УДК 631.3:621.1 DOI 10.31548/energiya2019.03.102

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ЕЛЕКТРОВОДОНАГРІВАННЯ ДЛЯ ТВАРИННИЦЬКИХ ПРИМІЩЕНЬ

В. Є. Василенков, кандидат технічних наук, доцент

Я. І. Заблоцький, студент магістратури

Національний університет біоресурсів і природокористування України

E-mail: wasil14@ukr.net

Анотація. *Серед завдань, які стоять перед народним господарством країни стосовно економії та ефективного використання паливно-енергетичних ресурсів, важливим є впровадження енергозберігаючого обладнання для технологій електроводонагрівання з метою створення оптимального мікроклімату в тваринницьких приміщеннях.*

Електроводонагрівальні установки широко застосовуються в сільськогосподарському виробництві завдяки їхнім перевагам, основними з яких є: постійна готовність до роботи і виключення використання котелень зі спеціальними приміщеннями для котлів і сховищ палива, транспортування палива і золи; можливість повної автоматизації процесів нагрівання; поліпшення санітарно-гігієнічних умов обслуговуючого персоналу; зменшення собівартості теплової енергії і пожежної небезпеки.

Мета роботи – покращання мікроклімату в тваринницьких приміщеннях за рахунок використання електроводонагрівачів.

Аналіз структури витрати електричної енергії на виробництво молока показав, що найбільшу питому вагу в загальних витратах займає енергія, споживана на створення і підтримання оптимального мікроклімату. Її частка знаходиться в межах 34,5-36,8 %. Частка, яка йде на напування і підігрівання води, стоїть на третьому місці та становить 11,2 %. За результатами досліджень пропонується в системах підтримання мікроклімату тваринницьких приміщень з використанням електроводонагрівання та включення до складу технологічного обладнання водонагрівачів типу УАП і індукційних водонагрівачів. Застосування й електроводонагрівання скорочує витрату теплової енергії на підтримання оптимального мікроклімату в тваринницьких приміщеннях на 10-15 %.

Ключові слова: ***електроводонагрівання, мікроклімат, енергозбереження, індукційні водонагрівачі, структура витрат***

Актуальність. Сучасні технології утримання тварин висувають високі вимоги до мікроклімату у тваринницьких приміщеннях, що включає в себе: забезпечення технологічних потреб ферми (витрати теплої води на миття приміщення, молочної

посуди, приготування кормів, охолодження молока тощо) та поліпшення санітарно – гігієнічних умов обслуговуючого персоналу.

На думку вчених, продуктивність тварин на 50-60 % залежить від годівлі, 15-20 % – догляду і на 10-30 % – мікроклімату в тваринницьких приміщеннях. Відхилення параметрів мікроклімату від встановлених норм призводить до скорочення надоїв молока на 10-20 %, приросту живої маси – на 20-33 %, збільшення відходу молодняка до 5-40 %, зменшення несучості курей - на 30-35 %, витрат додаткової кількості кормів, скорочення терміну служби обладнання, машин, будівель, зниження стійкості тварин до захворювань, що і визначає актуальність даних досліджень [1].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Аналіз споживання енергоресурсів за галузями тваринництва показує, що ферми для утримання великої рогатої худоби є основними споживачами енергії в тваринництві (на їх частку припадає 46-51,5 % від загального енергоспоживання в галузі).

1. Структура витрат електричної енергії при виробництві молока на фермах на 200 голів з прив'язним і безприв'язним утриманням

Вид витрат електричної енергії	Технології виробництва молока			
	з прив'язним утриманням тварин		з безприв'язним утриманням тварин	
	витрати енергії, ГДж	частка від загальних енерговитрат,%	витрати енергії, ГДж	частка від загальних енерговитрат,%
Напування тварин	72,9	1,2	72,9	1,2
Доїння	268,1	4,4	608,5	9,9
Підігрів води	717,5	11,9	614,9	10
Первинна обробка молока	259,9	4,3	259,9	4,2
Забезпечення мікроклімату	2221,6	36,8	2129,9	34,5
Прибирання гною	250,5	4,2	180,9	2,9
Приготування кормосумішів	1949,4	32,3	1998,2	32,4
Освітлення	281,3	4,6	285,8	4,6
Інші операції	15,9	0,3	15,9	0,3
Всього	6037,1	100	6166,9	100

Аналіз структури витрат електричної енергії на виробництво молока показав, що найбільшу питому вагу в загальних витратах займає енергія, яка використовується на створення і підтримання оптимального мікроклімату в тваринницьких приміщеннях (табл. 1). Її частка, залежно від технології утримання тварин, знаходиться в межах 34,5-36,8 %, що можна порівняти лише з витратами енергії при приготуванні кормосумішей. Частка, яка йде на напування тварин і підігрівання води, стоїть на третьому місці і становить 11,2 % (таблиця) [1 – 5].

Мета дослідження – покращання мікроклімату в тваринницьких приміщеннях за рахунок використання електроводонагрівання.

Матеріали і методи дослідження. Дослідження з покращання функціонування мікроклімату в тваринницьких приміщеннях здійснювалась на основі аналізу структури витрат електричної енергії на виробництво молока і технічної характеристики електроводонагрівальних установок.

Результати досліджень та їх обговорення. Електроводонагрівальні установки широко застосовуються у сільськогосподарському виробництві завдяки їхнім перевагам, основні з який такі: постійна готовність до роботи і виключення використання вогневих котелень зі спеціальними приміщеннями для котлів і сховищ палива, транспортування палива і золи; можливість повної автоматизації процесів нагрівання; поліпшення санітарно - гігієнічних умов обслуговуючого персоналу; полегшення в розподілі теплоти великими територіями; зменшення собівартості теплової енергії та пожежної небезпеки. Для підігрівання води використовують установки як прямого нагрівання шляхом пропущення електричного струму через воду, так і непрямого – за допомогою теплових електронагрівальних елементів (ТЕНів), а також установок індукційного нагрівання, хоча останні в сільському господарстві використовуються рідко. Переваги прямого електродного нагрівання полягають у простоті пристрою, швидкості нагрівання і високому ККД.

У сільському господарстві для підігрівання води для поїння тварин і технологічних потреб використовують елементні електроводонагрівачі низького тиску — термоси типу УАП (ВЕТ) з місткістю резервуара від 50 до 1600 л, проточні

електроводонагрівачи типу ЕПВ продуктивністю від 80 до 200 л води за 1 год. з температурою нагрівання до 95 °С, ВЕП-600 продуктивністю 600 л теплої води за годину тощо.

Для одержання гарячої води і пари застосовуються електродні котли типів: КЕВ (котел електродний водогрійний), КЕВЗ (із замкнутим контуром) потужністю від 10 до 6000 кВт, ЕПЗ (електродний прямоточний із замкнутим контуром), КЕПР (котел електродний паровий регульований) потужністю 160, 250, 2500 і 5000 кВт, ЕКП (електродний котел паровий) потужністю 100, 300 кВт і вище та інші.

Водонагрівник УАП-800 має два комплекти нагрівальних елементів і може працювати у трьох режимах: форсованому (ввімкнені дві групи електронагрівників), акумуляційному (ввімкнена нижня група нагрівників) і швидкісному (ввімкнена верхня група нагрівників). Електроводонагрівники типу УАП (рис.1) призначені для нагрівання води до 90 °С і виконані у вигляді сталевого звареного резервуара з патрубком для гарячої води. Резервуар теплоізольований скляною ватою і закритий зовнішнім кожухом. Завдяки теплоізоляції температура води знижується дуже повільно. У підвідному водопроводі встановлений зворотній клапан і запірний вентиль. Для нагрівання в УАП 800/0,9-М1 та УАП 1600/0,9-МІ встановлено по два блоки нагрівальних елементів.

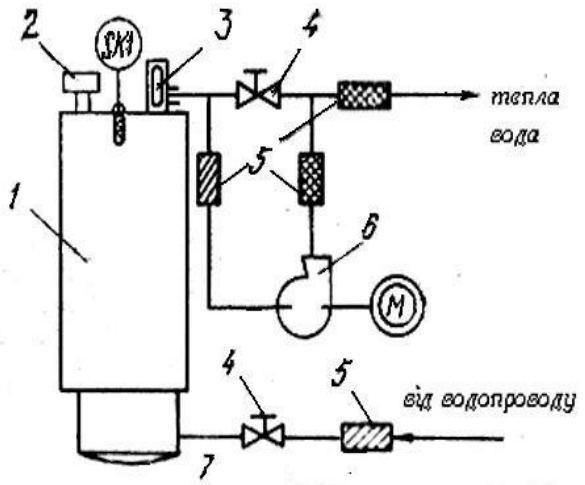

Рис.1. Конструктивно – технологічна схема УАП -800

Схемою автоматизації водонагрівача УАП-800 передбачається підтримання заданої температури води. Водонагрівач складається з проточного нагрівального бака 1 із запобіжним клапаном 2, термометром 3, термодатчиком *SK1* і нагрівального блоку 7. Циркуляція води здійснюється за допомогою насоса 6, що направляє гарячу воду з бака 1. Невикористана в автопоїлках вода повертається до баку 1. Її температура контролюється термодатчиком *SK2,* встановленим у самій холодній зоні системи поїння. Електроустаткування ізолюється від водопроводів ізоляційними вставками - трубками 5. Перекриття водопотоків здійснюється запірними вентилями 4.

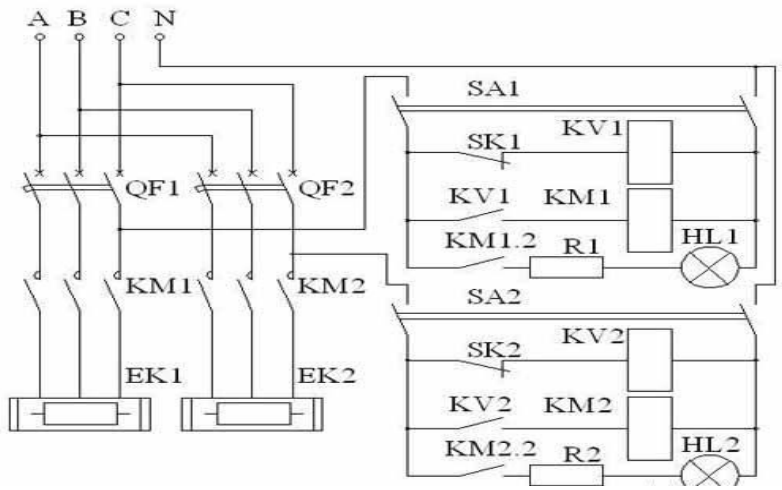

Рис. 2. Принципова електрична схема електрводонагрівника УАП -800

У шафі станції керування (рис.2) встановлений автоматичний вимикач *QF1*, електромагнітні пускачі, пакетні вимикачі *SA1* і *SA2* для вимикання кіл керування. Як датчик температури використовують термореле ТР-200. При подачі напруги на схему за допомогою автомата *QF1*, увімкнутих вимикачах *SA1* і *SA2* та замкнутих контактах проміжних реле *KV1* і *KV2*, вмикаються електромагнітні пускачі *КМ1* і *КМ2*, що подають напругу на нагрівні елементи *ЕК1* і *ЕК2*. Робота нагрівальних елементів передбачена у трьох режимах: форсованому (увімкнені обидві групи нагрівальних елементів); акумуляційному (увімкнена лише нижня група нагрівальних елементів потужністю 12 кВт «Зона І») і швидкісному (ввімкнена лише верхня група нагрівальних елементів потужністю 6 кВт «Зона 2»). Керування

першою групою нагрівальних елементів здійснюється за допомогою термореле *SK1*, а другою — *SK2*.

Індукційний водонагрівач працює завдяки перетворенню електричної енергії в теплову. Таке перетворення досягається за допомогою передачі енергії з первинної обмотки на вторинну за допомогою магнітної індукції. Вторинна обмотка отримує потік енергії, який перетворюється в тепло та передається воді або іншому теплоносію. Завдяки циркуляції води відбувається нагрівання всієї системи опалення. Висока надійність цієї системи пояснюється відсутністю нагрівальної поверхні, яка часто виходить з ладу, а також неможливістю утворення накипу на вторинній обмотці. Останнє пов'язане з тим, що вся система вібрує на високих частотах, просто не даючи накипу осідати. Індукційний проточний нагрівач містить обмотку 1 (рис. 3), яка намотана на немагнітну струмопровідну трубу 2 (наприклад, з нержавіючої сталі), закриту з двох сторін кришками 3 з патрубками 4 для підведення і відведення рідини. Усередині немагнітної труби 2 знаходиться феромагнітна труба 5, герметично закрита, з шихтованим магнітопроводом всередині з електротехнічної сталі 6. Між трубами 2 і 5 є зазор 7 для проходження рідини, що нагрівається в тонкому шарі На внутрішній феромагнітній трубі 5 закріплений датчик температури 8. Обмотки 1 індукційного нагрівача (рис.4) підключаються до мережі А, В, С через симісторний регулятор 9 з блоком фазо імпульсного керування 10, а останній через нуль 11 з датчиком температури 8, які мають тепловий контакт з внутрішньою феромагнітною трубою 5.

Індукційний проточний нагрівач працює так. Електромагнітне поле, створюване кожною з обмоток, пронизує феромагнітну трубу. Немагнітна труба працює як короткозамкнений виток, викликаючи активні втрати по всій довжині. Феромагнітна труба (певної товщини, наприклад, 4-5 мм) для певної напруженості магнітного поля (наприклад, 6000 - 7000 А/м) є напівпрозорою, електромагнітна хвиля може проникнути через товщу труби і порушити в ній вихрові струми і, відповідно, втрати енергії. Але остаточно електромагнітна хвиля не згасає і досягає шихтованого осердя, в якому виникає потік магнітної індукції. Останній створює

вторинну ЕРС у феромагнітної трубі та проявляється в яскраво вираженому поверхневому ефекті та додаткових втратах, які йдуть на нагрівання рідини. Багатошаровий металевий магнітопровід з сердечником з електротехнічної сталі дає змогу отримати поверхневий ефект, що створює рівномірний нагрів труб.

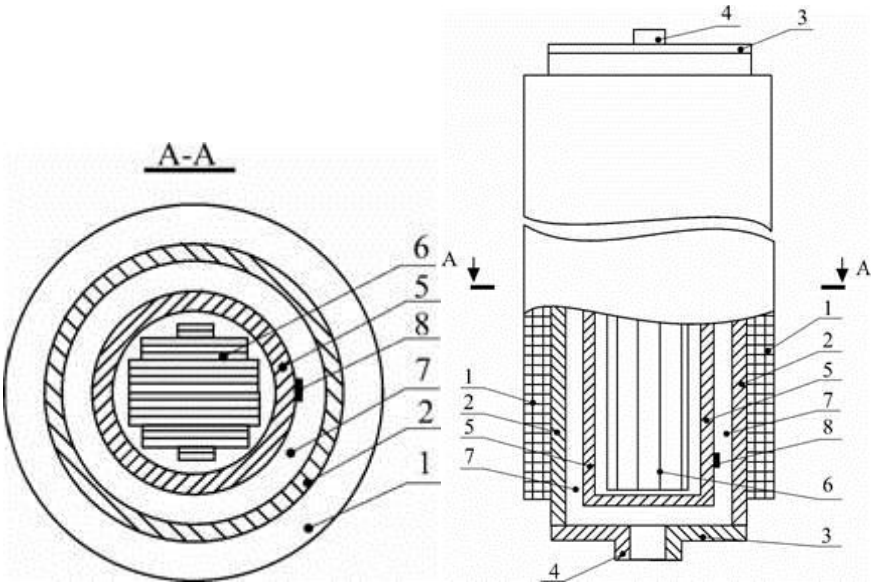

Рис.3. Загальний вигляд однієї фази індукційного нагрівача з частковим подовженим і поперечним перерізом

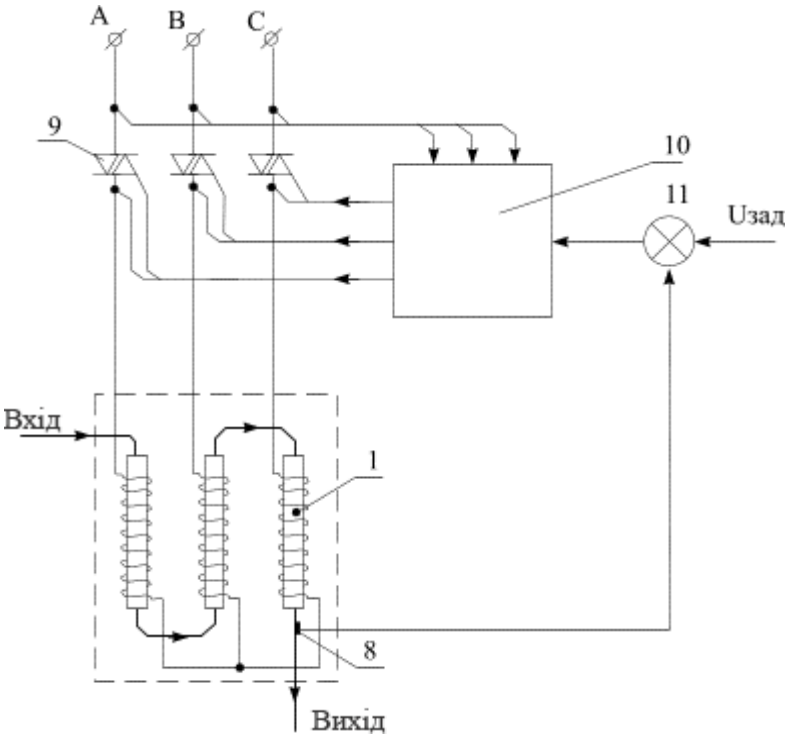

Рис.4. Електрична схема включення нагрівача води з сімісторним регулятором потужності і температури

За результатами експериментальних досліджень [3,4,7] встановлено, що на відміну від елементних нагрівачів у вихрових індукційних нагрівачів (ВІН) відсутнє пряме нагрівання рідини, що дає змогу їм працювати понад 30 років, не втрачаючи своїх технічних показників. Температура нагрівання спіралі ТЕНа – 750°С, що характеризує його пожежонебезпеку. Ресурс елементних нагрівачів близько 9000 год., а при підвищеній жорсткості води і відкладання накипу на ТЕНах товщиною 0,5 мм, термін їх служби скорочується в 10 разів, і як наслідок знижується ККД до 40-50 %. У вихрових індукційних нагрівачах (ВІН) при нагріванні води до 115°С температура індуктора не перевищує 140 °С. Крім того, змінне магнітне поле індуктора не дає елементам, що утворюють накип, осісти на поверхневу площу теплообмінника індуктора. ККД він становить 99 % впродовж всього періоду експлуатації. Як теплоносій у ВІН можуть використовувати будь-яку рідину: воду, антифриз, масло, гліцерин і т.п. Теплоносій необхідно міняти 1 раз за 10 років. Ресурс роботи ВІН понад 30 років.

Кількість теплоти, підведеної до тіла, в нашому випадку до 100 г води для підігрівання її від 0 до 45 °С (температура найбільш характерна для виконання технологічних процесів у тваринницьких приміщеннях, таких як миття приміщення, кліток, молочної посудини, на поліпшення санітарно – гігієнічних умов обслуговуючого персоналу), визначається за формулою (1) і графічно зображена на рис. 5

$$Q = C\, m\, \Delta t, \tag{1}$$

де Q – кількість підведеної теплоти, кДж; С – теплоємність води, 4200 Дж / кг* °С; m – кількість речовини, кг; Δt – діапазон нагрівання, 0°С

Зв’язок між потужністю нагрівача та кількістю підведеної теплоти за певний час визначають за формулою:

$$N = Q/\tau, \tag{2}$$

де N – потужність нагрівача, Вт; τ – заданий час нагрівання, с.

Наприклад, для підігрівання на тваринницькій фермі 100 г води за 60 с від від 0 до 40 ° С потрібен нагрівач потужністю 280 Вт.

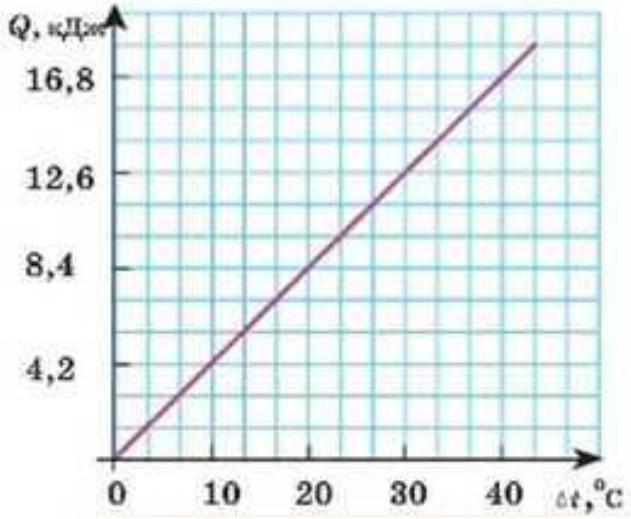

Рис.5. Фізичний процес нагрівання 100 г води від 0 °С до 45°С

Висновки і перспективи. Аналіз структури витрати електричної енергії на виробництво молока показав, що найбільшу питому вагу в загальних витратах займає енергія, споживана на створення і підтримання оптимального мікроклімату. Її частка знаходиться в межах 34,5-36,8 %. Частка, яка йде на напування і підігрівання води, стоїть на третьому місці та становить 11,2 %. За результатами досліджень пропонується в системах підтримання мікроклімату тваринницьких приміщень з використанням електроводонагрівання і включення до складу технологічного обладнання водонагрівачів типу УАП та індукційних водонагрівачів. Застосування технологій електроводонагрівання скорочує витрату теплової енергії на підтримання оптимального мікроклімату в тваринницьких приміщеннях на 10-15 %.

Список літератури

1. Мишуров, Н.П. Энергосберегающее оборудование для обеспечения микроклимата в животноводческих помещениях: науковий аналітичний огляд / Н.П Мишуров, Т.Н., Кузьмин. – Москва, 2004. – 40 с.

2. Амерханов Р.А. Решение задачи воздухообмена в животноводческом помещении: / Р. А. Амерханов, К. А. Гарькавый, И. В. Шевчук // Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве. Тр. 3-й Международной научно-

технической конференции (14-15 мая 2003 г., Москва, ГНУВИЭСХ). Ч. 3. Энергосберегающие технологии в животноводстве и стационарной энергетике. – М.: ГНУ ВИЭСХ, 2003. – 380 – 385.с.

3. Ахундов Д.С. Микроклимат животноводческих помещений и энергосбережение /Д.Н. Мурусидзе, А.И. Ерохина, А.И Чугунок, А.М. Зайцев // Механизация и электрификация сельского хазяйства. –. 1997..: – . № 12. – С. 9-13.

4. Електропривід сільськогосподарських машин, агрегатів та потокових ліній / Є. Л. Джулай, Б. В. Зайцев. Ю. М. Лавріненко та ін.– К.: Виша освіта. 2001.– 284 с.

5.. Бородин И. Ф. Энергосберегающие технологи формирования оптимального микроклимата в животноводческих помещениях: / И. Ф. Бородин, С.П Рудобашта, В.А., Самарин, Г.Н Самарин // Технологическое и техническое обеспечение производства продукции животноводства. Науч. тр. ВИМ. – 2002. – Т. 142, ч. 2. - С. 113-115

6. Регульований електропривод. Теорія. Моделювання / І.М. Голодний, Ю.М. Лавриненко, М.В. Синявський та ін. – К.: Виша освіта. 2011.– 511 с/

7. Описание и принцип работы ВИН. URL: https://www.fsenergo.com/Stati/VIN/208/ (дата звернення 10.07.2019).

References

1. Mishurov, N.P. Kuzmin, T.N. (2004) Energosberegayushhee oborudovany`e dlya obespecheny`ya my`krokly`mata v zhy`votnovodchesky`x pomeshheny`yax [Energy-saving equipment to ensure the microclimate in livestock buildings: science-based analytic look]. Moskow. 40.

2. Amerkhanov, R.A., Garkavy, K.A., Shevchuk, I.V. (2003) Resheny`e zadachy` vozduxoobmena v zhy`votnovodcheskom pomeshheny`y`: Эnergoobespecheny`e y` эnergosberezheny`e v sel`skom xozyajstve [The solution of the air exchange problem in the livestock building: Energy supply and energy saving in agriculture. Tr. 3rd International Scientific and Technical Conference]. Moskva. GNU VIESH. . 380 – 385.

3. Akhundov, D.S. (1997) My`krokly`mat zhy`votnovodchesky`x pomeshheny`j y` эnergosberezheny`e [Microclimate of livestock buildings and energy saving]. 12. 9-13.

4. Zhuly, E. L., Zaitsev,. B. V., Lavrinenko, Yu. M. (2001) Elektropryvid silskohospodarskykh mashyn, ahrehativ ta potokovykh linii [Electric drive for agricultural machines, aggregates and flow lines].. Kyiv: Vysha osvita, 284.

5. Borodin, I.F., (2002) Эnergosberegayushhy`e texnology` formy`rovany`ya opty`mal`nogo my`krokly`mata v zhy`votnovodchesky`x pomeshheny`yax [Energy-saving technologies for the formation of an optimal microclimate in livestock buildings]: Scientific tr. VIM. 142, (2), 113–115.

6. Golodniy, I.M., Lavrinenko, Yu.M., Sinyavsky, M. V.. (2011) Rehulovanyi elektropryvod. Teoriia. Modeliuvannia [Adjustable electric drive. Theory. Modeling]. Kyiv: Vysha osvita, 511.

7. Opisanie i printsip rabotyi VIN [Description and VIN principle of operation].Availabie at: https://www.fsenergo.com/Stati/VIN/208/ (date of treatment 10.07.2019).

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛГИЙ ЭЛЕКТРОВОДОНАГРЕВА ДЛЯ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ПОМЕЩЕНИЙ

В. Е. Василенков, Я И.Заблоцкий

Аннотация. *В общем комплексе задач по экономии и эффективном использовании топливно - энергетических ресурсов одним из важных направлений является внедрение энергосберегающего оборудования для технологий электроводонагрева при создании микроклимата в животноводческих помещениях. Электроводонагреваюшие установки широко применяются в сельскохозяйственном производстве благодаря их преимуществам, основные из которых следующие: постоянная готовность к работе и исключение использования огневых котельных со специальными помещениями для котлов и хранилищ топлива, транспортировки топлива и золы; возможность полной автоматизации процессов нагрева; улучшение санитарно - гигиенических условий обслуживающего персонала; уменьшение себестоимости тепловой энергии и пожарной опасности.*

Цель работы - улучшение функционирования микроклимата в животноводческих помещениях за счет использования технологий электроводонагрева.

Анализ структуры расхода электрической энергии на производство молока показал, что наибольший удельный вес в общих затратах занимает энергия, потребляемая на создание и поддержание оптимального микроклимата. Ее доля находится в пределах 34,5-36,8 %. Доля, которая идет на поение и подогрев воды, стоит на третьем месте и составляет 11,2 %.

По результатам исследований предлагается в системах поддержания микроклимата животноводческих помещений использование электроводонагрева и включать в качестве технологического оборудования водонагреватели типа УАП и индукционные водонагреватели. Применение электроводонагрева сокращает расход тепловой энергии на поддержание оптимального микроклимата в животноводческих помещениях на 10 -15 %.

Ключевые слова: ***электроводонагрев, микроклимат, энергосбережение, индукционные водонагреватели, структура расходов***

RESEARCH OF TECHNOLOGY OF ELECTRIC HYDROGENERATION FOR ANIMAL HOUSES

V. Vasilenkov, Ya. Zabotsky

Abstract. *One of the important directions in saving and efficient use of fuel and energy resources is the introduction of energy saving equipment for electro-water heating technologies in creating a microclimate in livestock buildings. Electro-heating devices are widely used in agricultural production due to their advantages, the main ones are: constant readiness for action and the elimination of the use of fire boilers with special rooms for boilers and fuel storage, transportation of fuel and ash; possibility of full automation of heating processes; improvement of sanitary and hygienic conditions of service personnel; reduction of the cost price of thermal energy and fire danger.*

The purpose of the work is to improve the functioning of the microclimate in livestock buildings through the use of electro-water heating technologies.

Analysis of the structure of the consumption of electric energy for milk production showed that the greatest share in total costs is the energy consumed to create and maintain an optimal microclimate. Its share is in the range of 34.5-36.8 %. The share that goes on singing and heating the water, stands in the third place and is 11.2 %.

According to the results of researches, it is proposed to use the technologies of electric water heating in systems of maintenance of microclimate of livestock buildings and to include as process equipment water heaters of type УАП and induction water heaters. The use of electric water heating technology reduces the consumption of heat energy to maintain an optimal microclimate in livestock buildings by 10 -15 %.

Key words: ***electric heating, microclimate, energy saving, induction water heaters, cost structure***