльного апарата / Кучерук В. Ю., Паламарчук Є. А., Кулаков П. І., Гнесь Т. В. ; заявник та патентовласник Вінницький національний технічний університет ; заявл. 04.08.2014 ; опубл. 10.03.2015, Бюл. № 5. – 4 с.
15. Фелпс Р. 750 практических электронных схем: Справочное руководство / Р. Фелпс. – М. : Мир, 1986. – 584 с.
16. Граф Р. Электронные схемы: 1300 примеров / Р. Граф. – М. : Мир, 1989. – 688 с.

### References

1. Kucheruk V. Yu. Datchyk intensyvnosti molokoviddachi perenosnogo doilnoho aparata dlia stiilovoho molokoprovodu / V.Iu. Kucheruk, P. I. Kulakov, Ye. A. Palamarchuk, T. V. Hnes // Vymiriuvalna ta obchysliuvalna tekhnika v tekhnolohichnykh protsesakh. – 2013. – № 3. – S. 44–48.
2. Voitiuk V. V. Vymiriuvannya vytraty moloka v molochnii linii doilnoho aparata : avtoref. dys. na zdobuttia nauk. stupenia kand. tekhn. nauk / V. V. Voitiuk ; Natsionalnyi universytet «Lvivska politekhnika». – L., 2011. – 21 s.
3. Katalog produktov i uslug DeLaval. – 2011. – 372 s.
4. TSoY YU. A. Protsessyi i oborudovannie doilno-molochnyih otdeleniy jivotnovodcheskih ferm / YU. A. TSoY. – M. : GNU VIESH, 2010. – 424 s.
5. Zalmanzon L. A. Mikroprotsessory i upravlenie potokami jidko–sti i gaza / L. A. Zalmanzon. – M. : Nauka, 1984. – 320 s.

- 
6. A. s. 276609 SSSR, MPK A01J 7/00. Gruppovoy schetchik moloka / Drigo V. A., Ievinsh YA. K., Karklinsh YA. E., Balchuns V. A., Ozolinsh L. YA., Kuznetsova I. V., Pilkevich I. S. (SSSR). – 1151497/30–15 ; zayav. 03.05.1967 ; opubl. 14.07.1970, Byul. № 23. – 4 s.
7. A. s. 1158118 SSSR, MPK A01J 7/00. Ustroystvo dlya upravleniya protsessom doeniya / Vinnikov I. K., Drigo V. A., Talinskiy R. V., Zabrodina O. B. (SSSR). – 3644471/30–15 ; zayavl. 21.09.1983 ; opubl. 30.05.1985, Byul. № 20.– 5 s.
8. A. s. 982627 SSSR, MPK A01J 7/00. Ustroystvo dlya ucheta kolichestva moloka v protsesse doeniya / Vinnikov I. K., Drigo V. A., Korolev V. F., Berjitskiy YU. I., Zolotuskiy YU. L. (SSSR). – 3331003/30–15 ; zayavl. 17.05.1981 ; opubl. 23.12.1982, Byul. № 47. – 4 s.
9. Patent na korysnu model 97209, Ukraina, G01M 1/22. Prystrii dlia vymiriuvannya kilkosti moloka dlia perenosnogo doilnogo aparata / Kucheruk V. Yu., Palamarchuk Ye. A., Kulakov P. I., Hnes T. V. ; zaiavnyk ta patentovlasnyk Vinnytskyi natsionalnyi tekhnichnyi universytet ; zaiavl. 20.06.2014 ; opubl. 10.03.2015, Biul. № 5. – 4 s.
10. Kulakov P. I. Vymiriuvalni peretvoriuvach rivnia moloka u molokopryimalnii kameri doilnogo aparata na osnovi mahnitooaktyvnykh elementiv / P. I. Kulakov, U. S. Melnychuk // Materialy tretoi mizhnarodnoi naukovo konferentsii «Vymiriuvannya, kontrol ta diahnozyka v tekhnichnykh systemakh (VKDTS-2015)». – Vinnytsia, 2015. – S. 64.
11. Integralnye mikroshemy: Mikroshemy dlia analogo-tsifrovogo preobrazovaniya i sredstv multimedia. – M. : DODEKA, 1996. – 384 s.
12. Fedorkov B. G. Mikroshemy TSAP i ATSP: funktsionirovanie, parametry, primeneniye / B. G. Fedorkov, V. A. Telets. – M. : Energoatomizd., 1990. – 320 s.
13. Kulakov P. I. Elementy teorii vymiriuvalnogo kontroliu parametrv biotekhnichnoi systemy doinnia / P. I. Kulakov. – Vinnytsia : VNTU, 2015. – 220 s. – ISBN 978-966-641-641-7.
14. Patent na korysnu model 97271 Ukraina: G01M 1/22. Optychnyi prystrii dlia vymiriuvannya kilkosti moloka dlia perenosnogo doilnogo aparata / Kucheruk V. Yu., Palamarchuk Ye. A., Kulakov P. I., Hnes T. V. ; zaiavnyk ta patentovlasnyk Vinnytskyi natsionalnyi tekhnichnyi universytet ; zaiavl. 04.08.2014 ; opubl. 10.03.2015, Biul. № 5. – 4 s.
15. Felps R. 750 prakticheskikh elektronnykh shem: Spravochnoe rukovodstvo / R. Felps. – M. : Mir, 1986. – 584 s.
16. Graf R. Elektronnyye shemy: 1300 primerov / R. Graf. – M. : Mir, 1989. – 688 s.