



Всеукраїнський науково-технічний журнал

All-Ukrainian Scientific & Technical Journal

ISSN 2520-6168 (Print)

DOI: 10.37128/2520-6168-2020-2



**Machinery
Energetics
Transport
of Agribusiness**



**ТЕХНІКА
ЕНЕРГЕТИКА
ТРАНСПОРТ АПК**



**ТЕХНІКА,
ЕНЕРГЕТИКА,
ТРАНСПОРТ АПК**

Журнал науково-виробничого та навчального спрямування
Видавець: Вінницький національний аграрний університет

Заснований у 1997 році під назвою «Вісник Вінницького державного сільськогосподарського інституту».
Правонаступник видання: Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: Технічні науки.
Свідоцтво про державну реєстрацію засобів масової інформації
КВ № 16644–5116 ПР від 30.04.2010 р.

Всеукраїнський науково – технічний журнал «Техніка, енергетика, транспорт АПК» / Редколегія: Токарчук О.А. (головний редактор) та інші. Вінниця, 2020. 2 (109) . 146 с.

Друкується за рішенням Вченої ради Вінницького національного аграрного університету (протокол №1 від 27.08.2020 р.)

Свідоцтво про державну реєстрацію засобів масової інформації №21906-11806 Р від 12.03.2016р.

Журнал «Техніка, енергетика, транспорт АПК» включено до переліку наукових фахових видань України з технічних наук (Категорія «Б», Наказ Міністерства освіти і науки України від 02.07.2020 року №886)

Головний редактор

Токарчук О.А. – к.т.н., доц., Вінницький національний аграрний університет

Заступник головного редактора

Веселовська Н.Р. – д.т.н., проф., Вінницький національний аграрний університет

Відповідальний секретар

Полевода Ю.А. – к.т.н., доц., Вінницький національний аграрний університет

Члени редакційної колегії

Іскович – Лотоцький Р.Д. – д.т.н., проф., Вінницький національний технічний університет

Цуркан О.В. – к.т.н., доц., Вінницький національний аграрний університет

Булгаков В.М. – д.т.н., проф., академік НААН, Національний університет біоресурсів і природокористування України

Іванчук Я.В. – к.т.н., доц., Вінницький національний технічний університет

Бандура В.М. – к.т.н., проф., Вінницький національний аграрний університет

Зарубіжні члени редакційної колегії

Йордан Максимов – д.т.н., професор Технічного університету Габрово (Болгарія)

Відповідальний секретар редакції **Полевода Ю.А.** кандидат технічних наук, доцент
Адреса редакції: 21008, Вінниця, вул. Сонячна 3, Вінницький національний аграрний університет, тел. 46–00–03

Сайт журналу: <http://tetapk.vsau.org/>

Електронна адреса: pophv@ukr.net



ЗМІСТ

I. МАШИНОВИКОРИСТАННЯ У РОСЛИННИЦТВІ ТА ТВАРИННИЦТВІ*Алієв Е.Б., Миколенко С.Ю., Яропуд В.М., Малегін Р.Д.*

| | |
|--|----------|
| ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ КАВІТАЦІЙНОГО ДИСПЕРГАТОРА-ГОМОГЕНІЗАТОРА СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ СИРОВИНИ РОСЛИННОГО ПОХОДЖЕННЯ НА КОРМОВІ ЦІЛІ..... | 5 |
|--|----------|

Бабин І. А., Гришун А. В.

| | |
|---|-----------|
| ТЕОРЕТИЧНІ ОБҐРУНТУВАННЯ ДЕЯКИХ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ДОЇЛЬНОГО АПАРАТУ З КЕРОВАНИМ РЕЖИМОМ ДОЇННЯ..... | 16 |
|---|-----------|

Грушецький С.М., Яропуд В.М.

| | |
|---|-----------|
| МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ СЕПАРАЦІЇ КАРТОПЛЯНОГО ВОРОХУ В БАРАБАННОМУ СЕПАРАТОРІ..... | 27 |
|---|-----------|

Kurilo Vasiliy, Pryshlyak Viktor

| | |
|---|-----------|
| JUSTIFICATION OF THE METHOD AND DEVICE FOR TREATMENT AND SOWING OF SUGAR BEETS AND THE APPLICATION OF THE RESULTS IN PREPARATION TECHNOLOGIES..... | 42 |
|---|-----------|

Малаков О.І., Бурака С. А., Єленіч А.П.

| | |
|---|-----------|
| ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ МЕХАНІЗМУ ПЛЮЩЕННЯ РОСЛИННОЇ МАСИ КОСАРКИ-ПЛЮЩИЛКИ ПРИЧІПНОЇ КПП-4,2..... | 48 |
|---|-----------|

II. ТЕХНІЧНИЙ СЕРВІС МОБІЛЬНОЇ ТЕХНІКИ*Комаха В.П., Єленіч А. П.*

| | |
|--|-----------|
| НАПРЯМОК ІННОВАЦІЙНОГО РОЗВИТКУ НАВІГАЦІЙНИХ СИСТЕМ В СКЛАДІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ..... | 57 |
|--|-----------|

Мутко Микола

| | |
|--|-----------|
| METHODOLOGICAL BASES FOR IMPROVING THE STRUCTURE OF PRODUCTION SUBDIVISIONS OF MOTOR TRANSPORT ENTERPRISES..... | 64 |
|--|-----------|

Холодюк О.В.

| | |
|---|-----------|
| ГЛОБАЛЬНІ НАВІГАЦІЙНІ СУПУТНИКОВІ СИСТЕМИ ТА ЇХ РОЛЬ У ТЕХНОЛОГІЯХ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА..... | 71 |
|---|-----------|

III. ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ ПЕРЕРОБНИХ І ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ*Ivan Sevostianov, Svetlana Kravets, Maryna Pidlypna*

| | |
|---|-----------|
| USE OF CRITERIAL SYNTHESIS AND ANALYSIS FOR MODERNIZATION OF OBJECTS OF MACHINE BUILDING PRODUCTION..... | 88 |
|---|-----------|

Кондратюк Д.Г., Дмитренко В.П.

| | |
|---|-----------|
| ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ ЕКСТРУЗІЇ ТА ТЕХНІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ЕКСТРУДЕРА З ПРУЖНИМ ГВИНТОВИМ ЕЛЕМЕНТОМ НА ІНДЕКС РОЗШИРЕННЯ ЕКСТРУДАТУ..... | 97 |
|---|-----------|

IV. МАШИНОБУДУВАННЯ ТА МАТЕРІАЛООБРОБКА*Гайдамак О.Л., Матвійчук В.А., Кучеренко Ю.С.*

| | |
|--|------------|
| ПЕРСПЕКТИВИ СТВОРЕННЯ ПОЛІМЕРНИХ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ПОКРИТТІВ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ГАЗОДИНАМІЧНОГО НАПИЛЕННЯ..... | 105 |
|--|------------|

Токарчук О. А., Полевода Ю.А.

| | |
|--|------------|
| ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК НОВИХ ТИПІВ МУФТ..... | 113 |
|--|------------|



V. ЕНЕРГОТЕХНОЛОГІЇ ТА АЛЬТЕРНАТИВНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ

Возняк О.М., Штуць А.А.

РОЗРАХУНОК НЕСТАНДАРТНИХ W-ПАРАМЕТРІВ ЧОТИРИПОЛЮСНИКА НА БІПОЛЯРНОМУ ТРАНЗИСТОРІ..... 122

Граняк В.Ф., Купчук І.М., Гонтар В.Г.

МЕТОД ТА ЗАСІБ ПРЯМОГО АВТОМАТИЗОВАНОГО ВИМІРЮВАЛЬНОГО КОНТРОЛЮ ІЗОЛЯЦІЇ ОБМОТОК ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИН..... 128

Пазюк В. М.

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНА ТЕХНОЛОГІЯ СУШІННЯ ТА ЗБЕРІГАННЯ НАСІННЯ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ..... 138



УДК 637.116.2

DOI: 10.37128/2520-6168-2020-2-2

**ТЕОРЕТИЧНІ ОБҐРУНТУВАННЯ ДЕЯКИХ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ
ПАРАМЕТРІВ ДОЇЛЬНОГО АПАРАТУ З КЕРОВАНИМ РЕЖИМОМ ДОЇННЯ**

Бабин Ігор Анатолійович, асистент
Грицун Анатолій Васильович, к.с.г.н., доцент
Вінницький національний аграрний університет

Ihor Babyn, Assistant
Anatoliy Hrytsun, PhD, Associate Professor
Vinnytsia National Agrarian University

Проведений аналіз технічних рішень доїльних апаратів з керованим режимом вакууму і оцінені теоретичні дослідження роботи виконавчого механізму доїльного апарату, який дозволяє зменшити вакуумне навантаження на вим'я та ударну дію на сфінктер дійки і запобігти «холостому» доїнню при високому вакуумі в процесі машинного доїння корів.

Повнота видоювання корів і зниження захворювання їх маститом певною мірою залежить від роботи доїльного обладнання. Показники якості виконання технологічного процесу серійного доїльного обладнання не завжди в повній мірі відповідають діючим зоотехнічним вимогам. При їх роботі на початку і в кінці доїння тварини може відбуватись процес «холостого» доїння при високому вакуумі, що часто призводить до захворювання тварин маститом і подальшого вибраковування. Разом із зростанням виробництва молока виключно важливе значення набуває його якість.

Аналіз відомих технічних вирішень доїльних апаратів з керованим режимом доїння показує, що вітчизняна і зарубіжна промисловість не випускають доїльні апарати з керованим режимом доїння, що повною мірою відповідають фізіології тварин. На нашу думку найбільш ефективним слід вважати доїльний апарат з малоінерційним датчиком потоку молока, який керує вакуумним режимом, як в піддійкових, так і в міжстінних камерах доїльних стаканів.

Проведені теоретичні дослідження робочого процесу машинного доїння дозволили систематизувати методику інженерного розрахунку доїльного апарату з керованим режимом роботи і визначити оптимальні конструктивні параметри виконавчих механізмів. Отримані аналітичні вирази характеризують вплив їх параметрів та режиму роботи на динаміку молоковіддачі при машинному доїнні корів.

Ключові слова: молоко, доїння, доїльний стакан, пульсатор, апарат машинного доїння.

Ф. 39. Рис. 6. Літ. 12.

1. Постановка проблеми

Розвиток конструкції доїльного обладнання останніми роками, як в нашій країні, так і за кордоном характеризується тенденцією до підвищення повноти видоювання молока з вимені корів, зниження захворювання корів маститом і розробкою доїльних машин різних типорозмірів і модифікацій.

Повнота видоювання корів і зниження захворювання їх маститом певною мірою залежить від роботи доїльного обладнання. Показники якості виконання технологічного процесу серійного доїльного обладнання не завжди в повній мірі відповідають діючим зоотехнічним вимогам. При їх роботі на початку і в кінці доїння може відбуватись процес «холостого» доїння при високому вакуумі, що часто призводить до захворювання тварин маститом і подальшого вибраковування. Разом із зростанням виробництва молока виключно важливе значення набуває його якість.

Уникнути вказаних недоліків можна використовуючи доїльне обладнання з ощадним режимом доїння, що дозволяє здійснювати стимулювання процесу молоковіддачі.

Відомі доїльні апарати, які в процесі роботи забезпечують зміну частоти пульсацій пульсатора, керування доїнням, а також відключення доїльного апарату після закінчення процесу доїння, проте вони не повною мірою відповідають фізіології тварин. [2, 4].

Тому питання розробки доїльного обладнання, що виключає при роботі вказані негативні явища, залишається актуальним і вимагає свого вирішення.

2. Аналіз останніх досліджень і публікацій

В роботах [2-5] запропоновано пристрої, які в процесі роботи змінюють частоту пульсацій пульсатора, впускання повітря в молокоприймальну камеру здійснюється синхронно з пульсаціями, з використанням фотоелементів для сигналізації початку і закінчення процесу молоковіддачі тварини. Також використовуються колектори доїльного апарату з поплавцями для кожної доли вимені корів та з датчиками потоку молока, виконаними у вигляді молокоприймальної камери з поплавцями, які мають калібрований канал [6]. Відомий пристрій, розроблено у Великобританії і Франції, що забезпечує зменшення вакуумметричного тиску в міжстінковій камері доїльних стаканів при зниженні інтенсивності молоковіддачі до заданого значення [7, 8].

Проте дане обладнання не передбачає можливість зміни вакуумметричного тиску в піддійкових камерах доїльних стаканів залежно від інтенсивності молоковіддачі по кожній дійці окремо.

3. Мета дослідження

Метою даної роботи є підвищення ефективності машинного доїння корів на основі розробки доїльного апарату з керованим режимом доїння.

4. Основні результати досліджень

Відомо що єдиний елемент доїльного апарату що контактує з вим'ям корови – це доїльна гума. Характер впливу доїльної гуми на дійку корови залежить від багатьох факторів: фізико-механічних властивостей і конструктивних параметрів гуми; її натягу в гільзі стакану і пружності дійки; перепаду тисків у міжстінковому і піддійковому просторах доїльного стакану.

На основі аналізу існуючих технічних рішень будови доїльних апаратів з керованим режимом доїння, була запропонована конструкція доїльного апарату з чотирма керованими молокозбірними камерами колектора (Рис. 1).

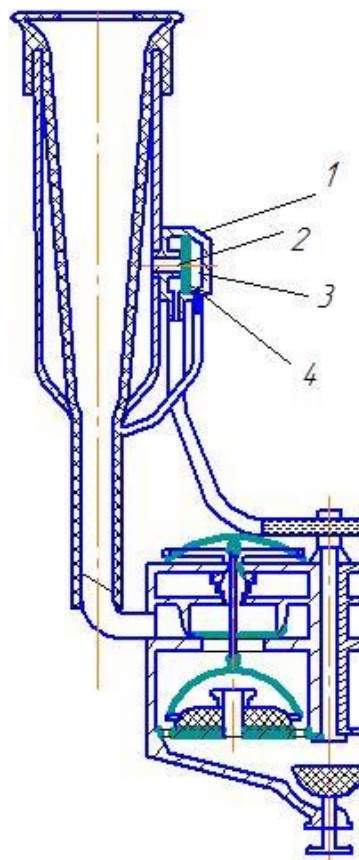


Рис. 1. Схема дослідного доїльного апарату з керованим режимом роботи

Доїльний стакан апарату має регулятор вакуумметричного тиску 1, виконаний у вигляді атмосферної камери 2 і камери керування 3, розділених мембраною 4.

Конструктивні схеми механізму керування молокозбірної камери що забезпечує роботу доїльного апарата в стимулюючому режимі доїння та режимі інтенсивної молоковіддачі показані на рисунках 2 і 3.

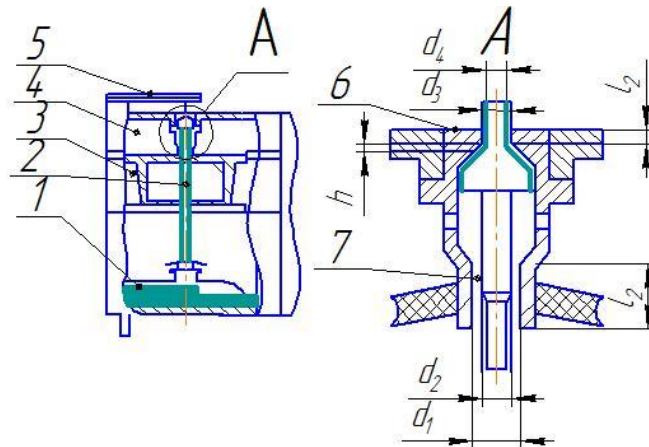


Рис. 2. Схема молочної камери в стимулюючому режимі доїння:

1 – біметалічний датчик, 2 – голка голчаного клапана, 3 – камера змінного вакууметричного тиску, 4 – камера керування, 5 – компенсуючий біметалічний датчик, 6 – отвір, що з'єднує камеру керування з атмосферою, 7 – отвір, що з'єднує камеру керування з камерою змінного вакууму.

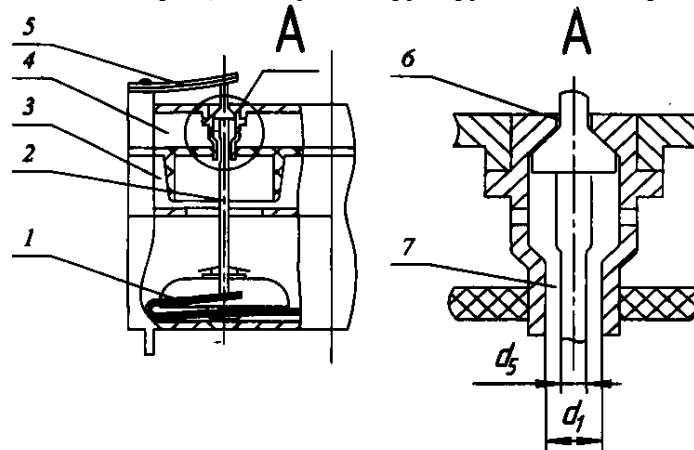


Рис. 3. Схема молочної камери в режимі інтенсивної молоковіддачі

1 – біметалічний датчик, 2 – голка голчаного клапана, 3 – камера змінного вакууметричного тиску, 4 – камера керування, 5 – компенсуючий біметалічний датчик, 6 – отвір, що з'єднує камеру керування з атмосферою, 7 – отвір, що з'єднує камеру керування з камерою змінного вакууму.

У досліджуваному доїльному апараті стимулювання молоковиділення відбувається завдяки зниженню вакууметричного тиску при інтенсивності молоковиділення нижче 50 г/хв. Перемикання номінального на стимулюючий режим доїння і навпаки відбувається за допомогою біметалічного датчика потоку молока і клапана камери керування розташованого в її кришці. В нейтральному положенні він утворює калібрований прохід (отвір 6 на рис. 2) що з'єднує камеру керування, додаткову і молокозбірну камери з атмосферою, тим самим, забезпечуючи зниження вакууметричного тиску.

При розрахунку клапана керування враховувалась умова, що швидкість зміни вакууметричного тиску в камері керування, при впусканні або відкачуванні з неї повітря, залежить від інтенсивності розрідження [9].

У даному випадку, швидкість зміни вакууметричного тиску в камері керування, 4 регулятора тиску буде рівна[9]:

$$\frac{d_p}{d_t} = P_a \cdot \frac{Q_{\text{вк}} - Q_{\text{нос}}}{V_k}, \quad (1)$$

де: p – поточне значення тиск в камері керування, Па; t – час процесу, с;
 P_a – атмосферний тиск, Па; $Q_{\text{вк}}$ – витрата повітря при його відкачуванні з камери керування, м³/с;



Q_{noc} – витрата повітря при його подачі в камеру керування m^3/c ; V_k – об'єм камери керування, m^3 .

Витрата повітря при його відкачуванні $Q_{вк}$ з камери керування 4 в камеру змінного вакуумметричного тиску 3 через отвір 6 за даними Мельникова С. В. [10] буде рівна:

$$Q_{вк} = \frac{\pi \cdot d_{np1}^4}{128 \cdot \mu \cdot l_1} (P - P_6), \quad (2)$$

де d_{np1} – приведений діаметр прохідного перетину для відкачування повітря з камери керування, m ; l_1 – довжина прохідного перетину, m ; μ – динамічна в'язкість повітря, $Pa \cdot c$; P_6 – номінальний вакуумметричний тиск, Pa ; P – поточний вакуумметричний тиск, Pa .

Аналогічно можна визначити витрату повітря при його впусканні в камеру керування:

$$Q_{noc} = \frac{\pi \cdot d_{np2}^4}{128 \cdot \mu \cdot l_2} \cdot (P_a - P), \quad (3)$$

де l_2 – довжина каліброваного отвору між камерою керування і додатковою камерою, m .

У загальному вигляді приведений діаметр буде рівний :

$$d_{np} = \frac{4 \cdot \omega}{\chi}, \quad (4)$$

де ω – «живий» перетин, m ; χ – змочений периметр, m .

Відносно нашого випадку живі перетини для відкачування повітря з камери керування $\omega_{вк}$ і впуску його ω_{noc} будуть:

$$\omega_{вк} = \frac{\pi \cdot (d_1^2 - d_2^2)}{4}, \quad (5)$$

$$\omega_{noc} = \frac{\pi \cdot (d_3^2 - d_4^2)}{4}, \quad (6)$$

де d_1, d_2 – діаметр каліброваного отвору та голчатого клапану відповідно, m ; d_3, d_4 – відповідно діаметр каліброваного отвору і штока, m .

Змочений периметр при відкачуванні $\chi_{вк}$ і під час впуску χ_{noc} повітря в камеру керування буде:

$$\chi_{вк} = \pi \cdot (d_1 + d_2), \quad (7)$$

$$\chi_{noc} = \pi \cdot (d_3 + d_4). \quad (8)$$

Тоді отримаємо:

$$Q_{вк} = \frac{\pi \cdot (d_1 - d_2)^4}{128 \cdot \mu \cdot l_1} \cdot (P - P_6), \quad (9)$$

$$Q_{noc} = \frac{\pi \cdot (d_3 - d_4)^4}{128 \cdot \mu \cdot l_2} \cdot (P_a - P). \quad (10)$$

У сталому стимулюючому режимі при нижньому положенні голчатого клапану 2, коли біметалічна пластина 1 не занурена в молоко, тобто при досягненні в камері змінного вакуумметричного тиску P_c , для камери керування буде дійсною рівність:

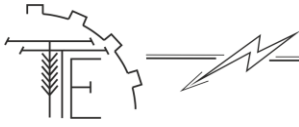
$$Q_{вк} = Q_{noc}. \quad (11)$$

З врахуванням виразів 9 і 10, отримаємо:

$$\frac{\pi \cdot (d_1 - d_2)^4 \cdot (P_c \cdot f - P_6)}{128 \cdot \mu \cdot l_1} = \frac{\pi \cdot (d_3 - d_4)^4 \cdot (P_a - P_c \cdot f)}{128 \cdot \mu \cdot l_2}, \quad (12)$$

де P_c – вакуумметричний тиск стимулюючої дії, Pa ; f – коефіцієнт врахування жорсткості мембрани.

Звідки діаметр каліброваного отвору d_3 для впуску повітря в камеру керування, при заданому діаметрі d_4 , буде рівний:



$$d_3 = d_4 + (d_1 - d_2) \cdot \sqrt[4]{\frac{l_2 \cdot (P_c \cdot f \cdot P_g)}{l_1 \cdot (P_a - P \cdot f)}} \quad (13)$$

Виходячи з рівняння (1), врахувавши вирази (9), (10) і (13) і проінтегрувавши його отримаємо розрахунковий час t включення доїльного апарату в стимулюючий режим доїння:

$$t = \int_{P_a}^{P_1} \frac{128 \cdot V_k \cdot \mu \cdot l_1 \cdot (P_a - P_c \cdot f)}{\pi \cdot (d_1 - d_2)^4 \cdot P_a \cdot (P_a - P_g)} \cdot \frac{\partial P}{(P_1 - P_c \cdot f)} \quad (14)$$

$$t = \frac{128 \cdot V_k \cdot \mu \cdot l_1 \cdot (P_a - P_c \cdot f)}{\pi \cdot (d_1 - d_2)^4 \cdot P_a \cdot (P_a - P_g)} \cdot \ln \frac{P_a - P_c \cdot f}{P_1 - P_c \cdot f} \quad (15)$$

де $P_1 \rightarrow P_c \cdot f$.

Якщо задатись часом процесу t тиском P_1 та діаметром голки голчаного клапана d_2 можна визначити діаметр отвору d_1 для відкачування повітря з камери керування при нижньому положенні голчатого клапана, коли біметалічна пластина клапана не занурений в молоко:

$$d_1 = d_2 + \sqrt[4]{\frac{128 \cdot V_k \cdot \mu \cdot l_1 \cdot (P_a - P_c \cdot f)}{\pi \cdot P_a \cdot (P_a - P_g)} \cdot t} \cdot \ln \frac{P_a - P_c \cdot f}{P_1 - P_c \cdot f} \quad (16)$$

Діаметр каліброваного отвору d_3 для впуску повітря в камеру керування можна знайти з рівняння (13) з врахуванням виразу (16):

$$d_3 = d_4 + \sqrt[4]{\frac{128 \cdot V_k \cdot \mu \cdot l_2 \cdot (P_c \cdot f - P_g)}{\pi \cdot t \cdot P_a \cdot (P_a - P_g)}} \cdot \ln \frac{P_a - P_c \cdot f}{P_1 - P_a} \quad (17)$$

При досягненні інтенсивної фази молоковіддачі, біметалічний датчик 1 (рисунок 3) занурюється в молоко і нагрівається, що призводить до його деформації і переміщення голчаного клапана 2 вгору. При цьому прохідний перетин 7 для відкачування повітря збільшується, а канал 6 для впуску повітря – перекривається.

Час перемикання доїльного апарату на оптимальний режим доїння при зміні тиску в камері керування, від $P_c \cdot f$ до P_2 визначається як:

$$t_1 = \frac{128 \cdot V_k \cdot \mu \cdot l_1 \cdot (P_a - P_n)}{\pi \cdot d_{np3}^4 \cdot (P_a - P)} \cdot \ln \frac{P_c \cdot f - P_n}{P_2 - P_1} \quad (18)$$

де d_{np3} – приведений діаметр отвору, m ; P_n – номінальний тиск доїння, Pa .

$$P_2 \rightarrow P_n \rightarrow P_g.$$

Звідси, діаметр голчаного клапана d_5 для відкачування повітря з камери керування в інтенсивному режимі доїння, коли голчатий клапан знаходиться у верхньому положенні, буде рівний:

$$d_5 = d_1 - \sqrt[4]{\frac{128 \cdot V_k \cdot \mu \cdot l_1 \cdot (P_a - P_n)}{\pi \cdot t \cdot P_a \cdot (P_a - P_g)}} \cdot \ln \frac{P_c \cdot f - P_n}{P_2 - P_n} \quad (19)$$

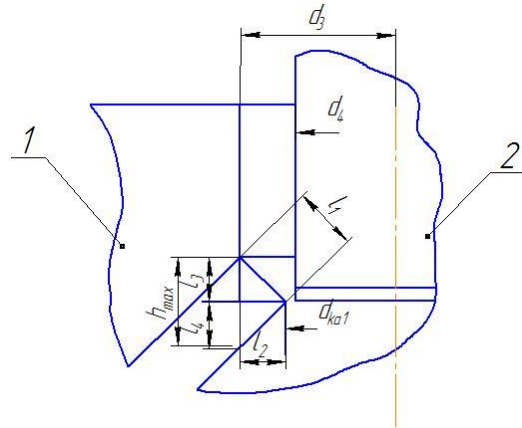
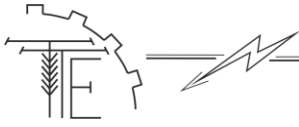
Висоту відкриття голчаного клапана 2 (рисунок 4) можна визначити з умови, що витрата повітря через клапан камери керування $Q_{кл}$ повинна дорівнювати або бути більшою як витрати повітря $Q_{нос}$ через кільцевий прхід що утворено діаметрами d_3 і d_4 , отже повинна виконуватись наступна умова:

$$\omega_{кл} \geq \omega_{нос} \quad (20)$$

У нашому випадку «живий» перетин, що утворений клапаном і його сідлом в місці найменшої витрати повітря буде рівний:

$$\omega_{кл} = \pi \cdot L_1 \cdot (d_3 + d_{кл1}) \quad (21)$$

де $\omega_{кл}$ – «живий» перетин, m^2 ; $d_{кл1}$ – діаметр клапана, m ; L_1 – довжина перпендикуляра опущеного від каліброваного отвору до поверхні клапана, m ; L_2 – довжина горизонтальної проекції прямої L_1 , m .



**Рис. 4. Схема клапана камери керування:
1 – кришка камери керування; 2 – клапан камери керування**

Висота відкриття клапана буде рівна:

$$h_{\text{вкр}} = L_3 + L_4, \quad (22)$$

$$L_3 = L_1 \cdot \cos \phi, \quad (23)$$

$$L_4 = L_1 \cdot \sin \phi \cdot \frac{1}{\tan \phi} = L_1 \cdot \sin \phi \cdot \frac{1 + \tan \phi}{1 - \tan \phi}. \quad (24)$$

Якщо підставити у вираз (22) значення виразів (23) і (24) то отримаємо:

$$h_{\text{вкр}} = L_1 \cdot \left[\cos \phi + \sin \phi \cdot \frac{1 + \tan \phi}{1 - \tan \phi} \right]. \quad (25)$$

Рівняння (25) можна вирішити відносно L_1 . Тоді отримаємо:

$$L_1 = \frac{h_{\text{вкр}}}{\left[\cos \phi + \sin \phi \cdot \frac{1 + \tan \phi}{1 - \tan \phi} \right]}. \quad (26)$$

Діаметр клапана $d_{\text{кл1}}$ можна визначити як:

$$d_{\text{кл1}} = d_3 - \frac{h_{\text{вкр}} \cdot \sin \phi}{\cos \phi + \sin \phi \cdot \frac{1 + \tan \phi}{1 - \tan \phi}}. \quad (27)$$

«Живий» перетин (21) можна розглядати з врахуванням значення виразів (26) і (27):

$$\omega_{\text{кл}} = \pi \cdot \frac{h_{\text{вкр}}}{\left[\cos \phi + \sin \phi \cdot \frac{1 + \tan \phi}{1 - \tan \phi} \right]} \cdot \left(d_3 + d_3 - \frac{h_{\text{вкр}} \cdot \sin \phi}{\cos \phi + \sin \phi \cdot \frac{1 + \tan \phi}{1 - \tan \phi}} \right). \quad (28)$$

Якщо підставити у вираз (20) формули (6) і (28), отримаємо:

$$\pi \cdot \frac{h_{\text{вкр}}}{\left[\cos \phi + \sin \phi \cdot \frac{1 + \tan \phi}{1 - \tan \phi} \right]} \cdot \left(2 \cdot d_3 - \frac{h_{\text{вкр}} \cdot \sin \phi}{\cos \phi + \sin \phi \cdot \frac{1 + \tan \phi}{1 - \tan \phi}} \right) = \frac{\pi \cdot (d_3^2 - d_4^2)}{4}. \quad (29)$$

Рівняння другого порядку 29 можна вирішити відносно висоти відкриття $h_{\text{вкр}}$. Тоді отримаємо:

$$h_{\text{вкр}} = \frac{\frac{2 \cdot \pi \cdot d_3}{\left[\cos \phi + \sin \phi \cdot \frac{1 + \tan \phi}{1 - \tan \phi} \right]} \pm \sqrt{\left(\frac{2 \cdot \pi \cdot d_3}{\left[\cos \phi + \sin \phi \cdot \frac{1 + \tan \phi}{1 - \tan \phi} \right]} \right)^2 - \frac{\pi^2 \cdot (d_3^2 - d_4^2) \cdot \sin \phi}{\left(\cos \phi + \sin \phi \cdot \frac{1 + \tan \phi}{1 - \tan \phi} \right)^2}}{2 \cdot \frac{\pi \cdot \sin \phi}{\left(\cos \phi + \sin \phi \cdot \frac{1 + \tan \phi}{1 - \tan \phi} \right)^2}}. \quad (30)$$



Для закриття клапана керування 1 (рисунок 5) необхідно здолати силу його тяжіння, силу тиску повітря на клапан і силу опору переміщенню клапана керування, що виникає від компенсуючого біметалічного датчика:

$$F_3 > F_m + F_a + F_c, \quad (31)$$

де F_3 – сила закриття клапана, Н; F_m – сила тяжіння клапана керування, Н; F_a – сила що сприяє відкриттю клапана за рахунок різниці між тиском в камері керування, і атмосферним тиском, Н; F_c – сила опору деформації компенсуючого біметалічного датчика, Н.

Сила тяжіння клапана керування:

$$F_m = m_k \cdot g, \quad (32)$$

де m_k – маса клапана, кг; g – прискорення вільного падіння, m/c^2 .

Визначаємо силу, що призводить до відкриття клапана за рахунок різниці між тиском в камері керування, і атмосферним тиском [11]:

$$F_a = (P_a - P_e) \cdot S_k, \quad (2.33)$$

де S_k – площа поперечного перетину клапана, m^2 .

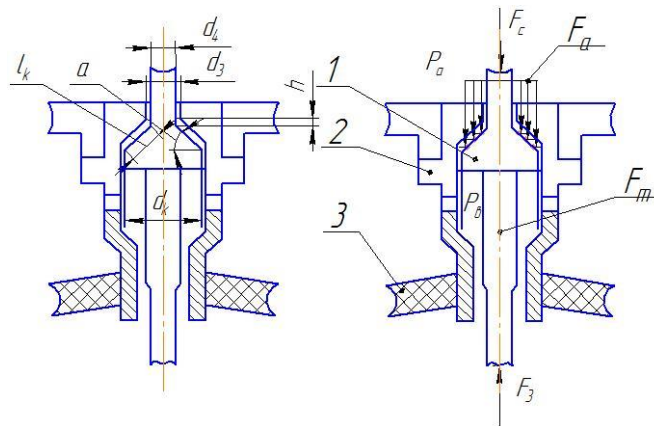


Рис. 5. Схема клапана керування:

a – геометричні параметри клапана; *б* – сили діють на клапан керування;

1 – клапан керування, *2* – перфорований корпус, *3* – мембрана

Площа поперечного перетину клапана S_k рівна:

$$S_k = \frac{\pi \cdot d_{кл}^4}{4}, \quad (34)$$

де $d_{кл}$ – діаметр клапана камери керування, м.

Підставивши у формулу (33) значення (34) можна визначити значення сили яка призводить до відкриття клапана за рахунок атмосферного тиску:

$$F_a = (P_a - P_e) \cdot \frac{\pi \cdot d_{кл}^2}{2}. \quad (35)$$

Силу опору деформації компенсуючого біметалевого датчика (рисунок 6) можна знайти за допомогою другої теореми про моментні площі. Відстань $h_{вкр}$ від крапки В на лінії прогинів до дотичної в крапці А рівна статичному моменту площі епюри моментів, що вигинають, відносно крапки В, поділеному на жорсткість при вигині $E \cdot I$ [12]:

$$h_{вкр} = \frac{F_{к.б.} \cdot L_3}{3 \cdot E \cdot I}, \quad (36)$$

де $F_{к.б.}$ – сила опору деформації компенсуючого біметалевого датчика, Н; E – еквівалентний модуль пружності, Па; L – довжина компенсуючого біметалевого датчика, м; $h_{вкр}$ – висота відкриття клапана, м; I – момент інерції, m^4 .

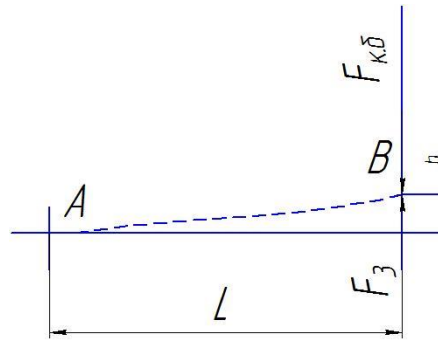
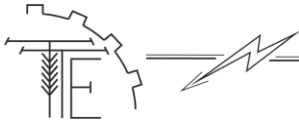


Рис. 6. Розрахункова схема для визначення сили опору деформації компенсуючого біметалевого датчика

При навантаженні нормальної біметалевої пластини вона деформується як суцільна пластина з еквівалентним модулем пружності [11]:

$$E = \frac{4 \cdot E_1 \cdot E_2}{(\sqrt{E_1} + \sqrt{E_2})^2}, \quad (37)$$

де E_1 – модуль пружності активного шару, Па; E_2 – модуль пружності пасивного шару, Па.

З врахуванням S_k сила опору компенсуючого біметалевого датчика буде рівна:

$$F_{к.б.} = \frac{12 \cdot h_{вкр} \cdot E_1 \cdot E_2 \cdot I}{(\sqrt{E_1} + \sqrt{E_2})^2 \cdot L^3}, \quad \dots \dots \dots (38)$$

Коли розглянути формулу (31) з врахуванням значень виразів (34), (37) і (38) то можна отримати силу закриття клапана керування:

$$F_з > m_k \cdot g + (P_a - P_e) \cdot \frac{\pi \cdot d_{рк}^2}{2} + \frac{12 \cdot h_{омк} \cdot E_1 \cdot E_2 \cdot I}{(\sqrt{E_1} + \sqrt{E_2})^2 \cdot L^3}. \quad (39)$$

На підставі приведених теоретичних досліджень розраховуються параметри біметалевого виконавчого елемента та технологічні режими його роботи.

5. Висновки

1. Час відкачування повітря з камери керування залежить від об'єму камери керування, діаметру каліброваного отвору, його довжини і різниці тисків в камері керування P_c і атмосферного тиску P_a . Від цих величин також залежить час впуску повітря в камеру керування при перемиканні інтенсивного режиму на стимулюючий.

2. В результаті теоретичних досліджень була визначена сила що розвивається біметалічним елементом, необхідна для перемикання режимів доіння, яка залежить від температури біметалевого елемента і його геометричних розмірів.

Список використаних джерел

1. Фокіна А. О. Гігієна доіння корів. Студентський науковий вісник МНАУ. *Сільськогосподарські науки*. 2017. Вип. 2 (10). С. 264–269.
2. А. с. № 1405738 СССР, МКИ А 01 J 5/04. Доильный аппарат / Герасимчук В. В. №. 418774/30-15; Заявлено 29.12.86; Оpubл. 30.06.88. Бюл. №. 24.
3. Faisceau de traite me-canique : патент № 660444 Швейцария (CH), МКИ Ф 01 J 5/04. Blanc, Didier, Dr. med. Vet., Chtseaux-sur-Lausanne Blanc, Francois, Corcelles-pres-Concise. №. 461/94; Заявлено 01.02.94; Оpubл. 30.04.97.
4. Доильный аппарат : патент № 2231252 RU, МКИ А 01 J 5/00. Огородников П. И., Крючкова И. В., Каденцева О. Н., Спешилова И. В. (RU). №. 2002118756/12; Заявлено 16.07.2002; Оpubл. 10.11.2003.
5. Verfahren und Vorrichtung zum Milchentzug : заявка № 3218005 ФРГ (DE), МКИ А 01 J 5/04. Namann, Jorn, Dr., 2300 Kiel (DE); Gleich Anmelder (RE); Заяв. 13.05.82; Оpubл. 17.11.83; №. 46.



6. Грицун А. В., Бабин І. А., Севостьянов І. В. Дослідження впливу соскової гуми на дійки вимені корів. *Всеукраїнський науково-технічний журнал «Техніка, енергетика, транспорт АПК»*. Вінниця. 4(103). С. 4–8.
7. Zayavka № 1506636 Velykobrytaniya, MKY A 01 J 5/04. Milking machines / ALFA-LAVAL (Sweden7407855); №.24274/85; Zayav. 14.06.84; Opubl. 05.04.88; №. 4645.
8. Zayavka № 2274213 Frantsiya, MKY A 01 J 5/04. Procédé de fonctionnement d'une machine a taire et agencement correspondant / ALFA-LAVAL Aktiebo-lag 6 rep par Bletty; №. 07.855-1/74; Zayav. 14.06.74; Opubl. 13.02.76; №. 7.
9. Большаков В. А., Попов В. Н. Гидравлика. Загальний курс: Підручник для вузів. Київ: Вища школа. 1989. 215 с.
10. Калетнік Г. М., Кулик М. Ф., Петриченко В. Ф. Основи перспективних технологій виробництва продукції тваринництва. Вінниця: «Енозіс», 2007. 584 с
11. Ужик В. Ф., Прокофьев В. В., Бело-кобыльский А. А. Мобильный измерительный комплекс и его применение в исследованиях конструктивно-режимных параметров доильного аппарата с управляемым режимом доения. *Вдосконалення технологій та обладнання виробництва продукції тваринництва. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка*. Харків. 2007. 62. С. 130–134.
12. Яропуд В. М. Обґрунтування конструктивно-режимних параметрів пульсатора дойльного апарату. *Всеукраїнський науково-технічний журнал «Техніка, енергетика, транспорт АПК»*. Вінниця, 2018. 1(100). С. 55–61.

References

- [1] Fokina, A. O. (2017). Hihiyena doynnya koriv. *Student's'kyu naukovyy visnyk MNAU. Sil's'kohospodars'ki nauky*, 2(10). 264–269. [in Ukrainian].
- [2] A. s. № 1405738 SSSR, MKY A 01 J 5/04. Doyl'nyy apparat. V.V. Herasymchuk. №. 418774/30-15; Zayavleno 29.12.86; Opubl. 30.06.88. Byul. №. 24.
- [3] Patent №. 660444 Shveysaryya (SN), MKY F 01 J 5/04. Faisceau de traite me-canique/ Blanc, Didier, Dr. med. Vet., Chtseaux-sur-Lausanne Blanc, Francois, Corcelles-pres-Concise. №. 461/94; Zayavleno 01.02.94; Opubl. 30.04.97.
- [4] Patent № 2231252 RU, MKY A 01 J 5/00. Doyl'nyy apparat / Ohorodnykov P.Y., Kryuchkova Y.V., Kadentseva O.N., Speshylova Y.V. (RU). - №. 2002118756/12; Zayavleno 16.07.2002; Opubl. 10.11.2003.
- [5] Zayavka № 3218005 FRH (DE), MKY A 01 J 5/04. Verfahren und Vorrichtung zum Vilchentzug/ Hamann, Jorn, Dr., 2300 Kiel (DE); Gleich Anmelder (RE); Zayav. 13.05.82; Opubl. 17.11.83; №. 46.
- [6] Hrytsun, A. V. Babyn, I. A., Sevost'yanov, I. V. (2018). Doslidzhennya vplyvu soskovoyi humy na diyky vymeni koriv. *Vseukrayins'kyu naukovo-tekhnichnyy zhurnal «Tekhnika, enerhetyka, transport APK»*, 4(103). 4–8. [in Ukrainian].
- [7] Zayavka № 1506636 Velykobrytaniya, MKY A 01 J 5/04. Milking machines / ALFA-LAVAL (Sweden7407855); №.24274/85; Zayav. 14.06.84; Opubl. 05.04.88; №. 4645.
- [8] Zayavka № 2274213 Frantsiya, MKY A 01 J 5/04. Procédé de fonctionnement d'une machine a taire et agencement correspondant / ALFA-LAVAL Aktiebo-lag 6 rep par Bletty; №. 07.855-1/74; Zayav. 14.06.74; Opubl. 13.02.76; №. 7.
- [9] Bolshakov, V. A., Popov, V. N. (1989). *Hidravlika. Zahal'nyy kurs: Pidruchnyk dlya vuziv*. Kyiv: Vyshcha shkola. [in Ukrainian].
- [10] Kaletnik, H. M., Kulyk, M. F., Petrychenko, V. F. (2007). *Osnovy perspektyvnykh tekhnolohiy vyrobnytstva produktsiyi tvarynnystva*. Vinnytsya: «Enozys». [in Ukrainian].
- [11] Uzhyk, V. F., Prokofev, V. V., Belo-kobyl'skiy, A. A. (2007). Mobylnyy yzmeritelnyy kompleks y eho pryomenenye v yssledovaniyakh konstruktivno-rezhymnykh parametrov doyl'noho apparata s upravlyaemym rezhymom doenyia. *Vdoskonalennya tekhnolohiy ta obladnannya vyrobnytstva produktsiyi tvarynnystva. Visnyk Kharkivs'koho natsional'noho tekhnichnoho universytetu sil's'koho hospodarstva im. Petra Vasylenka*, 62, 130–134. [in Russian].
- [12] Yaropud, V. M. (2018). Obgruntuvannya konstruktivno-rezhymnykh parametrov pul'satora doyl'noho aparatu. *Vseukrayins'kyu naukovo-tekhnichnyy zhurnal «Tekhnika, enerhetyka, transport APK»*. Vinnytsya, 1(100), 55–61. [in Ukrainian].



ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ НЕКОТОРЫЕ КОНСТРУКТИВНЫЕ- ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДОИЛЬНОГО АППАРАТА С УПРАВЛЯЕМЫМ РЕЖИМОМ ДОЕНИЯ

Проведенный анализ технических решений доильных аппаратов с управляемым режимом вакуума и оценены теоретические исследования работы исполнительного механизма доильного аппарата, который позволяет уменьшить вакуумную нагрузку на вымя и ударное воздействие на сфинктер дойки и предотвратить «холостом» доению при высоком вакууме в процессе машинного доения коров.

Полнота выдаивания коров и снижение заболевания их маститом в определенной степени зависит от работы доильного оборудования. Показатели качества выполнения технологического процесса серийного доильного оборудования не всегда в полной мере соответствуют действующим зоотехническим требованиям. При их работе в начале и в конце доения животного может происходить процесс «холостого» доения при высоком вакууме, что часто приводит к заболеванию животных маститом и дальнейшего выбраковку. Вместе с ростом производства молока исключительно важное значение приобретает его качество.

Анализ известных технических решений доильных аппаратов с управляемым режимом доения показывает, что отечественная и зарубежная промышленность не выпускают доильные аппараты с управляемым режимом доения, в полной мере соответствуют физиологии животных. По нашему мнению наиболее эффективным следует считать доильный аппарат с малоинерционным датчиком потока молока, который руководит вакуумным режимом, как в подсосковых, так и в межстенных камерах доильных стаканов.

Проведены теоретические исследования рабочего процесса машинного доения позволили систематизировать методику инженерного расчета доильного аппарата с управляемым режимом работы и определить оптимальные конструктивные параметры исполнительных механизмов. Полученные аналитические выражения характеризуют влияние их параметров и режима работы на динамику молокоотдачи при машинном доении коров.

Ключевые слова: молоко, доения, доильный стакан, пульсатор, аппарат машинного доения.

Ф. 39. Рис. 6. Лит. 12.

THEORETICAL JUSTIFICATION OF SOME STRUCTURAL-TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF MILKING MACHINewith DRIVING DRIVING MODE

An analysis of the technical solutions of milking machines with controlled vacuum mode and theoretical studies of the operation of the milking machine actuator, which allows to reduce the vacuum load on the udder and the impact on the sphincter of the cervix and prevent "idle" milking in high vacuum in the machine process.

The completeness of milking cows and reducing the incidence of their mastitis depends to some extent on the operation of milking equipment. Performance indicators of the technological process of serial milking equipment do not always fully comply with the current zootechnical requirements. During their work at the beginning and at the end of the milking of the animal there may be a process of "idle" milking at high vacuum, which often leads to the disease of animals with mastitis and subsequent culling. Along with the increase in milk production, quality is becoming extremely important.

The analysis of the known technical solutions of milking machines with a controlled mode of milking shows that the domestic and foreign industry do not produce milking machines with a controlled mode of milking, which fully correspond to the physiology of animals. In our opinion, the most effective one is to consider a milking machine with a low-inertial milk flow sensor, which controls the vacuum mode, both in poddyah and interstitial chambers of milking glasses.

Conducted theoretical studies of the working process of machine milking allowed to systematize the engineering calculation method of milking machine with a controlled mode of operation and to determine the optimal design parameters of the actuators. The analytical expressions obtained characterize the influence of their parameters and mode of operation on the dynamics of milk production during machine milking of cows.

Key words: milk, milking, milking glass, pulsator, machine of milking machine.

F. 39. Pic. 6. Ref. 12.



ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Бабин Ігор Анатолійович – асистент кафедри «Машин та обладнання сільськогосподарського виробництва» Вінницького національного аграрного університету (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, 21008, Україна, e-mail: babyn@vsau.vin.ua).

Грицун Анатолій Васильович – кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри «Агроінженерії та технічного сервісу» Вінницького національного аграрного університету (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, 21008, Україна, e-mail: gritsun@vsau.vin.ua).

Бабин Игорь Анатольевич – асистент кафедры «Машин и оборудования сельскохозяйственного производства» Винницкого национального аграрного университета (ул. Солнечная, 3, г. Винница, 21008, Украина, e-mail: babyn@vsau.vin.ua)

Грицун Анатолий Васильевич – кандидат сельскохозяйственных наук кафедры «Агроинженерии и технического сервиса» Винницкого национального аграрного университета, (ул. Солнечная, 3, г. Винница, 21008, Украина, e-mail: gritsun@vsau.vin.ua).

Babyn Ihor – Assistant of the Department “Machinery and equipment for agricultural production” of Vinnytsia National Agrarian University (3, Solnyshchaya str., Vinnytsia, 21008, Ukraine, e-mail: babyn@vsau.vin.ua)

Hrytsun Anatoliy – PhD, Associate Professor of the Department of “Agro-engineering and Technical Service” of Vinnytsia National Agrarian University (3 Solnechnaya St., Vinnitsa, 21008, Ukraine, e-mail: gritsun@vsau.vin.ua).