



DOI 10.32900/2312-8402-2019-122-74-83

УДК 636.2.084.4.085.6

ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ТЕМПЕРАТУРНОЇ ПІДГОТОВКИ КОРМОВОЇ СУМІШІ В ХОЛОДНУ ПОРУ РОКУ

Волох В. О., к. техн. н.,

Логвиненко М. В.,

Могутова В. Ф., к. с-г. н.

Луганський національний аграрний університет

Розглянуто питання температурної підготовки кормової суміші в холодну пору року за допомогою інфрачервоних нагрівачів. В якості інфрачервоного нагрівача використана інфрачервона плівка. Кормовий стіл має оригінальну конструкцію у формі параболоїда, що забезпечує достатньо швидке підігрівання всього об'єму корму.

Аналіз досліджень виявив актуальність проблеми температурної підготовки кормових сумішей в холодну пору року для зменшення кількості випадків захворювань ротової порожнини, дихальних шляхів, кишково-шлункового тракту та збільшення продуктивності тварин.

Для досягнення мети досліджень та визначення оригінальної конструкції кормового столу (кормушки) було проаналізовано існуючі конструкції та можливі способи підігрівання корму. Запропоновано оригінальну конструкцію кормушки, яка виконана у формі параболоїда з підігрівом корму для великої рогатої худоби за допомогою інфрачервоних тепловипромінювачів розташованих в кормушці. Установлено тепловідбиваючий екран виконаний по формі параболоїда, регулятор температури функціонально зв'язаний з носієм енергії.

Визначено необхідні вимоги до блоку керування, які дозволяють підвищити експлуатаційну технологічність пристрою. Економне та раціональне використання електроенергії при експлуатації нагрівних елементів досягається з рахунок регулювання потужності за допомогою способу широтно-імпульсної модуляції. В якості блоку керування було запропоновано мікроконтролер ATmega328, що змонтовано на платі серії Arduino Nano, програмування якого відбувалось відповідно до необхідного алгоритму в середовищі програмування та розробки Arduino IDE. Розглянуті заходи електробезпеки.

Запропоновано технологічну схему, з використанням ефективних інфрачервоних тепловипромінювачів, для підігрівання кормової суміші, мікропроцесорного блоку керування, що дозволяє за короткий час отримати температурні показники корму та мінімізувати витрати на підігрівання корму, зменшити вірогідність захворювань тварин, підвищити їх продуктивність.

Ключові слова: кормовий стіл, холодна пора року, підігрівання корма, інфрачервоний випромінювач, велика рогата худоба.

Формування продовольчого кошика споживача не можливе без якісної м'ясної та молочної складової. Сучасні вимоги до якості м'ясо-молочної продукції в Україні повинні корелюватись з вимогами до відповідної продукції в країнах ЄС та СОТ для можливої конкуренції на міжнародних ринках. Це в свою чергу висуває умови щодо удосконалення технологій виробництва згідно з міжнародними стандартами у напрямі зниження впливу негативних чинників на рівень продуктивності тварин, їх стійкість до технологічних та природних чинників та резистентність до захворювань [1].



Слід зазначити, що вплив технологічних показників, а зокрема, температури корму, температурно-кліматичних показників на стан тварин і якість продукції є незаперечним але мало вивченим.

В роботі авторами були проведені дослідження впливу високих температур на продуктивність тварин молочного стада різних порід та зазначено, що продуктивність тварин збільшувалась при денній температурі +23...26 °С [2].

Вплив низьких температур на утримання тварин слід розглядати з урахуванням вологості повітря. Стрес корів від холоду виникає тільки тоді, коли вологе повітря в корівнику зменшує ізоляційні властивості волосяного покриву тварин. Узимку з видихуванним повітрям корова виділяє до 10 л рідини, яка підвищує вологість у корівнику. Встановлено, що за підвищення вологості повітря в корівнику створюються умови для передачі збудників інфекційних хвороб.

При отриманні кормової суміші з кормового столу (кормушки) при низьких температурах оточуючого повітря тварина фактично поїдає холодний корм. Це призводить до хвороби ротової порожнини, дихальних шляхів та кишково-шлункового тракту, що в свою чергу призводить до зменшення продуктивності тварин [3].

Враховуючи, що комфортна температура утримання тварин знаходиться межах 20 °С, можна припустити, що температура корму при згодовуванні тваринам теж повинна знаходитись в цьому діапазоні.

Таким чином, виникає необхідність забезпечення сталої, в межах комфортної, температури корму при згодовуванні тваринам.

Мета досліджень – обґрунтування оригінальної конструкції кормового столу, яка дозволяє підтримувати комфортну температуру корму для тварин під час його згодовування.

Для досягнення мети досліджень розглянемо існуючі способи підігріву корму та матеріали, які для цього використовуються.

Відомі способи підігріву кормів в кормушці перенесенням тепла від повітря природньою або примусовою конвекцією, який здійснюється в тваринницьких приміщеннях конвекційними пристроями [4]. При цьому із-за мінливості маси і теплопровідності корму із зміною щільності по товщині його шару в кормушці, підігрів корму при згодовуванні відбувається нерівномірно, що спричинює зниження рівня поїдання його тваринами.

Відомий спосіб попереднього підігріву кормів перед згодовуванням тепловою обробкою шляхом пропарювання в замкнутому об'ємі, теплоносій якого розташований за межами замкнутого об'єму. Підігрітий таким способом корм поступово охолоджується під час згодовування тваринам, що знижує рівень його поїдання.

Відомий спосіб підігріву кормів при згодовуванні спрямованим тепловим випромінюванням, що здійснюється теплоносієм розташованим над кормушкою, наприклад інфрачервоним випромінювачем або тепловим випромінюванням від кормушки у вигляді кормового столу, який здійснюється нагрівом кормушки від труби-теплообмінника, розташованою під базовою панеллю кормового столу [5, 6]. При використанні таких способів із-за пониженої теплопровідності корму не всі його шари в кормушці встигають прогрітись до рівня температури згодовування тваринами. Крім того нераціонально витрачається енергія на нагрів базової панелі.

Для забезпечення підігріву корму тваринам у свинарстві застосовують кормовий стіл, в який вмонтований бункер-дозатор для гранульованого корму і використовується для новонароджених свиней на два суміжних станка. Підігрів ко-



рму забезпечується за рахунок циркуляції підігрітої рідини, яка знаходиться в по-рожнині кормового стола [7].

Також застосовується кормовий стіл підігріву кормової суміші для ВРХ в зимову пору року на вигульних майданчиках і ідальнях за рахунок застосування електричного струму. Нагрівальні елементи закріплюють безпосередньо на поверхні кормового столу по всій його довжині. Кормова суміш за допомогою багатофункціональних роздавачів-змішувачів вивантажується на поверхню нагрівальних елементів, де відбувається її підігрів. Це дає можливість запобігти примерзання або замерзання кормової суміші, і тварини в повному обсязі отримують корисні речовини, необхідні для сталого їх розвитку і збільшення продуктивності [7].

Недоліками можна вважати те, що нагрівальні елементи розташовані безпосередньо на поверхні кормового столу, що спричиняє їх пошкодження, можливість ураження тварин електричним струмом. Нагрівальні елементи мають дуже велику енергоємність, що стримує їх застосування.

Одним із відомих вирішень задачі підігріву корму є кормовий стіл для тварин, який містить бордюру, бокову стінку, надбудову обмежувальної конструкції, днище та стіл, із метою усунення в холодну пору року примерзання кормової суміші у складі силосу, сінажу та інших кормів, у днище стола вмонтовані рідинопровідні збірні конструктивні елементи змінного перерізу прямої та зворотної подачі, наприклад, металопластикові труби зі змінним діаметром поперечного перерізу та з'єднувальними муфтами для транспортування теплоносія (підігрітої рідини – води, тосолу тощо) вздовж стола [8]. Робочий розмір у поперечному перерізі вмонтованих збірних елементів збільшується вздовж стола, а відстані від зовнішньої поверхні окремих збірних елементів змінного перерізу до поверхні стола зменшуються за напрямком подачі теплоносія. Контроль за температурою рідини забезпечується автоматичним регулятором нагріву теплоносія.

Такий спосіб має ряд недоліків, серед яких: складність модернізації існуючих кормових столів, низький рівень автоматизації, великі витрати на монтаж (вартість металевих або пластикових труб, насосів та іншого обладнання), неефективне використання тепла (нагрівання відбувається не тільки зі сторони кормового столу, але й з протилежної сторони).

В цілому, підігрітий таким способом корм поступово охолоджується під час згодовування тваринами, що знижує рівень його поїдання.

Матеріали та методи досліджень. Аналізуючи вже існуючі способи підігрівання корму доцільно використовувати електричні нагрівачі, зокрема з інфрачервоним випромінюванням. На користь цього вибору свідчить все більше використання подібних приладів для обігріву приміщень та вуличних просторів.

Кормушку пропонується виготовляти з використанням наступних матеріалів:

- листовий оцинкований прокат товщиною 0,7-0,5 мм;
- нержавіючий харчовий листовий прокат товщиною 0,5 мм;
- інфрачервона плівка з наступними характеристиками:
 - напруга мережі: 220 v, 50 Hz.,
 - потужність: 220 Вт/м²,
 - температура на поверхні плівки: до 60 °С,
 - температура плавлення плівки: 200 °С,
 - довжина хвилі інфрачервоного випромінювання: 5-20 мкм,
 - частка ік-променів в загальному спектрі: 93,6 %,
 - ширина 500 мм,
 - товщина плівки: 0,338 мм,



- крок нагрівальних модулів (секцій): 0,25 м,
- наявність срібної сітки (більш витривала до фізичного впливу),
- ККД перетворення електроенергії в теплову енергію: 98-99 %.

Для керування роботою кормушки або мережею кормушок блок керування повинен відповідати наступним вимогам: можливістю перепрограмування під час розробки пристрою, встановлення значень або діапазонів значень змінних програм та, при певній модернізації, безпосередньо вручну, під час роботи обладнання. В якості блоку керування було запропоновано мікроконтролер ATmega328, що змонтовано на платі серії Arduino Nano, програмування якого відбувалось відповідно до необхідного алгоритму в середовищі програмування та розробки Arduino IDE. Вибір мікроконтролера обумовлено наявністю необхідних для реалізації запропонованого пристрою цифрових та аналогових контактів, вартістю і доступністю на ринку як апаратної частини так і відповідного програмного забезпечення, та наявністю додаткових контактів, які можливо використати при подальшому удосконаленні, модернізації або інтеграції пристрою в існуючі системи керування.

Для безпечної роботи кормушок запропоновані наступні заходи електробезпеки. Металеві конструкції електроустановок занулюють, тобто з'єднують з нульовим проводом мережі, який повинен мати надійний контакт із заземлюючим пристроєм. Для вирівнювання потенціалів на підлозі тваринницького приміщення, або в містах згодовування корму на вигульних площадках прокладають два довгих провідники, упродовж фронту розміщення тварин, під передніми і задніми ногами корів. Це дає змогу вирівняти потенціали підлоги в приміщенні, і різниця потенціалів між двома різними точками при аваріях буде практично дорівнювати нулю. Додатково пропонується використання пристрою захисного відключення (диференційний автоматичний вимикач), який контролює різницю струмів, що входять у коло, яке захищається, і виходять з нього, і у разі перевищення цієї різниці заданої величини – вимикає електричне коло, котре захищається, що забезпечує ефективний захист від непрямих та прямих дотиків, на що не здатний будь-який інший захисний апарат.

Найбільш простим підходом до вирішення поставленої проблеми є утримання кормової суміші із певною температурою у певній теплоізолюючій ємності, та її порційна видача по запуску тварини або з певною періодичністю.

Така конструкція може мати чисто механічну частину, що відкриває годівницю при наближенні тварини за допомогою важелів під дією ваги тварини, або додатково електронні пристрої, що реагують на наближення тварини.

Результати досліджень. У якості модернізації зазначеної технології пропонується спосіб підігріву холодних кормів, що включає їх підігрів тепловим випромінюванням в кормушці. Відрізняється від традиційного тим, що тепловипромінювання відбувається із внутрішнього середовища корму із спрямуванням відбитої теплової енергії у верхньому напрямку.

Для здійснення даного способу підігріву холодних кормів пропонується новий пристрій, що включає кормушку, яка виготовлена з зовнішнього боку з оцинкованої сталі а з середини вироблена з харчової нержавіючої сталі, носій енергії і тепловипромінювач розташований в кормушці, установлений тепловідбиваючий екран виконаний по формі параболоїда з розміщенням в його фокусі тепловипромінювача, і регулятор температури функціонально зв'язаний з носієм енергії.

Підвищення ефективності підігрівання холодного корму при його згодовуванні тваринами досягається тим, що тепловипромінювання відбувається у внут-



рішньому середовищі корму із фокуса параболоїда тепловідбиваючого екрана і відбиття від нього теплової енергії із спрямуванням у верхньому напрямку, що створює умови рівномірного його підігріву в кормушці з пониженою витратою теплової енергії.

Загальний вигляд кормушки зображено на рисунку 1. Підігрів холодних кормів здійснюють за допомогою пристрою наступним чином. Під час підігріву холодних кормів в кормушці 2, установленій на рамі 1, енергія електричного струму по провіднику 6 надходить від джерела струму до інфрачервоного випромінювача 5, який, перетворюючи електричний струм на інфрачервоне випромінювання, спрямовує його в середовище холодного корму кормушки 2 (рис. 1). При цьому інфрачервоне випромінювання проникає в холодний корм і поглинається ним, внаслідок чого випромінювання перетворюється в теплову енергію, підігриваючи холодний корм в напрямку від випромінювача 5. Крім того, тепла енергія, яка випромінюється інфрачервоним випромінювачем відбивається від екрана 3, спрямовується його параболоїдною поверхнею у напрямку верхньої відкритої сторони кормушки 2, доступної для поїдання корму тваринами. При досягненні заданої температури підігрітого корму, регулятор 7 змінює надходження електричного струму до випромінювача 5, внаслідок чого змінюється величина потоку інфрачервоного теплового випромінювання, що забезпечує утримання в заданих межах температурний режим підігрітого корму в кормушці 2.

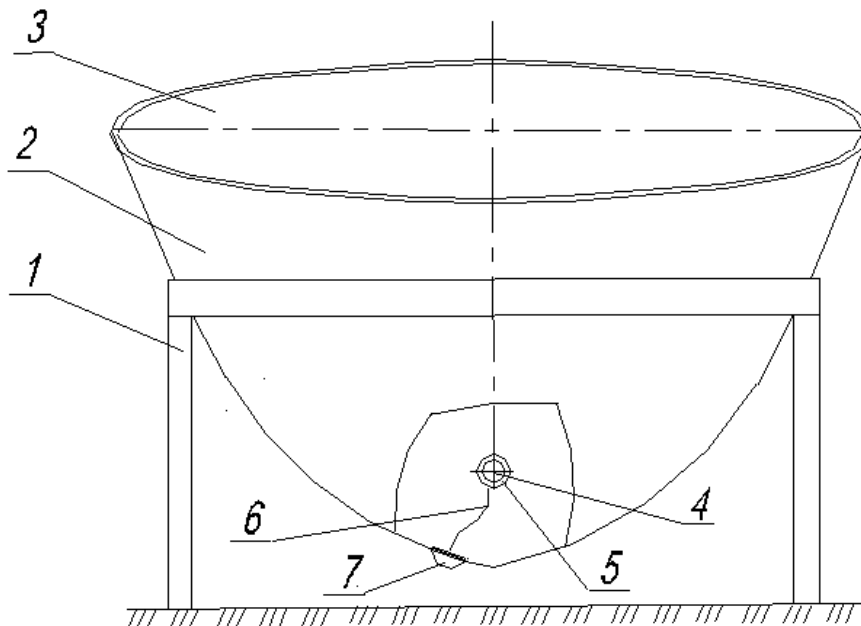


Рис. 1. Загальний вигляд кормушки: 1 – рама; 2 –кормушка; 3 – тепло-відбиваючий екран; 4 – фокус екрана; 5 – тепловипромінювач; 6 – провідник енергії електричного струму від джерела струму; 7 – регулятор температури корму тепловипромінювача.

При зміні виду холодного корму регулятор 7 налаштовують на температурний режим, що відповідає умовам корму.

Ефективність застосування способу підігріву холодного корму з використанням вказаного пристрою полягає у створенні кращих умов годування тварин, що підвищує їх продуктивність.

У випадку використання перетворення електричної енергії в теплову. Нагрівний елемент за допомогою проміжних пристроїв підключається до мережі з



певною періодичністю в залежності від температури кормової суміші та/або температури оточуючого середовища. Сучасні технічні засоби дозволяють керувати такими системами в межах гістерезису сотих долів градусу Цельсія та інерційністю в межах десятків мілісекунд, проте в даному випадку така точність буде надлишковою. Розглядаючи систему підготовки кормів до згодовування з точки зору використання електроенергії можна визначити, що основними споживачами, в загальному випадку, будуть один або декілька нагрівних елементів.

Щодо експлуатаційних характеристик інфрачервона плівка має значну перевагу в тому, що виходити з ладу вона може секторами, які не вплинуть на нагрів поверхні – до 20 % пошкоджень, оскільки інфрачервона плівка активна лише декілька годин на добу. У порівнянні з іншою відомою технологією – кабельним підігрівом, кабель лише з одним розривом повністю вимикає весь контур обігріву, а враховуючи те, що кабель, як правило, зароблений в бетон (в даному випадку – у кормовий стіл) витрати на демонтаж і заміну будуть значними. Інфрачервона плівка не може конкурувати з кабельним підігрівом в умовах відкритого простору. Така система зберігає перевагу в тому, що при пошкодженні якогось нагрівального елемента система продовжує працювати далі, а за коректної технології монтажу вартість заміни пошкодженого сектору незначна.

Таким чином, інфрачервона плівка в системі підігріву – є одним з економічних рішень не лише по використанню електроенергії, але й по вартості самої системи та вартості монтажу та обслуговування системи.

Більш економічне та раціональне використання електроенергії при експлуатації нагрівних елементів можна досягти використовуючи регулювання потужності за допомогою широко-імпульсної модуляції (ШІМ) [9]. Одним з основних параметрів ШІМ є коефіцієнт заповнення – відношення періоду слідування імпульсів до їх тривалості.

Для визначення величини струму, а, отже, і кількості теплоти, що виділяється нагрівачем, необхідно знати діюче значення струмів I в залежності від коефіцієнта заповнення D . Ця залежність має вигляд степеневі функції:

$$I = \sqrt{D}$$

а її графік зображено на рисунку 2 (синім кольором суцільна лінія).

Реалізація такої функції керування не є проблемою при використанні мікропроцесорної техніки, проте за таких умов кінцевий пристрій досить складним та дорогим. Проте сучасна елементна база дозволяє реалізувати достатньо дешевий ШІМ-регулятор з лінійною залежністю скважності від вхідного керуючого сигналу, наприклад, датчика температури. За умови регулювання нагрівача в межах 1..99 % потужності похибка діючого значення вихідного струму регулятора до фактичного значення діючого струму становитиме до 4,5 %. Зменшення величини цієї похибки досягається або зменшенням меж регулювання потужності нагрівача або ускладнення схеми або алгоритму роботи регулятора [10].

Подальшою задачею розробки даного способу керування є визначення таких параметрів ШІМ-регулятора, при котрих зазначена похибка становитиме не більше 1,5 % за максимально можливого діапазону регулювання та визначення оптимального періоду імпульсів шляхом дослідження інерційних процесів, що відбуваються в нагрівачі.

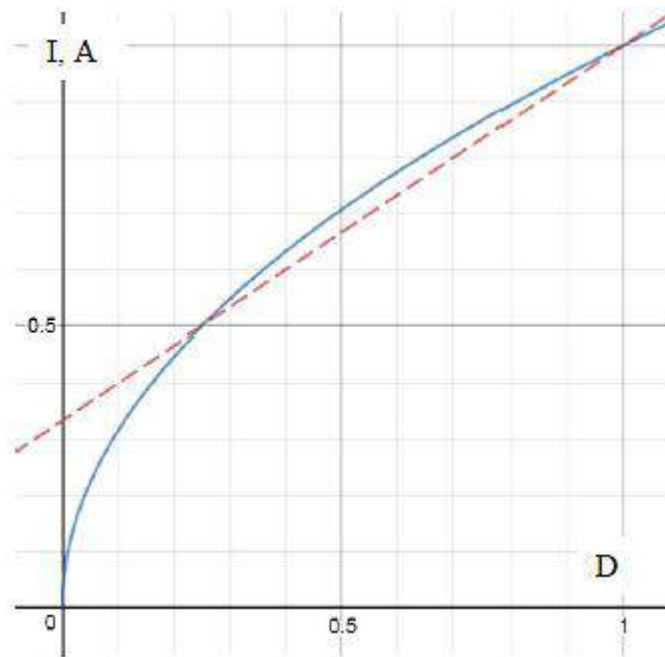


Рис. 2. Графік залежності діючого значення струму I (суцільна лінія) та вхідного струму ШІМ регулятора від коефіцієнта заповнення D при ШІМ (штрихова лінія)

При використанні сучасних мікропроцесорних технологій для керування запропонованої системи власне її споживання електроенергії можна вважати сталою величиною через те, що коливання потужності при комутаційних операціях зневажливо мале, а вся система контролю та керування навіть при повному навантаженні може споживати близько 25 Вт. Отже загальне споживання електроенергії лінійно підготовки кормів до згодовування можна визначити рівнянням:

$$W = \sum_{i=1}^n P_{\text{нагр } i} + P_{\text{прив}}$$

де, $P_{\text{нагр}}$ – розрахункова потужність нагрівних елементів, кВт;

$P_{\text{прив}}$ – приведена потужність системи керування, кВт.

Таким чином, задачею для подальшої роботи є створення математичної моделі, що описує режими роботи запропонованої системи та її оптимізація за критерієм енергоємності – знаходження такої величини гістерезису в системі керування підігрівом кормового столу в залежності від температури кормової суміші, щоб споживання електроенергії було мінімальним при дотриманні зоотехнічних вимог по годівлі ВРХ. При цьому вихідними даними для розрахунків буде маса корму, а виходячи з цього – кількість теплоти, необхідна для підтримання температури корму на заданому рівні. Маса корму може бути визначена виходячи із кількості голів ВРХ та геометричних розмірів кормового столу.

Висновки:

1. Проведено аналіз існуючих схем підігрівання кормових сумішей при їх підготовці до згодовування тваринам.
2. Запропоновано технологічну схему з використанням ефективних тепло-випромінювачів для підігрівання кормової суміші.
3. Розроблено систему керування підігрівом кормушок при їх використанні в холодну пору року.



Бібліографічний список

1. Економічна складова угоди про асоціацію між Україною та ЄС : наслідки для бізнесу, населення та державного управління : ред. І. Бураковського, В. Мовчан. – Київ : Альфа – ПІК, 2014. – 140 с.
2. Температура навколишнього середовища, як фактор впливу на продуктивність великої рогатої худоби / Ю. С. Кравченко, Г. Л. Прусова, А. П. Золотарьов, Л. М. Єлєцька, Л. А. Тимченко // Науково-технічний бюлетень Інституту тваринництва НААН. – Харків, 2019. – № 121. – С. 136–146.
3. Каришева А. Ф. Спеціальна епізоотологія : підручник / Каришева А. Ф. – Київ : Вища освіта, 2002. – 703 с.
4. Мельников С. В. Технологическое оборудование животноводческих ферм и комплексов / С. В. Мельников. – Л.: Агропромиздат, 1985. – 378 с.
5. Механізація виробництва продукції тваринництва / Ревенко І. І., Кукта Г. М., Манько В. М. // за ред. І. І. Ревенка. – Київ : Урожай, 1994 – 264 с.
6. Алешкин В. Р. Механизация животноводства / В. Р. Алешкин, П. М. Рощин. – М. : Агропромиздат, 1985. – 336 с.
7. Мерінець Н. А. Призначення підігріву кормової суміші у зимовий період на кормових столах для великої рогатої худоби / Н. А. Мерінець // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П. Василенка. – Харків, 2015. – № 157. – С. 60–66.
8. Пат. 103127 UA, МПК А01К 5/00 Кормовий стіл для тварин / Мерінець Н. А., Дзюба А. І., Дзюба О. А.; заявники і патентовласники. – № а2012 07383; заявл. 18.06.2012; опубл. 10.09.2013, Бюл. №17. – 4 с.
9. Братченко Г. Д. Методи та засоби обробки сигналів : навч. посіб. / Г. Д. Братченко, Б. В. Перелигін, О. В. Банзак, Н. Ф. Казакова, Д. В. Григор'єв. – Одеса : Плутон, 2014. – 452 с.
10. Мікропроцесорна техніка : навч. посіб. / уклад. В. В. Кирик. – Київ : ІВЦ «Видавництво «Політехніка», 2014. – 183 с.

References

1. Burakovskiy, I., & Movchan, K. (2014). *Ekonomichna skladova uhody pro asotsiatsiiu mizh Ukrainoiu ta YeS : naslidky dlia biznesu, naseleння ta derzhavnoho upravliannya* – Economic component of the Association Agreement between Ukraine and the EU : implications for business, population and public administration. Kyiv : Alpha-PEAK [in Ukrainian].
2. Kravchenko, Yu. S., Prusova, H. L., Zolotarov, A. P., Yeletska, L. M. & Tymchenko, L. A. (2019). Temperatura navkolyshnoho seredovyscha, yak faktor vplyvu na produktyvnist velykoi rohatoi khudoby [Ambient temperature as a factor influencing the performance of cattle]. *Naukovo-tekhnichnyi biuleten Instytutu tvarynnytstva – Scientific and Technical Bulletin of the Institute of Animal Science NAAS of Ukrain*, (Vol. 121) (pp.136–146) [in Ukrainian].
3. Karysheva, A. F. (2002). *Spetsialna epizootolohiia – Special epizootology*. Kyiv : Vyshcha osvita [in Ukrainian].
4. Melnikov, S. V. (1985). *Tekhnologicheskoe oborudovanie zhyvotnovodcheskikh ferm i kompleksov – Technological equipment for livestock farms and complexes*. Lugansk : Ahropromizdat [in Russian].
5. Revenko, I. I., Kukta, H. M., & Manko, V. M. (1994). *Mekhanizatsiia vyrobnytstva produktsii tvarynnytstva – Mechanization of production of livestock products*. Kyiv : Urozhai [in Ukrainian].



6. Aleshkin, V. R., & Roshchin, P. M. (1985). *Mekhanizatsyia zhivotnovodstva – Livestock Mechanization*. M. : Ahropromizdat [in Russian].
7. Merinets, N. A. (2015). Pryznachennia pidihrivu kormovoi sumishi u zymovyi period na kormovykh stolakh dlia VRKh [Appointment of heating of a forage mix in the winter on the forage tables for cattle]. *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu silskoho hospodarstva imeni Petra Vasylenka – Bulletin of Kharkiv National Technical University of Agriculture*. P. Vasilenko, (Vol. 157) (pp. 60–66) [in Ukrainian].
8. Pat. 103127 UA, MPK A01K 5/00 *Kormovyi stil dlia tvaryn [Animal forage table]* Merinets N. A., Dziuba A. I., Dziuba O. A.; zaiavnyky i patentovlasnyky. – № a2012 07383; zaiavl. 18.06.2012; opubl. 10.09.2013, Biul. №17. – 4 s.
9. Bratchenko, H. D., Perelyhin, B. V., Banzak, O. V., Kazakova, N. F., & Hryhor'iev, D. V. (2014). *Metody ta zasoby obrobky syhnaliv – Methods and means of signal processing*. Odesa : Pluton [in Ukrainian].
10. Kyryk, V. V. (2014). *Mikroprotsesorna tekhnika – Microprocessor technology*. Kyiv : IVTS «Vydavnytstvo «Politekhnika» [in Ukrainian].

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ТЕМПЕРАТУРНОЙ ПОДГОТОВКИ КОРМОВОЙ СМЕСИ В ХОЛОДНОЕ ВРЕМЯ ГОДА

Волох В. А., Логвиненко М. В., Мозутова В. Ф., Луганский национальный аграрный университет.

Рассмотрен вопрос температурной подготовки кормовой смеси в холодное время года с помощью инфракрасных нагревателей. В качестве инфракрасного нагревателя использована инфракрасная пленка. Кормовой стол имеет оригинальную конструкцию в форме параболоида, который обеспечивает достаточно быстрое подогревание всего объема корма.

Анализ исследований обнаружил актуальность проблемы температурной подготовки кормовых смесей в холодное время года для уменьшения количества случаев заболеваний ротовой полости, дыхательных путей, желудочно-кишечного тракта и увеличения производительности животных.

Для достижения цели исследований и определения оригинальной конструкции кормового стола (кормушки) были проанализированы существующие конструкции и возможные способы подогрева корма. Предложена оригинальная конструкция кормушки, которая выполнена в форме параболоида с подогревом корма для крупного рогатого скота с использованием инфракрасных тепловых излучателей, расположенных в кормушке. Установлен теплоотражающий экран, выполненный в форме параболоида, регулятор температуры функционально связан с носителем энергии.

Определены необходимые требования к блоку управления, которые позволяют повысить эксплуатационную технологичность устройства. Экономное и рациональное использование электроэнергии при эксплуатации элементов нагревов достигается за счет регулирования мощности с помощью способа широтно-импульсной модуляции. В качестве блока управления был предложен микроконтроллер ATmega328, смонтированный на плате серии Arduino Nano, программирование которого происходило в соответствии с необходимым алгоритмом в среде программирования и разработки Arduino IDE. Рассмотрены мероприятия электробезопасности.

Предложена технологическая схема, с использованием эффективных инфракрасных тепловых излучателей, для подогревания кормовой смеси, микропроцессорного блока управления позволяющих за короткое время получить темпе-



ратурные показатели корма, которые дают возможность минимизировать расходы на подогрев корма, уменьшить вероятность заболеваний животных, повысить их производительность.

Ключевые слова: кормовой стол, холодное время года, подогрев корма, инфракрасный излучатель, крупный рогатый скот.

TECHNOLOGICAL PROCESS OF TEMPERATURE PREPARATION OF THE FODDER MIXTURE IN COLD TIME OF THE YEAR

Volokh V., Lohvinenko M., Mohutova V., Luhansk National Agrarian University

The issue of temperature preparation of the forage mixture in the cold season using infrared heaters was considered. An infrared film is used as an infrared heater. The forage table has an original design in the form of a paraboloid, which provides a fairly quick heating of the entire forage volume.

An analysis of the studies revealed the urgency of the problem of temperature preparation of forage mixtures in the cold season to reduce the number of cases of diseases of the oral cavity, respiratory tract, intestinal tract and increase animal productivity.

In order to achieve the goal of research and determine the original design of the forage table, existing designs and possible ways of heating the forage were analyzed. An original design of the forage table was proposed, which is made in the form of a paraboloid with heated forage for cattle using infrared heat emitters located in the forage table. A heat-reflecting screen in the form of a paraboloid is installed, the temperature controller is functionally connected with the energy carrier.

The necessary requirements for the control unit were determined, which allow to increase the operational manufacturability of the device. The economical and rational use of electricity during the operation of heating elements was achieved by regulating power using the method of pulse-width modulation. An ATmega328 microcontroller mounted on an Arduino Nano series board was proposed as a control unit; its programming was carried out in accordance with the necessary algorithm in the Arduino IDE programming and development environment. Electrical safety measures were considered.

A technological scheme was proposed, using effective infrared heat emitters, for heating the forage mixture, a microprocessor control unit that allows for a short time to obtain temperature indicators of the forage, which make it possible to minimize the cost of heating the forage, reduce the likelihood of animal diseases, and increase their productivity.

Key words: forage forage table, cold season, forage heating, infrared emitter, cattle.