

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
АЕРОКОСМІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА КОМП'ЮТЕРИЗОВАНИХ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ
СИСТЕМ ТА ТЕХНОЛОГІЙ

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач випускової кафедри

В.П. Квасніков
“ ___ ” _____ 2022 р.

ДИПЛОМНА РОБОТА

(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)

ЗДОБУВАЧА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ «БАКАЛАВР»

Тема: «Електропривод вібротмасажера»

Виконавець _____ студент гр. ЕЕ-414, Кіюмжі Даніель Антонович
(підпис) (студент, група, прізвище, ім'я, по батькові)

Керівник _____ к.т.н., доцент, Борковська Любов Олексіївна
(підпис) (науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)

Нормоконтролер _____ Катаєва Марія Олександрівна
(підпис) (П.І.Б)

Київ 2022

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Аерокосмічний факультет

Кафедра: комп'ютеризованих електротехнічних систем та технологій

Освітній ступень: «Бакалавр»

Спеціальність: 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»,

Освітньо-професійна програма «Електротехнічні системи електроспоживання»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

В.П. Квасніков

«_____» _____ 2022 р.

ЗАВДАННЯ

на виконання дипломного проекту

Кіюмжі Данієля Антоновича

1. Тема проекту «Електропривод вібромасажера» затверджена наказом ректора від «19» квітня 2022 р. № 396/ст.

2. Термін виконання проекту: з 16 травня 2022 року по 19 червня 2022 року.

3. Вихідні дані до проекту: технічні дані вібромасажера «Вітафон», Дані щодо прийомів використання сільськогосподарських вібромасажерів, Вимоги до розмірів вібромасажера.

4. Зміст пояснювальної записки: реферат, вступ, технологічні прийоми використання вібромасажера, використання вібрації, аналіз літературних джерел та існуючих розробок, визначення вимог до вібромасажера, конструкція вібромасажера, математична модель вібромасажера, електричний ланцюг вібромасажера, конструктивні розміри електромагніту, розрахунок обмотувальних даних, додаткові розрахункові дані, електричні параметри контурів, механічний контур, система рівнянь, аналіз роботи випромінювача вібромасажера.

5. Перелік обов'язкового ілюстративного матеріалу: Схематичне розташування сільськогосподарського вібромасажера на тілі тварини, схематичне зображення компоненті електроприводу та вібромасажера, амплітудно-частотні характеристики робочих режимів електроприводу вібромасажера.

6. Календарний план-графік

№ з/п	Завдання	Термін виконання	Підпис керівника
1.	Вивчення інформаційних джерел	16.05.2022	
2.	Розділ 1. Технологічні прийоми використання вібромасажера	17.05.2022	
3.	Розділ 2. Конструкція вібромасажера	25.05.2022	
4.	Розділ 3. Математична модель вібромасажера	01.06.2022	
5.	Розділ 4. Аналіз роботи випромінювача вібромасажера	06.06.2022	
6.	Оформлення пояснювальної записки	10.06.2022	

7. Дата видачі завдання: «16» квітня 2022 р.

Керівник дипломної роботи (проекту)

_____ Борковська Л.О.
(підпис керівника) (П.І.Б.)

Завдання прийняв до виконання

_____ Кіюмжі Д.А.
(підпис випускника) (П.І.Б.)

РЕФЕРАТ

Випускна кваліфікаційна робота містить 42 сторінки, 20 рисунків, 24 джерела.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ВІБРОМАСАЖЕР, ЕЛЕКТРОПРИВІД, ВІБРАЦІЙНИЙ ВИПРОМІНЮВАЧ.

Мета роботи: розробка експериментального зразка сільськогосподарського вібромасажера (СВМ) технологічно та технічно зручного для застосування в умовах фактичного утримання тварин.

Практична значущість розглянутих досліджень полягає в тому, що отриманими результатами доведено позитивний вплив вібромасажу на клініко-фізіологічні, технологічні, репродуктивні та продуктивні якості тварин. Однак, у той же час, відсутні відомості про дослідно-промислові зразки пристроїв вібромасажу, що застосовуються на практиці.

У роботі складено математичну модель вібромасажера, яка дозволяє досліджувати зміни струму та амплітуда коливання пластини-якоря СВМ, розроблено конструкції одиничного модуля для збору вібромасажера, проведено вибір основних елементів електроприводу УАН.

За допомогою математичної моделі Mathcad 15 проведено розрахункове дослідження роботи вібромасажера, визначено технічні характеристики модуля.

Випускна кваліфікаційна робота виконана у текстовому редакторі Microsoft Word 2010.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1. ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРИЙОМИ ВИКОРИСТАННЯ ВІБРОМАСАЖЕРА.....	9
1.1. Використання вібрації.....	9
1.2. Аналіз літературних джерел та існуючих розробок.....	11
1.3. Визначення вимог до вібромасажера.....	15
РОЗДІЛ 2. КОНСТРУКЦІЯ ВІБРОМАСАЖЕРА	18
РОЗДІЛ 3. МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ВІБРОМАСАЖЕРА	24
3.1. Електричний ланцюг вібромасажера	24
3.1.1. Конструктивні розміри електромагніту	26
3.1.2. Розрахунок обмотувальних даних	27
3.1.3. Додаткові розрахункові дані:	28
3.1.4. Електричні параметри контурів:	29
3.2. Механічний контур	31
3.3. Система рівнянь	33
РОЗДІЛ 4. АНАЛІЗ РОБОТИ ВИПРОМІНЮВАЧА ВІБРОМАСАЖЕРА	34
ВИСНОВКИ	40
СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ...	41

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ

СВМ – сільськогосподарський вібромасажер.

ПЧ –перетворювач частоти

ВСТУП

Вібрація – це періодичні коливальні рухи, що викликають у людини відчуття струсу, прийнято називати вібраціями. [1]

Поняття “вібрація” є синонімом поняття “механічне коливання”. Будь-яка жива система від клітинних органел (ядро, хромосоми) до клітин тканин (еритроцити, капіляри) характеризується наявністю високо частотних механічних коливань (ультразвук - гіперзвук). Це дозволяє розглядати коливальні процеси одним з основних проявів життя [1].

Вперше дія спеціального лікувального вібр облаштування відзначено Вольтером - XIII ст. - У його листі: "Я заліз у трясучку абата де Сен-П'єра і тепер чувстую себе краще". У Росії, за допомогою спеціального вібраційного столу, лікував під керівництвом В.М. Бехтерева, в клініці нервових хвороб, доктор Н.Ф. Чигаєв [1].

Однією з форм вібрації є масаж. Масаж для сильно стомленої людини зменшує напругу і, одночасно, завдяки прискоренню кровотоку в м'язах, призводить до швидкого видалення з організму продуктів розпаду. Масаж прискорює розсмоктування набряків, впливає на склад крові, збільшує число трьох боцитів і еритроцитів а також підвищує рівень гемоглобіну, при його дефіциті. Під впливом масажу розкриваються резервні капіляри, в крові утворюються активні речовини - тканинні гормони - гістамін і ацети лхолін. Для досягнення ефекту від вібраційного масажу достатньо його проводити по три-десять хвилин щодня протягом чотирьох-восьми днів [1].

В даний час вібрація застосовується при точкових масажах, різного роду вібраторах і масажерах, але, при неправильному застосуванні, вони можуть завдати шкоди організму.

Практична значущість розглянутих досліджень полягає в тому, що отриманими результатами доведено позитивний вплив вібромасажу на клініко-фізіологічні, технологічні, репродуктивні та продуктивні якості тварин. Однак, у

той же час, відсутні відомості про дослідно-промислові зразки пристроїв вібромасажу, що застосовуються на практиці.

Мета роботи: розробка експериментального зразка сільськогосподарського вібромасажера (СВМ) технологічно та технічно зручного для застосування в умовах фактичного утримання тварин.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

1. Визначити технологічні прийоми використання СВМ.
2. Розробити конструкцію СВМ.
3. Розробити математичну модель СВМ.
4. Встановити оптимальні режими роботи СВМ.

РОЗДІЛ 1

ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРИЙОМИ ВИКОРИСТАННЯ ВІБРОМАСАЖЕРА

1.1. Використання вібрації.

Застосування вібрації дуже ефективно у поєднанні з іншими факторами – ручним масажем, тепловими процедурами, лікувальною гімнастикою, різними ваннами [1].

При комплексному лікуванні – вібромасаж передміхурової залози лікарськими препаратами – лікувалося чоловіче безп ладдя на ґрунті лігоспермії (наслідки латентно протікаючого простатиту), у чоловіків. При цьому на блюдається підвищення тонусу організму і його роботоздатність, зменшення пригніченості, зростання лібідо оргазму, подовження фрикційного періоду [1].

Термовібромасаж допомагає в лікуванні хронічних захворювань, таких як бронхіт, а також при відновленні голосу. Вібрація при місцевому застосуванні і з вібро-електропунктурою допомагає при невинашиванні вагітності та інших захворюваннях.

Застосування вібраційно-точково масажу в сукупності з лікувальною гімнастикою дозволяє підвищити ефективність лікування спастичних форм дитячого церебрального паралічу та енурезу у дітей.

Фізіологічна дія вібрації. В дія вібрації на організм супроводжується певними судинами руховими реакціями, зміною біоелектричної активності м'язів. Спостерігається позитивний вплив короткочасної щоденної вібрації, що проявляється в організмі збільшенням сили м'язів, поліпшенням їх кровопостачання, прискоренням загоєння ран, що зберігалось в ті часи. днів після приліплення вібрації [1].

Ефективність впливу вібрації залежить від інтенсивності та продовження її впливу. Дія вібрації не обмежується тільки локальним впливом: подразнюючи нервові рецептори, що перебувають у шкірних покривах і глибинних тканинах, вона здійснює свій вплив і рефлекторно, на віддалені від місця роздратування органи і системи. Відповідна реакція організму, як показують дослідження,

залежала від локалізації вібраційного впливу і характеризувалася підвищенням функціональності, в першу чергу, тих організацій, які але пов'язані з місцем роздратування [1]. Під впливом механічних вібрацій малої інтенсивності та короткої тривалості в організмі формується комплекс захисно-приспосувальних механізмів. Він виявляється в посиленні тону сасимпато-адреналової і гіпофіз-адреналової системи, активізацією метаболічних процесів, в обмеженні імунологічних сдвигів, нормалізації та стану центру нервової системи. Виявлено, що такі слабкі, на перший погляд, подразники, як звичайний масаж і апаратний вібраційний масаж шкіри або ясен, що діють протягом 5-10-15 хвилин, вже викликають по редження.лених тканинних структур, очевидно, ферментних систем. При подальших сеансах деструктурі явища не зменшилися, а гістологічна картина свідчила навіть про виникнення процесів репарації [1].

Таким чином, застосування дозованої вібрації і її позитивний вплив на організм людини, відоме давно, і, широко використовуються в сучасній медицині. Даний факт спричинив розширення сфери застосування вібрації в медичних цілях шляхом застосуванням її і тваринницької сфери.

Інтесивний шлях розвитку тваринництва передбачає зростання виробленої продукції на основі використання нових, модернізованих, більш досконаліх і ефективних засобів виробництва. Він пов'язаний з додатковими ви тратами з їх застосування, зміні виробленої структури, вчиненню організації процесу з метою збільшення виходу продукції на одиницю основних фондів. Інтенсифікація живіт нововведення включає в себе, поряд з підвищенням генетичного потенціалу тварин, широке використання фізіологічних резервів підвищення їх продуктивності. властивостей. Для існуючої промислової технології ведення молоч ного скотарства харак терни висока концентрація тварин, обмеженість активного раціону або його відсутність, переважання центрованих і консервованих кормів, стресові ситуації, що супроводжують виконання технологічних операцій. Все це призводить до зниження реалізації іменого потенціалу продуктивних, репродуктивних якостей живих, ранній вибірок зі стада [2].

Відомі прийоми нормалізації репродуктивних функцій тварин, середо ве першочергове значення має застосування гормональних, біологічно активних препаратів, фізіотерапевтичних методів, незважаючи на високу результативність. , не завжди відповідають вимогам виробництва [2].

Темпи сучасного розвитку сільськогосподарського виробництва в нас поточний час визначаються за позовом і освоєнням нових, більш ефективних наукових розробок, прийомів, що дозволяють за найменших. ручної праці, його винятку надавати стимулюючий вплив на фізіологічні функції [2]. Однак, не всі сучасні розробки, дослідження нових прийомів впроваджуються потім у виробництво через свою нетехнологічність або несприятливий вплив на тварин. Найбільш вираженою рефлекторною дією на організм при різних способах впливу має вібраційний масаж. Аналіз літературних даних застосування вібраційного масажу свідчить про виникнення гами складних процесів при впливі механічних коливань на організм, що відображаються у фізіологічних, морфологічних, гістологічних змінах. Підвищується тонус кровоносної системи. прискорюється кровотік, поліпшується кровообіг, інтенсифікується функція залоз і органів, підвищується обмін речовин в організмі.

Однак, дані про застосування вібромасажу в області тваринництва для стимуляції статевої активності бугаїв-плідників, естрогенної активності яєчників у корів, морфофункціональних якостей молочної залози у нетелей, корів, у літературних джерелах нечисленні. У доступній літературі немає даних про вплив вібромасажу на інтер'єрні, біохімічні, гістологічні показники великої рогатої худоби.

1.2 Аналіз літературних джерел та існуючих розробок.

Для того щоб вирішити цю проблему мною досліджено кілька наукових праць, спрямовані на зменшення відсотка захворюваності та підвищення продуктивності тварин.

Нижче наведено наукові дослідження та їх результати. Особливо розглянуто впливом геть організм корів.

Технологічні прийоми підвищення продуктивних та відтворювальних якостей худоби.

Таким чином, з розглянутих джерел виявлено що:

1. - під впливом вібромасажу зазнають зміни інтер'єрні, репродуктивні, продуктивні та технологічні показники тварин;

- вібромасаж біологічно активних зон на телевизорів-виробників впливає на їх клініко-біохімічні показники, статеву активність, якісні та кількісні показники спермопродукції;

вібромасаж області вульви у корів сприяє синхронізації статевого полювання і стимуляції естрогенної активності яєчників, нормалізації функцій статевих органів корів після отелення і зниження періоду інволюції статевих органів, скорочення сервіс-періоду, витрати доз на одне плідне запліднення;

вібромасаж молочної залози у нетелів впливає на зміну гормонального статусу у тварин, гістологічну структуру молочної залози, технологічні якості та молочну продуктивність.

2. Розроблено пристрої(Пат. РФ NoNo 1168150, 4916934), способи(Пат. РФ NoNo 1811821, 2079291), також орієнтовані на їх застосування та апробовані в умовах виробництва технології стимуляції репродуктивних, продуктивних та технологічних якостей тварин;

3. Вперше дано наукове обґрунтування стимулюючого впливу вібромасажу на статеву активність бугаїв-плідників, на синхронізацію статевого полювання та естрогенну активність яєчників у корів, формування секреторного апарату молочної залози у нетелей [2]. Результати досліджень покладено в основу при розробці технологій стимуляції репродуктивних, продуктивних і технологічних якостей корів, бугаїв-виробників, рекомендацій: «Технологія синхронізації статевого полювання та стимуляції яєчників у корівників, «Використання нетрадиційних технологічних прийомів у реалізації генети у молочному худобу оводстве», узагальнені та проаналізовані в монографії «Нетрадиційні прийоми підвищення відтворювальних та продуктивних якостей великої рогатої худоби». Фізіотерапевтичний метод був заснований на застосуванні медичного

віброакустичного апарату «Вітафон» (реєстраційне посвідчення No 29-271/94), який з урахуванням роботи в чотирирядному типовому корівнику був доукомплектований 50-метровим електричним проводом і спеціальним кріпленням для віброфонів, яке складається з овальної пластини з медичної клейонки розміром 5x10 см. З зовнішнього боку на пластині розташовані два кріплення з будь-якого еластичного матеріалу, в які вставляються, з внутрішньої сторони розташовані дві петлі, також з еластичного матеріалу, одна надівається на середній палець руки, а друга проходить по тильній стороні долоні між великим та вказівним пальцями та нижче мізинця (рис. 1) [3].

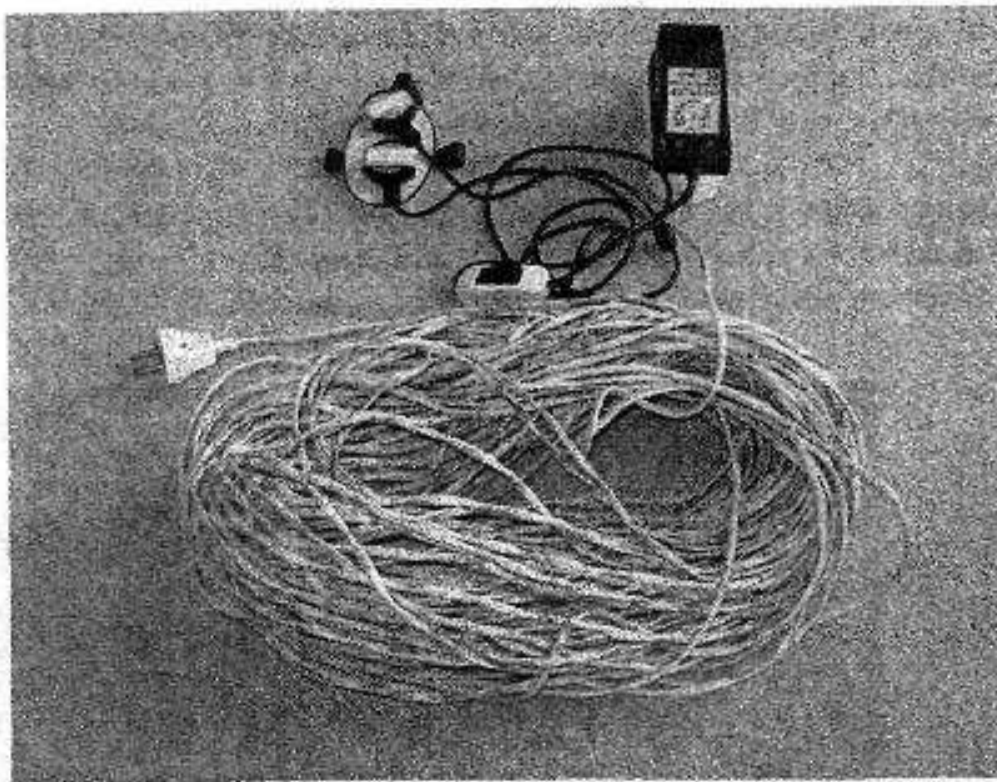


Рис. 1.1. Апарат «Вітафон»

Підготовка апарату «Вітафон» до роботи проводиться в наступній послідовності: віброфони вставляються у кріплення мембранами назовні, пластина з віброфонами надягається на руку, зверху надягається хірургічна, а потім разова поліетиленова рукавичка для штучного запліднення. Хірургічна рукавичка забезпечує додаткову фіксацію віброфонів на руці та захищає їх від

попадання вологи, разова рукавичка захищає від забруднення та змінюється після кожної тварини (рис. 2) [3].

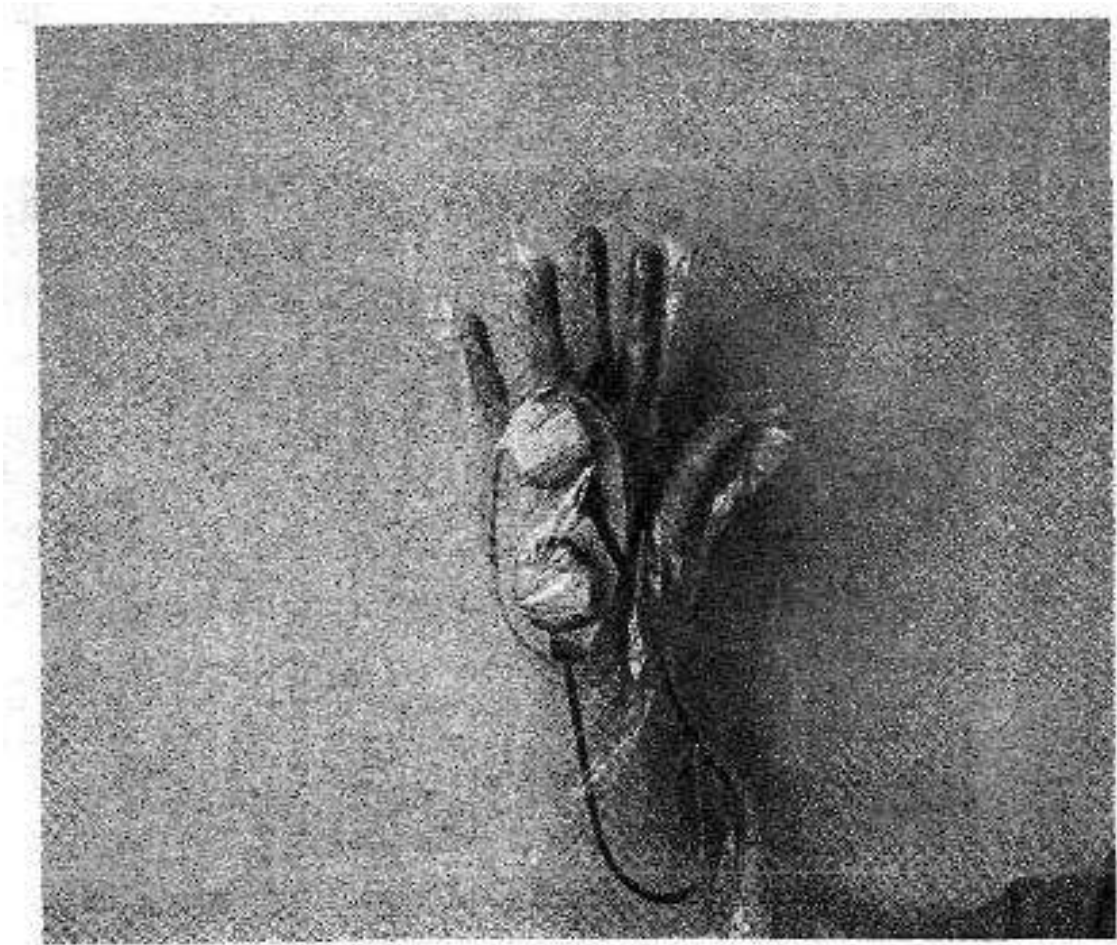


Рис. 1.2. Підготовка апарату “Вітафон” до роботи

Щодня в період проведення досвіду, а також на 20 та 30 день ректально визначали та відзначали позитивні зміни у яєчниках дослідних та контрольних тварин (консистенцію яєчників, наявність та зростання фолікулів) [3]. Проте, в повному обсязі сучасні розробки, дослідження нових прийомів впроваджуються потім у виробництво з причини своєї нетехнологічності чи несприятливому впливу тварин.

Також дослідження апарату “Вітафон” мали лише експериментально-інформативний характер та їх результат не вилився у розробку промислових зразків сільськогосподарських вібромасажерів, зручних та санітарно-гігієнічних у застосуванні.

Апарат “Вітафон” має такі недоліки: небезпечний, антигігієнічний, незручний, відсутнє регулювання рівня вібраційних впливів.

1.3 Визначення вимог до вібромасажера.

Раніше проведеними дослідженнями встановлено, що об'єктами вібраційної дії, що визначають ефективність вібромасажу, є репродуктивні органи тварин, розташовані в області під маклоком 19 рис. 1.3. Отже, прилад для зовнішнього впливу вібрації повинен розташовуватися в даній зоні. Зовнішнє розташування приладу має явні та безумовні санітарно-гігієнічні переваги.



Рис. 1.3. Будова тіла корови

Зона 19 рис. 1.3 у поперечному перерізі характеризується наявністю хребтини тварини (Рис. 1.3), що також має враховуватись при розробці конструкції СВМ. З урахуванням цієї особливості логічним є пропозиція виконувати прилад із двома випромінювачами вібрації. Використання двох

випромінювачів може певним чином посилити ефект впливу шляхом накладання хвиль вібрації тіла тварини.

Випромінювачі СВМ повинні бути взаємно зафіксовані на певній відстані один від одного з метою уникнення безпосереднього вібраційного на хребтину тварини.

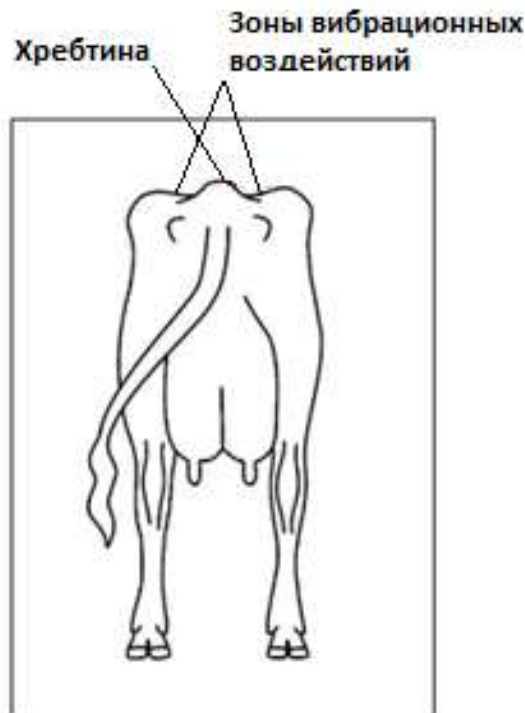


Рис. 1.4. Будова тіла корови у поперечному перерізі

Далі прилад повинен надійно закріплюватися на тілі тварини. Для цього пропонується використовувати еластичні ремені, що дозволяють фіксувати СВМ на тілі тварини в заданій зоні, як показано на Рис. 1.5.

Довжина ременя має бути регульованою для забезпечення розміщення СВМ на тілі тварин різних габаритів. Застосування СВМ вимагає певного часу для звикання тварини до даного фізіотерапевтичного впливу. Тому спочатку застосування СВМ тварина повинна перебувати в зоні обмеженого переміщення. Це забезпечується створенням загону для тварини.

Крім цього, крім звикання тварини до вібраційної дії, потрібно передбачити регулювання рівня і частоти вібрації. Безсумнівно, що кожна особина має власну область індивідуального комфортного сприйняття вібраційного масажу.

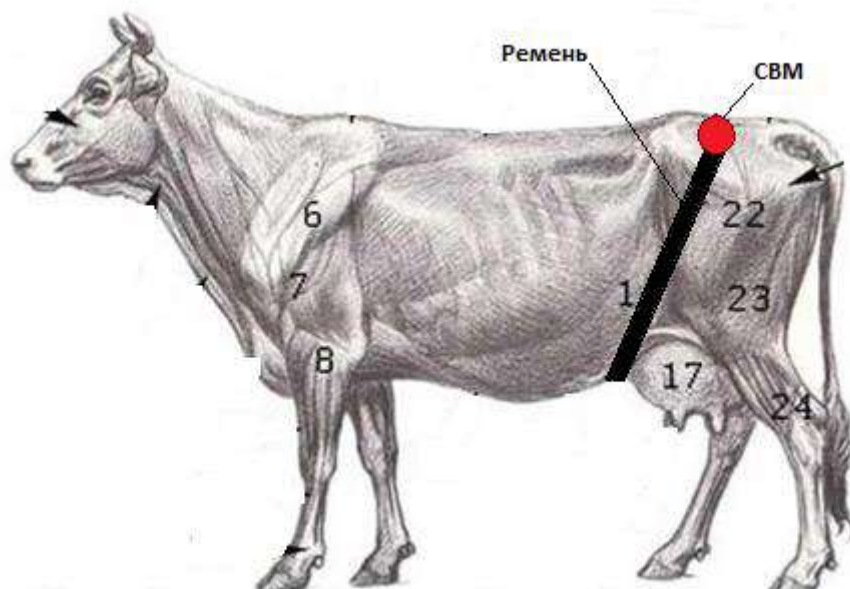


Рис. 1.5. Розташування та кріплення СВМ на тілі тварини

Експлуатація СВМ має задовольняти вимоги безпеки. Деталі приладу повинні бути стійкими до умов експлуатації в корівниках як по агресивно-хімічних впливах, так і по електробезпеці. Таким чином, нами визначено загальні технологічні особливості застосування СВМ для проведення вібраційного масажу тварин, які необхідно враховувати при розробці конструкції приладу.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

1. Визначити технологічні прийоми використання вібрації.
2. Розробити конструкцію СВМ.
3. Розробити математичну модель СВМ.
4. Встановити оптимальні режими роботи СВМ.

РОЗДІЛ 2

КОНСТРУКЦІЯ ВІБРОМАСАЖЕРА

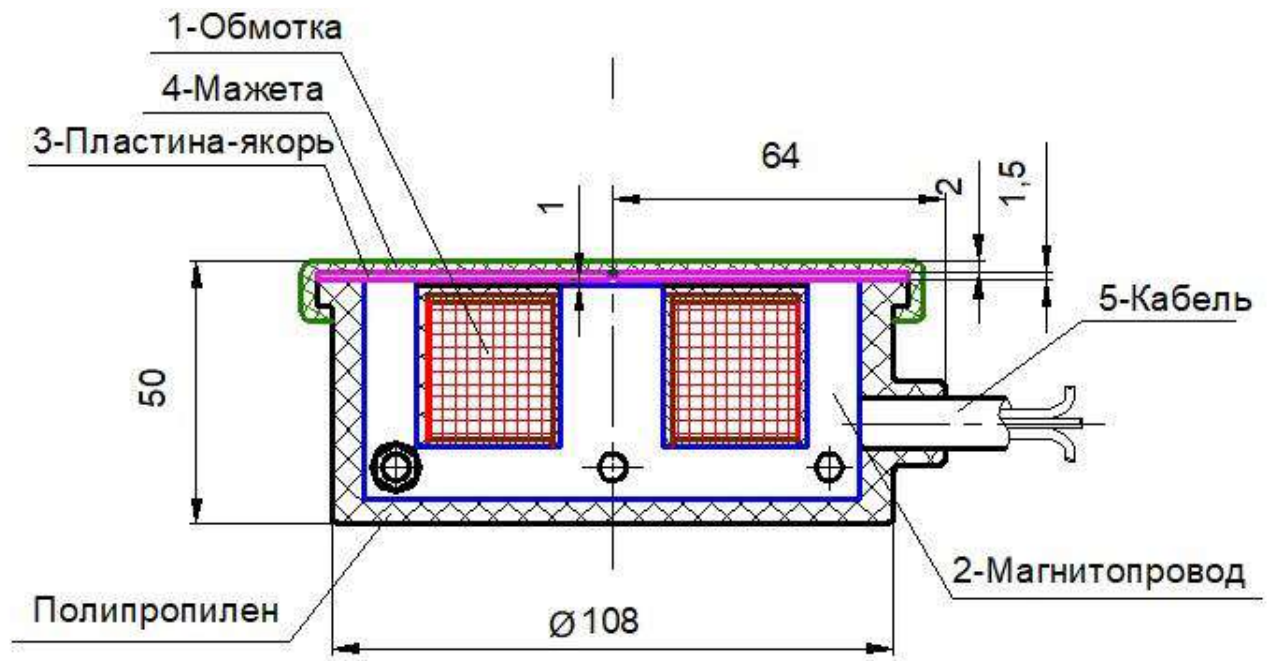
З урахуванням вище зазначених особливостей застосування вібромасажера слід розглядати, як один із основних принципів створення вібрації, електромагнітний принцип. Електромагнітні випромінювачі дозволяють створювати вібрації у діапазоні необхідних дій від 20 до 100 Гц.

Даний діапазон досить просто перекривається при використанні промислових частотних перетворювачів (ПЧ). Промислові зразки ПЧ дозволяють плавно регулювати частоту напруги живлення у зазначеному діапазоні. Крім цього, ПЧ дозволяють регулювати величину напруги, що подається на СВМ, тим самим забезпечувати регулювання рівня вібраційного впливу. За умовами електробезпеки напруга, що подається на СВМ, рекомендується встановлювати не більше 36 В.

Важливим параметром СВМ є масогабаритні показники. Маса СВМ має бути, з одного боку, достатньою для створення чутливого рівня вібрацій, а з іншого, не викликати негативної реакції тварини на великий тиск. Вважаємо, що, виходячи з цих міркувань, масу одного випромінювача СВМ слід прийняти лише на рівні від 1,0 до 2,0 кг.

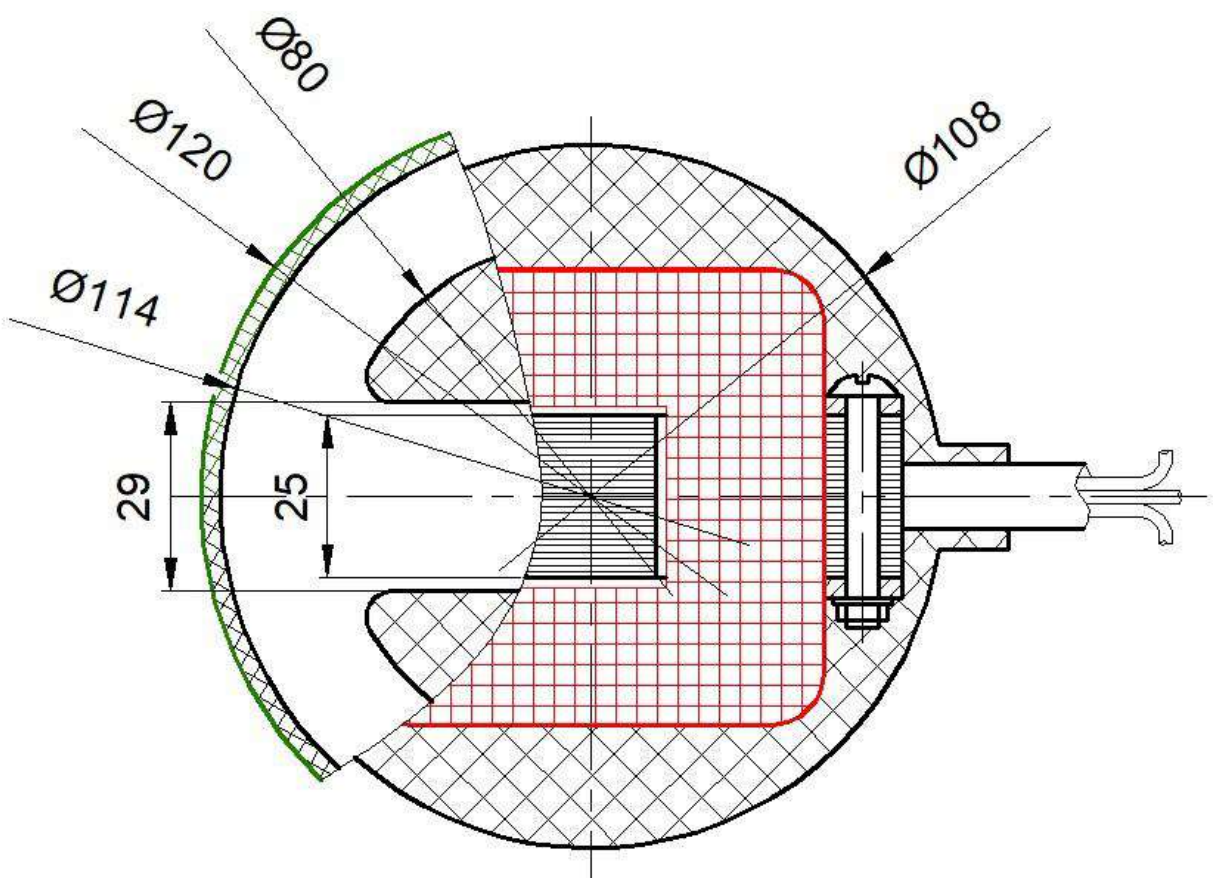
Габаритні розміри випромінювачів СВМ також мають бути обрані з умов конкретики місця та об'єктів застосування. Звісно ж, що контактна поверхня випромінювання має бути порівнянна з областю застосування вібрацій на тіло тварини. Тому можемо прийняти розміри головки випромінювача круглого перерізу діаметром від 100 до 150 мм.

Макет випромінювача СВМ, розроблений з урахуванням вищевикладеного, наведено на Рис. 2.1. Випромінювач складається з обмотки 1, магнітопроводу 2, пластини-якоря 3, гумової мажети 4 та вбудованого кабелю 5. Корпус випромінювача ВСМ виконаний шляхом заливання електромагнітної частини поліпропіленом. Кабель живлення повинен мати жилу заземлення для з'єднання з металевими частинами випромінювача.



25

а)



б)

Рис. 2.1 Загальний вигляд конструкції масажера СВМ

Поперечний переріз призначений для того, щоб через нього з невеликим втратами проходив магнітний потік, який збуджується за допомогою електричного струму, що протікає по обмотці випромінювача 1 СВМ.

Саме здатність переводити електричну енергію в магнітну робить його таким корисним для роботи багатьох пристроїв. Аркуш магнітопроводу наведено на Рис. 2.2. Ш-подібний магнітопровід набирається з листів електротехнічної сталі пакет товщиною 25 мм.

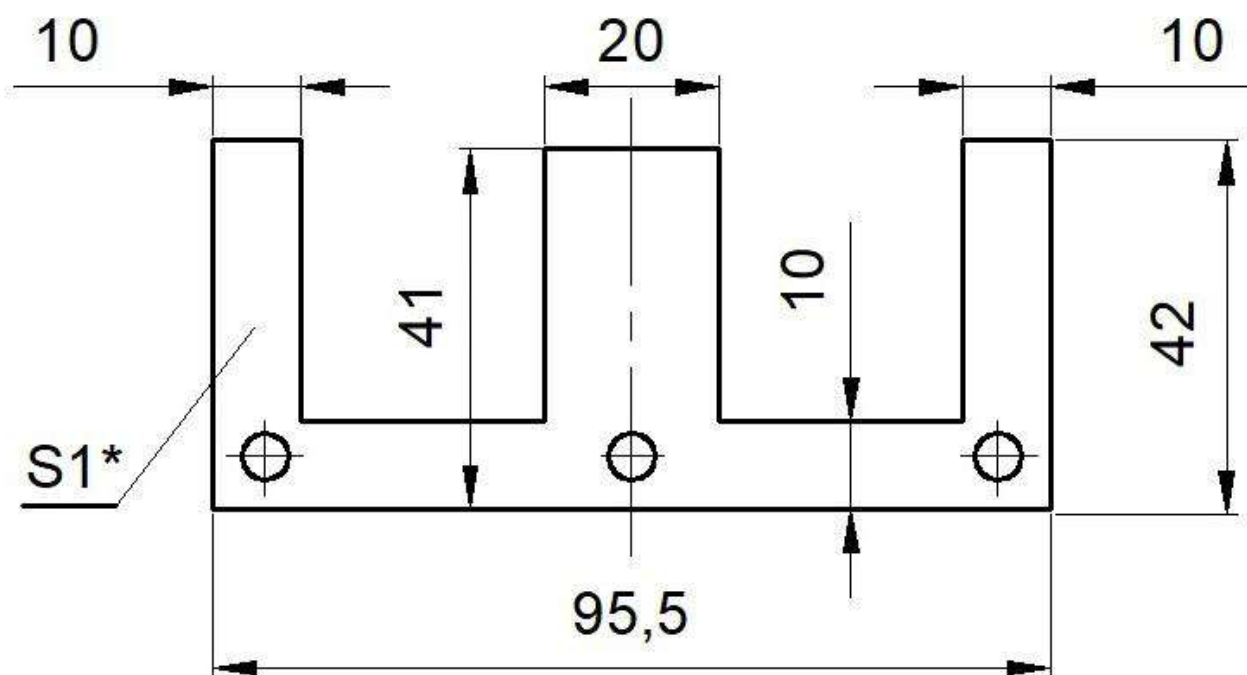


Рис. 2.2 Лист магнітопроводу

Обмотка 1 призначена створення магнітного потоку. Коли відбувається через неї змінний струм, створюється магнітне поле в магнітопроводі.

Пластина-якір 3 призначена для рис. 2.3 для замикання магнітного потоку, що тече крізь нього. Також зменшити електричну втрату. Тому що коли струм тече в обмотці, у нього вихровий струм виникає. При подачі на обмотку змінної напруги пластина-якір починає робити коливання, створюючи вібраційну дію на тіло тварини. Частина пластини-якоря по периферії щільно прилягає до

магнітопроводу, а центральній частині має зазор, що забезпечує можливість коливань пелюсток. Перемичка пластини-якоря в центральній частині має розріз, що дозволяє отримати необхідну жорсткість коливальної системи.

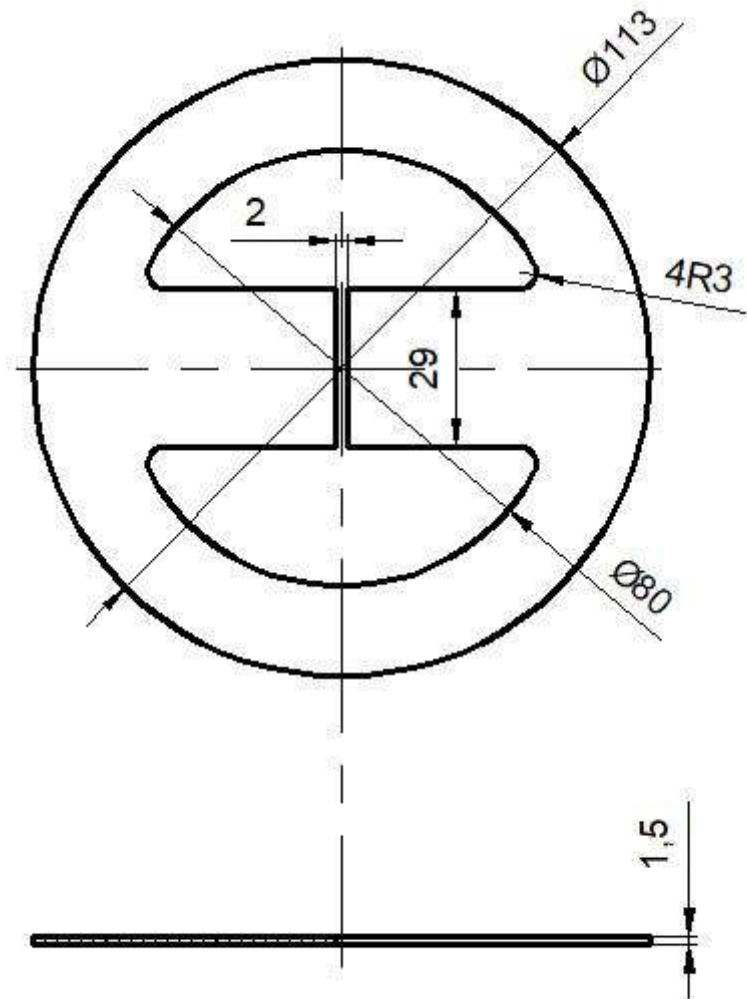


Рис. 2.3 Пластина-якорь

призначена для того, щоб зафіксувати пластину-якір у конструкції. Гумова манжета захищає пластину-якір від корозійної дії агресивного середовища. Вібрація передається від пелюсток пластини-якоря через гумову манжету на тіло тварини.

Для зручності розміщення випромінювачів СВМ на тілі тварини застосовується кондуктор, конструкція якого наведена на Рис. 2.5. Кондуктор закріплюється на тілі тварини за допомогою еластичних ременів.

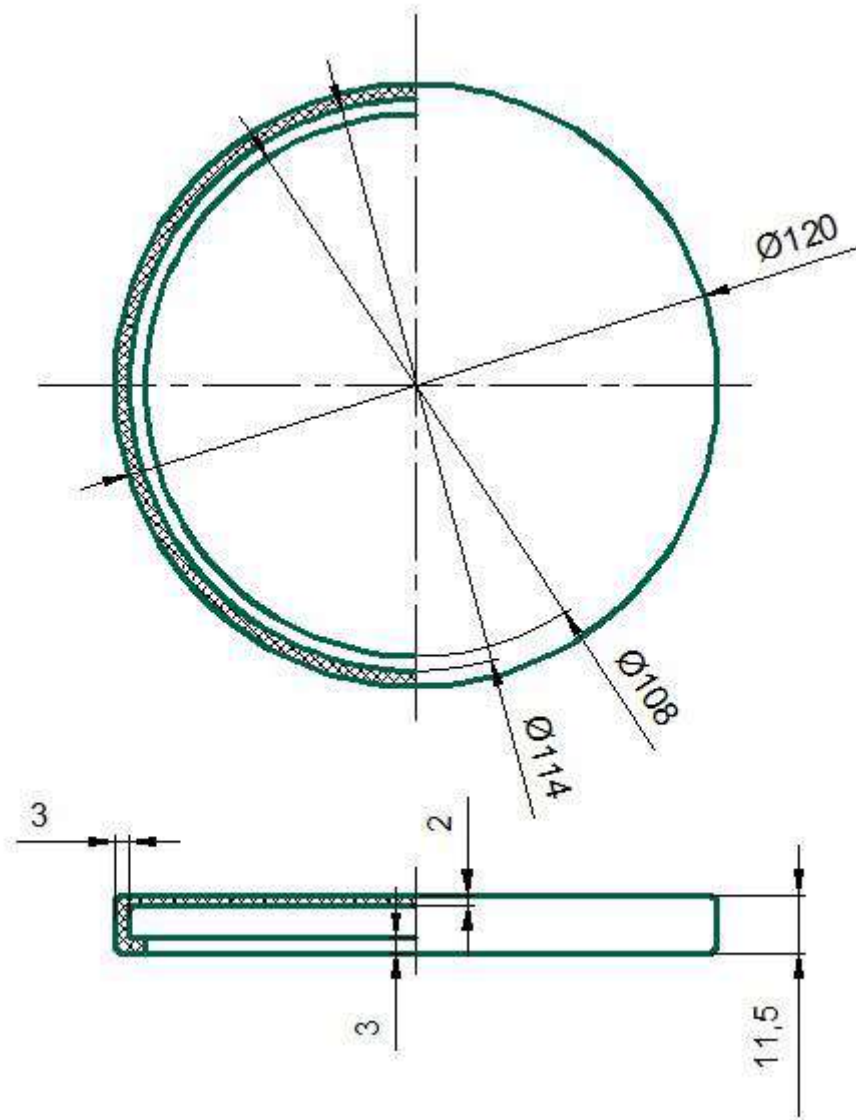


Рис. 2.4 Манжета СВМ

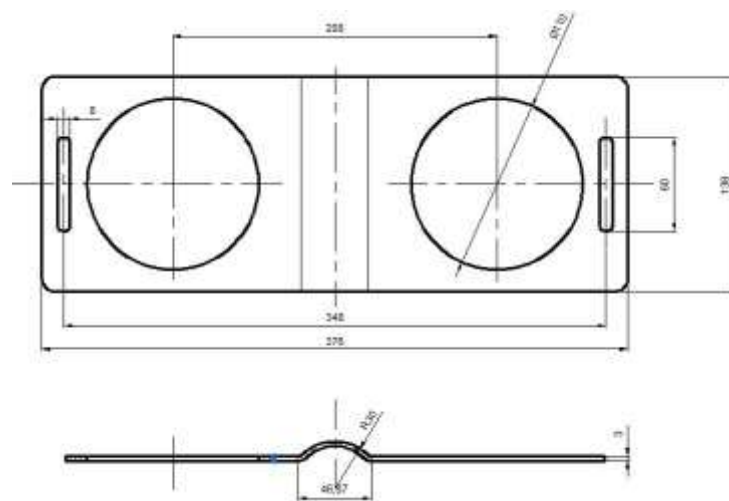


Рис. 2.5 Кондуктор

Всі електротехнічні частини СВМ заливаються поліпропіленом у спеціальній пресформі для їхнього захисту від впливу агресивного

навколишнього середовища. Випромінювач СВМ працює наступним чином. Випромінювачі розміщуються на тілі тварини за допомогою кондуктора Рис.2.5 як показано на Рис. 1.3. Від джерела змінної напруги через кабель на обмотки випромінювачів подається напруга. Під дією напруги по обмотках протікає змінний струм. Змінний струм створює силу тяжіння, яка змушує притягуватися пелюстки пластини-якоря та здійснювати коливальні рухи. Через гумову манжету коливання передаються тіло тварини. Як джерело змінної напруги використовується однофазний частотний перетворювач, що дозволяє регулювати частоту і величину напруги на виході. Дану властивість можна використовувати для регулювання вібраційного впливу та підбирати потрібне поєднання цих величин для отримання ефективного результату.

РОЗДІЛ 3

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ВІБРОМАСАЖЕРА:

Розроблена конструкція СВМ дозволяє розробити математичну модель. СВМ являє собою електротехнічний пристрій, який складається з електричного ланцюга та механічного коливального контуру.

3.1. Електричний ланцюг вібромасажера.

Електричний ланцюг СВМ складається з обмотки концентричної конструкції, яка приєднується до джерела змінної напруги.

Схему заміщення електричного ланцюга СВМ, що складається з індуктивного та активних опорів, можна представити як показано на рис. 3.1.

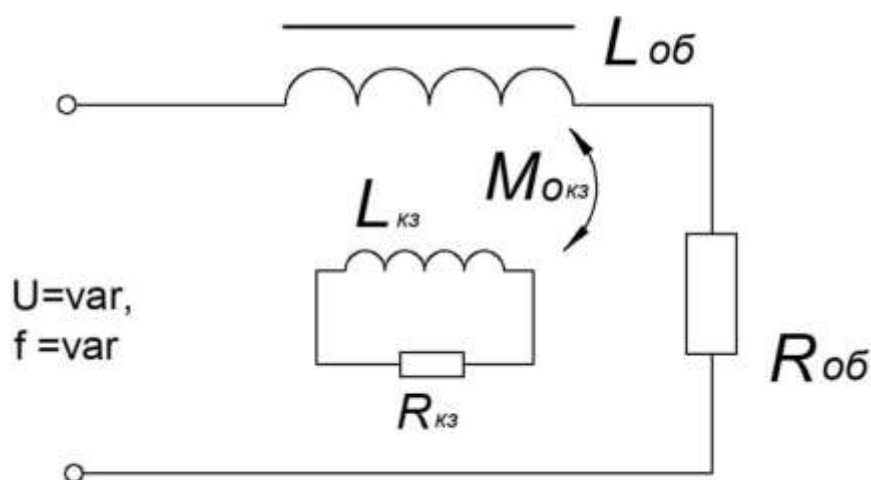


Рис. 3.1 Електрична схема заміщення СВМ

Основний електричний контур утворений обмоткою електромагніту, що підключається до джерела змінної напруги. Обмотка випромінювача має такі параметри:

$L_{об}$ – власна індуктивність;

$R_{об}$ – активний опір.

Якір-пластина утворює короткозамкнутий контур з параметрами власної індуктивності $L_{кз}$ та активного опору $R_{кз}$.

Маючи конструктивні розміри магітопроводу визначимо обмотувальні дані СВМ, орієнтуючись на електромагніт. 3.2.

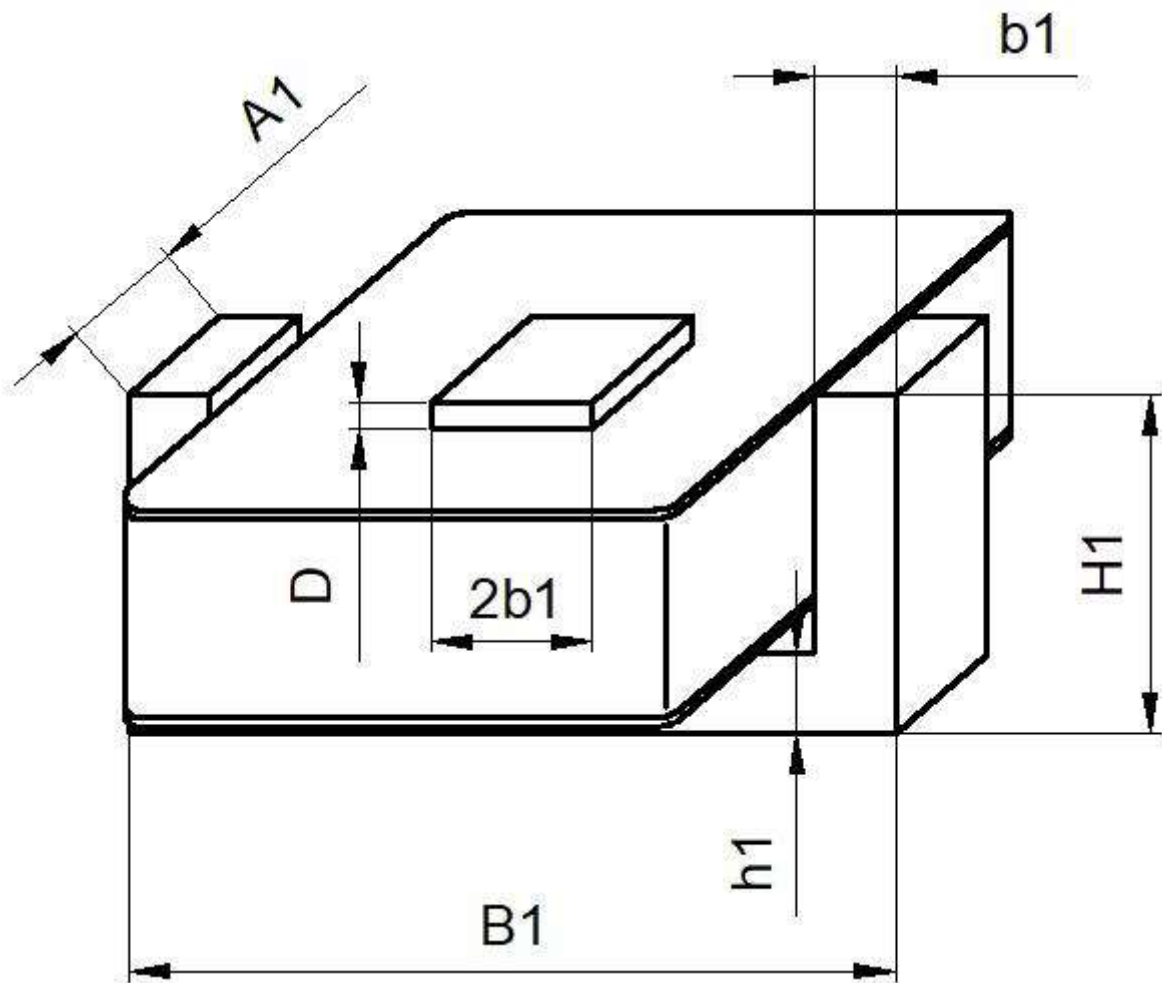


Рис. 3.2. Электромагніт

Початковий повітряний зазор, м

$$x_0 = 0,001 \text{ м}$$

Коефіцієнт заповнення обмотки дротом

$$k_{\text{зап}} = 0,55 \text{ о. е.}$$

Перегрев обмотки в рабочем состоянии, 0С

$$\Delta T = 40 \text{ }^\circ\text{C}$$

Питомий електричний опір (міді), Ом * м

$$\rho_M = 0,0175 \cdot 10^{-6} \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

Магнітна проникність вакууму (повітря)

$$\mu_0 = 1,257 \cdot 10^{-6} \text{ о. е.}$$

Относительная магнитная проницаемость стали

$$\mu_{ст} = 500 \text{ о. е.}$$

Температурний коефіцієнт електричного опору, Ом *°C

$$\tau_\mu = 3,8 \cdot 10^{-3} \text{ Ом} \cdot \text{°C}$$

Доступная плотность тока в обмотке, $\text{A}/\text{м}^2$

$$j_{доп} = 2,4 \cdot 10^6 \text{ A}/\text{м}^2$$

3.1.1. Конструктивні розміри електромагніту

Магнітопровід

$B_1=0,0955 \text{ М}$ – Довжина спинки магнітопроводу;

$h_1=0,01 \text{ М}$ – висота спинки магнітопроводу;

$b_1=0,01 \text{ М}$ – ширина стрижня магнітопроводу (полюса);

$A_1=0,025 \text{ М}$ – довжина полюса магнітопроводу;

$H_1=0,042 \text{ М}$ – висота стрижня магнітопроводу.

Котушка

$\Delta_1=0,0015 \text{ М}$ – товщина стінки каркаса обмотки

$D=0,002 \text{ М}$ – зазор між обмоткою та металевими частинами корпусу;

$D_{пр}=0,0015 \text{ М}$ – діаметр жили дроту (вибирається за довідковими даними);

$D_{\text{пр. и}} = 0,00159\text{ м}$ – діаметр обмотувального дроту в ізоляції (вибирається за довідковими даними).

3.1.2. Розрахунок обмотувальних даних.

1. Площа вікна для розрізнення обмоток, м^2 для Ш-подібного магнітопроводу з однією обмоткою

$$\begin{aligned} S_{\text{окн}} &= \left(\frac{B_1}{2} - 2b_1 - 2\Delta_1 \right) \cdot (H_1 - h_1 - \Delta_1) \\ &= \left(\frac{0,0955}{2} - 2 \cdot 0,01 - 2 \cdot 0,0015 \right) \cdot (0,042 - 0,01 - 0,0015) \\ &= 7,5488 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 \end{aligned}$$

2. Розрахункова кількість витків у вікні місцевого простору для Ш-подібного магнітопроводу (одна котушка)

$$K_p = \frac{4S_{\text{окн}} \cdot k_{\text{зап}}}{\pi \cdot d_{\text{пр.и}}^2} = \frac{4 \cdot 7,5488 \cdot 10^{-4} \cdot 0,55}{3,14 \cdot 0,00159^2} = 209,0998 \text{ о. е.}$$

Приймаємо $K=200$

3. Розрахункова товщина обмотки, м

$$Q = \frac{B_1}{2} - 2b_1 - \Delta_1 = \frac{0,0955}{2} - 2 \cdot 0,01 - 0,0015 = 0,0263 \text{ м}$$

4. Розрахункова кількість шарів обмотки

$$N_{\text{сл.об.р}} = \frac{Q}{d_{\text{пр.и}}} = \frac{0,0263}{0,00159} = 16,5094 \text{ о. е.}$$

Приймаємо $N_{\text{сл.об}} = 16$

5. Розрахункова кількість рядів обмотки

$$N_{p.об} = \frac{K}{N_{сл.об}} = \frac{200}{16} = 12,5 \text{ о. е.}$$

Приймаємо $N_{p.об} = 12 \text{ о. е.}$

6. Розрахункова кількість витків

$$W = N_{сл.об} \cdot N_{p.об} = 16 \cdot 12 = 192 \text{ о. е.}$$

7. Розрахункова довжина середнього витка обмотки

$$R_{ск.р} = \frac{(N_{сл.об} + 1) \cdot d_{пр.и}}{2} = \frac{(16 + 1) \cdot 0,00159}{2} = 0,0135 \text{ м}$$

$$\begin{aligned} L_{ср} &= 2(2b_1 + A_1 + 2\Delta_1) + 2 \cdot \pi \cdot R_{ск.р} \\ &= 2(2 \cdot 0,01 + 0,025 + 2 \cdot 0,0015) + 2 \cdot 3,14 \cdot 0,0135 \\ &= 0,1809 \text{ м} \end{aligned}$$

8. Розрахункова довжина дроту обмотки

$$L_{пр.об} = L_{ср} \cdot W = 0,1809 \cdot 192 = 34,7361 \text{ м}$$

Приймаємо $L_{пр.об} = 40 \text{ м}$

9. Активний опір обмотки

$$R_{об} = 4 \cdot \rho_m \frac{L_{пр.об}}{\pi \cdot d_{пр}^2} = 4 \cdot 0,0175 \cdot 10^{-6} \frac{40}{3,14 \cdot 0,0015^2} = 0,344 \text{ Ом}$$

10. Активний опір обмотки у гарячому стані

$$R_{об.гор} = R_{об} \cdot (1 + \tau_\mu \cdot \Delta T) = 0,344 \cdot (1 + 3,8 \cdot 10^{-3} \cdot 40) = 0,3963 \text{ Ом}$$

11. Допустимий струм в обмотці

$$I_{доп} = j_{доп} \cdot \pi \cdot \frac{d_{пр}^2}{4} = 2,4 \cdot 10^6 \cdot 3,14 \cdot \frac{0,0015^2}{4} = 4,2412 \text{ А/м}^2$$

3.1.3. Додаткові розрахункові дані:

1. Перетин полюсного наконечника

$$S_{пол} = A_1 \cdot b_1 = 0,025 \cdot 0,010 = 0,00025 \text{ м}^2$$

2. Діаметр к.з. витка (за наявності)

$$D_{кз} = (A1^2 + b1^2)^{0,5} + 0,1 \cdot A1 = (0,025^2 + 0,01^2)^{0,5} + 0,1 \cdot 0,01 = 0,0519 \text{ м}$$

3. Довжина контуру к.з. витка

$$L_{кз} = 1,1 \cdot \pi \cdot D_{кз} = 1,1 \cdot 3,14 \cdot 0,0519 = 0,1794 \text{ м}$$

4. Товщина к.з. витка, утвореного корпусом

$$T_{кз.} = 0,000 \text{ м}$$

5. Товщина к.з. витка, утвореного масивним якорем

$$H_a = 0,002 \text{ м}$$

6. Середня довжина магнітного ланцюга

$$\begin{aligned} L_m &= 2 \left(\frac{B1}{2} - b1 \right) + 2 \left(H1 - \frac{h1}{2} \right) + T_{кз.} + H_a \\ &= 2 \left(\frac{0,095}{2} - 0,010 \right) + 2 \left(0,042 - \frac{0,010}{2} \right) + 0,000 + 0,002 \\ &= 0,1515 \text{ м} \end{aligned}$$

7. Число витків у котушці

$$W = K = 200 \text{ о.е.}$$

8. Перетин к.з. витка якоря

$$S_{кз.} = H_a \cdot 0,1 \cdot D_{кз} \cdot 10^6 = 0,002 \cdot 0,1 \cdot 0,0519 \cdot 10^6 = 10,3852 \text{ мм}^2$$

9. Активний опір основного контуру

$$R_K = R_{об.гор} = 0,3963 \text{ Ом}$$

3.1.4. Електричні параметри контурів:

Активний опір к.з. контуру корпусу

$$R_{кз.} = \rho_{ст} \frac{\pi}{0,1 H_a} 10^{-6} = 0,0475 \cdot 10^{-6} \frac{3,14}{0,1 \cdot 0,002} 10^{-6} = 7,46 \cdot 10^{-10} \text{ Ом}$$

Активний опір к.з. контуру якоря

$$R_{к.з.} = \rho_{ст} \frac{\pi}{0,1H_a} 10^{-6} = 0,0475 \cdot 10^{-6} \frac{3,14}{0,1 \cdot 0,002} 10^{-6} = 7,46 \cdot 10^{-10} \text{ Ом}$$

Індуктивність обмотки основний

$$L_{об} = \frac{W^2 \cdot \mu_{ст} \cdot \mu_0 \cdot S_{пол}}{2,5 \left[2(X0) \frac{\mu_{ст}}{10} + L_M + 10 \cdot Q \right]} = \frac{200^2 \cdot 500 \cdot 1,257 \cdot 10^{-6} \cdot 0,00025}{2,5 \left[2 \cdot 0,001 \frac{500}{10} + 0,1515 + 10 \cdot 0,0263 \right]}$$

$$= 4,8911 \cdot 10^{-3} \text{ Гн}$$

Взаємоіндуктивність обмоток основних контурів

$$M_{12} = \frac{W^2 \cdot \mu_{ст} \cdot \mu_0 \cdot S_{пол}}{5 \left[2(X0) \frac{\mu_{ст}}{10} + L_M + 10 \cdot Q \right]} = \frac{200^2 \cdot 500 \cdot 1,257 \cdot 10^{-6} \cdot 0,00025}{5 \left[2 \cdot 0,001 \frac{500}{10} + 0,1515 + 10 \cdot 0,0263 \right]}$$

$$= 2,4455 \cdot 10^{-3} \text{ Гн}$$

Взаємоіндуктивність основного та к.з. контуру

$$M_{12} = \frac{W \cdot \mu_0 \cdot S_{пол}}{(X0) + H1 - h1} = \frac{200 \cdot 1,257 \cdot 10^{-6} \cdot 0,00025}{0,001 + 0,042 - 0,01} = 1,9045 \cdot 10^{-6} \text{ Гн}$$

Індуктивність умовного витка к.з. контуру

$$L_{к.з.} = 2 \cdot 10^{-7} \pi \cdot D_{к.з.} \left[\ln \left[8 \cdot \frac{D_{к.з.}}{\left[2 \cdot h_{к.з.} \frac{(D_{к.з.} - A1)}{\pi} \right]^{0,5}} \right] - 1,75 \right]$$

$$= 2 \cdot 10^{-7} \cdot 3,14 \cdot 0,0519 \left[\ln \left[8 \cdot \frac{0,0519}{\left[2 \cdot 0,001 \frac{0,0519 - 0,025}{3,14} \right]^{0,5}} \right] - 1,75 \right]$$

$$= 9,3362 \cdot 10^{-8} \text{ Гн}$$

$$\text{Где } h_{к.з.} = \frac{H_a}{2} = \frac{0,002}{2} = 0,001$$

M – Висота умовного витка к.з. контуру.

Розраховані вище параметри необхідні нам для складання диференціальних рівнянь, що дозволяють визначити технічні характеристики пристрою на стадії проектування.

Диференціальне рівняння для основного електричного кола випромінювача описується формулою.

$$U_m \sin(\omega t) = i \cdot R_{об} + \frac{d\Sigma\Psi_i}{dt}$$

де: i - Струм в основний ланцюга випромінювача СВМ;

$\Sigma\Psi_i$ – сумарне потокозчеплення основного контуру;

U_m - амплітуда напруги живлення;

ω - кутова частота напруги живлення.

Потокозчеплення основного контуру утворюється власною індуктивністю обмотки та взаємною індуктивністю обмотки СВМ та к.з. контуром, утвореним пластиною-якорем випромінювача.

Рівняння для к.з. контуру (к.з.к.) має вигляд

$$0 = i_{кз} \cdot R_{кз} + \frac{d\Sigma\Psi_{кз}}{dt}$$

де: $i_{кз}$ - струм у к.з.к.;

$R_{кз}$ - активний опір к.з.к.;

$\Sigma\Psi_{кз}$ – сумарне потокозчеплення к.з.к.

Загальне потокозчеплення к.з.к. утворено власною індуктивністю та взаємною індуктивністю з обмоткою СВМ.

3.2. Механічний контур:

Механічний контур утворений пелюстками пластини-якоря, що є пластиною із заземленою однією стороною і мають певну жорсткість. Схема заміщення, що є коливальною ланкою, представлена Рис. 3.3

Рис. 3.3 схемою: C – жорсткість пелюстки пластини-якоря, R_m – механічний опір коливань пелюстки, x – амплітуда коливань пелюстки, $F(t)$ – обурювальна сила, створювана електромагнітом електричного приводу.

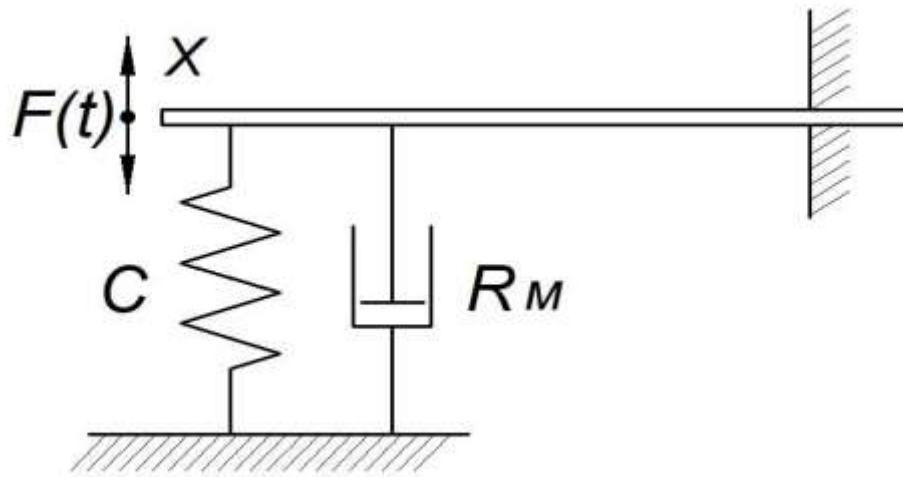


Рис. 3.3. Механічний контур випромінювача СВМ

Опір R_m викликається втратами деформацію пелюстки при згині.

Жорсткість, створювана пластиною із зацмленою одним кінцем, може бути розрахована за формулою

$$C = \frac{E \cdot h^3 \cdot b}{24 \cdot l^3}$$

де: E – модуль пружності сталі, h – товщина пластини, l – довжина пластини, b – ширина пластини.

Диференціальне рівняння для механічного контуру випромінювача СВМ має вигляд

$$M \frac{d^2 x(t)}{dt^2} + R_{\text{мех}} \frac{dx(t)}{dt} + qx(t) = F_B(t),$$

де: M - загальна маса всіх рухомих частин коливальної системи; $R_{\text{мех}}$ - коефіцієнт механічних втрат на в'язке тертя; q - жорсткість пружинного підвісу; $F_B(t)$ – сила, що обурює; x – зміщення пелюстки.

Обурювальна сила в коливальній системі випромінювача виникає в результаті тяжіння пелюстки до центрального стрижня під дією електромагнітної сили, створюваної обмоткою СВМ, яка може бути визначена як

$$F_B(t) = i^2 \left(\frac{dL_{1(2)}}{dx} + \frac{dM_{12}}{dx} \right) + i_{K3}^2 \frac{dL_{K3}}{dx}$$

Маса рухливих елементів коливальної системи складається з маси пелюстки пластини-якоря, значення якої обумовлено його розмірами.

$$M = l_l \cdot b_l \cdot h_l \cdot \rho_{ст},$$

де: l_l - виліт пелюстки;

b_l – ширина пелюстки;

h_l – товщина пластини-якоря.

3.3. Система рівнянь.

Система диференціальних рівнянь, що описує електричні та механічні процеси у випромінювачі СВМ представлена виразом.

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{di}{dt} = \frac{U_m \cdot \sin(\omega t) - i \cdot \left(R + \frac{dL}{dx} \cdot y - 2 \cdot \frac{M_{1(2)K3}}{L_{K3}} \cdot \frac{dM_{1(2)K3}}{dx} \cdot y \right) - i_{K3} \cdot \left(\frac{dM_{1(2)K3}}{dx} \cdot y - \frac{M_{1(2)K3}}{L_{K3}} \left(R_{K3} + \frac{dL_{K3}}{dx} \cdot y \right) \right)}{\left(L - \frac{M_{1(2)K3}^2}{L_{K3}} \right)} \\ \frac{di_{K3}}{dt} = \frac{i \cdot \left(\frac{M_{1(2)K3}}{L} \left(R + \frac{dL}{dx} \cdot y \right) - \frac{dM_{1(2)K3}}{dx} \cdot y \right) + i_{K3} \cdot \left(\frac{2M_{1(2)K3}}{L} \cdot \frac{dM_{1(2)K3}}{dx} \cdot y - \left(R_{K3} + \frac{dL_{K3}}{dx} \cdot y \right) \right) - \frac{M_{1(2)K3} \cdot U_m \cdot \sin(\omega t)}{L}}{L_{K3} + M_{1(2)K3} - \frac{M_{1(2)K3}^2}{L}} \\ \frac{dy}{dt} = \frac{F_B(t) - R_{мех} \cdot y - q_l \cdot x}{M} \\ \frac{dx}{dt} = y \end{array} \right.$$

Вирішуючи вказану систему чисельним методом, можна визначити та оптимізувати основні технічні параметри сільськогосподарського віброрасажера.

РОЗДІЛ 4

АНАЛІЗ РОБОТИ ВИПРОМІНЮВАЧА ВІБРОМАСАЖЕРА

Завданням даного розділу є визначення технічних параметрів СВМ, що характеризують безпечне застосування даного пристрою за умов утримання тварин: допустима напруга живлення, безпечний струм.

На основі аналізу результатів розрахунків необхідно скоригувати попередньо обрані кількість витків в обмотці, діаметр обмотувального дроту та початковий повітряний зазор.

Вирішувати систему рівнянь (3.7) будемо чисельним способом Рунге-Кутти 4 системи. Рішення реалізуватимемо в програмному середовищі Mathcad 15.

За умовами експлуатації безпечною напругою у місцях утримання тварин є величина, що не перевищує 12 Ст.

Постійні параметри системи рівнянь, використані за розрахунками: $R_{\text{мех}} = 1,0$ кг/с, $C = 2000$ Н/м.

Рис. 4.1 наведено графіки зміни струму в обмотці випромінювача СВМ та амплітуди коливань пелюстки пластини-якоря при напрузі 12 В і при спочатку обраній кількості витків обмотки СВМ $W=200$ дроти діаметром 1,5 мм при частоті напруги 50 Гц.

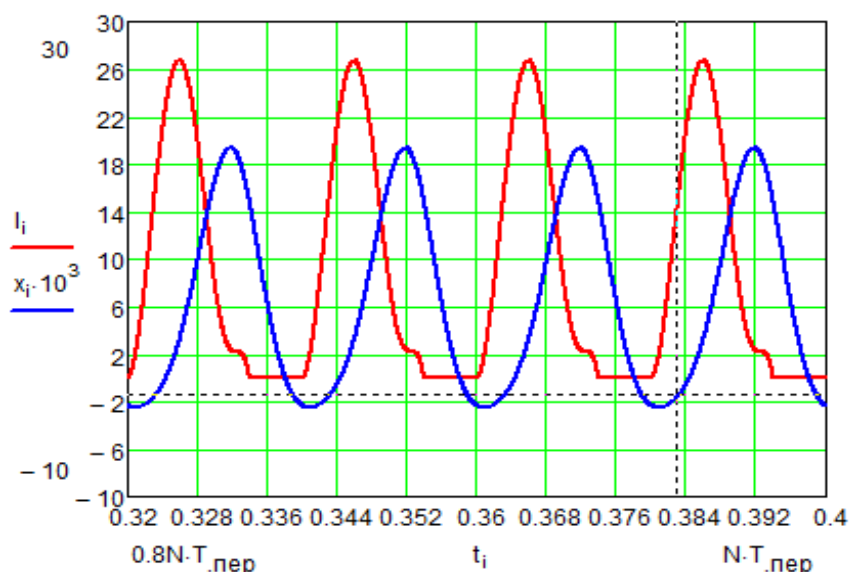


Рис. 4.1. Зміни струму та амплітуд коливань пластини-якоря

$$W = 200, U = 12, f = 50 \text{ Гц}, \delta\theta = 2 \text{ мм}$$

З рис. 4.1 випливає, що є необхідність коригувати обмотувальні дані випромінювача. Причиною цього є досить велике значення струму в обмотці (13,0 А) та високі амплітуди коливань (11 мм). І те, й інше не допустимі в умовах утримання та застосування приладу для комфортних впливів на тварин.

Коригування обмотувальних даних випромінювача СВМ дозволило отримати параметри вібротерапевта на рівні тих даних, що були зафіксовані в результаті експериментальних робіт, результати яких розглянуті раніше. Скоригована кількість витків обмотки СВМ встановлено рівним $W = 1600$.

Як очевидно з представленою Рис. (4.2) діюче значення струму в обмотці становить 0,24 А, а амплітуда коливань дорівнює 0,23 мм.

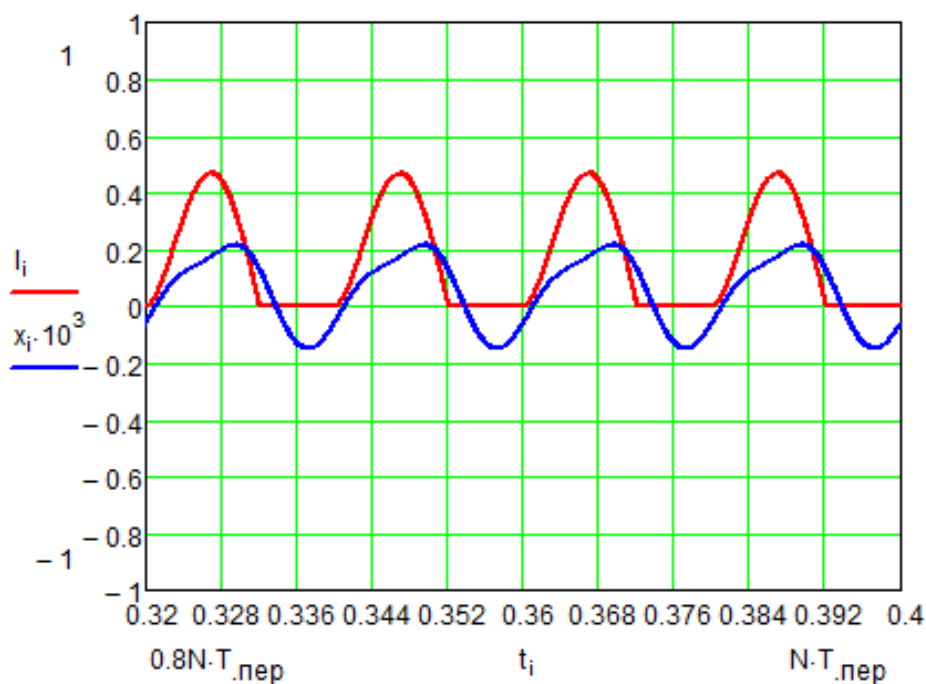


Рис. 4.2. Зміни струму та амплітуд коливань пластини-якоря

$$W = 1600, U = 12, f = 50 \text{ Гц}, \delta\theta = 2 \text{ мм}$$

Регулюючи величину напруги, що подається на обмотку випромінювача, можна регулювати величину амплітуди коливань пелюстки пластини-якоря, тим самим змінювати рівень вібрації СВМ.

Рис. 4.3 наведено графіки, що характеризують параметри вібрації при напрузі 10 В. Як видно з Рис. 4.3 при зменшенні напруги до 10 відповідно і зменшується амплітуда коливань до 0,158 мм.

Рис. 4.4 наведено графіки, що характеризують параметри вібрації при напрузі 14 В. Як видно з Мал. 4.4 зі збільшенням напруги до 14 відповідно і збільшується амплітуда коливань до 0,32 мм.

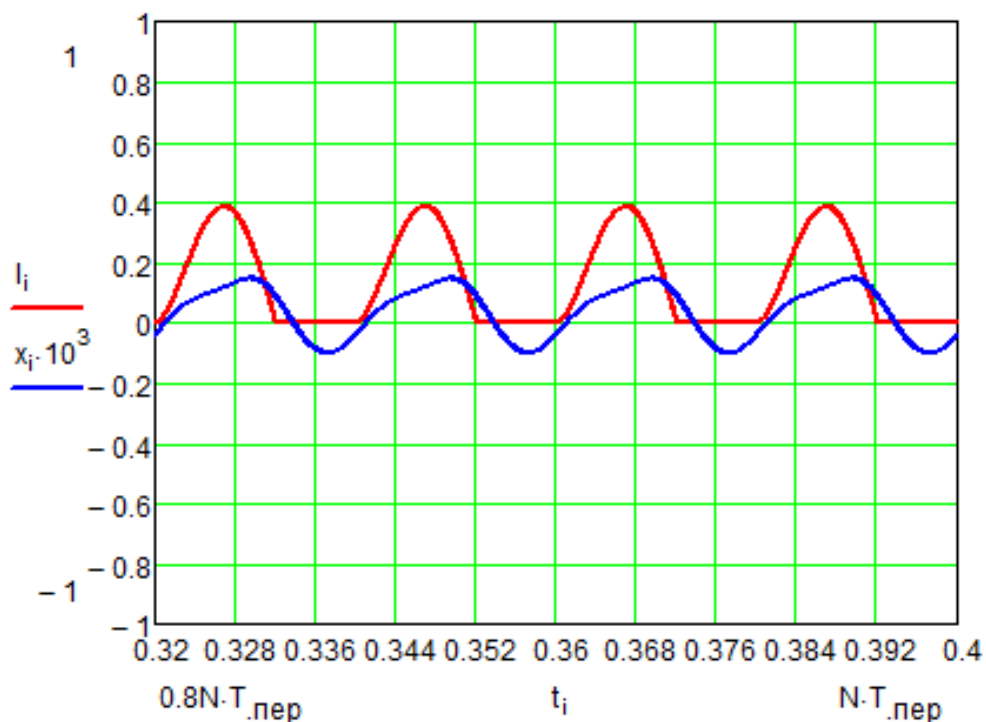


Рис. 4.3. Зміни струму та амплітуд коливань пластини-якоря

$$W = 1600, U = 10, f = 50 \text{ Гц}, \delta_0 = 2 \text{ мм}$$

Таким чином, плавно змінюючи величину напруги, що подається на обмотку СВМ, можна плавно регулювати рівень вібраційної дії на тіло тварини.

Рис. 4.5, 4.6 наведено графіки, що характеризують параметри вібрації при частоті змінної напруги $f = 40$ Гц та $f = 60$ Гц відповідно. З даних графіків видно, що з регулюванні частоти напруги, поданого на обмотку СВМ, змінюється і частота вібраційного впливу.

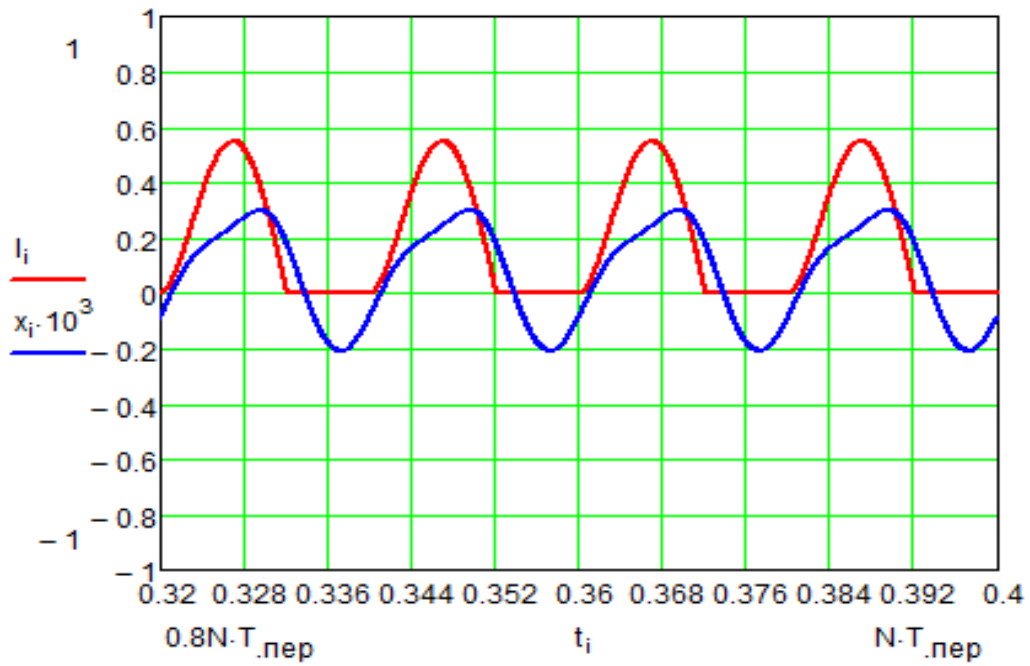


Рис. 4.4. Зміни струму та амплітуд коливань пластини-якоря
 $W = 1600, U = 14 \text{ В}, f = 50 \text{ Гц}$

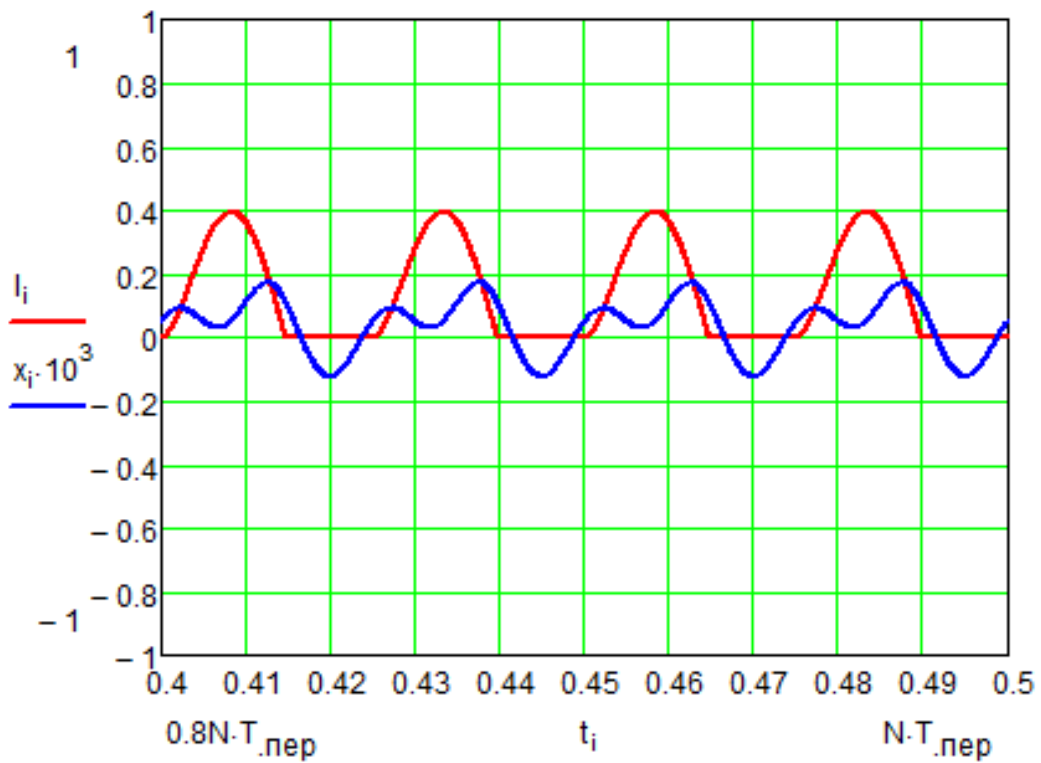


Рис. 4.5. Зміни струму та амплітуд коливань пластини-якоря
 $W = 1600, f = 40 \text{ Гц}$

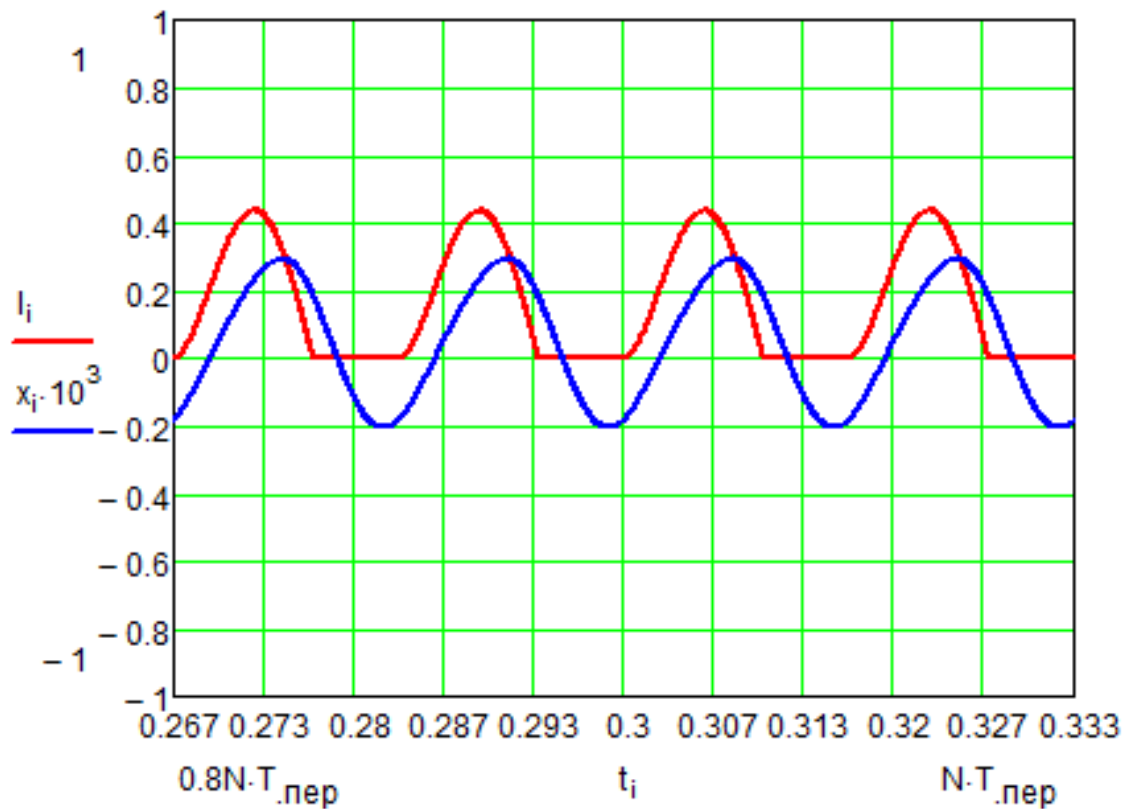


Рис. 4.6. Зміни струму та амплітуд коливань пластини-якоря
 $W = 1600, f = 60$ Гц

Рис. 4.7 наведено графіки, що характеризують параметри вібрації зі збільшенням початкового повітряного зазору до величини 2,5 мм. З представлених графіків видно, що зі збільшенням початкового повітряного зазору зменшується амплітуда коливань пелюстки за деякого збільшення струму в обмотці випромінювача СВМ. Зміною величини початкового повітряного зазору є можливість регулювати параметри вібраційного на тіло тварини.

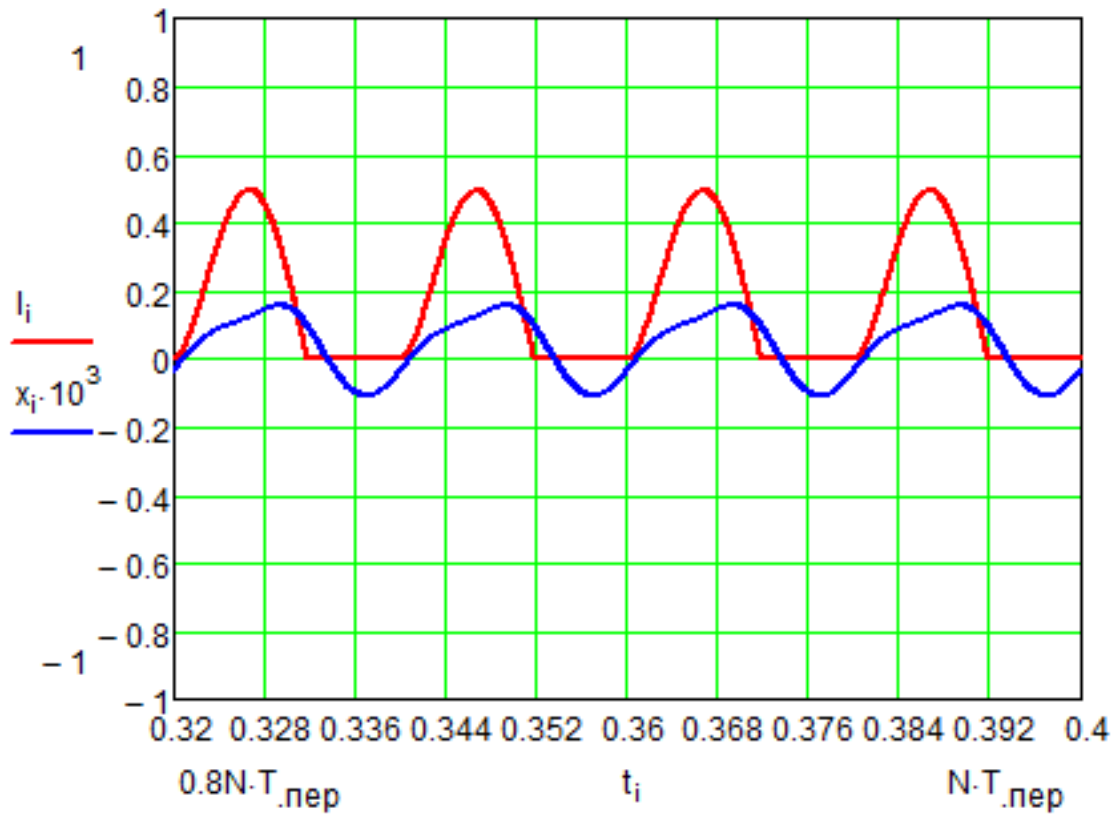


Рис. 4.7. Вимірювання струму та амплітуд коливання пластини-якоря
 $W = 1600$, $U = 12$ В, $f = 50$ Гц, $\delta_0 = 2,5$ мм

Отже, при використанні джерела змінної напруги з регульованими величиною та частотою є можливість у широких межах регулювати вібраційну дію на тіло тварини.

ВИСНОВКИ

1. Розроблено конструкцію випромінювача СВМ, що дозволяє використовувати його в умовах утримання сільськогосподарських тварин та забезпечує умови безпеки застосування з дотриманням санітарно-гігієнічних вимог.
2. На етапі конструювання визначено основні технічні характеристики пристрою СВМ: число витків обмотки $W = 1600$, основна напруга живлення $U = 10$, основна частота напруги $f = 50$ Гц.
3. Застосування джерела змінної напруги з регульованими величиною та частотою дозволяє в широких межах регулювати вібраційну дію на тіло тварини.
4. Отримані дані на етапі конструювання підлягають уточненню при експлуатації пристрою для визначення реальних параметрів для досягнення позитивного ефекту.

СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Волчек О. Використання вібрації та віброакустики у медицині / О. Волчек. – [Б. м. : б. в.], 2011
2. Марченко А.С. Технологічні прийоми підвищення продуктивних та відтворювальних якостей спеціальності. // Марченко А.С. – [Б. м. : б. в.], 2004.
3. Федорчук М.В. Розробка нових методів підвищення відтворювальних якостей маточного поголів'я великої рогатої худоби. // Федорчук М.В. – [Б. м. : б. в.], 2010.
4. Тищенко С.В. Вібраційний масаж у профілактиці та терапії маститів у корів, що викликаються умовно-патогенною мікрофлорою. // Тищенко С.В. – [Б. м. : б. в.], 1998.
6. Данакер В. Розрахунок та конструктивні електромагнітні перетворювачі для активації рідких систем / В. Данакер. – [Б. м. : б. в.], 2018.
6. Видяєв І.Г. Фінансовий менеджмент, ресурсоефективність та ресурсозбереження: навчально-методичний посібник / І.Г. Видяєв, Г.М. Серікова, Н.А. Гаврікова, Н.В. Шаповалова, Л.Р. Тухватуліна, З.В. Криніцина; Томський політехнічний університет, 2014. - 36 с.
7. Методичні вказівки щодо розробки розділу “Соціальна відповідальність” випускної кваліфікаційної роботи магістра, спеціаліста та бакалавра всіх напрямків (спеціальностей) та форм навчання ТПУ/Упоряд. С.В. Романенко, Ю.В. Аніщенко - Томськ: Вид-во Томського політехнічного університету, 2016. - 11 с.
8. ГОСТ 12.0.003-2015 (СТ РЕВ 790-77). «Небезпечні та шкідливі виробничі фактори. Класифікація»
9. ГОСТ 12.1.005-88 "Загальні сангігієнічні вимоги до повітря робочої зони"
10. ГОСТ 12.1.003-2014 «Шум. Загальні вимоги безпеки»
11. Правила влаштування електроустановок, ПУЕ, затверджені Міністерством енергетики Росії від 08.07.2002 №204, Глава 1.7.
12. ГОСТ 12.1.004-91, ССБТ «Пожежна безпека. Загальні вимоги"

13. СП 9.13130.2009 «Техніка Пожежна. Вогнегасники. Вимоги до експлуатації»
14. Долін П.А. Довідник з техніки безпеки. – 6е вид., перероблене та дод. - М.: Вища школа, 1984. - 824 с.
15. БНіП П-12-77. «Захист від шуму»
16. БНіП 2.04. 05-91. «Опалення, вентиляція та кондиціонування»
17. ГОСТ 12.1.019 -79 (зі зм. №1) ССБТ. «Електробезпека. Загальні вимоги та номенклатура видів захисту»
18. ГОСТ 12.0.004-2004 ССБТ. «Організація навчання працівників безпеки праці»
19. ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. «Захисне заземлення, занулення»
20. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. «Електробезпека. Гранично допустимі рівні напруги дотику та струмів»
21. ГОСТ 12.1.012-2004 ССБТ. «Вібраційна безпека. Загальні вимоги»
22. Постанова Адміністрації м. Томська від 11.11.2009 №1110 (зі змінами від 24.12. 2014) «Про організацію збору, вивезення, утилізації та переробки побутових та промислових відходів»
23. Постанова Уряду РФ від 03.09.2010 № 681 «Про затвердження Правил поводження з відходами виробництва та споживання у частині освітлювальних пристроїв»
24. ГОСТ Р 50571.3-94 «Електроустановки будівель. Частина 4. Захист від ураження електричним струмом.