

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Факультет інженерії та енергетики  
Кафедра агроінженерії та технічного сервісу

Кваліфікаційна робота  
на правах рукопису

**Маринін Максим Олександрович**

**УДК 621.521**

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

**УДОСКОНАЛЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ТА РЕЖИМІВ  
РОБОТИ ВАКУУМНОГО НАСОСА ДОЇЛЬНОЇ  
УСТАНОВКИ**

208 “Агроінженерія”

Подається на здобуття освітнього ступеня бакалавр кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело  
\_\_\_\_\_ Маринін М.О.

**Керівник роботи**

**Білецький В.Р.**

кандидат технічних наук, доцент

**Житомир – 2023**

## АНОТАЦІЯ

*Маринін Максим Олександрович. Удосконалення параметрів та режимів роботи вакуумного насоса доїльної установки. – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.*

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавр за спеціальністю 208 – Агроінженерія. – Поліський національний університет, Житомир, 2023.

В кваліфікаційній роботі встановлено, що доцільним є використання в малогабаритних доїльних установках вакуумних насосів перистальтичного типу в режимі роботи з вакуумованою порожниною корпусу зі шлангами як гнучкими оболонками.

Раціональними параметрами вдосконаленого вакуумного насоса перистальтичного типу стосовно одного доїльного апарата є: перепад тисків корпус насоса - порожнина гнучкої оболонки – 5 кПа; подача – 3,0 м<sup>3</sup>/год; глибина робочого вакууму в пневмоприводі доїльних апаратів – 45 кПа; частота обертання ротора – 9,167 Гц; геометричні параметри насоса: діаметр корпусу - 148 мм; діаметр ролика – 18 мм; діаметр шланга (внутрішній) – 16 мм; кількість шлангів – 3 (по одному в кожній секції); кількість роликів – 2 на кожен притискний пристрій.

У процесі проектування перистальтичних насосів необхідно передбачити вакуумування його корпусу і створення умов із навантаженням внутрішнім тиском на еластичну оболонку, можливість використання його поряд із доїнням на операціях поливу, водопостачання, у ролі компресора тощо.

*Ключові слова:* доїльна установка, перистальтичний насос, вакуум, корпус, оболонка.

## ANNOTATION

*Marinin Maksim Alexandrovich. Improving the parameters and operating modes of the vacuum pump of a milking machine. – Qualification work on the rights of the manuscript.*

Qualification work for obtaining a bachelor's degree in the specialty 208 – Agricultural Engineering. – Polissya National University, Zhytomyr, 2023.

The qualification work established that it is expedient to use peristaltic vacuum pumps in small-sized milking machines in the mode of operation with a vacuum cavity with hoses as flexible shells.

The rational parameters of an improved peristaltic vacuum pump for one milking machine are: pressure drop pump casing - flexible casing cavity - 5 kPa; flow rate - 3.0 m<sup>3</sup>/h; depth of working vacuum in the pneumatic drive of milking machines - 45 kPa; rotor speed - 9.167 Hz; geometric parameters of the pump casing diameter - 148 mm; roller diameter - 18 mm; hose diameter (internal) - 16 mm; number of hoses - 3 (one in each section); number of rollers - 2 for each clamping device.

In the process of designing peristaltic pumps, it is necessary to provide for the vacuuming of its casing and the creation of conditions with internal pressure on the elastic shell, the possibility of using it along with milking for irrigation, water supply, as a compressor, etc.

*Keywords: milking machine, peristaltic pump, vacuum, casing, shell.*

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД СЕРІЙНИХ ДОЇЛЬНИХ УСТАНОВОК І ВАКУУМНИХ НАСОСІВ ДОЇЛЬНИХ УСТАНОВОК ТА ЇХ КЛАСИФІКАЦІЯ.....	7
РОЗДІЛ 2. ОБҐРУНТУВАННЯ ПОДАЧІ ВАКУУМНОГО НАСОСА.....	20
РОЗДІЛ 3. БУДОВА І ПРИНЦИП РОБОТИ УДОСКОНАЛЕНОГО ПЕРИСТАЛЬТИЧНОГО НАСОСА.....	31
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	37
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	38

## ВСТУП

**Актуальність теми дослідження.** У сільське господарство велику роль грає галузь тваринництва. У загальному обсязі виробленої продукції сільського господарства тваринництво займає близько 50%. У зв'язку з цим зростання виробництва продукції тваринництва та її якості безпосередньо залежать від рівня загальної механізації та автоматизації виробничих процесів [8].

У підвищенні обсягів виробництва молока у господарствах України значне місце відводиться вдосконаленню машинного доїння корів. Нині більшість його виробляється малими господарськими структурами, сімейними та особистими підсобними господарствами. В найближчому майбутньому їх значимість у молочному тваринництві залишиться досить високою [8].

Однак у малих господарських формуваннях існує низка проблем, серед яких недостатня механізація машинного доїння корів та засобів створення вакууму в них [8].

Стабільність рівня вакууму в технологічних лініях доїльних установок різних конструкцій визначає ефективність роботи доїльного обладнання та процесу машинного доїння загалом [8].

Існуючі малогабаритні доїльні установки для ферм таких господарств оснащені в основному ротаційними пластинчастими вакуумними насосами, що мають обмежений ресурс роботи через недоліки принципу роботи і створюють суттєвий шум при доїнні [8]. У зв'язку з цим дослідження і розробки з використання в машинному доїнні малогабаритних вакуумних насосів перистальтичного типу, що забезпечують більш стабільний вакуумний режим у доїльних установках, є досить актуальними.

**Мета і завдання дослідження.** Мета проєкту: вдосконалення процесу роботи та обґрунтування параметрів вакуумного насоса перистальтичного типу, що забезпечує підвищення стабільності вакуумного режиму малогабаритних доїльних установок.

Для реалізації поставленої мети необхідно вирішити основні завдання:

- уточнити розрахункові залежності для визначення об'ємної подачі вакуумного насоса шлангового типу;
- обґрунтувати параметри і режими роботи насоса.

**Об'єкт дослідження:** процес роботи вакуумного насоса перистальтичного типу в пневмопроводі доїльних апаратів.

**Предмет дослідження:** закономірності створення розрідження і взаємодії робочих органів вакуумного насоса перистальтичного типу.

#### **Перелік публікацій за темою роботи:**

1. Білецький В.Р., **Маринін М.О.** Огляд серійних доїльних установок і вакуумних насосів доїльних установок та їх класифікація. *Наукові читання–2023: матеріали науково-практичної конференції науково-педагогічних працівників, докторантів, аспірантів та молодих вчених факультету інженерії та енергетики.* 19 квітня 2023 р. Житомир : Поліський національний університет, 2023. Т. 3. С. 77-79.

2. Білецький В.Р., **Маринін М.О.** Будова і принцип роботи вдосконаленого перистальтичного насоса. *Збірник матеріалів ІХ Міжнародної науково-практичної конференції „Інноваційні технології в АПК”.* 7-8 червня 2023 року, м. Луцьк. С.

**Практичне значення** проєкту полягає у розробці нової конструкції перистальтичного насоса.

**Структура та обсяг роботи.** Кваліфікаційна робота складається з вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 10 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 39 сторінок комп'ютерного тексту, містить 17 рисунків.

## РОЗДІЛ 1

# ОГЛЯД СЕРІЙНИХ ДОЇЛЬНИХ УСТАНОВОК І ВАКУУМНИХ НАСОСІВ ДОЇЛЬНИХ УСТАНОВОК ТА ЇХ КЛАСИФІКАЦІЯ [8]

### 1.1. Огляд існуючих серійних доїльних установок

Доїльні установки поділяються в основному за місцем доїння корів на фермі та способом збору молока від доїльних апаратів. За першою ознакою вони поділяються на установки для доїння корів у стійлах корівників і поза ними, а за другою – зі збиранням молока в доїльне відро та молокопровід.

В умовах стійлового утримання корів для їх доїння в нашій країні випускаються доїльні апарати зі збором молока в переносні доїльні відра (апарати типу АД-100Б та ДАС-2В, а також їх модифікації для меншого поголів'я корів) та з транспортуванням його молокопроводом до молочного відділення для первинної обробки та зберігання молока до відправки на молочний завод (установки типу АДМ-8А).

Для обслуговування цих установок необхідно збільшення необхідного персоналу, що дозволяє істотно знизити витрати праці та коштів у виробництво молока.

Установки для доїння корів поза стійлом монтуються у спеціальних доїльних залах ферми та використовуються переважно при безприв'язному утриманні тварин. Крім того, відомі конвеєрні доїльні установки, у тому числі карусельні [4].

До доїльних установок з індивідуальними верстатами відносяться УДТ-8 і УДА-8, що випускаються в нашій країні.

Остання є автоматизованим варіантом УДТ-8, на відміну від якої оснащена автоматичними системами механічного додавання корови, зняття склянок та виведення апарату з-під вимені після закінчення доїння, а також дозованої видачі концкормів залежно від індивідуальних надоїв молока.

У доїльній установці УДТ-8 (рисунок 1.1) є дві секції індивідуальних станків, розташованих по обидва боки траншеї, де працює доярка. Кожен станок оснащений вхідними та вихідними дверцятами. Відкриття та закриття їх здійснюється з траншеї дояркою. Станки оснащені годівницями для концкормів, накопичувачем та дозатором кормів з пневматичним приводом.

Технологічна лінія роздачі концентрованих кормів, дозування та видачі їх коровам під час доїння містить (рис. 1.1) бункер 1, з'єднаний з приводною станцією, ланцюжково-шайбовий транспортер 2, поворотні ролики 3, дозатори 10 та годівниці 15. В установці передбачений трубопровід 11 живлення механізмів пневмоприводу дозаторів.

В УДТ-8 два вакуумні насоси 22 типу УВУ-60/45, які через зворотні клапани 25 з'єднані з вакуум-балоном 24. Вакуум з нього поширюється у силовий вакуумпровід, виконаний кільцевим навколо траншеї установки. З цим вакуумпроводом з'єднаний молокопровід 12, вакуумпровід 13 живлення доїльних апаратів та трубопроводи 11 приводу дозаторів.

Глибину вакууму регулюють вакуумрегуляторами 16 з вакуумметрами 17. У доїльній установці використовується нижнє розташування молокопроводів 12 і вакуумпроводів 13 на борту траншеї, в якій працює доярка. Над станками змонтований трубопровід 14 з промивними головками 9 на ньому і трубопровід 20 з розбризкувачами води 19 для підмивання вимені корів.

Доїльні апарати шлангами 5 з'єднані з молокопроводом 12 і вакуумпроводом 13. Для контрольних доєк вони оснащуються пристроями 4 зоотехнічного обліку молока типу УЗМ-1.

Кожен із двох операторів обслуговує на доїльній установці 4 апарати. Видоєне молоко надходить у молокопровід. Під впливом розрідження воно транспортується (рис. 1.1, а) в молокозбірник молочного відділення. Тут відокремлюється повітря і молоко виводиться насосом з молочної лінії доїльної установки в систему первинної обробки. Воно транспортується у фільтр



охолоджувач і далі ємність, де здійснюється його зберігання до відправки на переробку.

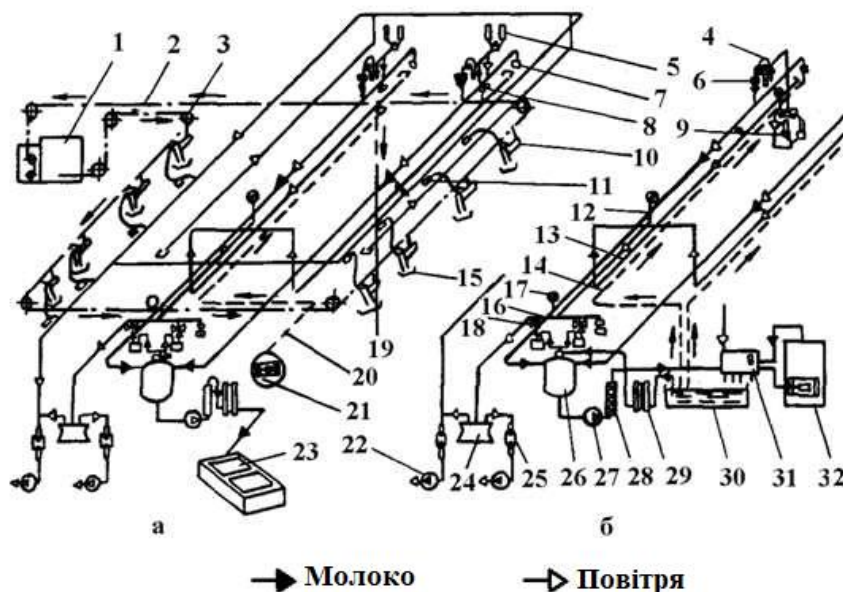


Рис. 1.1. Схема роботи доїльної установки УДТ-8: а — доїння; б — промивання; 1 — бункер кормороздавача; 2 — транспортер кормороздавача; 3 — ролик поворотний; 4 — лічильник молока УЗМ-1; 5 — доїльний апарат; 6 та 7 — затискачі; 8 — пульсатор; 9 — промивні головки; 10 — дозатор; 11 — вакуумпровід живлення дозаторів; 12 — молокопровід; 13 — вакуумпровід підключення доїльних апаратів; 14 — промивний трубопровід; 15 — годівниця; 16 — регулятор вакууму; 17 — вакуумметр; 18 — кран; 19 — розбризкувач; 20 — трубопровід підмивання вимені; 21 — нагрівач води; 22 — вакуум-насос; 23 — молочний танк; 24 — вакуум-балон; 25 — запобіжний клапан; 26 — молокозбірник; 27 — молочний насос; 28 — фільтр; 29 — охолоджувач молока; 30 — промивна ванна; 31 — автомат промивки; 32 — електродвигун.

Після закінчення доїння кнопкою ручного управління насосом забезпечують відкачування залишків молока з молокоприймача. Доїльну установку налаштовують на режим промивки (рис. 1.1 б): миючий розчин засмоктується трубопроводами 14 до доїльних апаратів, закріпленим в промивних головках 9 і транспортується по молочній лінії доїльної установки, промиваючи її. Далі молочним насосом 27 промивний розчин викачується через

автомат промивки у ванну 30; одночасно по шлангу, що відводить, миючий розчин з ванни йде в охолоджувач молока, у верхню горловину молокоприймача, промиваючи їх.

Доїльна установка УДА-8 як і УДА-16, обладнана спеціальними маніпуляторами, що здійснюють автоматизацію заключних операцій доїння корів, машинне додоювання, відключення, зняття та виведення з-під корів доїльних апаратів. У сукупності з автоматом управління маніпулятор представляє собою автомат доїння (рис. 1.2).

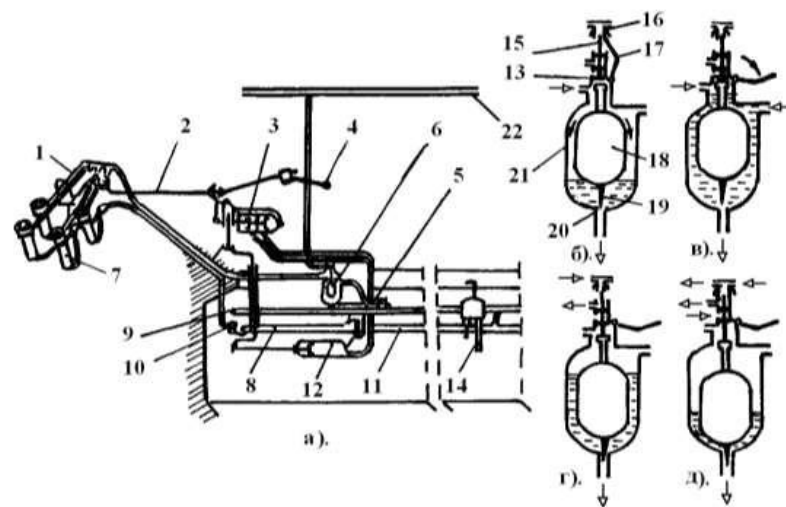


Рис. 1.2. Схема автомата доїння (а) та роботи пневмодатчика (б, в, г, д): 1 – кошик-тримач; 2 – шток маніпулятора; 3 – пневмоциліндр додою; 4 – рукоятка; 5 – затискач; 6 – пневмодатчик; 7 – доїльна склянка; 8 – стріла; 9 – молокопровід; 10 – пульсатор; 11 – вакуумопровід; 12 – пневмоциліндр виведення доїльного апарату; 13 – клапан; 14 – УЗМ-1; 15 – плунжер; 16 – головка; 17 – скоба; 18 – поплавець; 19 – голка; 20 – отвір; 21 – корпус; 22 – силовий вакуумопровід

У функції маніпулятора входять операції пристосування доїльного апарату до різної форми вимені корови та підтримання його в робочому положенні, забезпечення надягання доїльних верстатів на соски вимені, автоматизації виконання заключних технологічних операцій доїння тварини. Складається він з кошика-тримача доїльних 1 склянок 7, штока 2 з рукояткою 4, стріли 8 і коліна, а також пневмоциліндрів 3 і 12, призначених для машинного додоювання і виведення доїльного апарату з-під вимені корови. Під час доїння в залежності

від ступеня молоковіддачі поплавков датчика переміщує голку в отворі, що калібрується, змінюючи його живий переріз. Заодно рухається і плунжер переключателя, що дозволяє при певних швидкостях доїння змінювати тиск у робочих порожнинах пневмоциліндрів та керувати процесом доїння.

Надійність роботи такої установки та інших серійних установок та агрегатів для доїння корів повністю залежить від стабільності вакууму, створеного вакуумним насосом.

## **1.2. Огляд конструкцій вакуумних насосів доїльних установок та їх класифікація**

На тваринницьких фермах ВРХ за допомогою вакуумних насосів, крім доїння, виконуються багато інших технологічних операцій: приводяться в дію заслінки дозаторів при годівлі тварин, фіксуються тварини в верстаті доїльної установки, піднімаються або опускаються поперечні дуги молокопроводів у корівниках і т.д. За допомогою вакуумних насосів здійснюється подача концентрованих кормів до місця годування.

Використовується вакуум при силосуванні кормів у силосних вежах з пластмасовою плівкою, при транспортуванні гною зі стійла в гноєсховище та в інших випадках [4].

Сучасні вакуумні насоси за способом створення вакууму поділяються на чотири великі групи:

1. Механічні вакуумні насоси, в яких процес відкачування заснований на механічному всмоктуванні газу внаслідок періодичного збільшення та зменшення обсягу робочої камери.

2. Молекулярні насоси, в яких процес відкачування здійснюється шляхом збільшення об'єму молекул газу рухомими твердими поверхнями.

3. Струменеві насоси, в яких процес відкачування здійснюється струменем рідини, пари або газу.

4. "Електричні" (іонні) насоси, відкачуюча дія яких заснована на русі іонізованого газу в напрямку градієнта потенціалу.

У сільськогосподарському виробництві, саме, у доїнні корів застосовуються переважно механічні вакуумні насоси. Цю категорію представляють як ротаційні, так і насоси поршневого типу. Поршневі насоси в залежності від конструкції робочого органу поділяються на мембранні, плунжерні та дискові. У більшості країн ширше використання набули вакуумні насоси ротаційного типу.

Залежно від конструкції, ці насоси можна розділити на пластинчасті, з поршнем, що котиться, водокільцеві, двороторні і перистальтичні. Вакуумні насоси, виконуючи ту саму функцію, мають різні конструкції, принцип дії та умови для їх роботи.

До 1952 доїльне обладнання в нашій країні укомплектовувалося вакуумними насосами поршневого типу (рис. 1.3) [5]. Ці насоси за типом робочого органу діляться на мембранні, плунжерні та дискові.

Їх відрізняють великі геометричні розміри, металоємність та дуже низька частота обертання вихідного валу. При установці таких насосів необхідно створювати потужні фундаменти, а при їх експлуатації потрібний пильний догляд та багато мастила.

У зв'язку з цим вони часто виходять з ладу та на їх ремонт та відновлення необхідні значні витрати. Неврівноваженість деталей насоса, що рухаються, викликає значний шум при його роботі і негативно позначається на ресурсі роботи деталей. Поршневі насоси нерівномірно відкачують повітря і тому необхідна установка додаткових пристроїв для вирівнювання тиску.

Враховуючи те, що вакуумні насоси поршневого типу мають стільки недоліків, довелося відмовитися від їх виробництва та знайти інші джерела створення вакууму. Виняток становлять зразки деяких зарубіжних фірм: "Манус" (Великобританія), "Мільк" (Німеччина) та "Хрісенсен" (Данія) [4].

На зміну ним прийняті далі ротаційні насоси і насоси пластинчастого типу.

Великий діапазон тисків, на які розраховуються ротаційні насоси, вимагає виробництва насосів різних конструкцій відповідного призначення.

За рівнем розрідження, що створюється, ротаційні насоси можна розділити на насоси з високим, середнім і низьким вакуумом.

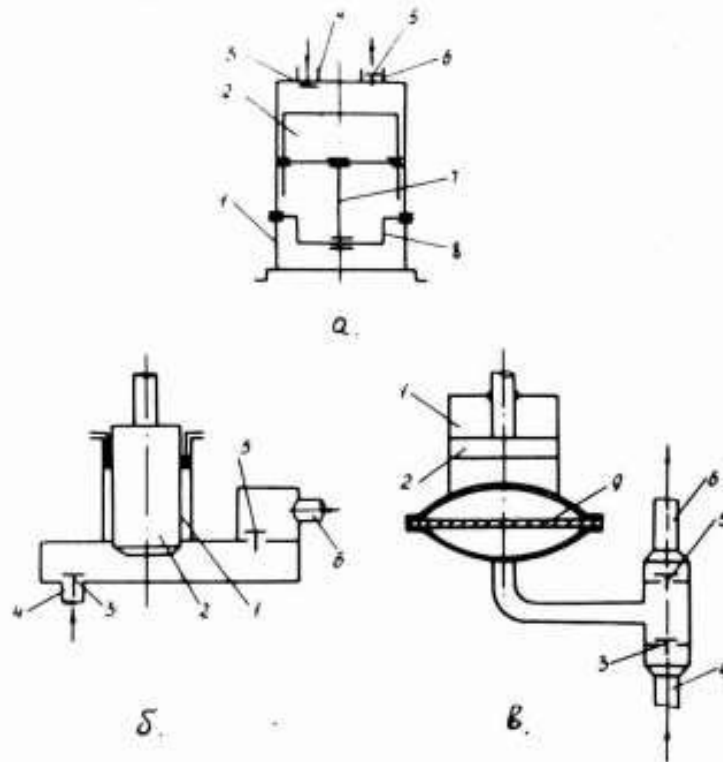


Рис. 1.3. Вакуумний насос поршневого типу: а) дисковий; б) плунжерний; в) мембранний; 1 – корпус; 2 – поршень; 3,4 та 5,6 – всмоктувальний, нагнітальний клапани та патрубки; 7 – шатун; 8 – колінчастий вал; 9 – мембрана.

Дія ротаційних вакуумних насосів (РВН) пластинчастого типу (рис. 1.3) заснована на зміні об'єму робочої камери внаслідок обертального руху ротора з пластинами ексцентрично розташованими всередині насоса.

Коли ротор повертається, всі частини камери виходять з контакту з отвором, що всмоктує, і збільшуються в об'ємі, а потім поступово зменшуючись, здійснюють послідовне стиснення газоподібної речовини і її нагнітання.

За допомогою насосів цього типу можна отримати вакуум близько 97,0...99,7%. Коефіцієнт подачі може змінюватись у межах 0,3...0,9. У насосах,

корпус яких заповнений оливою, він сягає 0,95. Відношення потужності валу до індикаторної потужності характеризується механічним К.П.Д., і знаходиться в межах 0,8...0,9.

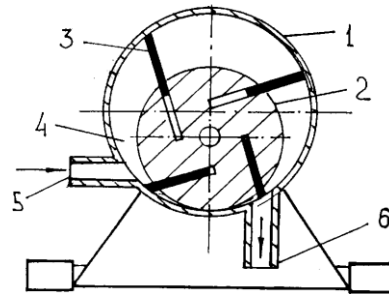


Рис. 1.4. Схема пластинчатого вакуумного насоса з ексцентричним розташуванням ротора: 1 – корпус; 2 – ротор; 3 – пластина; 4 – камера всмоктування; 5 – всмоктувальний патрубок; 6 – вихлопна труба.

Насоси цієї категорії дуже добре збалансовані і мають відносно невеликі загальні розміри та масу. Основні переваги цих насосів включають високу надійність роботи та простоту обслуговування.

Їх конструкції мають менше деталей, у них немає клапанів поглинання та розряду, а також механізму кривизни. Ці насоси мають спрощену систему розподілу повітря.

Серед недоліків низький рівень К.К.Д. і висока чутливість до зміни нормальних зазорів.

Починаючи з 1952 року, доїльне обладнання серійного виробництва було оснащено ротаційними насосами пластинчатого типу насосом.

У нашій країні, починаючи з 1952 року, серійне доїльне обладнання було оснащено ротаційними вакуумними насосами пластинчатого типу різної продуктивності.

Вакуумні насоси з прокатним ротором також використовуються в установках для машинного доїння (рис. 1.5).

Основна відмінність між пластинчато-статорних з пластичасто-роторних насосів полягає в тому що у пластичасто-статорних насосів конструкція

передбачає зміщення ротора відносно статора, а обертання проходить навколо осі, що збігається з її геометричною.

Представником іншої конструкції є насос типу котушки, в якому ротор не контактує з тілом, а укладений у затискач, який охоплює ексцентрик і є безперервним циліндром.

Невелика кількість зазорів, за допомогою яких повітря потрапляє у вакуумну систему, є основною перевагою поршневого насоса. Але вони мають складну конструкцію і потребують більшої точності виробництва. Наявність деталей, що швидко зношуються знижує надійність цих насосів і вимагає великої кількості оливи.

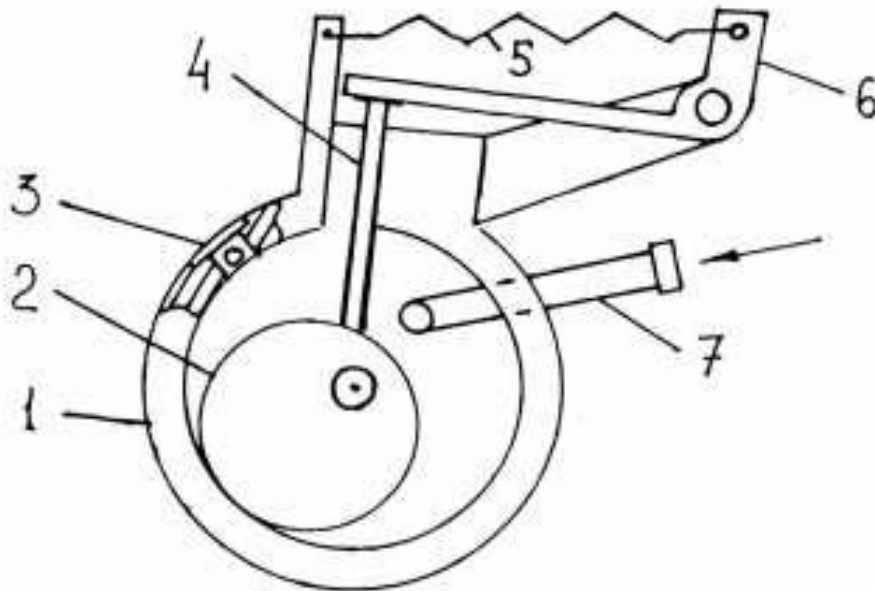


Рис. 1.5. Схема вакуумного насоса з ротором, що котиться: 1 – корпус; 2 – ротор; 3 – вихлопний клапан; 4 – пластина; 5 – пружина; 6 – важіль; 7 – всмоктувальний патрубок.

У водокільцевих вакуумних насосів з рідинним поршнем (рис. 1.6) немає всмоктуючого і випускного клапанів і у зв'язку з цим немає механізму розподілу. У них відсутні металеві поверхні тертя і тому не потрібне застосування мастильного матеріалу [3].

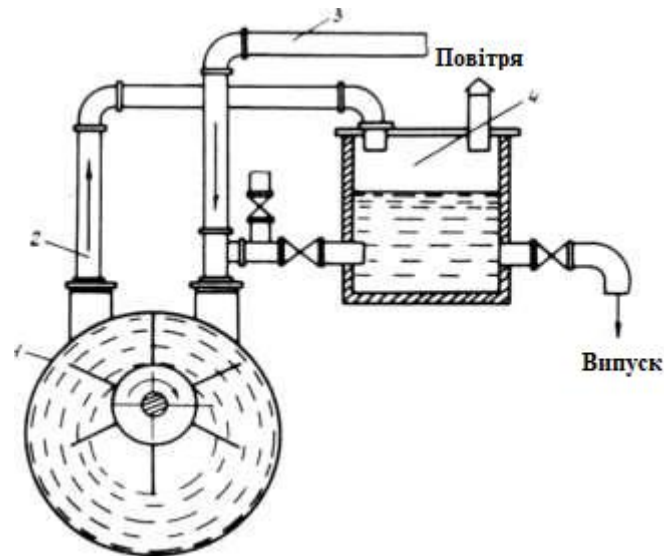


Рис. 1.6. Схема водокільцевого вакуумного насоса: 1 – вакуумний насос; 2,3 – нагнітальний та всмоктувальний трубопровід; 4 – приймальний бак.

Робоча рідина здійснює ущільнення обертових і нерухомих частин і відкидається при обертанні ротора лопатками до периферії, утворюючи всередині насоса рідинне кільце, яке виконує роль поршня.

Гідравлічне ущільнення таких насосів може знизити механічне зношування контактуючих деталей. У водокільцевому насосі не потрібне заповнення рідиною перед початком роботи. У такому насосі може створюватися розрядження 92...99,9%. Але ККД не перевищує 0,48...0,52. Вакуумні насоси даної конструкції можуть працювати лише за плюсової температури. Їм необхідні додаткові пристрої для транспортування рідини всередину насоса і вони відрізняються жорсткістю в роботі. У порівнянні з ротаційними насосами пластинчатого типу мають менш стійкий режим роботи, високу витрату потужності при вакуумі до 60 кПа, а також вищі експлуатаційні витрати на одиницю питомої продуктивності.

На молочних комплексах встановлюють водокільцеві вакуумні насоси промислового типу. Один такий насос може обслуговувати ферму на 800-1000 корів і має дуже високу надійність і довговічність.

У конструкції двороторних вакуумних насосів (РУТС) передбачено два поршні, що обертаються з декількома ущільнювальними лопатками, які



переносять повітря від всмоктуючого вікна до нагнітального між двома сусідніми циліндрами (рис. 1.7, а).

Поверхня поршня такого насоса ретельно обробляється, зазор між поршнями і стінками корпусу насоса повинен становити близько 0,1...0,2 мм. При високому тиску, ефективність роботи таких насосів знижується, так як відбувається проникнення газу в корпус насосу одночасно з його виштовхуванням у бік випускного отвору через зазори між деталями трибовузла.

Ефективність роботи такого насоса досягається у тому випадку, коли тиск на стороні всмоктування знижується до кількох міліметрів ртутного стовпа.

Постійна дія повного тиску нагнітання є одним із недоліків таких насосів, тоді як у пластинчастих і поршневих насосах тиск на поршень зростає поступово. Механічний ККД таких насосів досягає 0,94 а коефіцієнт подачі 0,6...0,8. Цей коефіцієнт залежить як від тиску нагнітання так і від частоти обертання ротора: чим вище частота обертання, тим більше коефіцієнт подачі.

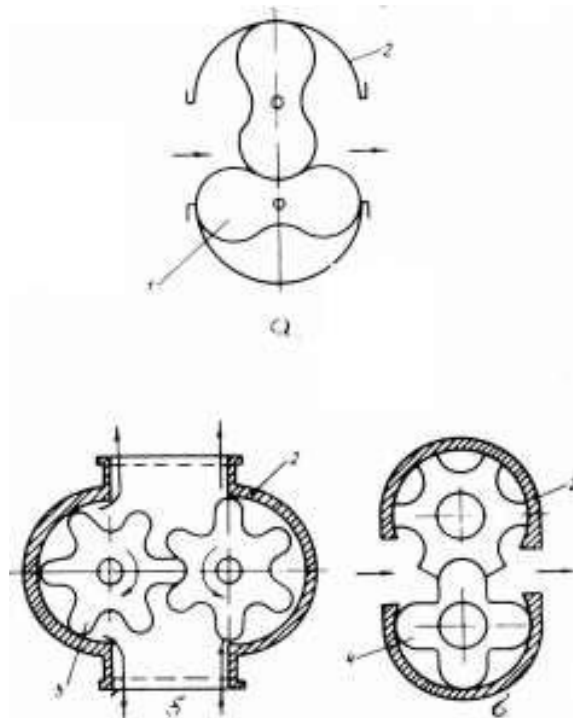


Рис. 1.7. Схеми двороторних вакуумних насосів (РУТС): а) типу РУТС; б) шестеренчатого; в) гвинтового; 1 – ротор; 2 – корпус; 3 – гвинт; 4 – шестерня.

Гвинтові (рис. 1.7, б) і шестеренні (рис. 1.7, в) насоси є різновидом двороторних вакуумних насосів.

Ці насоси відрізняються поступовим стисненням повітря. У порівнянні з насосами типу РУТС відрізняються економією оливи, спокійним ходом, відсутністю зносу циліндра і для їх встановлення потрібен не великий фундамент. Висока потужність на одиницю швидкості відкачування, а також невеликий адіабатичний ККД і великий шум високої частоти є великим недоліком таких насосів.

Робота ротаційних вакуумних насосів перистальтичного типу (рис. 1.9) заснована на зміні об'єму роликом основного робочого органу – шланга, який кріпиться на внутрішній стороні корпусу насоса, що грає роль статора.

Ротаційний вакуумний насос шлангового типу – відносно проста конструкція. Він не має клапанів, а відповідно і розподільчого механізму. У такому насосі є лише тертя кочення, що знижує його залежність від мастила. На фізіологічний стан тварин впливає низький рівень шуму такого насоса. Внаслідок цього збільшується їх молочна продуктивність, а також забезпечується комфорт роботи обслуговуючого персоналу.

Перистальтичні насоси останнім часом використовуються в медицині та хімічній промисловості для перекачування агресивних та реактивних рідин. Але згадані переваги: зручність в експлуатації, обслуговуванні та ремонті, необхідність застосування мастильного матеріалу робить їх прийнятними для використання і в доїльній техніці. Основне їх застосування – автономні пересувні доїльні установки на особистих подвір'ях та дрібних фермах селянських господарств.

### **Висновки по розділу**

Огляд та аналіз існуючих конструкцій та принципу роботи перистальтичних насосів показав, що конструктивні рішення перистальтичних насосів є новими, вони сприяють удосконаленню процесу створення розряджання у доїльних установках.

Однак брак теоретичних досліджень у цій галузі науки в частині обґрунтування подачі насоса, перепаду тисків у його робочих камерах, частоти обертання ротора, закономірностей деформації оболонок та режимів роботи стискаючих роликів, стримує подальші розробки таких насосів стосовно доїльних установок.

## РОЗДІЛ 2

### ОБҐРУНТУВАННЯ ПОДАЧІ ВАКУУМНОГО НАСОСА [8]

Вакуумні насоси, що використовуються в тваринництві при доїнні корів, можуть мати різну конструкцію та мати різну продуктивність або подачу. Якщо насос розробляється, наприклад, для ферми з поголів'ям 200 тварин, то буде використовуватися як мінімум 20 доїльних апаратів. Кожен апарат споживає певну порцію повітря (мінімум 2,5 м<sup>3</sup>/год). В даному випадку, продуктивність насоса за 1 годину роботи повинна становити не менше 50 м<sup>3</sup> повітря. Якщо поголів'я становить 100 тварин, то продуктивність насоса за 1 годину роботи повинна складати близько 25 м<sup>3</sup>. А тепер повернемося до малих фермерських та особистих підсобних господарств. Поголів'я корів у таких господарствах може складати від 10 до 25 тварин максимум. Тому і насос, який використовується при доїнні, повинен мати продуктивність близько 10 м<sup>3</sup>/год повітря.

В індивідуальних доїльних апаратах продуктивність вакуумного насоса має бути 2,5...3,0 м<sup>3</sup>/год. Насос зазвичай в такому апараті монтується на рухомому ручному візку та обладнаний невеликим вакуумним балоном. Нерідко роль вакуумбаллону виконує доїльне відро.

Двотактний доїльний апарат працює при вакуумі від 45 до 48 кПа, а тритактний – до 53 кПа. Тритактний апарат безпечніше по відношенню до двотактного, тому при доїнні корів у малих господарствах доцільно використовувати універсальний доїльний апарат, робота якого можлива як в двотактному так і в тритактному режимах.

Подача є основним параметром, що характеризує роботу насосу. Вона залежить від режимних показників насоса та його конструктивних особливостей.

Робочим органом такого насоса (рис. 2.1) є закріплений на профільованому корпусі 1 шланг з еластичного матеріалу (наприклад, гуми або пластмаси). Шланг періодично стискається роликом 4 і середовище яким заповнена його внутрішня порожнина, вичавлюється.

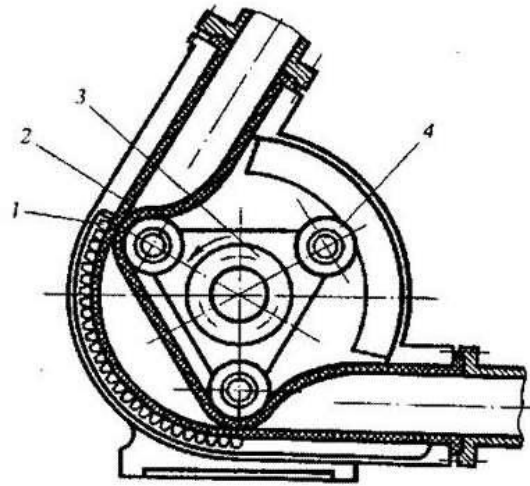


Рис. 2.1. Схема серійного шлангового насоса: 1 – корпус; 2 – шланг; 3 – тримач; 4 – ротор з роликами.

Для безперебійної подачі середовища по шлангу і попередження витиснення середовища у тримачі 3 закріплено 3 ролика. В результаті обертання ротора 4 відбувається його стиск у місці контакту і здійснюється витиснення середовища за допомогою роликів. Кінці шлангу кріпляться в корпусі насоса або за допомогою спеціальних затискачів, з якими з'єднують трубопроводи. Щоб уникнути швидкого зносу, шланг і поверхню корпусу насоса обробляють мастилом. Шланговий насос дозволяє забезпечити імпульсну подачу, яка залежить від частоти обертання валу з тримачами роликів та діаметра шлангу, а також кількості шлангів, розташованих паралельно в корпусі насоса.

Подача насоса визначається з розрахунку об'єму повітря, що надходить на відкачування із вакуумної системи.

Об'єм повітря, що відкачується за один оберт ротора насоса з одного витка шлангу, в першому наближенні зазвичай представляється в наступному вигляді [3]:

$$V_o = L \cdot \frac{\pi \cdot d_{ш}^2}{4}, \text{ м}^3 \quad (2.1)$$

де  $d_{ш}$  – внутрішній діаметр робочої порожнини шлангу, що обкатується, м;  
 $L$  – довжина робочого шланга, м.

Тоді довжина шлангу може бути представлена в наступному вигляді:

$$L = \pi \cdot \left( D_0 - \frac{d}{2} \right), \text{ м} \quad (2.2)$$

де  $D_0$  – внутрішній діаметр статора насоса, м;

$d$  – зовнішній діаметр шлангу, м.

Слід зазначити, що на шланг, як гнучку оболонку, зазвичай впливає тиск повітря як із зовнішнього боку так і з внутрішньої. При цьому він розташований не по всьому периметру статора.

При цьому ділянка довжини шлангу, що не використовується, може мати досить широкий діапазон значень. У деяких конструкціях може взагалі бути відсутнім чи бути незначним, тобто. в процесі зовнішнього тиску ролика ротора виключається деякий робочий об'єм шлангу на довжині  $l_p$  залежить від діаметрів ролика і статора. Тоді:

$$L = \pi \cdot \left( D_0 - \frac{d}{2} \right) - l - l_p, \text{ м.} \quad (2.3)$$

Крім того, під впливом ролика (рис. 2.2) втрачається деякий обсяг порожнини шлангу за рахунок зменшення внутрішнього діаметра робочого шлангу, на ділянці  $l_\phi$ . Ця втрата об'єму робочого шлангу може бути врахована поправочним коефіцієнтом  $k$  у формулі 2.1:

$$V_u = L \cdot \frac{\pi \cdot d_u^2}{4} \cdot (1 - k), \quad (2.4)$$

де  $L$  – довжина робочої частини шлангу по (2.3);

$k$  – поправочний коефіцієнт об'єму шлангу  $k = \frac{V}{n_1 \cdot V_0}$  ;

$V$  – об'єм перехідних ділянок стискування шлангу перед та після ролика;

$n_1$  – кількість роликів.

Значення коефіцієнта  $k$  передбачається визначити у процесі експериментальних досліджень.

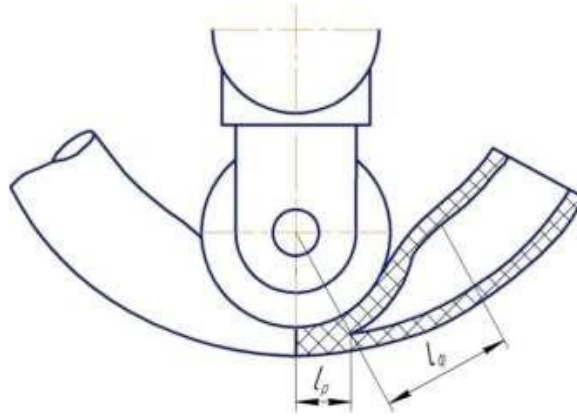


Рис. 2.2. Схема ділянки робочого шлангу, який стискається роликот ротора насосу.

Ділянки  $l_\phi$ , що стискаються роликот, перед ним і за ним по ходу обертання ротора в принципі однакові (рис. 2.3).

Для розрахунку об'єму частини шлангу на ділянці  $l_\phi$  здавлювання її роликот подаємо у вигляді, зображеному на рис. 2.3.

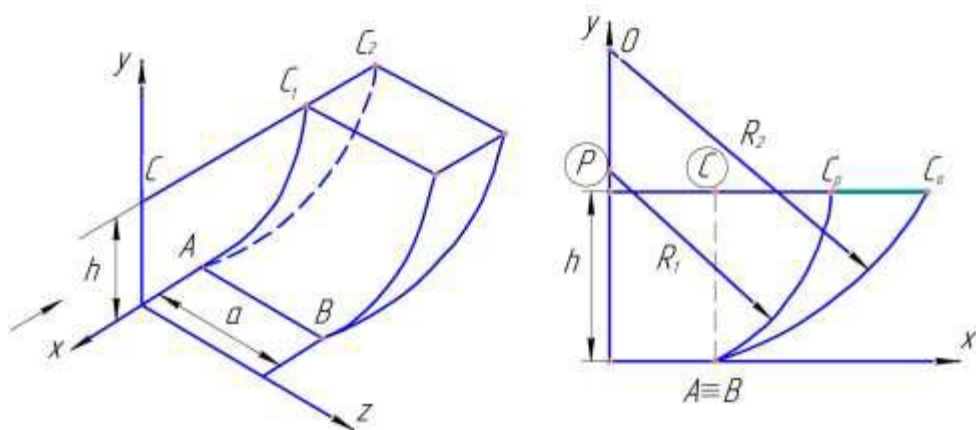


Рис. 2.3. Схема ділянки шлангу, деформованого перед роликот:  $R_1$  та  $R_2$  – зовнішній та внутрішній радіуси;  $AC$  – ділянка стиснення шлангу, м;  $AB(a)$  – ширина майданчика стискування, м;  $H$  – висота майданчика, м.

Об'єм такої ділянки дорівнюватиме:

$$V_{uu} = L \cdot \frac{\pi \cdot d_{uu}^2}{4} \cdot (1 - k), \quad (2.5)$$

де  $F$  – площа бічної (торцевої) поверхні, м.

$$F = \int_{y_2}^{y_1} (q_2(y) - q_1(y)) dy, \text{ м}^2 \quad (2.6)$$

де  $q_1(y)$  і та  $q_2(y)$  – рівняння кривих, що обмежують цю площу  $F$ .

У першому наближенні вони є рівняннями виду:

$$(x_1 - x_0)^2 + (y_1 - y_0)^2 = R_1^2; (x_2 - x_p)^2 + (y_2 - y_p)^2 = R_2^2, \quad (2.7)$$

де  $x_0; y_0$  – координати центру ( $O(x; y)$ ) обертання ротора;

$x_p; y_p$  – координати центру ( $P(x; y)$ ) обертання ролика

$$\begin{aligned} x_1 &= q_1(y), \\ x_2 &= q_2(y). \end{aligned} \quad (2.8)$$

Відповідно до рис. 2.3:

$$\begin{aligned} q_1(y) &= x_p + \sqrt{R_1^2 - (y_1 - y_p)^2}, \\ q_2(y) &= x_p + \sqrt{R_2^2 - (y_2 - y_p)^2}. \end{aligned} \quad (2.9)$$

Враховуючи (2.8) та (2.9), для площі бічної поверхні деформованої ділянки шлангу отримаємо:

$$\begin{aligned} F &= \int_A^C \left( x_0 + \sqrt{R_2^2 - (y_2 - y_0)^2} - x_p - \sqrt{R_1^2 - (y_1 - y_p)^2} \right) dy = \\ &= \int_A^{C_0} \left( x_0 + \sqrt{R_2^2 - (y_2 - y_0)^2} \right) dy - \int_A^{C_p} \left( x_p - \sqrt{R_1^2 - (y_1 - y_p)^2} \right) dy = \\ &= \int_A^{C_0} \left( R_2^2 - y_2^2 + 2 \cdot y_2 \cdot y_0 - y_0^2 \right)^{\frac{1}{2}} dy - \int_A^{C_p} \left( R_1^2 - y_1^2 + 2 \cdot y_1 \cdot y_p - y_p^2 \right)^{\frac{1}{2}} dy \end{aligned} \quad (2.10)$$

Висота  $H$  і довжина ділянки шлангу, що розглядається, представлені на рис. 2.4. Відповідно до рис. 2.4 маємо:

$$AC = H = d - 2h = d_u; \quad (2.11)$$

$$H = R_2 - (OC); \quad (2.12)$$

$$OC = R_2 \cos \alpha, \text{ м} \quad (2.13)$$





Оскільки чисельні значення  $y_0$  і  $y_p$  відповідно дорівнюють  $y_0=R_2$  і  $y_p=R_1R_1$ ,  
то

$$V = \left( \frac{R_2 - H}{2} \cdot \sqrt{2R_2H - H^2} + \frac{R_2^2}{2} \cdot \ln(-2H + 2R_2 - 2\sqrt{2R_2H - H^2}) - \right. \\ \left. - \frac{R_2}{2} - \frac{R_2^2}{2} \cdot \ln 2R_2 - \frac{R_1 - H}{2} \cdot \sqrt{2R_1H - H^2} - \frac{R_1^2}{2} \cdot \right. \\ \left. \cdot \ln(-2H + 2R_2 - 2\sqrt{2R_1H - H^2}) + \frac{R_1}{2} + \frac{R_1^2}{2} \cdot \ln 2R_1 \right) \cdot a. \quad (2.17)$$

У цьому виразі величина об'єму  $V$  в принципі залежить від внутрішнього діаметра робочого шланге. Однак, отриманий вираз для об'єму перехідної ділянки громіздко та незручно у застосуванні.

Для спрощення (2.17) О.М. Глобін [4] ділянку на довжині  $l_\phi$  представляє у вигляді, рис. 2.5.

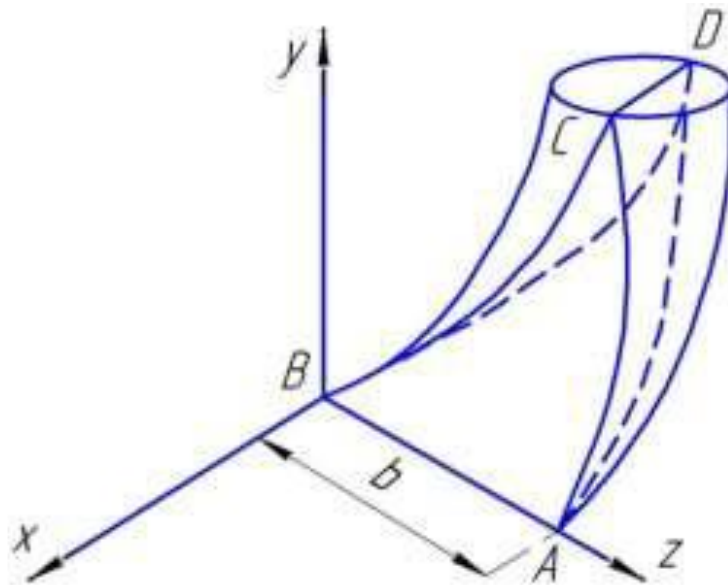


Рис. 2.5. Схема перехідної деформованої ділянки робочого шлангу за О.М. Глобіном.

При стисканні гнучкого шлангу роликотом ротора відбувається його деформування. Елементи ABCD (рис. 2.5) з одного та з іншого боку стисненого роликотом шланг практично представляють спрощено плоску фігуру, зображену на рис. 2.6.

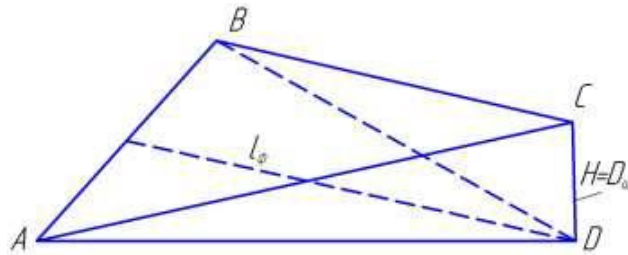


Рис. 2.6. Спрощений елемент перехідної ділянки робочого шлангу на рис. 2.5.

Об'ємні елементи  $ACD$  та  $BCD$  за рис. 2.5 та 2.6 у сумі складають конус другого порядку з канонічним рівнянням поверхні:

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} - \frac{z^2}{c^2} = 0.$$

Об'єм його буде:

$$V_k = \frac{1}{3} \pi R_{uu}^2 \cdot h, \text{ м}^3 \quad (2.18)$$

де  $R_{uu}$  – внутрішній радіус робочого шлангу, м;

$h$  – висота конуса, м.

$$h = \sqrt{l_a^2 - \left(\frac{e}{2}\right)^2}, \text{ м} \quad (2.19)$$

де  $e$  – діаметр основи зім'ятої ділянки шлангу в м,  $e \approx H = D_{uu}$ .

Тоді

$$V_k = \frac{1}{3} \pi R_{uu}^2 \cdot \sqrt{l_\phi^2 - \frac{D_{uu}^2}{4}} \text{ м}^3. \quad (2.20)$$

Стиснута частина шлангу  $ABCD$  у принципі представляє трикутну піраміду, що має основу  $ABD$ , площу  $S_{OCH}$  і висоту  $H = CD$  (рис. 2.6).

Її обсяг виражатиметься формулою:

$$V = \frac{1}{3} S_{OCH} \quad (2.21)$$

Отже, ділянка перед роликом за рис. 2.5 має об'єм:

$$V_{\phi} = V + V_{\kappa} = \frac{2}{3} \pi \cdot R_{\text{ш}}^2 \cdot l_{\phi}. \quad (2.22)$$

Таким чином, об'єм конічних частин деформованого роликом шлангу приблизно дорівнює об'єму трикутної піраміди під ним і залежить від діаметра шлангу та довжини перехідної ділянки.

До внутрішніх впливів на шланг серійного насоса можна віднести внутрішній вакуумметричний тиск, що зменшує площу або змінює форму перерізу шлангу під час роботи насоса. Уявимо вираз подачі насоса з одним шлангом і ротором з кількома роликами в наступному вигляді [7]:

$$S = 60 \left\{ \left[ \pi \cdot \left( D_0 - \frac{d}{2} \right) - l - l_p \right] \cdot \left[ \frac{\pi \cdot d_{\text{ш}}^2}{4} - \Delta F \right] - 4V_{\phi} \cdot k_{\phi} \right\} \cdot n, \quad (2.23)$$

де  $n$  – частота обертання ротора, обертів в хвилину;

$k_{\phi}$  – коефіцієнт обліку впливу перехідної ділянки.

Зазвичай робочий шланг вакуумного перистальтичного насоса являє собою циліндричну оболонку, тому при знаходженні зміни площі перерізу шлангу ( $\Delta F$ ) скористаємося рекомендаціями з розрахунку гнучких оболонок на стійкість.

При знаходженні ступеня зміни площі круглого перерізу шлангу обов'язково необхідно врахувати характер навантаження шлангу. Розглянемо окремий випадок оболонки, навантаженої внутрішнім вакуумметричним тиском. Схема перерізу такої оболонки представлена на рис. 2.7 до і після навантаження силами  $P$ . Зменшення площі перерізу шлангу, як результат навантаження, з'явилося із-за зовнішнього тиску повітря, що використовується для даної оболонки, а також характеру виконуваних функцій, однією з яких є циклічне навантаження шлангу роликом, в результаті чого може відбуватися і його сплюскування.

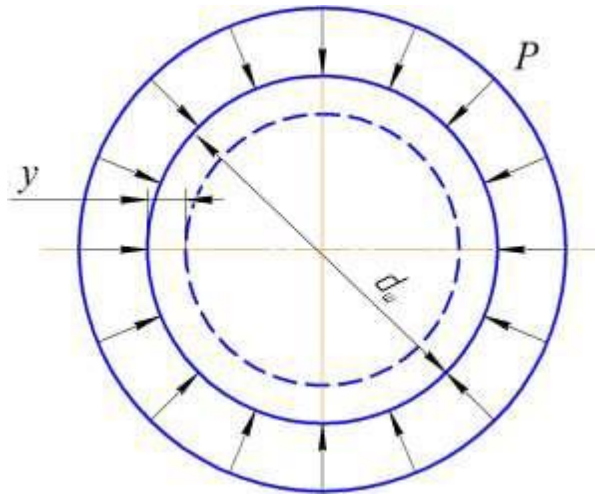


Рис. 2.7. Схема зміни площі перерізу вакуумованої оболонки в середовищі з атмосферним тиском.

Безмоментну теорію застосовують у тих випадках, коли оболонка є тілом обертання, не має різких переходів і жорстких закріплень, а також навантажена не зосередженими силами та моментами, а симетрично розподіленими навантаженнями [4], як у нашому випадку.

У місцях різких переходів, жорстких закріплень і контурних навантажень виникають напруги вигину, що іноді досягають великих значень, але мають явно виражений локальний характер. Остання обставина часто дозволяє не враховувати напруження вигину в оболонках, тому що місцеві пластичні деформації не знижують їхньої несучої здатності.

У циліндричних сосудах, що мають тонкі стінки [6] і піддані внутрішньому тиску, при обчисленні можна прийняти, що напруження рівномірно розподілені по товщині стінки [3, 6].

У циліндрах, у яких товщина стінок більша в порівнянні з радіусом, подібне припущення призвело б до занадто великих похибок. Розрахунок таких циліндрів здійснили вчені Ляме і Гадоліна в 1852 - 1854 рр.. Серед робіт російського академіка А.В. Гадоліна, які принесли йому світову популярність, необхідно відзначити роботи в галузі розрахунку кривих стрижнів у застосуванні до розрахунку міцності артилерійських знарядь. На рис. 2.8 наведено поперечний переріз циліндра, що має товсті стінки із зовнішнім радіусом  $r_1$ ,

внутрішнім  $r_2$ ; цей циліндр підданий зовнішньому  $p_1$  і внутрішньому тиску  $p_2$ , що цікавить і для шлангів перистальтичного насоса.

### **Висновки по розділу**

Отже, розглянутий випадок навантаження шланга перистальтичного насоса, які використовуються в насосах, що застосовуються в даний час, недостатньо ефективний і веде до зниження подачі насоса в процесі його роботи. Подача цього насоса зменшується зі збільшенням різниці тисків (у корпусі насоса та шлангу).

### РОЗДІЛ 3

## БУДОВА І ПРИНЦИП РОБОТИ УДОСКОНАЛЕНОГО ПЕРИСТАЛЬТИЧНОГО НАСОСА

Схему експериментального вакуумного насоса перистальтичного типу представлено на рис. 3.1. У ньому, на відміну від серійних насосів, використано принцип розтягування шланга дією внутрішнього тиску.

Вакуумний насос перистальтичного типу складається з корпусу 1, розділеного перегородками 2 на 3 секції 3, 4, 5, еластичної камери 6, закріпленої на внутрішній поверхні кожної секції насоса, ротора 7, закріпленого на приводному валу 8, і роликів 9. Ролик 9 розташований на осі 10 каретки 11, підвішеної одним кінцем шарнірно на важелі 12 ротора 7, а іншим - до гвинта 13 з натискною пружиною 14, що має шайбу 15 і гайку 16 для регулювання ступеня стиснення еластичної камери 6 роликком 9. У бічній кришці встановлено штуцер 17 для з'єднання першої секції герметичного корпусу насоса з вакуумною системою. Для регулювання рівня вакууму в секціях насоса служать перепускні клапани 18. Для контролю рівня вакууму слугує запобіжний клапан 19.

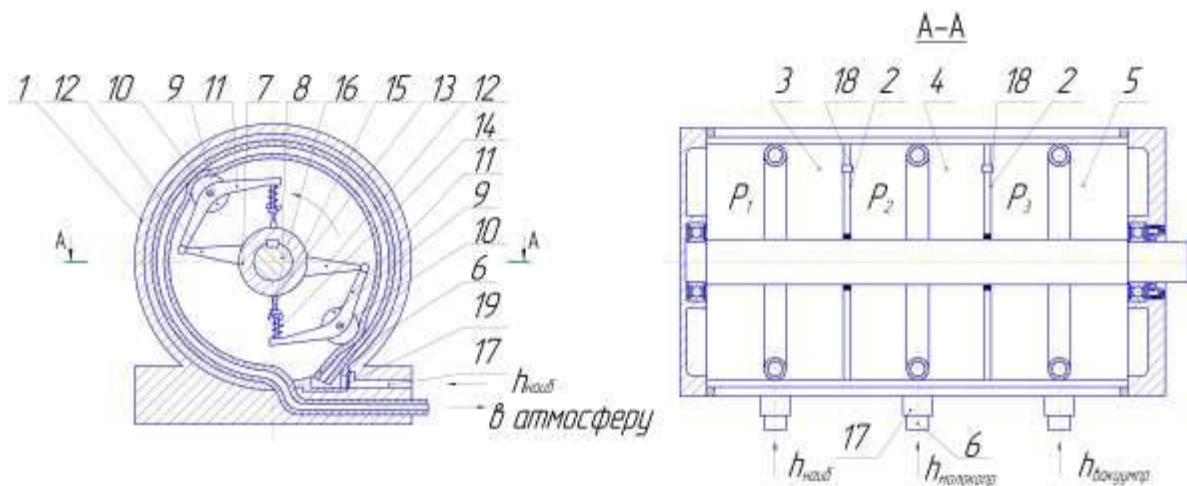


Рис. 3.1. Схема вдосконаленого вакуумного насоса перистальтичного типу:  
1 - корпус; 2 – перегородки; 3,4,5 – секції в корпусі; 6 – еластичний шланг; 7 – ротор; 8 – приводний вал; 9 – ролики; 10 – вісь; 11 – каретка; 12 – важіль; 13 - регулювальний гвинт; 14 – натискна пружина; 15 – шайба; 16 – гайка; 17 – штуцер; 18 – перепускні клапани; 19 – зворотний відкидний клапан.

Кожна із секцій 3, 4, 5 насоса забезпечує роботу різних вузлів доїльної установки. Еластичні камери 6 закріплені послідовно одна за одною всередині секцій корпусу 1 насоса. Еластична камера 6, розташована в першій секції 3 насоса, здійснює повітрязабір усередині корпусу 1 насоса, що грає одночасно роль вакуумного балона для вирівнювання тиску всередині оболонки і зовні її.

Внутрішня порожнина другої секції 4 з'єднана з внутрішньою порожниною першої секції 3 за допомогою перепускного клапана 18. Відповідно ступінь розрідження, створюваний вакуумом у першій секції 3 насоса, проходячи через перепускний клапан 18 у перегородці 2 між секціями 3 і 4, знижується до значення, необхідного для роботи молокопроводу. Аналогічно внутрішня порожнина третьої секції 5 з'єднана з внутрішньою порожниною другої секції 4, а ступінь розрідження, що створюється вакуумом у другій секції 4 насоса, за допомогою перепускного клапана 18 у перегородці 2 між секціями 4 і 5, знижується до значення, необхідного для вакуум-проводу. Таким чином, ступінь розрідження вакууму в секціях 3, 4, 5 насоса відповідає величині розрідження, одержуваної в кожній секції насоса, і регульованої за рахунок дії перепускних клапанів 18. При використанні цього насоса тиск усередині і зовні еластичної камери 6, розташованої в секціях 3, 4, 5 насоса, вирівнюється, що дає змогу використовувати еластичну камеру з товщиною стінок меншою, ніж в аналогічних конструкціях. Усувається і необхідність встановлення в доїльному агрегаті регуляторів вакууму диференціального типу.

Працює пропонуваній вакуумний насос перистальтичного типу таким чином. Ролик 9 під дією пружини 14 стискає еластичну камеру, що розділяє, у поєднанні з передавлюванням камери другим роликом, порожнину еластичної камери 6 на дві частини.

Під час обертання ротора 7 ролики 9 котяться поверхнею еластичного шланга 6, поперемінно і щільно перетискаючи її в місці її контакту з роликом 9. При цьому в міру повороту ролика 9 (на малюнку проти годинникової стрілки) об'єм частини порожнини еластичного шланга 6 за роликом 9 збільшується, і в



неї всмоктується газ, водночас об'єм частини еластичної камери 2 перед роликком 9 зменшується, видаляючи повітря із системи.

Далі ролик 9, стискаючи еластичний шланг, перекочується в зону розташування всмоктувального отвору, проходить його, знову шланг 6 розділяється роликком 9 на дві частини, і процеси повторюються із заданою частотою обертання ротора 7.

Таким чином, глибина вакууму в кожній секції підтримується практично рівною вакууму в еластичних шлангах, що є основною відмінною ознакою насоса, яка забезпечує поліпшення умов деформації його шлангів і роботи.

Кочення ролика 9 поверхнею еластичного шланга 6 з тонкими стінками знижує силу тертя його об поверхню цього шланга, зменшує його нагрівання, збільшує термін служби деформованих деталей насоса та полегшує стиснення стінок.

Відсутність різниці тисків у шлангу і поза ним сприяє його розпрямленню, сили внутрішніх опорів матеріалу камери зменшуються. Все це забезпечує деяке зниження енерговитрат на привід насоса, а збільшення робочої порожнини еластичної камери, порівняно з еластичними камерами відомих об'ємних насосів, дає змогу підвищити його подачу.

В основу дослідження вакуумного насоса перистальтичного типу покладено вивчення даних за результатами роботи насоса з моменту пуску до його відключення.

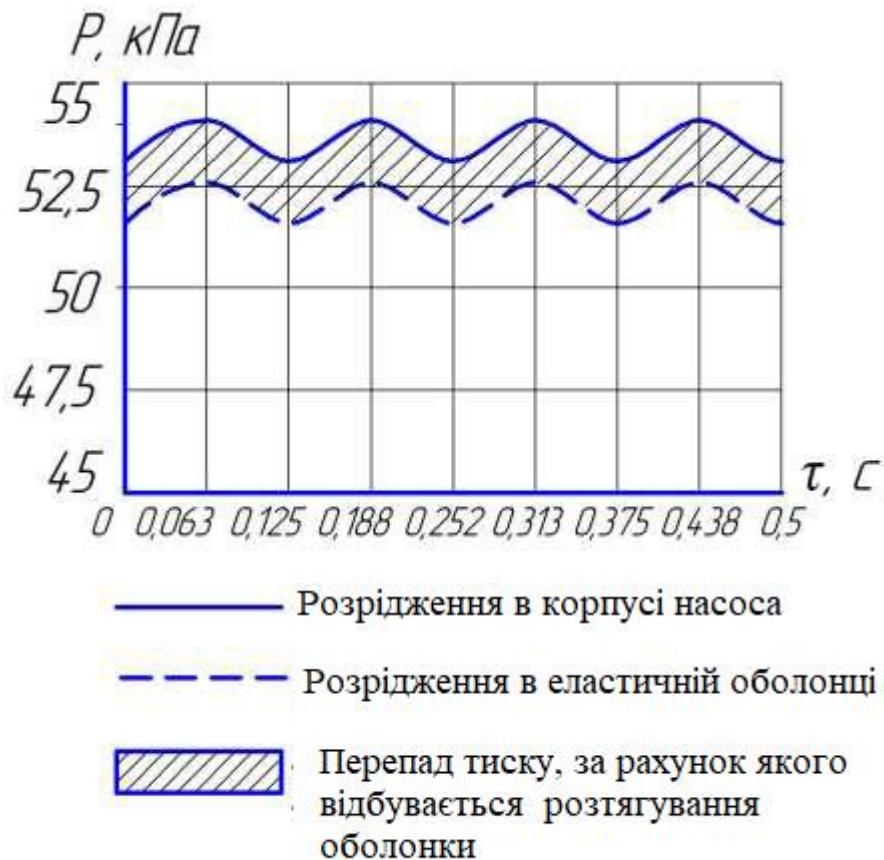


Рис. 3.2. Фрагмент варіювання тиску у всмоктувальному патрубку секції 5 насоса.

Аналіз цих даних показав, що в роботі насоса є початковий (розігрівальний) етап, упродовж якого насос досягає тих показників, що притаманні безпосередньо робочому етапу, і завершальний (рис. 3.2).

Дослідні дані з визначення коливань вакууму у цій секції насоса наведено в таблиці 1 додатка Д. Перепад тисків встановлював регулятор вакууму в патрубку з'єднання порожнини корпусу насоса з вакуумпроводом доїльного агрегату. Під час проведення експерименту було отримано дані досить широкого діапазону, особливо в зоні початкового етапу. Такий результат можна пояснити різними умовами експлуатації технологічних ліній доїльного агрегату. Слід зазначити, що площа перерізу всмоктувальних патрубків і секцій насоса, які відіграють роль вакуумного балона, завжди була однаковою, що задовольняє потреби подачі насоса за нормальної його роботи.

Аналіз даних рис. 3.2 показав, що у всмоктувальному патрубку секції 5 насоса відбуваються коливання тиску, а відповідно і подачі вакуумного насоса з частотою обертання ротора. Такі ж зміни параметрів тиску відбувалися і в інших секціях насоса з перепадом тисків, встановленим регуляторами. Аналізуючи цей процес і зіставивши коливання з частотою обертання ротора насоса, можна зробити висновок про те, що перепад тиску в корпусі насоса і в еластичній оболонці піддає оболонку розтягуванню. Дане збільшення обсягу еластичної оболонки сприяє деякому підвищенню подачі перистальтичного насоса, врахованого в моделі його продуктивності..

Тривалість виходу вакуумного насоса перистальтичного типу на робочий режим залежно від температури довкілля подано на рис. 3.3.

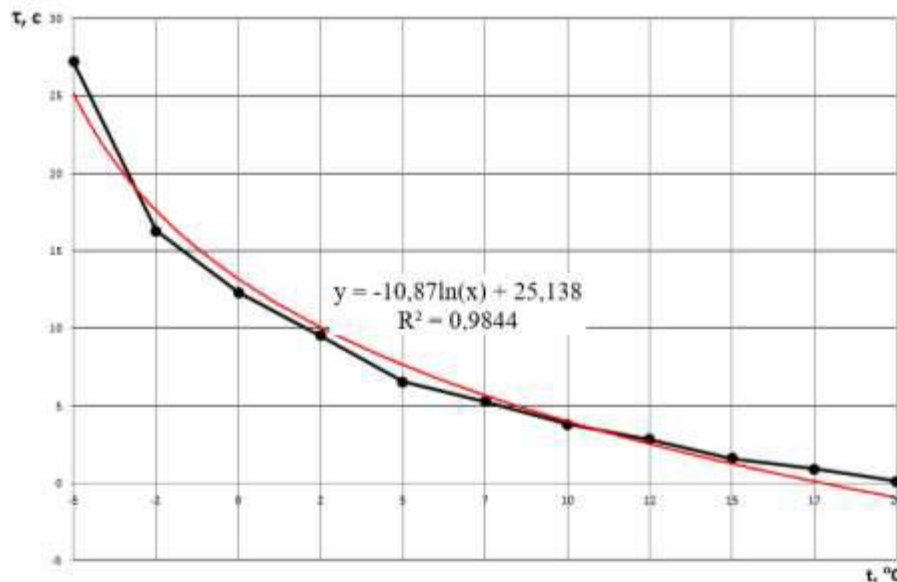


Рис. 3.3. Тривалість  $\tau$  виходу насоса на робочий режим залежно від температури  $t$  навколишнього середовища.

Можна відзначити також, що відсутність у лабораторній установці ресивера дала змогу доволі точно визначити коливання вакууму в різні моменти подачі насоса, а також на розігрівальному режимі за час  $\tau_p$ , за якого спостерігалось зростання тиску і подачі. За кімнатної температури (15-20°C) тривалість розгону мінімальна і не перевищує 1,5 секунди, що дає змогу здійснювати доїння корови практично одразу після ввімкнення вакуумного насоса.

## **Висновки по розділу**

Розроблено експериментальний насос, в якому на відміну від серійних насосів, використано принцип розтягування шланга дією внутрішнього тиску.

Напруга і відновлюваність, що визначають працездатність еластичної оболонки насоса в процесі експлуатації, змінюються безпосередньо під впливом температури і часу.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Доцільним є використання в малогабаритних доїльних установках вакуумних насосів перистальтичного типу в режимі роботи з вакуумованою порожниною корпусу зі шлангами як гнучкими оболонками.

Аналіз отриманих залежностей показав, що подача вакуумного насоса перистальтичного типу найбільше залежить від частоти обертання ротора  $n$  діаметра ролика  $d$  який діє на еластичну оболонку насоса, кількості  $z$  еластичних оболонок, розташованих у корпусі, внутрішнього об'єму еластичних оболонок та їх типу, а також від різниці ступенів розрядження в корпусі насоса та еластичних оболонках. Граничне значення глибини вакууму залежить від геометричних розмірів еластичних оболонок, а також від характеристик матеріалу, що використовується для виготовлення.

Раціональними параметрами вдосконаленого вакуумного насоса перистальтичного типу стосовно одного доїльного апарата є: перепад тисків корпус насоса - порожнина гнучкої оболонки – 5 кПа; подача – 3,0 м<sup>3</sup>/год; глибина робочого вакууму в пневмоприводі доїльних апаратів – 45 кПа; частота обертання ротора – 9,167 Гц; геометричні параметри насоса: діаметр корпусу - 148 мм; діаметр ролика – 18 мм; діаметр шланга (внутрішній) – 16 мм; кількість шлангів – 3 (по одному в кожній секції); кількість роликів – 2 на кожен притискний пристрій.

У процесі проектування перистальтичних насосів необхідно передбачити вакуумування його корпусу і створення умов із навантаженням внутрішнім тиском на еластичну оболонку, можливість використання його поряд із доїнням на операціях поливу, водопостачання, у ролі компресора тощо.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Коновалов О. В. Дослідження автоматичної системи регулювання вакуумметричного тиску доїльних установок. Вісн. ЖНАЕУ. 2010. № 2 (27). С. 172–177.
2. Фененко А.І. Механізація доїння корів. Теорія і практика: Монографія. Київ: 2008. 198 с.
3. Пискова А.В. Насосы вакуумные, шестеренные, винтовые, поршневые. Ленинград. 1977. 196 с.
4. Сиротюк В.М., Брезовецька О.Г., Гайдучок В.М., Брезовецький С.А. Трибомеханічні системи вакуумних насосів з вдосконаленими роторами. Вісник Львівського національного аграрного університету : агроінженерні дослідження. 2008. № 6. С. 138-142.
5. Bradshaw C. A comprehensive model of a miniature-scale linear compressor for electronics cooling. International Journal of Refrigeration, 2011. № 34. P. 63-73.
6. Mathison M. Modeling of a two-stage rotary compressor. HVA C&R Research, 2008. № 14(5). P. 719-748.
7. Китиков В.О. Моделирование физических процессов в доильной установке при стабилизации разрежения. Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб.: в 2 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». Минск, 2010. Вып. 44. Т. 2. С. 61-65.
8. **Маринін М.О.** Удосконалення параметрів та режимів роботи вакуумного насоса доїльної установки. Курсовий проєкт з дисципліни : «Методи оптимального проектування в тваринництві». Поліський національний університет. 2023. 30 с.
9. Білецький В.Р., **Маринін М.О.** Огляд серійних доїльних установок і вакуумних насосів доїльних установок та їх класифікація. *Наукові читання–2023: матеріали науково-практичної конференції науково-педагогічних*

*працівників, докторантів, аспірантів та молодих вчених факультету інженерії та енергетики. 19 квітня 2023 р. Житомир : Поліський національний університет, 2023. Т. 3. С. 77-79.*

10. Білецький В.Р., **Маринін М.О.** Будова і принцип роботи вдосконаленого перистальтичного насоса. *Збірник матеріалів ІХ Міжнародної науково-практичної конференції „Інноваційні технології в АПК”. 7-8 червня 2023 року, м. Луцьк. С.*