

Всеукраїнський науково-технічний журнал

Ukrainian Scientific & Technical Journal

ISSN 2306-6744

DOI: 10.37128/2306-6744-2021-2

Вібрації в техніці та технологіях



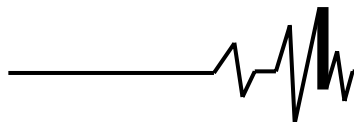
Всеукраїнський науково-технічний журнал

Ukrainian Scientific & Technical Journal

Вібрації в техніці та технологіях

№ 2 (101)

Вінниця 2021

**ВІБРАЦІЇ В
ТЕХНІЦІ ТА
ТЕХНОЛОГІЯХ**

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

Заснований у 1994 році під назвою “Вібрації в техніці та
технологіях”

Свідоцтво про державну реєстрацію засобів масової
інформації

КВ № 16643-5115 ПР від 30.04.2010 р.

Всеукраїнський науково-технічний журнал “Вібрації в техніці та технологіях” / Редколегія: Калетнік Г.М. (головний редактор) та інші. – Вінниця, 2021. – 2 (101) – 144 с.

Друкується за рішенням Вченої ради Вінницького національного аграрного університету (протокол №12 від 29.06.2021 р.)

Періодичне видання включено до Переліку наукових фахових видань України з технічних наук (Категорія «Б» Наказ Міністерства освіти і науки України від 02.07.2020 р. № 886)

Головний редактор

Калетнік Г.М. – д.е.н., професор,
академік НААН, Вінницький національний
аграрний університет

**Заступник головного
редактора**

Адамчук В.В. – д.т.н., проф., акад. НААН,
Національний науковий центр “Інститут
механізації та електрифікації сільського
господарства”

Відповідальний секретар

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

Члени редакційної колегії

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

Граняк В.Ф. – к.т.н., доцент, Вінницький
національний аграрний університет

Деревенько І.А. – к.т.н., доцент,
Національний університет «Львівська
політехніка»

Зіньковський А.П. – д.т.н., професор,
Інститут проблем міцності імені Г. С.
Писаренка НАН України

Купчук І.М. – к.т.н., доцент, Вінницький
національний аграрний університет

Матвєєв В.В. – д.ф.-м.н., професор,
академік НАН, Інститут проблем міцності
імені Г.С. Писаренка НАН України

Надуть В.П. – д.т.н., професор, Інститут
геотехнічної механіки імені М.С. Полякова
НАН України

Ольшанський В.П. – д.ф.-м.н., професор,
Харківський національний технічний
університет сільського господарства імені
Петра Василенка

Полєвода Ю.А. – к.т.н., доцент, Вінницький
національний аграрний університет

Севостьянов І.В. – д.т.н., професор,
Вінницький національний аграрний
університет

Твердохліб І.В. – к.т.н., доцент, Вінницький
національний аграрний університет

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

Цуркан О.В. – д.т.н. доцент, Вінницький
національний аграрний університет

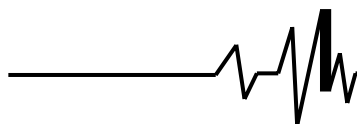
Зарубіжні члени редакційної колегії

Максимов Джордан Тодоров – д.т.н., проф., Технічний Університет Габрово (Болгарія)

Технічний редактор **Замрій М.А.**

Адреса редакції: 21008, Вінниця, вул. Сонячна 3, Вінницький національний аграрний
університет, тел. 46 – 00– 03

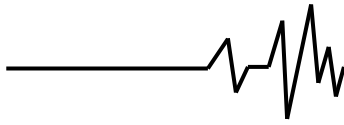
Сайт журналу: <http://vibrojournal.vsau.org/> Електронна адреса: vibration.vin@ukr.net

**З М І С Т****1. ТЕОРІЯ ПРОЦЕСІВ ТА МАШИН**

<i>Булгаков В. М., Солоня О. В., Ігнат'єв Є. І.</i> ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ ФРОНТАЛЬНО НАВИШЕНОЇ ГИЧКОЗБИРАЛЬНОЇ МАШИНИ ПРИ КОЛИВАННЯХ У ПОВЗДОВЖНЬО-ВЕРТИКАЛЬНІЙ ПЛОЩИНІ	5
<i>Севост'янов І. В., Мельник О. С., Краєвський С. О., Горбаченко А. А.</i> ДОСЛІДЖЕННЯ ВІДЦЕНТРОВОГО ПОДРІБНЮВАЧА ЗЕРНОВОЇ СИРОВИНИ.....	13
<i>Надутый В. П., Чолишкіна В. В., Курілов В. С.</i> ИЗВЛЕЧЕНИЕ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ ЗАДАНОЙ КРУПНОСТИ И ПЛОТНОСТИ ИЗ ГОРНОЙ МАССЫ ВИБРАЦИОННЫМ МЕТОДОМ.....	27
<i>Ольшанський С. В., Сліпченко М. В., Твердохліб І. В., Купчук І. М.</i> КОЛИВАННЯ ІМПУЛЬСНО НАВАНТАЖЕНОГО ОСЦИЛЯТОРА З КВАДРАТИЧНИМ ОПОРОМ У СКЛАДІ ДИСИПАТИВНОЇ СИЛИ.....	35
<i>Степаненко С. П., Котов Б. І., Грушецький С. М., Рудь А. В.</i> МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РУХУ ЗЕРНОВОГО МАТЕРІАЛУ НА ПОВЕРХНІ ВІБРОЖИВИЛЬНИКА ЗА УМОВ ВВЕДЕННЯ ЙОГО В АСПІРАЦІЙНИЙ КАНАЛ СЕПАРАТОРА...46	46
<i>Polievoda Y.</i> APPLICATION OF VIBRATION EFFECTS IN BIOFUEL PRODUCTION	56
<i>Граняк В. Ф., Гайдамак О. Л.</i> НАБЛИЖЕНИЙ СПОСІБ РОЗРАХУНКУ ЗЕРНОПОТОКУ В ВЕРТИКАЛЬНОМУ ЦИЛІНДРИЧНОМУ ВІБРОРЕШЕТІ.....	62
<i>Возняк О. М., Штуць А. А., Замрій М. А.</i> РОЗРОБКА МІКРОПРОЦЕСОРНОГО КОНТРОЛЕРА ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ЛІНІЙНОГО ПЕРЕМІЩЕННЯ РУХОМИХ ОРГАНІВ ВИКОНАВЧИХ МЕХАНІЗМІВ ВІБРАЦІЙНИХ МАШИН....71	71

2. МАШИНОБУДУВАННЯ ТА МАТЕРІАЛООБРОБКА

<i>Котов Б. І., Грищенко В. О., Панцир Ю. І., Герасимчук І. Д.</i> МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІЧНИХ РЕЖИМІВ ТЕПЛОАСОСНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ.....	85
<i>Сивак Р. І., Гунько І. В., Залізник Р. О.</i> ЗАСТОСУВАННЯ ЛІНІЙ ТОКУ ПРИ ВИЗНАЧЕННІ КІНЕМАТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК В СТАЦІОНАРНИХ ПРОЦЕСАХ ПЛАСТИЧНОЇ ТЕЧІЇ МЕТАЛУ.....	92
<i>Грицун А. В., Бабин І. А.</i> ОБГРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНО-РЕЖИМНИХ ПАРАМЕТРІВ ДІЙКОВОЇ ГУМИ ПЕРЕМІННОГО ПЕРЕРІЗУ.....	99
<i>Rutkevych V.</i> INVESTIGATION OF TRANSITIONAL PROCESSES IN THE ADAPTIVE SYSTEM OF HYDRAULIC DRIVES OF THE MECHANISM FOR CUTTING AND UNLOADING STALK FODDER	107
<i>Гайдамак О. Л., Гунько І. В., Паладій М. С.</i> ДОСЛІДЖЕННЯ ШВИДКОСТІ РУХУ ПОРОШКОВИХ ЧАСТИНОК ХОЛОДНОГО ГАЗОДИНАМІЧНОГО НАПИЛЕННЯ	115
<i>Trukhanska O</i> IMPROVEMENT OF QUALITY INDICATORS OF THE PROCESS OF SOWING OF ROW CROPS..124	124
<i>Руткевич В. С., Кушнір В. П.</i> РОЗРАХУНОК НА МІЦНІСТЬ ДЕФОРМУЮЧИХ ЕЛЕМЕНТІВ ТА РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЙ ПРОШИВОК ДЛЯ ОБРОБКИ З НАКЛАДАННЯМ УЛЬТРАЗВУКУ.....	135

**Грицун А. В.**

К.С.-Г.Н., доцент,

Бабин І. А.

К.Т.Н., ст. викладач

**Вінницький національний
аграрний університет****Hrytsun A.**

PhD, Associate Professor

Babyn I.

PhD, Senior Lecturer

**Vinnitsia National Agrarian
University****УДК 637.115:621.517****DOI: 10.37128/2306-8744-2021-2-11**

ОБГРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНО-РЕЖИМНИХ ПАРАМЕТРІВ ДІЙКОВОЇ ГУМИ ПЕРЕМІННОГО ПЕРЕРІЗУ

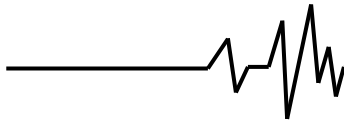
Вітчизняна та зарубіжна промисловості не випускають доїльні апарати, які в повній мірі відповідають процесу доїння корів, максимально наближеному до природного. Повноцінне видоювання вимені та зниження захворювання корів значно залежать від правильної роботи доїльного апарату. Якість коливальних процесів, які забезпечує гума серійних доїльних стаканів не в повній мірі відповідає сучасним зоотехнічним вимогам. В процесі їх роботи, особливо на початку і в кінці доїння корів, може відбутись «холосте» доїння при номінальному вакууметричному тиску. Доїння при високому вакуумі часто призводить до негативного впливу на дійки корів, що часто спричиняє захворювання тварин з подальшим їх вибраковуванням. Максимально адаптовані до фізіологічних особливостей корів коливально-вібраційні рухи доїльної гуми та оптимальний вакууметричний тиск, також впливають на якість молока.

Проаналізовані основні технічні рішення стосовно доїльних апаратів, які забезпечують керування вакууметричним тиском впродовж доїння. Проведені деякі теоретичні та експериментальні дослідження роботи доїльного апарату, який забезпечує зменшення вакууметричного навантаження на вим'я та жорстку вібраційну дію на сфінктер дійки при номінальному вакуумі в процесі машинного доїння корів.

Незважаючи на велику кількість відомих технічних рішень, щодо удосконалень доїльних апаратів, актуальним залишається завдання створення конструкції, що поєднує високу продуктивність обладнання і коливально-вібраційну дію для стимулювання рефлексу. Конструкції доїльних апаратів зараз удосконалюються, в основному, в двох напрямках, а саме - розробка доїльних апаратів, що дозволяють регулювати робочі параметри залежно від рівня молоковіддачі та конструктивні вдосконалення виконавчих механізмів доїльних апаратів які стимулюють рефлекс молоковіддачі не наносячи тварині негативних дій.

Проведені теоретичні дослідження робочого процесу машинного доїння дозволили систематизувати методику інженерного розрахунку доїльного апарату з керованим режимом вакууметричного тиску на дійки корови 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: вібраційно - коливальні рухи сокової гуми, доїння, доїльний стакан, доїльна гума, вібраційно-коливальні рухи гуми, апарат машинного доїння.



Постановка проблеми. В цілому по країні рентабельність молока дуже низька і знаходиться в межах 8-10 %. На сучасному етапі економічного розвитку країни, щоб вітчизняне молочне тваринництво було рентабельним, конкурентоздатним і забезпечувало продовольчу незалежність, воно має бути високопродуктивним. Для цього необхідно прискорити впровадження в молочне тваринництво прогресивних технологій виробництва молока на базі створення і використання конкурентоздатної вітчизняної техніки. В зв'язку з цим напрям робіт по вдосконаленню доїльного обладнання носить досить багатоплановий характер. Це, в першу чергу, підвищення пропускної спроможності доїльних установок.

Робота доїльного обладнання значно впливає на повноцінність видоювання корів, а захворювання корів маститом певною мірою залежить від правильної роботи обладнання і в першу чергу від режимів коливання доїльної гуми. Існуюче серійне доїльне обладнання не завжди забезпечує якісні показники технологічного процесу що відповідають діючим зоотехнічним нормам [1,2].

В процесі роботи доїльних апаратів, особливо на початку і в кінці доїння корів, частота коливально-вібраційних рухів доїльної гуми не співпадає з молоковиведенням при оптимальному вакуумметричному тискові. Це часто викликає захворювання тварин маститом що призводить до їх вибраковування.

Вітчизняна та зарубіжна промисловості, як видно з проаналізованих технічних рішень доїльного обладнання з керованим виконанням процесу, не випускають такі доїльні апарати, які в повній мірі відповідали б фізіології тварин.

Одним з видів шкідливого впливу соскової трубки на дійку при такті є стиснення у вигляді «хлопка». За одне машинне доїння доїльний апарат може «видавати» до 400-600 таких «коливальних ударів» [3,4].

Характер впливу соскової гуми на дійку корови залежить від багатьох факторів: перепаду тисків у міжстінковому і піддійковому просторах доїльного стакана; фізико-механічних властивостей і конструктивних її параметрів; натягу гуми в гільзі стакана і пружності дійки.

Аналізуючи ситуацію стосовно машинного доїння корів, бачимо що питання розробки доїльного обладнання, яке виключає при його роботі вказані негативні явища, залишається актуальним і вимагає подальшого вирішення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Розрізняють три способи виведення молока з вимені корови: а) природний; б) ручний; в) машинний. При природному способі відбувається висмоктання молока телям. Проте, щоб отримувати молоко для потреб

людини, потрібні технічні засоби які б максимально моделювали процес сосання корови телям [1,2]. Такт смоктання у телят складається з двох фаз: смоктання (вичавлювання) і відпочинку. Ці фази характеризуються максимальним позитивним і максимальним негативним тисками.

Дослідженнями процесу сосання телям встановлено, що під час фази ковтання позитивний тиск знижується до атмосферного, тоді як розрідження зберігається впродовж обох фаз: смоктання і ковтання. Максимальне розрідження при цьому складає 30,6...33,25 кПа, а кількість смоктань коливається від 100 до 120 в хвилину. Середня величина розрідження, що створюється в порожнині рота теляти при сталому процесі смоктання, дорівнює 17,20 кПа. Середній тиск, що спричиняється на дійку, знаходиться в межах 110,7.. 112,7 кПа, а максимальний тиск досягає 132,3 кПа [4,5]

При машинному доїнні корів молоко з вимені виводиться завдяки дії робочого вакууму (розрідження), що створюється під дійкою, (у 1,5.. 2,5 рази вище, ніж в порожнині рота теляти при смоктанні) [5]

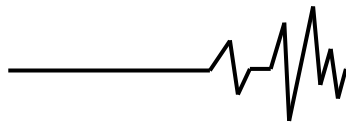
В даний час випускаються доїльні апарати, які мають різні технічні показники і конструкторські особливості. Доїльні апарати можуть мати різну масу підвісної частини і розміри окремих частин. Часто різною доїльною гумою по жорсткості і діаметрові вхідного отвору комплектуються апарати однієї і тієї ж марки [4,5]. Аналіз тенденцій в конструюванні доїльного обладнання показує класичний шлях їх розвитку - розширення адаптаційних можливостей техніки і в той же час різке її ускладнення.

Таким чином аналізуючи існуючі конструкції доїльних стаканів та ґрунтуючись на наукових фізіологічних дослідженнях вибраний напрям спрямований на розробку конструктивних елементів виконавчих механізмів доїльного апарату вібраційно коливальної дії, які максимально відповідають зоотехнічним вимогам.

Мета дослідження. Мета роботи – підвищення ефективності роботи доїльного апарату на основі розробки дійкової гуми перемінного перерізу, для зменшення впливу вакуумметричного тиску на дійку вимені корів.

Основні результати досліджень. Як відомо характер впливу вібраційно коливальних рухів соскової гуми на дійку корови залежить від таких факторів як, перепад тисків у міжстінковому і піддійковому просторах доїльного стакана, фізико-механічних властивостей і конструктивних параметрів дійкової гуми та її натягу в гільзі стакана, пружності дійки та ін.

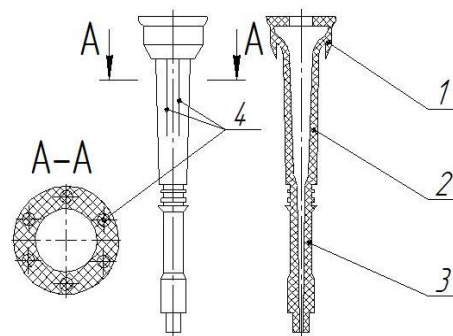
Тому доцільною є розробка дійкової гуми що дозволяє мінімізувати вібраційно ударну дію робочою її частиною на дійку корови під час доїння та усунути технічну причину виникнення захворювання тварин.



Одним із шляхів вирішення цієї задачі є розробка соскової гуми доїльного стакана з симетрично вмонтованими кордовими нитками діаметром біля 1 мм. Загальна кількість ниток коливалась від 0 до 6.

Дослідження роботи доїльної гуми з кордовими нитками проводились в лабораторії машинного доїння корів ВНАУ.

Кордові нитки забезпечують необхідну жорсткість верхньої частини соскової трубки, зменшуючи, тим самим, ударно-коливальну дію доїльної гуми об стінки дійки при тактах ссання і стискання (рис.1).



1-присоскова камера, 2-робоча частина доїльної гуми;

3-молокопровідна трубка; 4-кордові нитки.

Рис. 1. Доїльна гума з кордовими нитками

Результати лабораторних досліджень використання такої гуми приведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Результати випробувань кордової доїльної гуми

Кількість ниток	Середня кількість ударних навантажень
0	260-360
3	185-228
6	52-64
9	5-10

Як видно, досліджувана конструкція дійкової гуми забезпечує зменшення ударно-коливальної дії соскової трубки на дійки корови, проте вона не повною мірою сприяє зниженню вакуумного навантаження на тканини вимені.

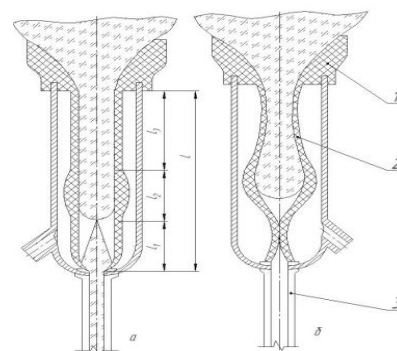
Також дійкова гума з армованими нитками складна в виготовленні і може призвести до підвищення вартості обладнання.

Для вирішення поставленої мети більш доцільно використовувати доїльну гуму з диференційованою товщиною стінок.

Соскова трубка доїльної гуми (рис.2) складається з кількох частин. Верхньої робочої частини, середньої довжини - (біля 40 мм) виконаної потовщеною 3,5 ... 4 мм, та нижньої - (біля 40 мм) робочої частини соскової трубки яка має товщину в межах 2,0 ... 2,5 мм. Товщина стінок соскової трубки серійних доїльних апаратів складає 2,0 ... 2,5 мм, а довжина робочої частини 120 мм. Змінна жорсткість робочої частини соскової трубки дозволяє зменшити вакуумне навантаження на тканини дійки корови і уникнути ударно вібраційної дії на сосок, та запобігти «аерозольному» ефекту.

Розрахунок стійкості соскової гуми з диференційованою товщиною стінок (рис.3) може проводитись на підставі класичної теорії оболонки [7]. При цьому отримані геометричні лінійні рівняння для вирішення задачі стійкості циліндричної оболонки. Знаючи граничні умови для вирішення системи диференціального

лінійного рівняння, отримана формула критичного тиску q (кПа) на тканини дійки.



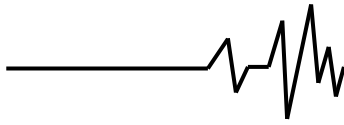
а- такт ссання, б- такт стискання:

1 - присоскова камера, 2 - робоча частина соскової гуми; 3 - молочний відвідний патрубок;

Рис. 2. Доїльний стакан з модернізованою сосковою гумою.

$$q = \bar{q} E \left(\frac{h}{R} \right)^2, \quad (1)$$

де \bar{q} - безрозмірний коефіцієнт критичного навантаження, отриманий експериментальним шляхом; E - модуль пружності дійкової гуми, Н / см²; h - товщина стінки, см; R - радіус гуми, см.



Важливим параметром в роботі доїльної гуми є величина зміни діаметра дійки під час такту стискання

$$h = \frac{(Y_p \cdot l_1) + (Y_p \cdot l_2) + (Y_p \cdot l_3)}{d} = \frac{Y_p(l_1 + l_2 + l_3)}{d}, \quad (2)$$

Під час коливально вібраційного стискання поперечна деформація дійкової гуми допускає відсутність її на ділянці - l_2 і зменшення її на ділянці - l_3 у вигляді такої конструкції присоскової камери (присоски).
Тоді вираз (2) прийме вигляд

$$h = \frac{Y_p \cdot l_1 + Y_p \cdot l_3}{d} = \frac{Y_p(l_1 + l_3)}{d} \quad (3)$$

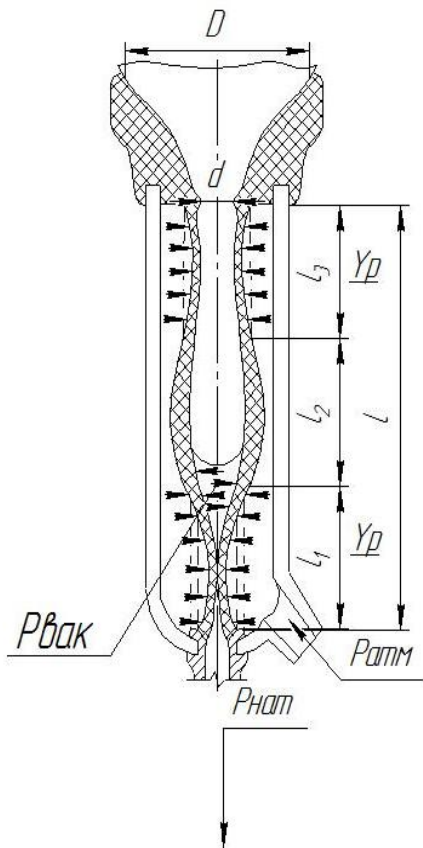


Рис. 3. Схема дії сил на дослідну доїльну гуму і тканини дійки при такті стискання

З формули (4) отримуємо Y_p

$$Y_p = \frac{P_T}{C_{гуми} + C_{дійки}}, \quad (5)$$

Дійкову гуму, яка впливає на дійку тварини, можна представити у вигляді балочки, що лежить на пружній основі. Проте величина реакції на балочку пропорційна її прогину[7]. Отже, при цьому можна вважати, що тиск, який чиниться сосковою трубкою на дійку - P_T , пропорційний величині деформації трубки в поперечному перерізі[6,7], тобто.

$$P_T = C Y_p \quad (4)$$

де C – сумарний коефіцієнт пружності дійкової гуми і тканини дійки тварини

$$C = C_{гуми} + C_{дійки}, H / м$$

D - зовнішній діаметр присоски, м;

d - внутрішній діаметр присоски, м;

l_1, l_2 - робоча довжина гуми без зміни потовщення, м;

l_2 - робоча потовщена довжина гуми, м;

l - спільна робоча довжина гуми, м;

$P_{атм}$ – атмосферний тиск, що діє на гуму, кПа;

$P_{вак}$ – вакууметричний тиск, кПа;

$P_{нат}$ - сила натягу гуми, Н;

Y_p - поперечна деформація гуми

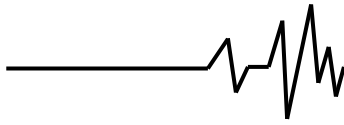
під дією Δp , м;

Δp - перепад тиску в міжстінковому і піддійковому просторах доїльного стакану, кПа;

h - величина зміни діаметра дійки при такті стискання, м.

приймаємо $P_T = \Delta p$; $\Delta p = P_{атм} - P_{вак}$ *

Підставивши значення Y_p у формулу (3),
отримаємо:



$$h = \frac{\left(\frac{\Delta p}{C_{сер} + C_{дійки}}\right) \cdot l_1 + \left(\frac{\Delta p}{C_{зуми} + C_{дійки}}\right) \cdot l_3}{1,33 \cdot d} \quad (6)$$

Беручи до уваги, що верхня ділянка l_3 дійкової гуми змикається при такті стиску не повністю. В отриману формулу (6) вводиться коефіцієнт (1,33), що враховує цю обставину.

Аналіз формули (6) показує, що експериментальна дійкова трубка зменшує ударно вібраційний вплив на тканини дійки тварини через зниження різниці тиску в дійці та піддійковому просторі.

На вихідні показники роботи доїльного апарату впливають технічні і конструктивні параметри, вакуумний режим його роботи, а також фізіологічний стан вимені тварини.

Проведені дослідження пов'язані з рішенням завдань, які спрямовані на пошук оптимальних умов протікання робочого процесу машинного доїння корів. Враховуючи той факт, що проведення експериментів пов'язано з великою трудомісткістю, дослідження проводилося за допомогою оптимального планування експерименту та кібернетичного підходу до експериментального дослідження систем.

Метою даного дослідження є отримання математичної моделі, яка може бути використана для автоматичного керування режимами роботи обладнання при машинному доїнні.

В якості критерію оптимізації вибрано ($Q_{ц}$) - виведена маса молока за один цикл роботи дослідного доїльного апарату.

Відповідно до теорії системного аналізу [8] представимо об'єкт дослідження у вигляді складної багатовимірної кібернетичної системи,

а показники, що характеризують процес роботи доїльного апарату у вигляді функціональної залежності:

$$Y(Q_{ц}, F_b, \Pi, Ж, d, g, \rho) = 0 \quad (7)$$

Де:

F_b - сила витoku молока з дійки, Н;
 Π - висота встановлення апарату, м;
 $Ж$ - жорсткість змикання дійкової гуми, Па;
 d - внутрішній діаметр дійкової гуми, м;

ρ - щільність молока, кг/м³;

$g = 9,8$ м/с².

Вихідний параметр $Q_{ц}$ є функцією чотирьох змінних F_b, Π, d і $Ж$

$$Q_{ц} = f(F_b, \Pi, d, Ж) \quad (8)$$

Критерії подібності можна отримати, вибравши будь-які три параметри по числу первинних основних одиниць - метр, кілограм, секунда, для яких визначник не дорівнює нулю $\Delta \neq 0$. Приймавши їх за основні, можна перейти до безрозмірних комплексів. Висловлюючи показники рівняння (7) через основні величини, отримаємо залежність у відносних одиницях виду:

$$\frac{y(Q_{ц}; F_b; \Pi; Ж; d; \rho; g)}{d^\tau \rho^\lambda g^\mu} = 0$$

Такими основними параметрами можуть бути g, ρ і d

$$[g] = [M][L][T]^{-2}, [\rho] = [M]^1[L]^{-3}[T]^0, d = [M]^0[L]^1[T]^0$$

Так як для них визначник не рівний нулю

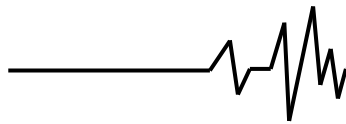
$$\Delta = \begin{vmatrix} \mu_1 & \lambda_1 & \tau_1 \\ \mu_2 & \lambda_2 & \tau_2 \\ \mu_3 & \lambda_3 & \tau_3 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 0 & 1 & -2 \\ 1 & -3 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{vmatrix} \\ = \mu_1 \lambda_2 \tau_3 + \mu_3 \lambda_1 \tau_2 + \mu_2 \lambda_3 \tau_1 - \mu_3 \lambda_2 \tau_1 - \mu_1 \lambda_3 \tau_2 - \mu_2 \lambda_1 \tau_3 \\ = (0 - 3 + 0) + (0 + 1 + 0) + (1 + 1 - 2) - (0 - 3 - 2) - (0 + 1 - 0) - (1 + 1 + 0) = -2$$

Значення $\mu_i \lambda_i \tau_i$ визначаються з рівняння при умові, що комплекси – безрозмірні величини. Кожний з них прирівнюється до одиниці.

$$1. \quad \frac{\Pi}{(g^\mu \rho^\lambda d^\tau)} = 1;$$

$$\frac{[L]^1}{([L]^1[T]^{-2})^\mu} ([M][L]^{-3})^\lambda ([L]^\tau) = 1$$

Перший безрозмірний комплекс – $\Pi/d = X_1$



$$2. \quad \frac{F_b}{(g^\mu \rho^\lambda d^\tau)} = 1; [L]^1 [M]^1 [T]^{-2} /$$

$$([L]^1 [T]^{-2})^\mu ([M]^1 [L]^{-3})^\lambda ([L]^\tau)^\tau = 1$$

Другий безрозмірний комплекс –

$$F_b / \rho \cdot g \cdot d^3 = X_2$$

$$3. \quad \mathcal{J} / (g^\mu \rho^\lambda d^\tau) = 1;$$

$$[L]^{-1} [M]^1 [T]^{-2} /$$

$$([L]^1 [T]^{-2})^\mu ([M]^1 [L]^{-3})^\lambda ([L]^1)^\tau = 1$$

Третій безрозмірний комплекс –

$$\mathcal{J} / g \cdot \rho \cdot d = X_3$$

$$4. \quad Q_{\text{ц}} / (g^\mu \rho^\lambda d^\tau) = 1;$$

$$M^1 /$$

$$([M]^1 [L]^{-3} [T]^0)^\lambda ([M]^0 [L]^1 [T]^{-2})^\mu ([M]^0 [L]^1 [T]^0)^\tau = 1$$

Четвертий безрозмірний комплекс –

$$y = Q_{\text{ц}} / \rho \cdot d^3$$

$$Y = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3 + b_{1,2} X_1 X_2 + b_{2,3} X_2 X_3 + b_{1,3} X_1 X_3 + b_{1,2,3} X_1 X_2 X_3$$

Де b_i – коефіцієнт регресії;

X_i – фактори, впливаючі на процес.

Коефіцієнти даної залежності

являються постійними величинами для обраних кібернетичних систем та можуть бути визначені шляхом обробки результатів експериментальних досліджень.

Результати досліджень доїльного апарату з сосковою гумою перемінного перерізу показали, що хвилинне вакуумне вібраційно коливальне навантаження зменшилося у два рази, в порівнянні з серійними зразками. Також отримана менша величина максимального розтягуючого зусилля, що діє на дійку, у порівнянні з серійними доїльними апаратами. Таким чином, запропонована конструкція дійкової гуми перемінного перерізу дозволяє значно покращити роботу доїльного обладнання, що сприятливо позначиться на отриманні якісної продукції.

Висновки. Проаналізовано існуючі тенденції досліджень та розрахунки впливу доїльного обладнання на якість продукції. Виведена аналітична залежність впливу дійкової гуми змінної жорсткості на процес виведення молока з дійок корів.

Встановлено, що експериментальна дійкова гума змінного перерізу зменшує вібраційно вакуумний вплив, який чинить доїльний стакан на тканини дійки в середньому

Четвертий комплекс являється функцією перших трьох

$$y = f(X_1; X_2; X_3), \text{ або}$$

$$y = f\left(\frac{\Pi}{d}; \frac{F_b}{g \cdot \rho \cdot d^3}; \frac{\mathcal{J}}{g \cdot \rho \cdot d}\right). \quad (10)$$

На основі експериментальних і розрахункових даних у першому приближенні залежності

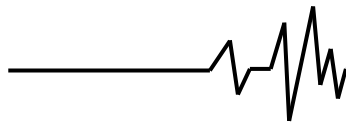
$$\pi_1 = \left(\frac{\Pi}{d}\right); \pi_2 = \left(\frac{F_b}{g \rho d^3}\right); \pi_3 = \left(\frac{\mathcal{J}}{g \rho d}\right);$$

являються лінійними. Перехід до безрозмірної форми не змінює характеру цих залежностей. Позначивши безрозмірні комплекси через y, x_1, x_2, x_3 , функцію $Q_{\text{ц}}$ можна записати за допомогою полінома першого ступеня:

на 30%, та сприяє більш безпечному процесу машинного доїння корів.

Список використаних джерел

1. Дмитрів В. Т. Обґрунтування параметрів вимірника потоку молока в процесі машинного доїння: Дис. канд. тех. Наук.-Глеваха, 1995.-191 с.
2. Гуцько І. В., Бабін І. А. Фізико-математична модель роботи гідроінжектора системи промивання доїльних установок. Вібрації в техніці та технологіях. 2020. №2. С. 111-118.
3. Дриго В.А., Михайленко Н.К., Остапенко Н.А. Устройство регулирования величины вакуума в доильном стакане пропорционально потоку молока. Тезисы 9 международного семинара.-Оренбург, 1997. С.48-49.
4. Карташов Л. П. Машинное доение коров. – М.: Колос, 1982. – 386 с.
5. Фененко А. І. Режимні характеристики виконавчих механізмів для нового покоління доїльних установок. Вісн.Львів.держ.аграрн. ун-ту: Агроінженерні дослідження, 1999. - №3. С. 18 – 26.
6. Грицун А. В., Бабін І.А., Севостьянов І.В. Дослідження впливу соскової гуми на дійки вимені корів. Техніка, енергетика, транспорт АПК, 2018. – №4(101). С. 4–9.



7. Синявский И. С. Сопrotивление материалов. – М.: Колос, 1968.- 430 с.

8. Карташов Л. П. Методический материал по расчету элементов доильных аппаратов. - М.: НИИ Сельхозмаш, 2001. – 241 с.

References

1. Dmytriv V.T. Obgruntuvannya parametriv vymiryuvacha potoku moloka v protsesi mashynnoho doynnya: Dys. kand. tekhn. Nauk.-Hlevakha, 1995.-191 s.

2. Hun'ko I. V., Babyn I.A. Fyzyko-matematychna model' roboty hidroi-nzhektora systemy promyvannya doyl'nykh ustanovok. Vibratsiyi v tekhnitsi ta tekhn-nolohiyakh. 2020. №2. S. 111-118.

3. Drigo V.A., Mikhaylenko N.K., Ostapenko N.A. Ustroystvo regulirovaniya velichiny vakuuma v doil'nom stakane proporsional'no potoku molo-ka. Tezisy 9 mezhdunarodnogo seminar.-Orenburg, 1997. S.48-49.

4. Kartashov L. P. Mashinnoye doeniye korov. – М.: Колос, 1982. – 386 с.

5. Fenenko A. I. Rezhymni kharakterystyky vykonavchykh mekhanizmiv dlya novoho pokolinnya doyl'nykh ustanovok. Visn.L'viv.derzh.ahram. un-tu: Ahroin-zhenerni doslidzhennya, 1999. - №3. S. 18 – 26.

6. Hrytsun A. V., Babyn I.A., Sevast'yanov I.V. Doslidzhennya vplyvu sosko-voyi humy na diyky vymeni koriv. Tekhnika, enerhetyka, transport APK, 2018. – №4(101). S. 4–9.

7. Sinyavskiy I. S. Soprotivleniye materialov. – М.: Колос, 1968.- 430 с.

8. Kartashov L. P. Metodicheskiy material po raschetu elementov doil'-nykh apparatov. - М.: NII Sel'khoz mashch, 2001. – 241 с.

ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНО-РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ ДОИЛЬНОЙ РЕЗИНЫ ПЕРЕМЕННОГО СЕЧЕНИЯ

Отечественная и зарубежная промышленности не выпускают доильные аппараты, которые в полной мере отвечали бы физиологии животных.

Полноценное выдаивание вымени и снижения заболевания коров маститом значительно зависит от работы доильного аппарата. Качество работы серийных доильных стаканов не в полной мере отвечает современным зоотехническим требованиям. В процессе их работы, особенно в начале и в конце доения коров, может произойти «холостое» доение при номинальном вакууме. Доение при высоком вакууме часто приводит к раздражению сфинктера сосков, что часто вызывает

заболевание животных с последующим их выбраковыванием. Также вместе с ростом производства количества молока важное значение приобретает его качество.

Проанализированы основные технические решения доильных аппаратов с управляемым изменением вакууметрического давления. Проведены некоторые теоретические и экспериментальные исследования работы доильного аппарата, который обеспечивает уменьшение вакууметрической нагрузки на вымя и жесткое вибрационное воздействие на сфинктер соска при номинальном вакууме в процессе машинного доения коров.

Несмотря на множество известных решений по совершенствованию доильного оборудования, актуальным остается задача создания конструкции, объединяющей высокую производительность и стимулирование рефлекса. Конструкции доильных аппаратов сейчас совершенствуются в основном в двух направлениях, а именно - разработка доильных аппаратов, позволяющих регулировать рабочие параметры в зависимости от уровня молокоотдачи и конструктивные усовершенствования механизмов доильных аппаратов стимулирующие рефлекс молокоотдачи.

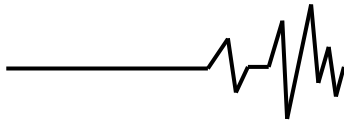
Проведенные теоретические исследования рабочего процесса машинного доения позволили систематизировать методику инженерного расчета доильного аппарата с управляемым режимом вакууметрического давления на соски коровы и определить оптимальные конструктивные параметры исполнительных механизмов. Полученные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

Ключевые слова: вибрационно-колебательные движения соковой резины, молоко, доение, доильный стакан, доильная резина, аппарат машинного доения.

JUSTIFICATION OF CONSTRUCTIVE-REGIME PARAMETERS OF VARIABLE RUBBER OF VARIABLE SECTION

Domestic and foreign industries do not produce milking machines that would fully comply with the physiology of animals.

Full milking of the udder and reduction of cows with mastitis significantly depends on the



operation of the milking machine. The quality of serial milking cups does not fully meet modern zootechnical requirements. In the process of their work, especially at the beginning and at the end of milking cows, "idle" milking can take place at nominal vacuum. Milking at high vacuum often irritates the teat sphincter, which often causes mastitis in animals, followed by cancer. Also, along with the growth of milk production, its quality is extremely important.

The main technical solutions for milking machines with controlled change of vacuum pressure are analyzed. Some theoretical and experimental studies of the milking machine, which provides a reduction of the vacuum load on the udder and a rigid vibration effect on the teat sphincter at nominal vacuum in the process of machine milking cows.

Despite the many known solutions to improve the milking machine, the task of creating a design that combines high productivity and

stimulation of the reflex remains relevant. Designs of milking machines are now being improved mainly in two directions, namely - the development of milking machines that allow you to adjust the operating parameters depending on the level of milk yield and design improvements of milking machines that stimulate the milk reflex without causing the animal negative effects.

Theoretical studies of the working process of machine milking allowed to systematize the method of engineering calculation of the milking machine with controlled mode of vacuum pressure on the teats of the cow and to determine the optimal design parameters of the executive mechanisms. The obtained analytical expressions characterize the influence of their parameters and mode of operation on the dynamics of milk production during machine milking of cows.

Key words: vibration-vibrational motion of juice rubber, milk, milking, milking cup, milking rubber, machine milking machine.

Відомсті про авторів

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 Ігор Анатолійович – кандидат технічних наук, старший викладач 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 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).

Бабин Игорь Анатольевич – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры «Машин и оборудования сельскохозяйственного производства» Винницкого национального аграрного университета (ул. Солнечная, 3, г. Винница, 21008, Украина, 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).

Babyn Ihor – PhD, Senior Lecturer 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).