

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

Факультет інженерії та енергетики
Кафедра електрифікації, автоматизації
виробництва та інженерної екології
Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

Романський Владислав Васильович

УДК 620.93

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Обґрунтування енергозберігаючого пристосування для нагріву води на
фермах ВРХ

141 “Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка”
(шифр і назва спеціальності)

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

(підпис, ініціали та прізвище здобувача вищої освіти)

Керівник роботи

Савченко Л.Г.

к.і.н., доцент

Житомир – 2023

АНОТАЦІЯ

Романський Владислав Васильович. Обґрунтування енергозберігаючого пристосування для нагріву води на фермах ВРХ. – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавр за спеціальністю 141 “Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка”. – Поліський національний університет, Житомир, 2023.

В даному дипломному проєкті проведений аналіз обсягу тепловиділення тваринами великої рогатої худоби, який показав, що на одну голову вироблена вільна теплота досягає 82080 кДж/добу. Це дало змогу обґрунтувати концепцію використання низькопотенційної теплоти великої рогатої худоби, як способу для нагріву води для напування тварин з метою економії електричної енергії, що витрачається на цей технологічний процес.

Розроблено пристрій для нагріву води, що працює за рахунок низькопотенційної теплоти ВРХ, який враховує особливості тваринницьких приміщень з поголів'ям у 100, 200, 400 і 800 голів. Визначено його раціональні параметри: металева труба з неіржавкої сталі з внутрішнім діаметром 0,0218 м, зовнішнім діаметром 0,0268 м, з двома смугами ребра шириною 0,035 м під кутом 90° відносно осьової лінії.

Розроблено принципову електричну схему системи для напування тварин, що містить пропонований енергоощадний пристрій та електричні водонагрівачі, яка реалізує три основні режими роботи залежно від умов мікроклімату в приміщенні: робота тільки енергоощадного пристрою для нагріву води, робота разом з електричними водонагрівачами й робота електричних водонагрівачів без пропонованого пристрою.

Ключові слова: електрична схема, пристрій для нагріву, напування тварин, тваринницькі приміщення.

ANNOTATION

Romanskyi Vladyslav Vasilovich. Substantiation of an energy-saving device for water heating on cattle farms. – Qualification work on the rights of the manuscript.

Qualifying work for the bachelor's degree in the specialty 141 "Electric power, electrical engineering and electromechanics". – Polissya National University, Zhytomyr, 2023.

This thesis project analysed the amount of heat generated by cattle, which showed that the free heat produced per head reaches 82080 kJ/day. This made it possible to substantiate the concept of using the low-potential heat of cattle as a method for heating water for animal drinking in order to save electricity consumed in this technological process.

A device for heating water using the low-potential heat of cattle has been developed, which takes into account the characteristics of livestock buildings with a population of 100, 200, 400 and 800 heads. Its rational parameters were determined: a stainless steel metal pipe with an inner diameter of 0.0218 m, an outer diameter of 0.0268 m, with two strips of fins 0.035 m wide at an angle of 90° relative to the centreline.

A schematic diagram of the system for watering animals, which includes the proposed energy-saving device and electric water heaters, has been developed, which implements three main modes of operation depending on the microclimate conditions in the room: operation of only the energy-saving device for water heating, operation together with electric water heaters, and operation of electric water heaters without the proposed device.

Keywords: electrical circuit, heating device, animal watering, livestock premises.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ ПІДГРІВУ ВОДИ У ТВАРИННИЦЬКИХ КОМПЛЕКСАХ.....	8
РОЗДІЛ 2. ОБҐРУНТУВАННЯ РАЦІОНАЛЬНОЇ КОНСТРУКЦІЇ ПРИСТРОЮ ДЛЯ НАГРІВУ ВОДИ.....	17
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ РОБОТИ ПРИСТОСУВАННЯ ДЛЯ НАГРІВУ ВОДИ НА ФЕРМАХ ВРХ.....	26
ВИСНОВКИ.....	34
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	35

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Технологічні процеси в сільськогосподарському виробництві потребують досить великого споживання електричної енергії, яка використовується для опалення, теплової обробки кормів, забезпечення оптимального мікроклімату, сушіння тощо. Тому підвищене її використання в усіх технологічних процесах для таких підприємств є характерною особливістю.

Необхідно відзначити й те, що електроенергія відіграє важливу роль у забезпеченні гарячого водопостачання у сільськогосподарських споживачів. Для нагріву води за даними сільськогосподарських підприємств Житомирської області витрачається не менше 15 % від загального електроспоживання.

У застосовуваних нині нагрівачів нарівні з їхньою ефективністю спостерігається низка недоліків: потрібна попередня підготовка води, інакше не уникнути вапняних опадів на нагрівальних та інших елементах конструкції, що, знову ж таки, спричиняє підвищене споживання електроенергії. Серед недоліків можна відзначити залежність наявних нагрівальних пристроїв від якісного електропостачання. У разі, якщо не дотримуються необхідних норм і параметрів, то нагрівачі не працюватимуть із заявленою ефективністю.

Таким чином, важливою обставиною, яка намітила подальший прогрес в удосконаленні системи енергозабезпечення, стало максимально можливе зниження споживання електричної енергії, не чинячи негативного впливу на виробничий процес і його результати, а також зменшення собівартості одержуваної продукції.

Створення в сільськогосподарських підприємствах засобів, що дають змогу скоротити витрати на електричну енергію, є актуальним завданням. Перспективним напрямком у цій області є перетворення теплоти, що виробляється великою рогатою худобою, на джерело для нагрівання води.

Метою роботи є розробка та дослідження пристрою для нагріву води для напування тварин, що забезпечує скорочення споживання електричної енергії, за рахунок використання низькопотенційної теплоти ВРХ.

Завдання, спрямовані на досягнення поставленої мети:

- обґрунтувати концепцію використання низькопотенційної теплоти великої рогатої худоби, як способу для нагріву води для напування тварин;
- розробити принципову електричну схему, що здійснює керування процесом нагріву води, у системі водозабезпечення тваринницького об'єкта, що використовує установку нагріву води, яка працює за рахунок низькопотенційної теплоти ВРХ.

Об'єктом дослідження є система електричного нагріву води для напування тварин на фермах великої рогатої худоби різного напрямку виробництва.

Предметом дослідження є параметри та режими роботи енергоощадної системи підігріву води для напування тварин, що використовують теплоту ВРХ.

Перелік публікацій за темою роботи:

1. Савченко Л.Г., **Романський В.В.** Технічні засоби підігріву води у тваринницьких комплексах. Збірник тез IX-ї всеукраїнської науково-практичної конференції *«Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь»*. м. Житомир, 5 квітня 2023 року. Житомир : ЖАТФК, . С.303 -304.

2. Савченко Л.Г., **Романський В.В.** Розробка технологічної схеми роботи пристосування для нагріву води на фермах ВРХ. *Наукові читання–2023: матеріали науково-практичної конференції науковопедагогічних працівників, докторантів, аспірантів та молодих вчених факультету інженерії та енергетики*. 19 квітня 2023 р. Житомир : Поліський національний університет, 2023. С. 181-185.

Практичне значення одержаних результатів. Результати роботи, а саме пристосування для нагріву види на фермах ВРХ, можуть бути впровадженні в підприємствах агропромислового комплексу України.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається з вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 15 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 36 сторінок комп'ютерного тексту, містить 2 таблиці і 18 рисунків.

РОЗДІЛ 1

ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ ПІДГРІВУ ВОДИ У ТВАРИННИЦЬКИХ КОМПЛЕКСАХ

Здоров'я і продуктивність великої рогатої худоби залежать не тільки від якості годівлі, а й від того, наскільки добре організовано водопостачання. Своєчасне забезпечення достатньою кількістю водою необхідної якості сприяє високій продуктивності тварин. Саме питна вода є одним із найважливіших чинників, що забезпечують здоров'я та продуктивність ВРХ, а сам процес напування - невід'ємна частина життєдіяльності, адже основну частину води тварини отримують саме з питтям.

Відомо, що молоко на 87 % складається з води. Щоб отримати від корови 1 кг молока потрібно її забезпечити 3-4,5 л води. Ця умова має виконуватися для досягнення високої продуктивності тварин. Але цей обсяг може змінюватися залежно від маси породи тварини, умов утримання, температури повітря та інших параметрів мікроклімату.

Забезпечення якісного і безперебійного напування дає змогу знизити витрату кормів, але в деяких випадках можливі труднощі, оскільки існує низка проблем, пов'язаних із водними ресурсами та електроенергією.

За недостатнього забезпечення питною водою корів, їхня продуктивність може значно знизитися (на 8-40 %). Нестачу води тварини переносять погано, можливе виникнення порушення травлення та уповільнення всмоктування поживних речовин у кров, погіршення здоров'я, зниження продуктивності. При втраті організмом близько 10 % води слабшає серцева діяльність тварини, більші втрати води (до 20 %) призводить до смерті.

Важливо, щоб вода, яка використовується для напування тварин мала склад і відповідала вимогам якості, які прописані санітарними нормами і правилами СанПіН 2.1.4.1074-01, СанПіН 2.1.4.1175-02. Вона має бути чистою, прозорою, не повинен бути присутнім сторонній запах, будь-який колір,

обов'язково треба забезпечити відсутність шкідливих речовин, хвороботворних бактерій і мікроорганізмів.

Особливої важливості набуває температура води. Від цього чинника залежать продуктивність і здоров'я великої рогатої худоби. Визначенням впливу температури води на продуктивність тварин займалися такі вчені як О. П. Онєгов, І. В. Орищенко, М. О. Щербак, О. П. Скороходько, І. М. Нурмінський, М. В. Пономарьов, О. О. Поцелуєв, І. М. Голосов.

У спекотний літній час температура води, призначеної для напування ВРХ, не повинна бути занадто теплою. Оптимальна температура води, згідно із зоогігієнічними нормативами для напування становить від 8...12 °С.

Скороходько А. К., Щербак Н. А. визначили, що холодна вода відбирає від тіла тварини у багато разів більше тепла, ніж повітря тієї ж температури. Для корів, що лактують, температура води має бути в межах 8...12 °С, а для високоудійних 16 градусів.

Вивченням впливу температури питної води, призначеної для корів, на їхню молочну продуктивність займався І. Н. Нурмінський. Він вважав, що, якщо поїти корів водою з температурою 0...2 °С, удій знизиться на 8,7%, ніж якби їх поїли водою з температурою 8...12 °С.

Холодну воду ВРХ п'є неохоче. Тим паче, якщо її використовувати постійно, це негативно відіб'ється на її стані та може призвести до переохолодження, і, як наслідок, до порушення функцій шлунково-кишкового тракту, також можуть виникнути застудні захворювання. Водночас тепла вода повільно всмоктується в шлунково-кишковому тракті, не втамовує спрагу, тварини стають млявими та сприйнятливими до застудних захворювань.

За даними Орищенка І. В. для дорослих тварин найбільш сприятливою є вода з температурою 10...20 °С. Вода зазначеної температури краще втамовує спрагу і чинить освіжаючу дію. Тому дуже важливо забезпечувати рівномірний підігрів води.

Симонов Г. А. вважає, що напування теплою водою (30...35 °С) лактуючих корів у зимовий період сприятливо позначається на продуктивності тварин.

Аналізуючи вищевикладене, можна відзначити важливі моменти. Абсолютно всі, хто займався вивченням впливу температурного режиму води для напування на продуктивність великої рогатої худоби, сходяться на думці, що воду слід не тільки очищати, а й підігрівати, адже її температура безпосередньо впливає на кількість надоїв і приріст маси. Оптимальна температура води варіюється від 8 °С до 35 °С. Найбільша кількість дослідників сходяться на думці, що оптимальною температура все-таки перебуває в межах від 8 °С до 12 °С.

Поїння тварин водою необхідної температури сприятливим чином позначається на їхній життєдіяльності. Тому потрібно дати можливість тваринам пити стільки води, скільки їм необхідно, тобто має забезпечуватися постійний доступ до води.

Сільськогосподарське виробництво нині є великим споживачем паливно-енергетичних ресурсів. Значну частку в споживанні сільським господарством енергоресурсів займає електрична енергія, яка витрачається на необхідні технологічні потреби.

Сільськогосподарські підприємства мають свої власні живильні трансформаторні підстанції. Це пов'язано з високою енергоємністю виробництва. Електрична енергія витрачається на забезпечення роботи гноєзбиральних транспортерів, освітлення, забезпечення оптимального мікроклімату в приміщеннях, на вентиляцію, на автоматизовані доїльні установки, підігрівання води тощо. На рис. 1.1. і 1.2 наведено динаміку споживання електроенергії сільськогосподарськими підприємствами в кВт-год і в грошовому еквіваленті. Дані для аналізу надано сільськогосподарськими організаціями Житомирської області (рис. 1.1-1.3).

Споживання
електричної енергії, W , кВт·год

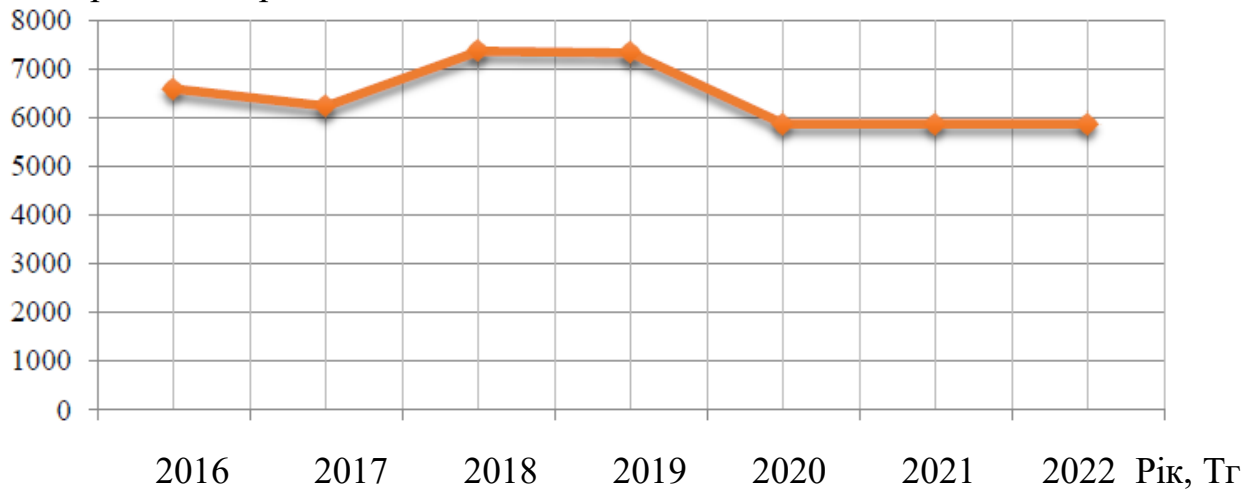


Рис. 1.1. Споживання електричної енергії с/г підприємствами

Житомирської області з 2016 по 2022 рік (кВт·год)

Споживання
електричної
енергії, P_E , грн.

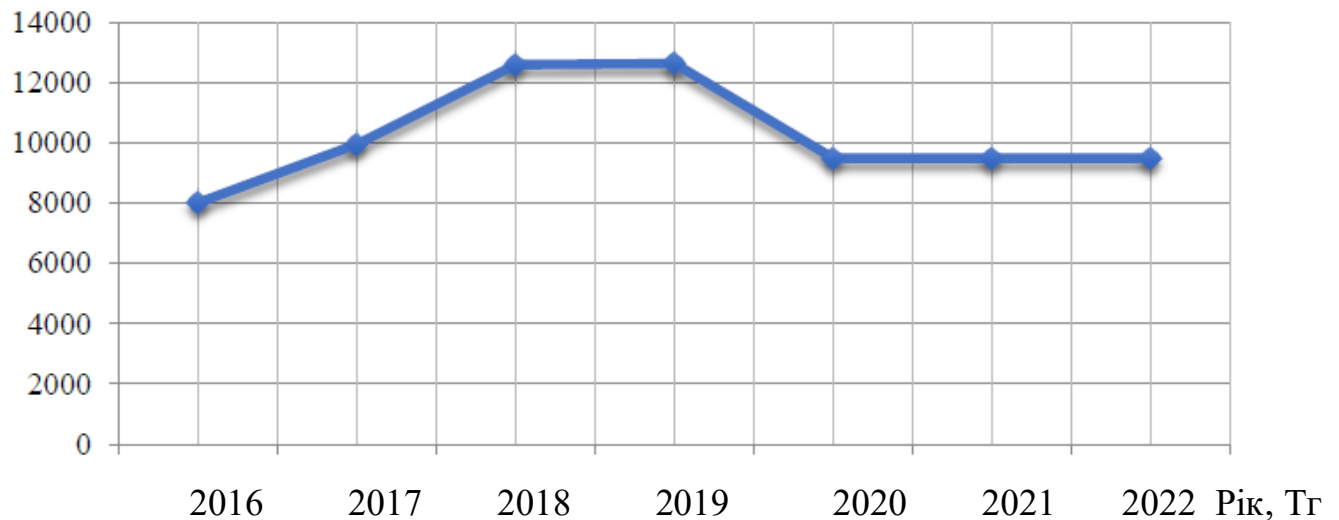


Рис. 1.2. Споживання електричної енергії с.-г підприємствами Житомирської області з 2016 по 2022 рік (грн.)

Аналіз споживання електричної енергії групами електроприймачів на сільськогосподарських підприємствах Житомирської області показав, що електричний підігрів води стоїть на другому місці. Це видно з діаграми, представленої на рис. 1.3.

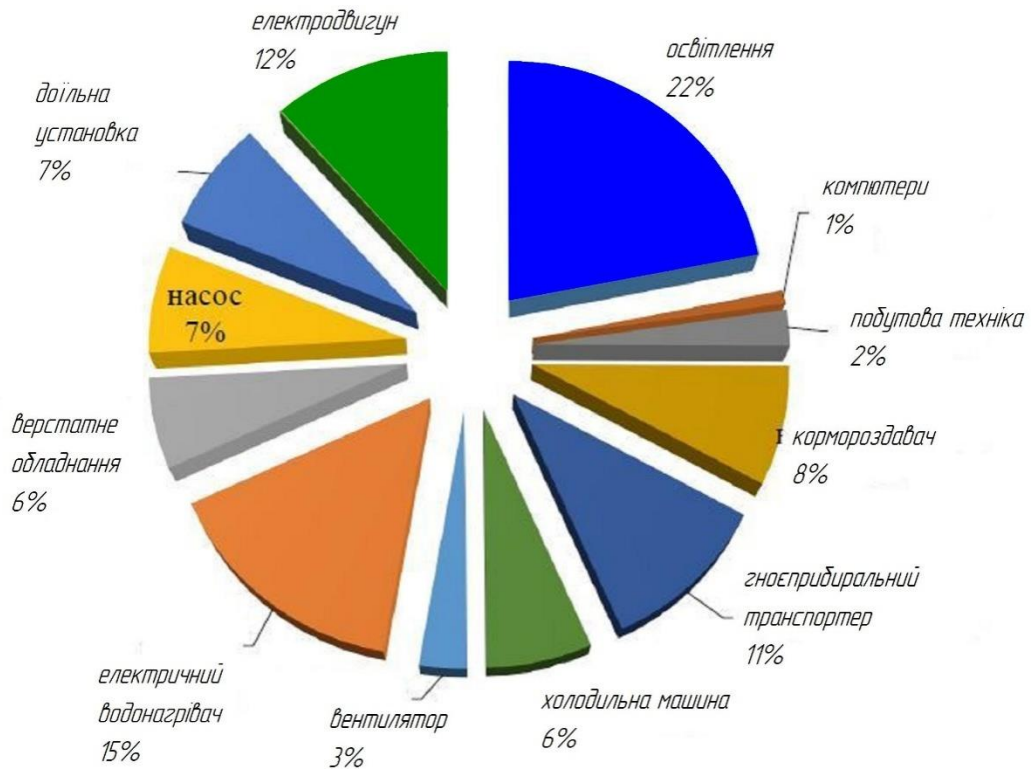


Рис. 1.3. Розподіл споживання електричної енергії за групами електроприймачів на с.-г підприємствах Житомирської області

Зростаюча тенденція старіння теплоенергетичного обладнання на тваринницьких фермах спостерігається тривалий час. Відзначається характерний зв'язок між виробництвом продукції з енерговитратами, частка яких у її собівартості зростає з 5 % до 30 % і більше. Насамперед це спричинено прискореним зростанням тарифів і цін на електроенергію та паливо порівняно з цінами на с.-г. продукцію, застосуванням морально і фізично застарілих технічних засобів. Виникає потреба на тваринницьких підприємствах у більш суворому й економному використанні електричної енергії.

Одним із питань, що розглядаються в роботі, є розробка продуктивних, ефективних енергоощадних засобів для підігріву води тваринницьких об'єктів, які б забезпечили зростання продуктивності тварин, зниження енерговитрат на 15...20 %, і, як наслідок, зниження енергоємності та собівартості сільськогосподарської продукції. Виходячи з цього, велике значення має модернізація системи енергозабезпечення, яка б дала змогу збільшити ефективність цієї системи і

виконати максимально можливе енергозбереження в електронагрівальних процесах під час підготовки води.

На сьогодні перед сільським господарством стоїть завдання щодо реалізації енергетичної політики з питань енергозбереження, звідси модернізація і розвиток систем енергозабезпечення тваринницьких об'єктів є важливим, актуальним завданням.

Впровадження електронагріву в сільськогосподарське виробництво зумовило: підвищення продуктивності тваринництва та птахівництва; скорочення експлуатаційних витрат; зниження падежу і вибракування тварин; зниження питомої витрати кормів; вивільнення працівників, які обслуговують дрібні котельні та вогневі установки.

Нагрівання води дуже важливе і знайшло широке застосування в багатьох технологічних процесах сільськогосподарського виробництва, наприклад: санітарно-гігієнічні потреби працюючого персоналу сільського господарства, у багатьох сферах тваринництва і рослинництва.

На першому місці за застосуванням теплової енергії перебуває тваринництво, де вона використовується для обігріву приміщень; кормоприготування; підігріву питної води взимку; санітарно-гігієнічної обробки тварин, виробничих приміщень і устаткування; пастеризації молока та інших видів первинної обробки продуктів і відходів.

Електронагрівальні пристрої дуже різноманітні за своїм призначенням, конструкційним виконанням, габаритами, потужністю, а також характерними ознаками, які лежать в основі їх класифікації.

Було проведено аналіз наукових джерел, присвячених вивченню електронагрівальних пристроїв. Він показав, що вони розрізняються за призначенням, потужністю, технічним виконанням та іншими ознаками, які лежать в основі їхньої класифікації.

На підставі аналізу електронагрівальних пристроїв, використовуваних у тваринництві, було виділено такі групи:

- непрямого нагріву, коли теплота виділяється в проміжних спеціальних нагрівачах, включених в електричний ланцюг, і передається від них, відповідно до законів теплопередачі, до об'єкту, що нагрівається;

- прямого нагріву, коли теплота виділяється безпосередньо в нагрівавемому об'єкті під час проходження електричного струму;

- індукційного нагріву - з передачею електричної енергії об'єкту, що нагрівається, вміщеному в змінне електромагнітне поле, і перетворенням її на теплову під час протікання індукційних струмів;

- діелектричного нагріву - з виділенням теплоти в діелектриках і напівпровідниках, вміщених в змінне електричне поле, за рахунок переміщення електричних зарядів під час поляризації.

Електронагрів води в тваринництві необхідний для забезпечення роботи різних систем:

- гаряче водопостачання (вода для напування, для технологічних і санітарно-гігієнічних потреб). Для забезпечення роботи цієї системи використовуються: ємнісні нагрівачі ATLANTIC ВЕТ, УАП, ЕВАН, САОС, ІКН; ЕВН; проточні водонагрівачі ЕВАН В-1, ВЕП; електродні ЕПЗ, КЕВ.

- паропостачання (обробка обладнання у складі стерилізаторів). Найпоширеніші для цієї системи такі нагрівачі: електродні: ЕПГ, ПГЕ, КЕПР, ЕЕП; елементні: ПЕТ, ЕПТ, ЕПВ-30.

- термообробка продукції: ультрапастеризатори, змішувачі комбікормів, запарники-змішувачі.

До установок непрямого електронагріву належать і нагрівачі ЕВН, ЕВНМ, ЕВАН. У них як джерело теплоти застосовується ТЕН. Сюди ж можна віднести водонагрівачі типу САОС. Нагрівачі цього типу використовуються для нагріву води на технологічні та гігієнічні потреби тваринницьких господарств. Потужність пристрою варіюється від 6 до 18 кВт. ТЕН у цих водонагрівачах розміщується в нижній частині резервуара. Перевагою нагрівачів даного типу є система автоматичного регулювання температури води в резервуарі, що дає

змогу заощаджувати електричну енергію та забезпечувати надійну роботу системи підігріву.

До нагрівачів прямої дії належать електродні установки. Ці пристрої нагрівають воду за рахунок безпосереднього проходження електричного струму через неї. Здебільшого ці водонагрівачі використовуються в системах опалення, оскільки вода набуває неприємного запаху і присмаку через вплив електричного струму.

Істотним недоліком таких нагрівачів є те, що на електродах відкладається накип, який зменшує потужність нагріву. Електродні водонагрівачі вимагають забезпечення дорогими електричними шафами управління з пускорегулювальною апаратурою. В даний час випускаються електродні котли типу ЕПВ і КЕВ.

Індукційні нагрівачі також є одними з пристроїв непрямого нагріву. Однак у промисловості та в сільському господарстві вони не знайшли широкого застосування в даний час. Оскільки перевагою пристрою є простота конструкції, то деякі господарства самостійно виготовляють ці водонагрівачі та їх використовують.

Робота даного типу пристрою заснована на тому, що нагрівання здійснюється вихровими струмами Фуко. Ці струми утворюються в змінному магнітному полі, яке створюється трьома індукційними котушками. На них подається трифазна напруга 380/220 В і після цього починається нагрівання металевих корпусів (магнітопроводів), і вже від них відбувається тепловіддача воді.

Нагрівачі індукційного способу нагрівання не знайшли широкого застосування через те, що для їхнього виготовлення потрібні великі витрати чорних і кольорових металів на одиницю потужності. Також у них спостерігається низький коефіцієнт потужності та ККД.

Існуючі системи напування великої рогатої худоби оснащені автопоїлками з підігрівом, здійснюваним за допомогою електричної енергії

непрямим методом. Проаналізувавши роботи, де наводилася оцінка ліній автопоїння, було зроблено висновок, що наявні лінії, які мають централізований підігрів води, збільшують капітальні витрати та підвищують теплові втрати. Звідси випливає висновок, що до цього додається підвищення споживання електричної енергії.

За способом нагріву автопоїлки поділяються на кілька груп (рис. 1.4).

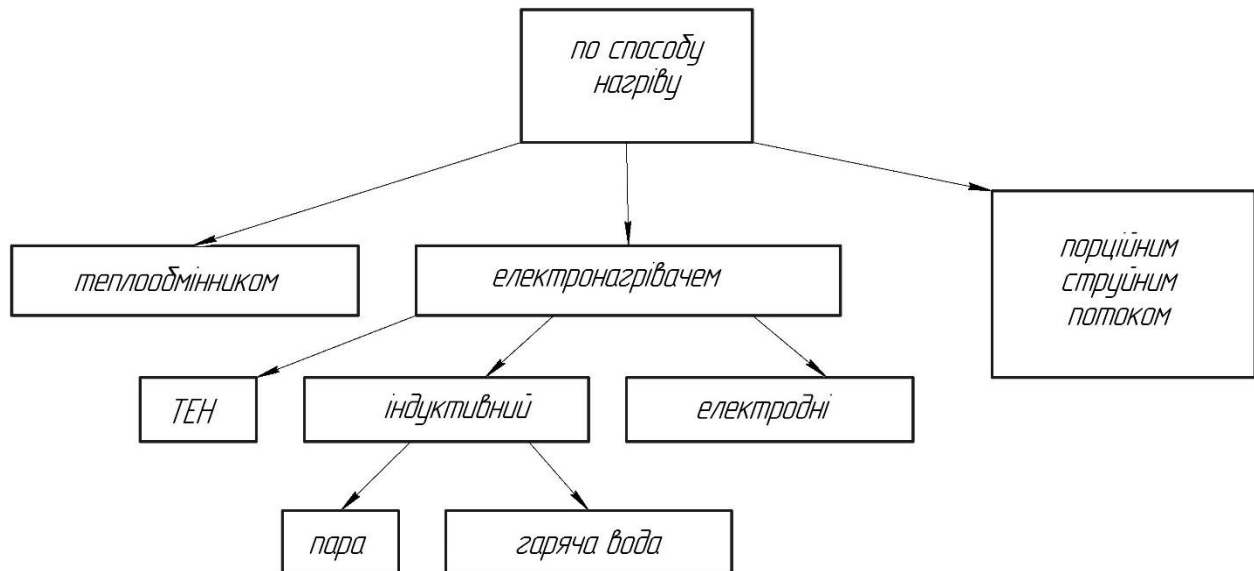


Рис. 1.4. Способи нагрівання в лініях автопоїння

Висновки по розділу

Проаналізувавши велику кількість робіт, було зроблено висновок, що здебільшого на фермах для утримання ВРХ для напування використовується вітчизняне обладнання, яке потребує модернізації для зниження споживання електричної енергії.

РОЗДІЛ 2

ОБҐРУНТУВАННЯ РАЦІОНАЛЬНОЇ КОНСТРУКЦІЇ ПРИСТРОЮ ДЛЯ НАГРІВУ ВОДИ

Для розв'язання завдань із розроблення математичної моделі пристрою для нагріву води та його експериментального лабораторного зразка насамперед необхідно вибрати раціональну конструкцію.

Пристрій, який нагріватиме воду за рахунок теплоти великої рогатої худоби, працюватиме за принципом рекуперативного теплообмінника. Теплоносій, що віддає тепло (теплота тварин) буде безперервно текти по одній стороні стінки, а той, що приймає (вода), по іншій.

Рекуперативні теплообмінники бувають різних видів. Одним із різновидів є пристрої з ребристими елементами (рис. 2.1). У випадку, що розглядається, коефіцієнт температуропровідності по один бік стінки менший, ніж по інший бік, тому застосування зазначеного раніше виду рекуперативного теплообмінника буде найбільш доцільним.

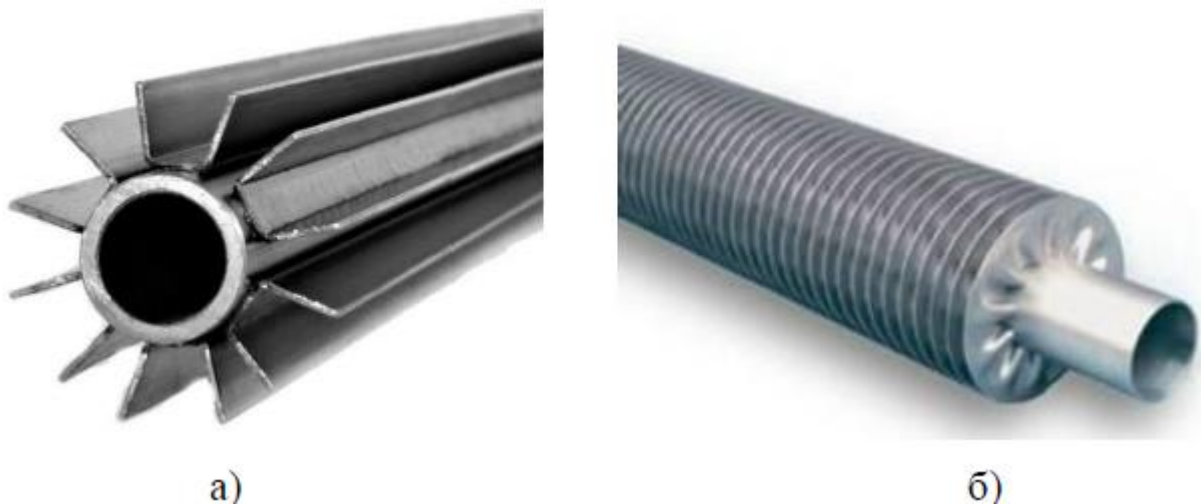


Рис. 2.1. Різновиди оребреної теплообмінної труби: а) поздовжнє оребрення; б) поперечне оребрення.

Проаналізуємо пристрої для нагрівання подібних типів. Відомі трубчасті теплообмінники, що містять теплообмінні трубчасті елементи типу багатосекційного теплообмінника (рис. 2.2). Наведений приклад застосовують у

теплообмінниках, які використовують для нагрівання рідини, що протікає всередині, у потоці гарячих газів, а також в інших пристроях для нагрівання й охолодження газу або рідини.

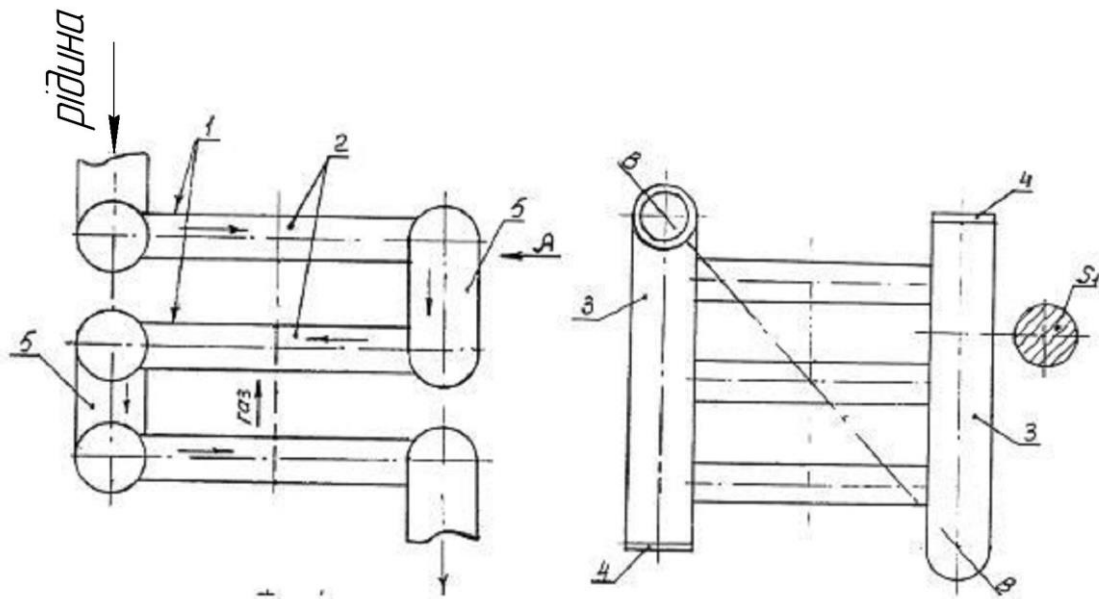


Рис. 2.2. Багатосекційний теплообмінник: 1 - секції; 2 - труби; 3 - трубчасті колектори; 4 - заглушка; 5 - коліна.

Пристрій дає змогу знизити гідравлічний опір теплообмінника, вирівняти швидкості рідини в теплообміннику, при цьому досягається підвищення теплової ефективності теплообмінника. Розглянута конструкція має недолік, який полягає в нерівномірності температурного поля циркулюючих теплоносіїв. Крім цього, серед недоліків можна відзначити і те, що в умовах тваринницького приміщення установка такого теплообмінника досить складна, енергоємна і витратна. Розміщення теплообмінника як пристрою для нагріву води в корівнику буде незручним із погляду розташування його в площині повітряного шару, де передбачено розміщення пристрою, тому що витратимуться додаткові кріплення, а навантаження на несучі конструкції, до яких буде прикріплений пристрій, буде розподілено нерівномірно.

Оребрена труба (рис. 2.3) теплообмінника належить до трубчастих пристроїв теплообмінників і може бути використана в хімічній, радіохімічній та

інших галузях промисловості. Вона містить поздовжні пластини, кінці яких зігнуті по дузі кола, з'єднані між собою точковим зварюванням і укладені в корпус трубчастого (кільцевого) теплообмінника, забезпеченого теплообмінними сорочками. Між двома суміжними пластинами розміщені розтискні вставки. У місці їх розміщення кінці пластин, вигнуті за зовнішньою і внутрішньою дугою кіл, з'єднуються між собою із зазором. Розтискна вставка містить наскрізні пази, що слугують для контактування з поверхнею пластин. Для обмеження радіального переміщення вставок служать обмежувачі.

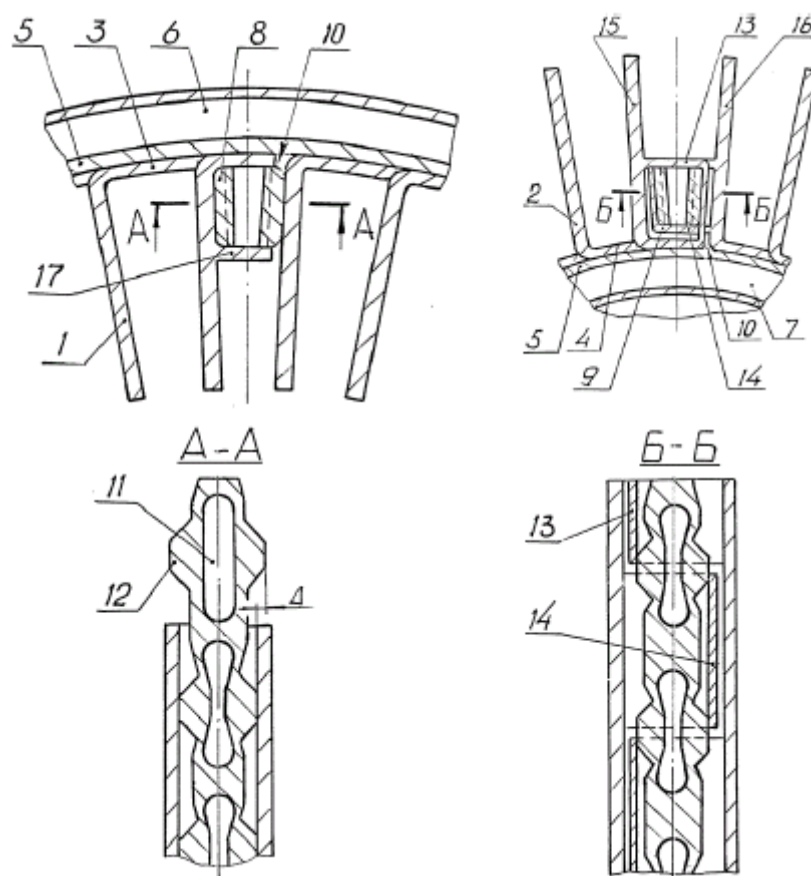


Рис. 2.3. Оребрена труба теплообмінника: 1,2 - поздовжні пластини; 3, 4 - кінці поздовжніх пластин; 5 - корпус трубчастого теплообмінника; 6, 7 - теплообмінні сорочки; 8, 9 - розтискні вставки; 10 - зазор; 11 - наскрізні пази; 12 - виступи; 13, 14 - скоби; 15, 16 - пластини; 17 - обмежувач.

Така конструкція хоч і є ефективною, проте водночас є громіздкою, складною у виготовленні та металоємною. Цей факт можна віднести до недоліків. Пристрій теплообмінника (рис. 2.4) призначений для теплообміну

між двома середовищами, переважно газовим середовищем і рідким середовищем, найкраще - між повітрям і водою.

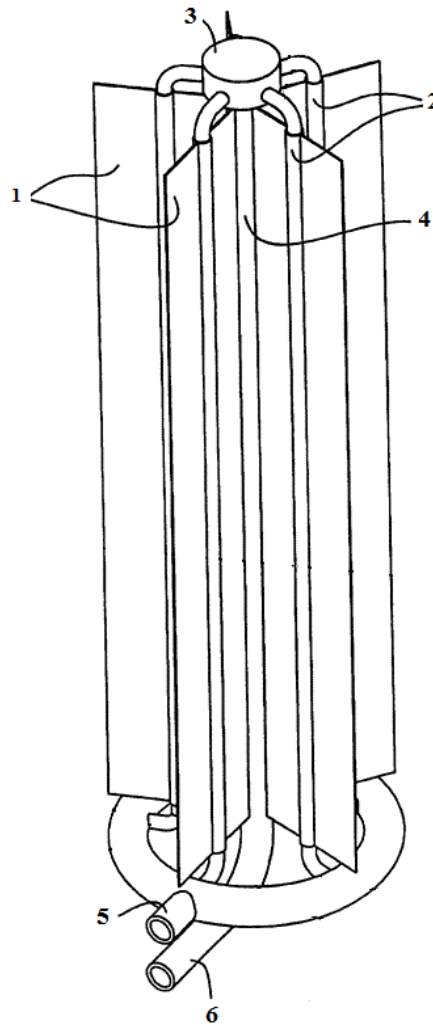


Рис. 2.4. Осьовий теплообмінник: 1 - ребро; 2 - внутрішній канал; 3 - верхній розподільний концентратор; 4 - центральний канал; 5 - нижній розподільний колектор; 6 - колектор центрального каналу.

У такого теплообмінного пристрою є важлива перевага, яка полягає в тому, що він дає змогу працювати з малими різницями між температурами першого і другого середовищ. Наприклад, варіанти здійснення винаходу можуть працювати за відносно малої різниці між температурою води, що нагрівається, і температурою нагрітого повітря. Це досягається за рахунок наявності великих теплообмінних поверхонь.

Разом із перевагами, у такої труби є й недоліки, які полягають у такому: - велика металоємність;

- неможливість регулювати обсяг води, що нагрівається.

Як теплообмінний пристрій можна було б використати оребрену трубу з пучка теплообмінних труб апарату повітряного охолодження газу (рис. 2.5).

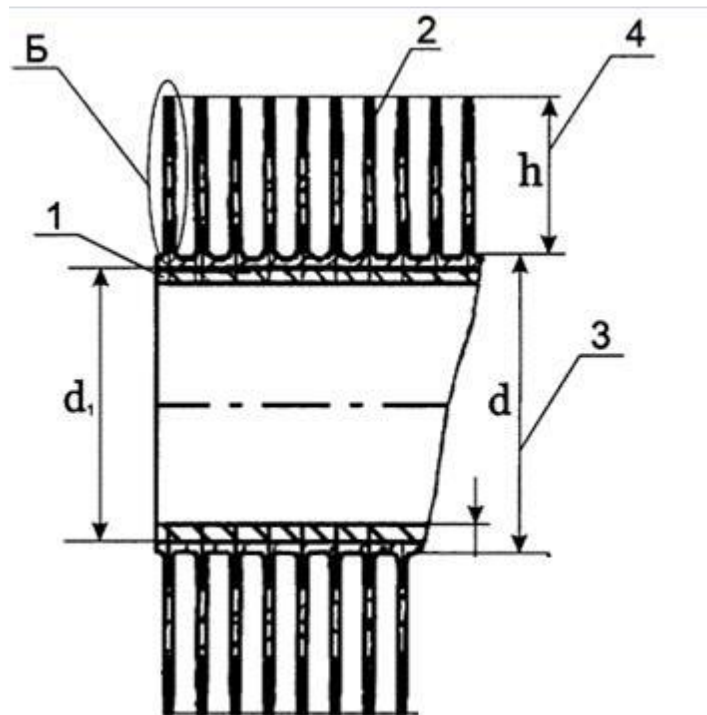


Рис. 2.5. Ділянка теплообмінної труби: 1 - власне тіло труби; 2 - ребра; 3 - ділянка повного аеродинамічного затінення; 4 - ділянка неповного аеродинамічного затінення.

За рахунок великої поверхні теплообміну, яка збільшена поперечним ребрами, така труба буде ефективною при нагріванні води теплотою газів, що відходять, або в цьому випадку теплотою тварин.

Однак є істотні недоліки, які необхідно враховувати:

- поперечне оребрення з таким коротким кроком значно обтяжить конструкцію теплообмінної труби;
- виготовлення такої труби – складний процес, що потребуватиме значних витрат матеріалу, часу, коштів.

Теплообмінна труба (рис. 2.6) має канавки глибиною $0,3H$ до $0,5H$, де H - товщина стінки труби, що нанесені з кроком на зовнішній поверхні труби, та відповідні їм виступи на внутрішній поверхні труби, що виконані за гвинтовою лінією з кроком, що перебуває в діапазоні від D до $8D$, де D - зовнішній діаметр

труби. У гвинтових канавках розташовується оребрення, виконане з дроту з впровадженням у внутрішній простір труби з кроком від $2D$ до $16D$ під прямим кутом до осі труби.

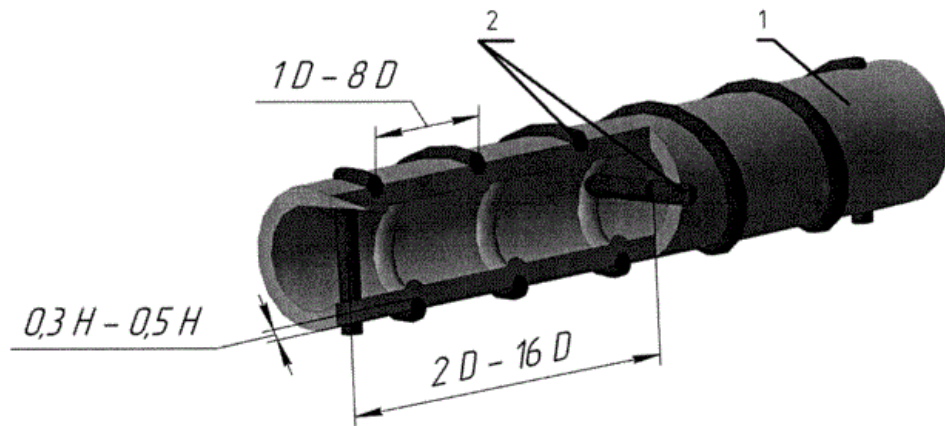


Рис. 2.6. Теплообмінна труба.

Під час проходження одного теплоносія над ребрами в канавках утворюються завихрення, які турбулізують пристінний ламінарний підшар теплоносія, що сприяє зростанню коефіцієнта тепловіддачі від цього теплоносія до стінки труби.

Теплоносій, який рухається всередині труби, під час його проходження через гвинтові виступи оребрення спричиняє завихрення, які руйнують пристінний ламінарний підшар, що сприяє інтенсифікації теплообміну між гріючою та нагрівальною середовищами.

Теплообмінна труба виконана за представленою схемою матиме здатність нагрівати воду утилізованою теплотою тварин. Однак є недоліки, які полягають в особливій системі збільшення інтенсифікації теплообміну, а саме гвинтоподібні канавки з дротяним ребрами. Для виготовлення такої труби потрібні спеціальні умови. Цей факт ускладнює виробництво установки.

Теплообмінник (рисунок 2.7), або окремі його елементи (1, 2, 3) можуть бути використані для нагріву рідини в потоці нагрітих газів або повітря.

Робота пристрою проста і полягає в наступному: його встановлюють у потік нагрітого повітря, а на вхід подають холодну воду. Вода проходить по

трубах кожної секції, нагрівається і надходить на вихід. Недолік, який є у цього пристрою, полягає в неможливості регулювати обсяг води, що нагрівається.

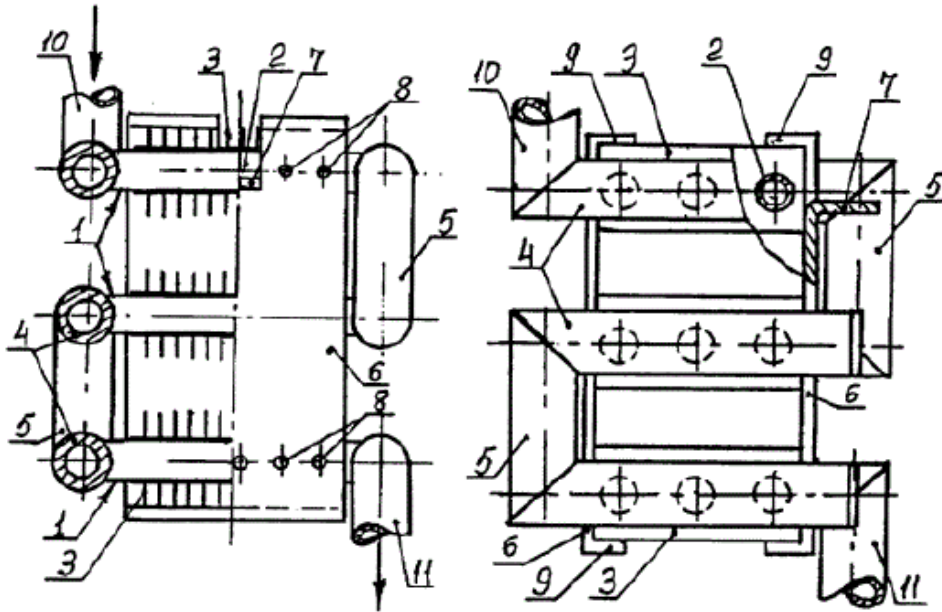


Рис. 2.7. Теплообмінник: 1 - секція теплообмінника; 2 - труби; 3 - ребра; 4 - колектори; 5 - трубчасті коліна; 6 - боковини; 7 - кронштейни; 8 - отвори; 9 - борти; 10 - вхід; 11 - вихід.

Більшість із розглянутих пристроїв теплообмінників, що здійснюють роботу за принципом рекуператора, мають схожу конструкцію, технічні характеристики, переваги та недоліки. Аналіз проводили за типом поверхні теплообміну, можливістю здійснювати регулювання води, оцінкою складності виконання системи з пропонованими пристроями, масою установки, за передбачуваними капіталовкладеннями в удосконалення системи нагріву води для напування. Основні результати проведеного аналізу занесені в таблицю 2.1.

Таблиця 2.1 - Результати аналізу теплообмінних пристроїв

Найменування, номер патенту	Поверхня теплообміну	Здатність регулювати обсяг води	Виготовлення (просте/складне)	Маса установки (важка, полегшена)	Металоємність
Багатосекційний теплообмінник № 2294503	Не ребриста	ні	просте	полегшена	низькі
Оребрена труба теплообмінника № 2117894	Ребрита поперечно	За рахунок зміни довжини	складне	важка	високі
Осьовий теплообмінник № 2393403	Ребрита поздовж	ні	складне	важка	високі
Обребрена труба пучка теплообмінних труб апарата повітряного охолодження газу №	Ребрита поперечно	За рахунок зміни довжини труби	складне	важка	високі
Теплообмінна труба № 2543586	Ребрита поперечно	За рахунок зміни довжини	складне	полегшена	середні
Теплообмінник № 2324882	Ребрита поперечно	ні	складне	важка	високі
Система відбору тепла від корів	Не ребриста	існує	складне	легка	низькі

Із проведеного аналізу було виявлено, що для проектного теплообмінника важливо враховувати таке:

- теплообмінник має володіти такою поверхнею теплообміну, щоб робота з нагрівання води була ефективною, тобто мають бути ребра;
- конструкція має бути максимально простою, щоб здійснювати регулювання об'єму води, що підігрівається;
- маса пристрою не має бути великою, щоб не чинити негативного впливу на несучі конструкції тваринницького приміщення;
- витрати на виготовлення установки мають бути мінімальні.

Прийнявши перераховані розглянуті переваги та недоліки, було розроблено пристрій для нагріву води. Пристрій матиме оребрену двома пластинами трубу.

Пропонований до розробки пристрій є простим у виготовленні. Поверхня теплообміну труби збільшена за рахунок оребрення двома пластинами, які приварюються зварюванням до труби.

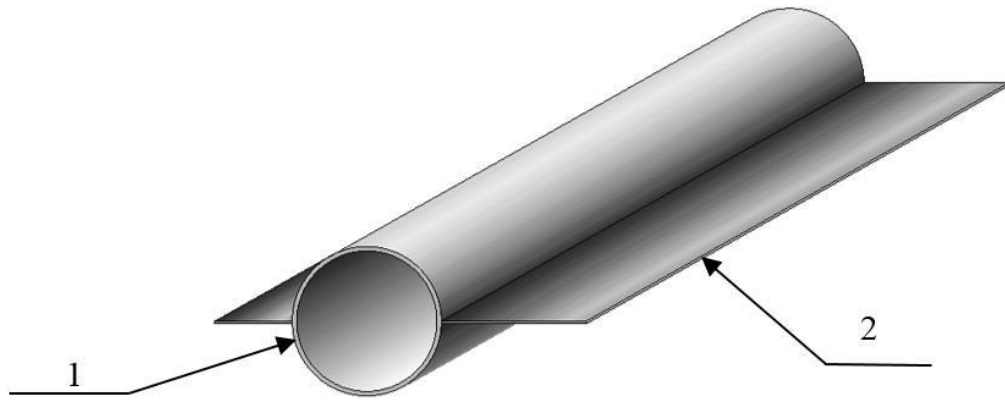


Рис. 2.8. Фрагмент оребреної труби пристрою для нагрівання води: 1 - фрагмент труби; 2 - пластина оребрення.

У теплообмінній труби всього два ребра, оскільки велика кількість зварних швів знизить надійність пристрою. Так само полегшена конструкція обрана для зниження металоємності установки і, як наслідок, витрат на виготовлення. Система нагріву з таким пристроєм не передбачає застосування теплового насоса, тим самим унеможливаючи використання електричної енергії під час нагрівання від теплоти ВРХ.

Висновки по розділу

Аналіз теплообмінних апаратів дав змогу визначити найраціональніші рішення для конструкції пристрою для нагріву води для напування тварин, які полягають у: простоті виготовлення, легкості конструкції, здатності нагрівати воду, мінімальних витратах на виготовлення. Виходячи з цих критеріїв було розроблено пристрій, що враховує переваги розглянутих теплообмінних труб.

РОЗДІЛ 3

РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ РОБОТИ ПРИСТОСУВАННЯ ДЛЯ НАГРІВУ ВОДИ НА ФЕРМАХ ВРХ

Представимо діючу систему напування тварин, у яку пропонується впровадити розроблений енергоощадний пристрій нагріву води.

Загальний вигляд технологічної схеми пристрою для нагріву води з окремими конструктивними елементами представлено на рис. 3.1.

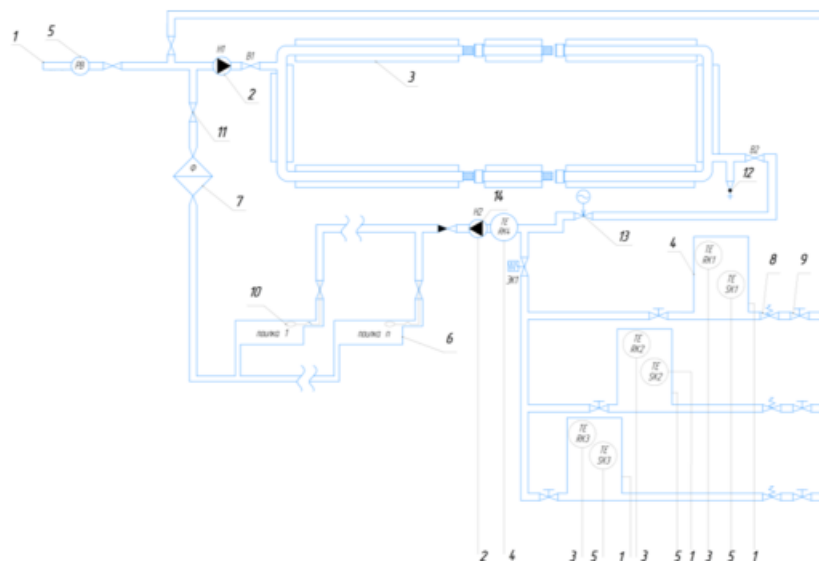


Рис. 3.1. Загальний вигляд технологічної схеми модернізованої лінії напування великої рогатої худоби

Технологічна схема лінії підігріву води (рис. 3.1) призначена для використання у тваринницькому приміщенні для утримання великої рогатої худоби. Лінія модернізована за допомогою введення пристрою для нагріву води (3), що працює за рахунок перетворення низькопотенційної теплоти тварин. Крім самого пристрою в лінію входять такі елементи: введення холодної води (1), витратомір (5), насоси (2, 14), електричні нагрівачі води (4), виводи на нагріту воду до поїлок (6), фільтр (7), запобіжні клапани (8), клапани затвора (9), поплавцеві клапани (10), зворотні клапани (11), зливний кран (12), регулювальний клапан з електроприводом (13).

Кількість електричних водонагрівачів для різної кількості поголів'я ВРХ залежить від кількості поголів'я, від рівня молочної продуктивності тварин, від температури води на початку та наприкінці нагрівання. Розрахуємо можливу кількість електричних водонагрівачів. За початкові дані взято усереднений рівень споживання води - 81,14 л на добу. Воду, необхідну для напування, потрібно нагріти з 4 °С до 10 °С. У діючій системі напування передбачено накопичувальні водонагрівачі. Для розрахунків скористаємося відомою формулою, результати наведено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 - результати розрахунків

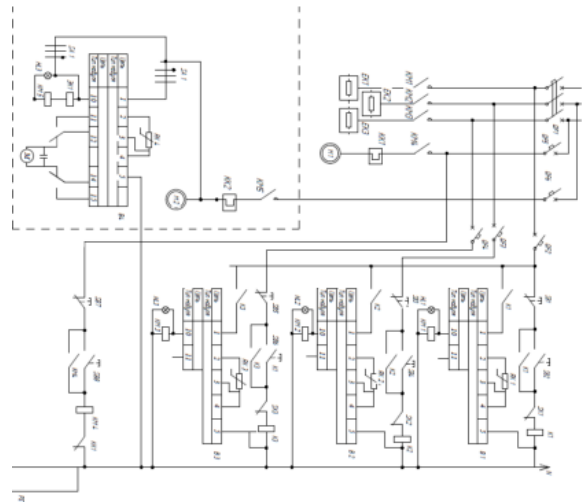
Кількість поголів'я	Середній обсяг води, що нагрівається з 4°С до 10°С	Кількість нагрівачів	Потужність одного нагрівача	Мінімальна ємність одного нагрівача, л
100	8114	1	2,5	350
200	16228	2	2,5	350
400	32457	4	2,5	350
800	64914	8	2,5	350

Електрична схема та схема керування представленою системою зображена на рис. 3.2.

Розглянута схема не передбачає повного виключення електроводонагрівачів із системи. Застосування пристрою для нагрівання води для напування вносить значну економію електричної енергії в процесі підігріву води, не порушуючи технологічного режиму.

Представлена система підігріву води може працювати в трьох режимах. Розглянемо кожен із них.

Режим № 1. Увімкнення пристрою для нагрівання води.



а)



Рис. 3.2. Електрична схема керування системою підігріву води в корівнику

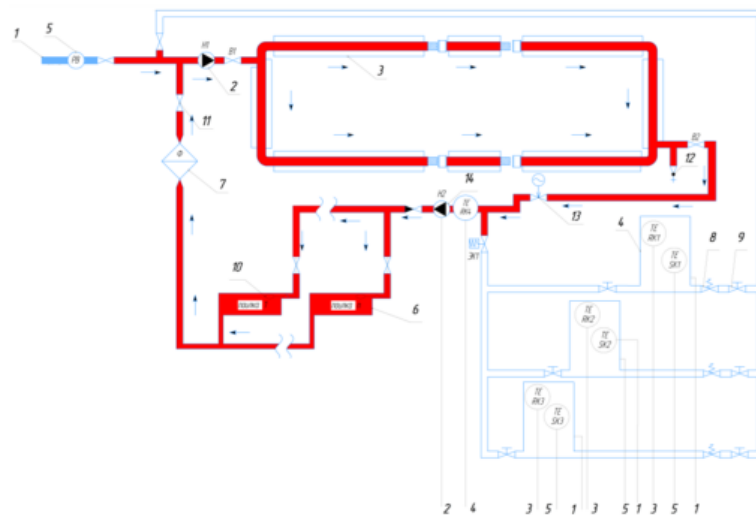


Рис. 3.3. Технологічна схема модернізованої лінії напування великої рогатої худоби, режим № 1

У режимі, що розглядається, схема працюватиме так (рис. 3.3). Оператор натискає на кнопку SB8, спрацьовує KM4, подається напруга на двигун циркуляційного насоса M1. При цьому спрацьовує зворотний клапан 11, через

звід (1) і витратомір (5) холодна вода починає надходити в систему під тиском. Вентилі V1 і V2 перебувають у відкритому стані, пропускаючи воду. Пристрій заповнюється, і вода, протікаючи трубопроводом, нагрівається.

Перед груповими поїлками розміщено регулятор температури РК4, який контролює температуру води в системі напування. Якщо температура нагрітої води відповідає виставленому значенню терморегулятора, то вмикається магнітний пускач КМ5, запускаючи циркуляційний насос М2, який подає нагріту воду в систему напування. Вода з поїлок через зливний патрубок надходить у трубопровід із фільтром (7), де вона очищується і знову надходить у пристрій для нагрівання води та нагрівається. Витрата води заповнюється з водопроводу через введення холодної води автоматично за рахунок дії клапанно-поплавкового механізму.

Якщо температура води не досягла необхідної, то схема переходить у другий режим роботи.

Режим № 2. Робота пристрою для нагріву води спільно з електропроводами-нагрівачами (рис. 3.4).

Цей режим роботи необхідний у разі, коли вода в пристрої для нагрівання не нагрілася до потрібної температури.

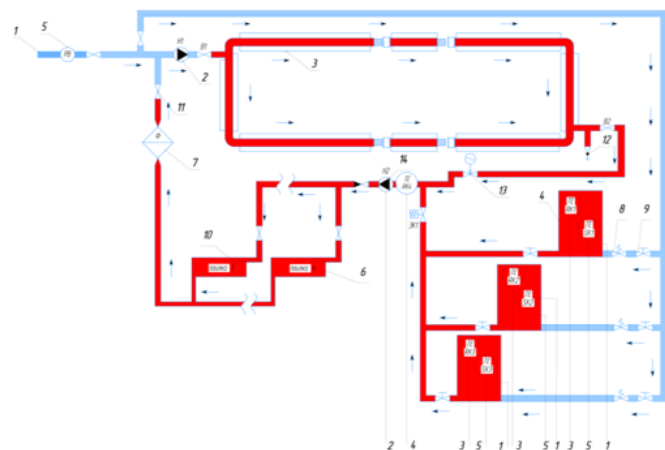


Рис. 3.4. Технологічна схема модернізованої лінії напування великої рогатої худоби, режим № 2

Оператор натискає на кнопку SB8, спрацьовує КМ4, подається напруга на двигун циркуляційного насоса М1. При цьому спрацьовує зворотний клапан, через введення (1) і витратомір (5) холодна вода починає надходити в систему під тиском. Вентилі V1 і V2 перебувають у відкритому стані, пропускаючи воду. Пристрій заповнюється, і вода, протікаючи трубопроводом, нагрівається. Перед груповими поїлками розміщено регулятор температури РК4, який контролює температуру води в системі напування. Якщо температура води не піднялася до потрібного рівня, то з термодатчика В4 подається сигнал до шафи управління, що вона не відповідає виставленому значенню, водночас QF1 і кнопки SB2...SB4 увімкнено, контакти магнітних пускачів КМ1...КМ3 замикаються, запускаючи роботу електроводонагрівачів ЕК1...ЕК3, у яких терморегуляторами РК1...РК3 задано потрібну температуру нагріву води. Сигнал з термодатчика В4 відкривається електромагнітний клапан ЕК 1. Нагріта електроводонагрівачами вода трубопроводом підмішується в систему напування за допомогою насоса М2. У цей час циркуляційний насос М1 працює, змушуючи воду в системі безперервно циркулювати. Досягнувши заданої температури води, сигналом з термодатчика перекривається клапан ЕК1. Вода з поїлок через зливний патрубков надходить у трубопровід із фільтром, де вона очищується і знову надходить у пристрій для нагріву води та нагрівається. Витрата води заповнюється з водопроводу через введення холодної води автоматично за рахунок дії клапанно-поплавкового механізму.

Надалі, якщо температура води відповідає заданому значенню, то робота пристрою переходить у режим №1.

Режим № 3. Режим роботи електроводонагрівачів.

Третій режим роботи (рис. 3.5) передбачає роботу тільки електричних водонагрівачів.

У цьому разі пристрій для нагріву води за рахунок використання теплоти великої рогатої худоби повністю виводиться з роботи і вентилі V1 і V2

перекриваються. У роботу включаються електричні водонагрівачі. Така схема працює таким чином.

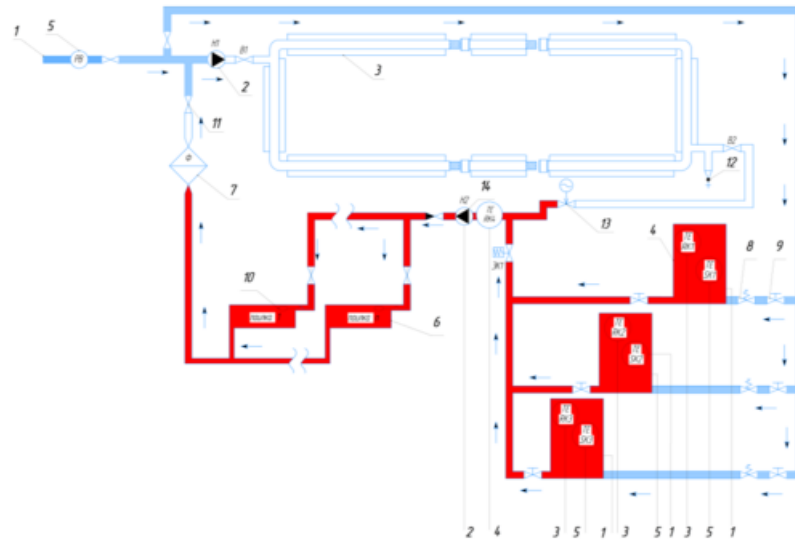


Рис. 3.5. Технологічна схема модернізованої лінії напування великої рогатої худоби, режим № 3

Коли вода досягає заданої температури, термоконтатори SK1...SK3 відключають реле K1...K3 і пускачі KM 1...KM3 відповідно, тим самим знеструмлюючи нагрівачі. Термодатчик В4 подає сигнал у шафу управління і замикається автоматичний вимикач QF6, вмикаючи в роботу електродвигун насоса М2, нагріта вода надходить у поїлки. Двигун насоса М1 у цьому режимі не здійснює роботу. Вода з поїлок через зливний патрубок надходить у трубопровід із фільтром, де вона очищається і знову надходить у систему підігріву води електроводонагрівачами. Витрата води заповнюється з водопроводу через введення холодної води автоматично за рахунок дії клапанно-поплавкового механізму.

Надалі, якщо температура води відповідає заданому значенню, то робота пристрою переходить у режим №1.

Режим № 3. Режим роботи електроводонагрівачів.

Третій режим роботи (рис. 3.6) передбачає роботу тільки електричних водонагрівачів.

У цьому разі пристрій для нагріву води за рахунок використання теплоти великої рогатої худоби повністю виводиться з роботи і вентиля V1 і V2 перекриваються. У роботу включаються електричні водонагрівачі. Така схема працює таким чином.

Оператор натискає на кнопку SB8, спрацьовує KM4, подається напруга на двигун циркуляційного насоса M1. Через ввід і витратомір холодна вода починає надходити у водонагрівачі. Коли вода заповнила водонагрівачі, спрацьовує термодатчик B1...B3, водночас QF1 і кнопки SB2...SB4 увімкнено, запускаються магнітні пускачі KM1...KM3, увімкнувши тим самим електроводонагрівачі EK1...EK3. Починається процес нагрівання води.

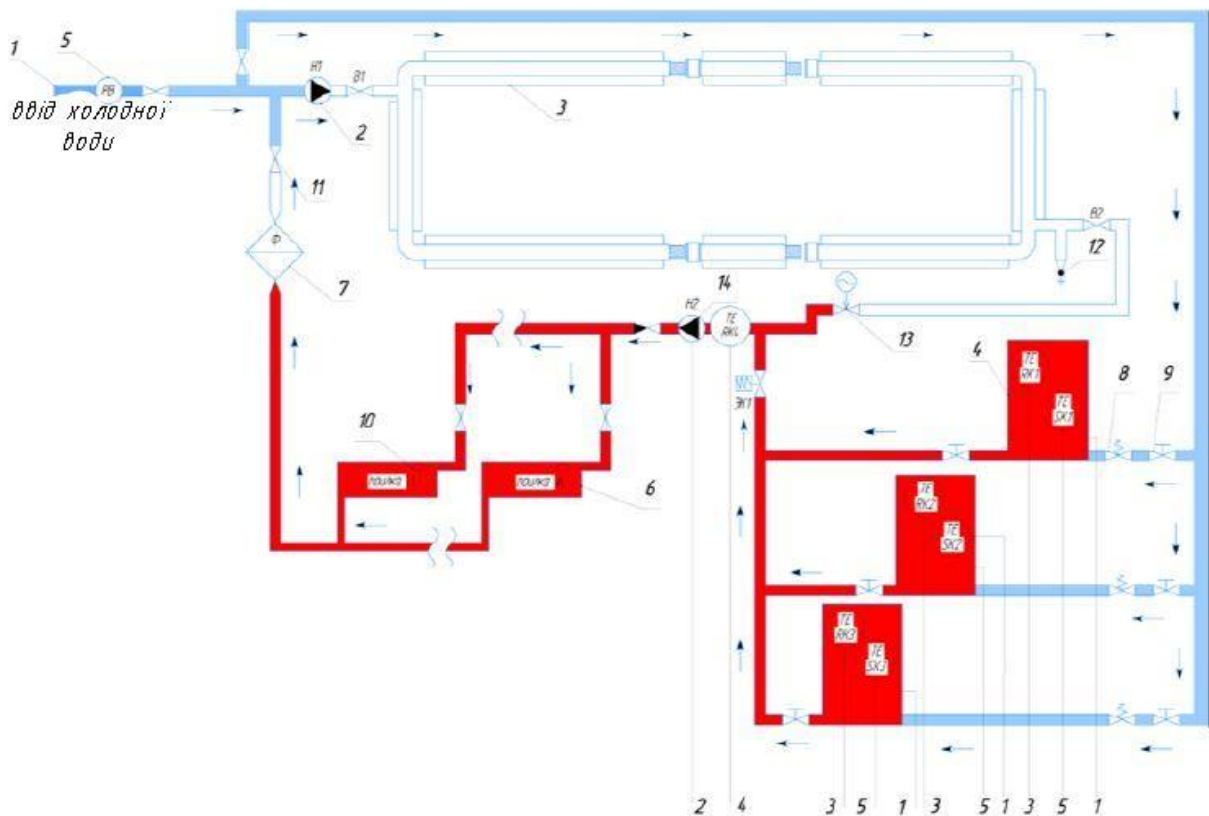


Рис. 3.6. Технологічна схема модернізованої лінії напування великої рогатої худоби, режим № 3

Коли вода досягає заданої температури, термодатчики SK1...SK3 відключають реле K1...K3 і пускачі KM 1...KM3 відповідно, тим самим увімкнувши нагрівачі. Термодатчик B4 подає сигнал у шафу управління і замикається автоматичний вимикач QF6, вмикаючи в роботу електродвигун

насоса М2, нагріта вода надходить у поїлки. Двигун насоса М1 у цьому режимі не здійснює роботу. Вода з поїлок через зливний патрубок надходить у трубопровід із фільтром, де вона очищається і знову надходить у систему підігріву води електроводонагрівачами. Витрата води заповнюється з водопроводу через ввід холодної води автоматично за рахунок дії клапана поплавкового механізму (10).

Висновки по розділу

Відповідно до запропонованих технічних рішень було спроектовано та виготовлено експериментальний лабораторний пристрій для нагрівання води, що працює за рахунок теплоти великої рогатої худоби. До відмінних особливостей, що застосовуються в пропонованій системі нагріву води для напування можна віднести:

- використання утилізованої теплоти тварин великої рогатої худоби;
- можливість підлаштовуватися до будівлі тваринницького приміщення, завдяки наявності в конструкції роз'ємних елементів;
- регулювання обсягу води, що нагрівається, завдяки можливості приєднання додаткових секцій для нагріву.
- здійснення трьох режимів роботи пристрою

ВИСНОВОК

За результатами проведеної роботи було зроблено такі висновки:

Досліджено обсяг тепловиділення тваринами великої рогатої худоби, який показав, що на одну голову вироблена вільна теплота досягає 82080 кДж/добу. Це дало змогу обґрунтувати концепцію використання низькопотенційної теплоти великої рогатої худоби, як способу для нагріву води для напування тварин з метою економії електричної енергії, що витрачається на цей технологічний процес.

Розроблено пристрій для нагріву води, що працює за рахунок низькопотенційної теплоти ВРХ, який враховує особливості тваринницьких приміщень з поголів'ям у 100, 200, 400 і 800 голів. Визначено його раціональні параметри: металева труба з неіржавкої сталі з внутрішнім діаметром 0,0218 м, зовнішнім діаметром 0,0268 м, з двома смугами ребра шириною 0,035 м під кутом 90° відносно осьової лінії.

Розроблено принципову електричну схему системи для напування тварин, що містить пропонуваній енергоощадний пристрій та електричні водонагрівачі, яка реалізує три основні режими роботи залежно від умов мікроклімату в приміщенні: робота тільки енергоощадного пристрою для нагріву води, робота разом з електричними водонагрівачами й робота електричних водонагрівачів без пропонуваного пристрою.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Акерен К. Аспекти годівлі телят на дорощуванні. Ефективне вирощування телят: практичний посібник. ТОВ «Аграр Медієн Україна». К., 2019. С. 98–103.
2. Антоненко С. Ф. Вплив рівня вирощування телиць на наступну молочну продуктивність. Вісник аграрної науки. 2002. № 2. С. 30–32.
3. Бабенко О. І. Генетична структура за локусами кількісних ознак популяції голштинської породи великої рогатої худоби. Розведення і генетика тварин. 2010. Вип. 44. С. 34–36.
4. Бабік Н. П., Дутка В. Р., Федорович В. В., Федорович Є. І. Тривалість та ефективність довічного використання корів молочних порід залежно від країни походження їх батька. Розведення і генетика тварин. 2017. Вип. 54. С. 19–29
5. Бабік Н. П., Федорович Є. І. Вплив відтворювальної здатності корів голштинської породи на тривалість та ефективність їх довічного використання. Науково-технічний бюлетень. 2017. Вип. 18. № 1. С. 230–236.
6. Бойко А. О. Адаптаційна здатність та природна резистентність тварин поліської м'ясної породи. Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького. 2017. (№ 74). С. 135-139.
7. Бойко О. В., Сотніченко Ю. М., Ткач Є. Ф. Успадкування та співвідносна мінливість статей екстер'єру корів молочних порід. Розведення і генетика тварин. К. 2015. Вип. 49. С. 69–75
8. Бойко Ю. М. Інтенсивність формування живої маси телиць та її вплив на подальшу молочну продуктивність худоби української бурої молочної породи. Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Тваринництво. 2016. Вип. 7 (30). С. 42–45.

9. Буркат В. П., Гузев І. В., Копилов К. В., Копилова К. В. ДНК – діагностика великої рогатої худоби в системі геномної селекції: методичні рекомендації. Київ, 2009. С. 38–46.

10. Василенко О. П. Оцінка комплексу факторів при формуванні високопродуктивного молочного стада : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук: 06.02.01. Харків, 2001. 17 с.

11. Ведмеденко О. В. Молочна продуктивність корів залежно від різних факторів. Таврійський науковий вісник. 2019. № 107. С. 199–204.

12. Войтенко С. Л., Петренко М. О., Шаферівський Б. С., Желізняк І. М. Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Тваринництво. 2017. Вип. 5/1 (31). С. 36–44.

13. Гавриленко М. С., Шарапа Г. С. Вплив годівлі та утримання на відтворювальну функцію молочних корів. Науково – технічний бюлетень. 2008. № 96. С. 90 – 93.

14. Гутченко Г. А. Особливості холодного методу утримання телят. Студентський науковий вісник МНАУ. 2017. Вип. 2 (13). Ч. 2. С. 50–54.

15. Даниленко В. П., Рудик І. А. До питання ефективності використання молочних порід у господарстві. Розведення і генетика тварин. 2012. Вип. 46. С. 63–66.