



ОРИЩЕНКО ИРИНА ВИКТОРОВНА

**ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ И РЕЖИМОВ РАБОТЫ
ГРУППОВОЙ АВТОПОИЛКИ ДЛЯ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА**

Специальность 05.20.01. – Технологии и средства механизации
сельского хозяйства

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Зерноград – 2012

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Азово-Черноморская государственная агроинженерная академия»

Научный руководитель: кандидат технических наук, доцент
Таран Елена Александровна

Официальные оппоненты: **Краснов Иван Николаевич**
доктор технических наук, профессор
(ФГБОУ ВПО АЧГАА, профессор кафедры)

Марченко Виктор Иванович
кандидат технических наук, доцент
(ФГБОУ ВПО Ставропольский ГАУ,
заведующий кафедрой)

Ведущая организация: **ФГБОУ ВПО Кубанский государственный университет** (г. Краснодар)

Защита состоится «28» декабря 2012 года в 13³⁰ часов на заседании диссертационного совета ДМ 220.001.01, созданного при ФГБОУ ВПО «Азово-Черноморская государственная агроинженерная академия», по адресу: 347740, г. Зерноград Ростовской области, ул. Ленина, 21 (зал заседаний диссертационного совета).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВПО АЧГАА.

Автореферат разослан «28» ноября 2012 г.

Ученый секретарь диссертационного совета

доктор технических наук,

профессор



Н.И. Шабанов

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. В сельскохозяйственном производстве важная роль отводится животноводству. Эта отрасль дает человеку ценные продукты питания, а также сырье для промышленности.

Увеличить количество и повысить качество животноводческой продукции, поднять производительность труда можно при соблюдении всех требований к выполнению технологических процессов и эффективной их механизации.

Значительную роль в содержании крупного рогатого скота и его продуктивности занимает вода. Она выполняет важную роль во всех биологических процессах, протекающих в организме животных.

Обеспечение бесперебойного поения качественной питьевой водой крупного рогатого скота позволяет без дополнительных затрат повысить продуктивность животных, снизить расход кормов.

Разработка новых технологий и оборудования для поения должна быть направлена на снижение затрат электроэнергии, рост производительности труда, снижение издержек производства и себестоимости животноводческой продукции, достижение устойчивости роста производства продукции животноводства в современных условиях хозяйствования.

В совершенствовании средств автопоения имеются резервы для дальнейшего исследования, и это направление остается актуальным.

Цель диссертационной работы – обоснование параметров и режимов работы групповой автопоилки для крупного рогатого скота, обеспечивающей улучшение качественных показателей процесса поения.

Объект исследования – процесс автопоения животных при их групповом обслуживании.

Предмет исследования – закономерности поения крупного рогатого скота из групповой автопоилки и качественные показатели процесса автопоения.

Методы исследования. В работе использованы теоретические и экспериментальные методы исследования процесса циркуляции воды в автопоилке с использованием положений теории теплообмена, массообмена и теплотехники, гидродинамики, методов математической статистики и математического моделирования.

Научную новизну результатов исследований составляют:

- математическая модель автопоилки по последовательности поступления, ожидания и обслуживания животных;
- регрессионная модель зависимости скорости циркуляции воды в групповой автопоилке от параметров водовыпускных патрубков;
- параметры и режимы работы автопоилки с термосифонной системой

подогрева воды;

- зависимость тепловых потерь от параметров теплоизоляции боковой стенки автопоилки.

Практическую значимость имеют:

- конструктивная схема групповой автопоилки с термосифонной циркуляцией воды;

- регрессионная модель, позволяющая определить эффективность использования циркуляции воды в экспериментальной групповой автопоилке по критериям улучшения обслуживания животных согласно зоотехническим требованиям и обеспечить снижение энергозатрат на подогрев воды в холодный период года;

- снижение тепловых потерь в усовершенствованной групповой автопоилке за счет применения в качестве утепления чередования труб с вакуумом и избыточным давлением;

- методика инженерного расчета основных параметров и режимов работы автопоилки.

На защиту выносятся:

- закономерности выбора зоны водопойной площадки у поилки с учетом экстерьера животного;

- блок-схема последовательности поступления и ожидания обслуживания животных групповой автопоилкой;

- регрессионное уравнение зависимости скорости циркуляции воды в экспериментальной групповой автопоилке в зависимости от угла наклона и угла среза перфорированных по высоте патрубков подачи воды в поилку;

- параметры и режимы работы усовершенствованной групповой автопоилки;

- уравнение теплового баланса при использовании термосифонной системы подогрева воды в экспериментальной групповой автопоилке.

Реализация результатов работы. Результаты исследований использованы в учебном процессе ФГБОУ ВПО АЧГАА и в СПК «им. Карла Маркса» Яшалтинского района Республики Калмыкия.

Апробация работы и публикации. Основные положения диссертации доложены и одобрены на научно-практических конференциях по итогам НИР ФГБОУ ВПО АЧГАА (Зерноград, 2009–2011гг.), на I-м туре конкурса «Умник 2011» и «Умник 2012» в рамках научно-практического семинара молодых ученых «Инновационное развитие АПК». По результатам исследований опубликовано 5 статей, в том числе 1 статья в издании, рекомендованном ВАК, а также получен патент на изобретение.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, 5 глав, общих выводов, библиографического списка, включающего 149 наименований, в том числе 13 иностранных авторов. Основное содержание работы изложено на 162 страницах компьютерного текста, включая 16 таблиц, 78 рисунков и приложения.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы, изложены цель и задачи исследований, сформулированы научная и рабочая гипотезы, дано краткое содержание работы, научная новизна и практическая значимость полученных результатов, а также основные научные положения, выносимые на защиту. Приведены сведения о внедрении результатов исследований, апробации, публикациях, структуре и объеме работы.

В первой главе «*Современное состояние технических средств и теории процесса потребления воды*» описана значимость процесса потребления воды на животноводческих фермах, выполнен анализ исследований процесса потребления воды и поения животных при групповом обслуживании.

Исходя из изложенного, сформулирована **научная гипотеза** работы: «*Улучшение качества процесса автопоения крупного рогатого скота при максимальном отборе воды из групповой поилки возможно за счет обеспечения термосифонной циркуляции воды по объему поильной чаши и снижения тепловых потерь*».

Анализ способов интенсификации процесса термосифонной циркуляции воды в групповой автопоилке позволил оценить перспективность применения для этих целей наклонных и срезанных под определенным углом перфорированных по высоте патрубков подачи в поилку воды. Изложенные предпосылки дали возможность сформулировать **рабочую гипотезу**: «*Обеспечение термосифонной циркуляции воды по объему поильной чаши можно достичь за счет оборудования ее водовыпускными патрубками, имеющими определенные углы наклона и среза в зоне выхода воды, а снижение тепловых потерь – за счет применения в качестве утеплителя чередования труб с вакуумом и избыточным давлением*».

На основании научной и рабочей гипотез необходимо решить **следующие задачи**:

- разработать блок-схему операций и последовательности потребления воды животными;
- изучить характер взаимодействия животных с автопоилкой и разработать предложения по усовершенствованию конструкции групповой автопоилки;
- обосновать основные параметры и режимы работы групповой автопоилки для крупного рогатого скота;

– проверить в производственных условиях усовершенствованную групповую автопоилку с термосифонной циркуляцией воды и определить экономическую эффективность ее использования.

Во второй главе «Исследование процесса работы групповой автопоилки» приведены теоретические предпосылки влияния скорости термосифонной циркуляции воды в групповой автопоилке в зависимости от параметров патрубков подачи воды в поилку, получена математическая модель групповой автопоилки, обосновано необходимое число поильных мест у автопоилки, дан анализ температурного режима в ней.

На первом этапе разработана блок-схема последовательности потребления воды животными из групповой автопоилки (рисунок 1).

Блок-схема отражает последовательность действий животного в процессе потребления воды и состояния групповой автопоилки как обслуживающей системы. Она состоит из блока ввода исходной информации, блока моделирования случайных чисел очередных временных интервалов подхода животного к поилке и длительности его обслуживания, автоматических блоков для вычисления характеристик обслуживания животных и текущих параметров автопоилки, а также логических блоков достоверности события.

В процессе моделирования заданы следующие данные: PM – продолжительность моделирования; M – число обслуживаемых животных; M_s – число моделируемых суток; t_i – интервал времени между подходами животного, с; τ_i – длительность разового потребления воды животными, с; i – интенсивность отбора воды животными, л/с; TM – текущее время моделирования, с; TO_i – временные моменты поступления животного на обслуживание или его окончание; M_i – число подходов животных на обслуживание; Q_i – текущее значение потребления воды животными, л; A – возникновение очереди в зоне потребления воды животными.

Полученная математическая модель процесса учитывает последовательность, интенсивность и длительность потребления воды животными, что позволило обосновать геометрические параметры групповой автопоилки.

Полный поток поступления животных к автопоилке и убывания ее имеет вид ступенчатой линии, каждая ступенька которой позволяет пребывание и уход еще одного элемента потока (нового животного).

Животные, поступившие к групповой автопоилке, потребляют воду параллельно или последовательно друг за другом. Этот процесс характеризуется временем потребления, объемом потребляемой воды и распределением потребления воды в течение суток (рисунок 2).

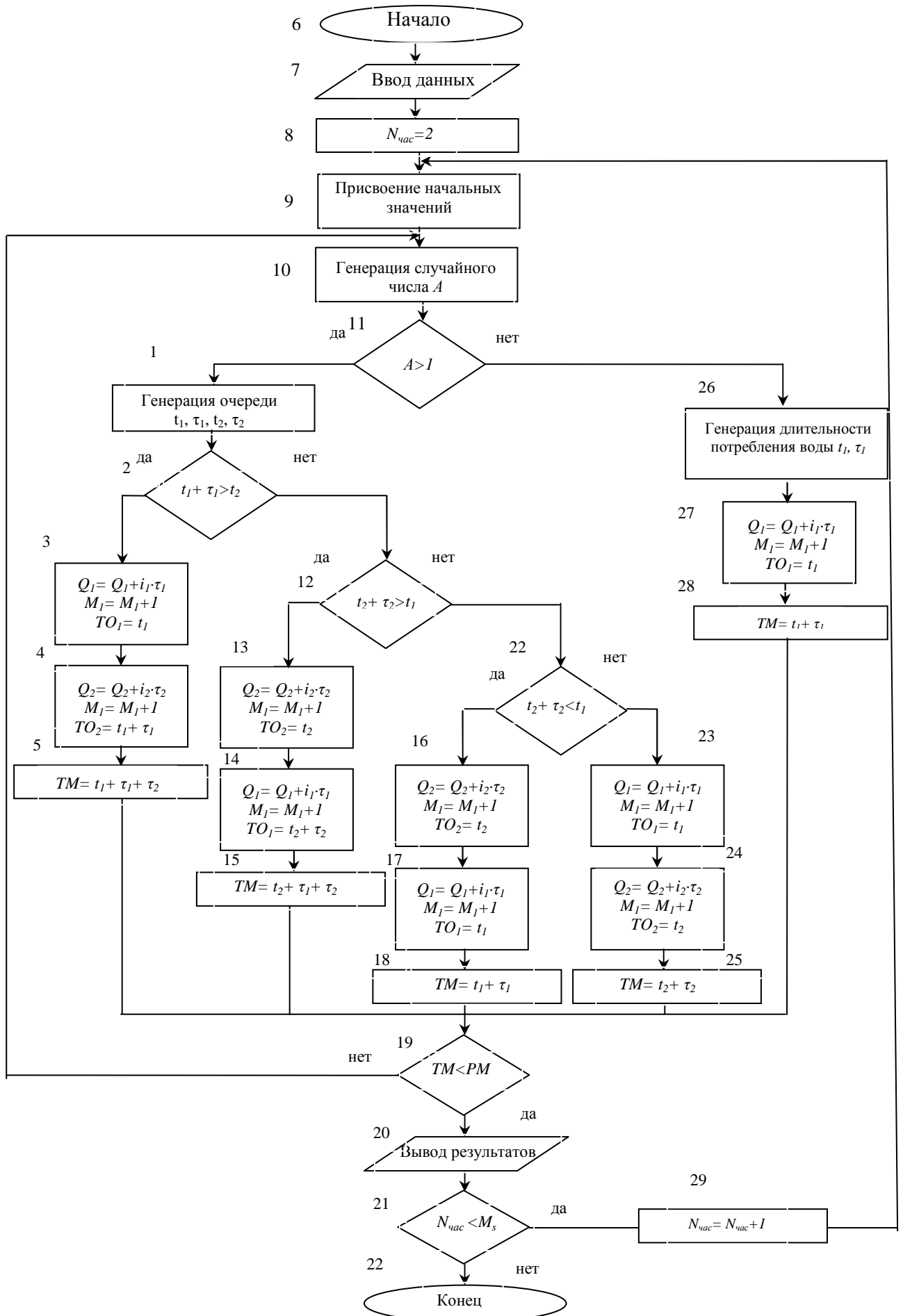
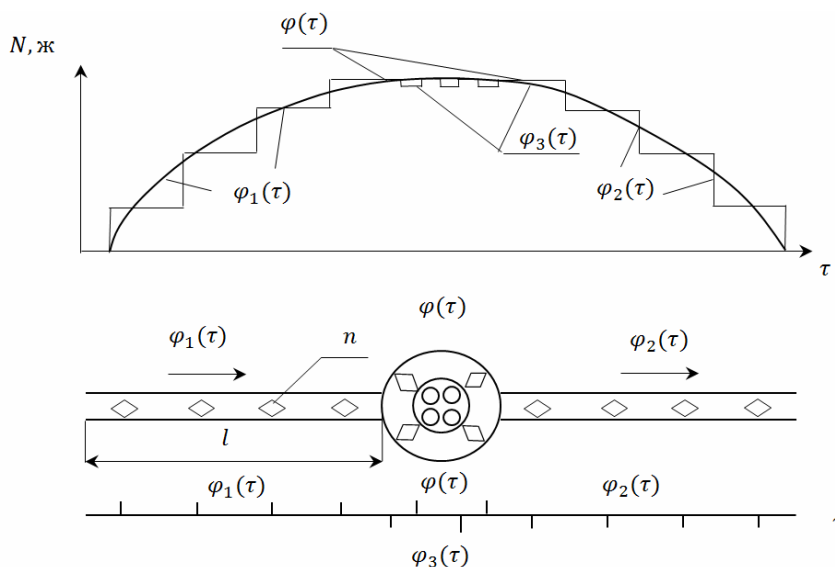


Рисунок 1 – Блок-схема последовательности поступления, ожидания и обслуживания животных



$\varphi_1(\tau)$ – текущий поток животных, поступающих к автопоилке; $\varphi_2(\tau)$ – текущий поток животных, убывающих от автопоилки; $\varphi_3(\tau)$ – текущий поток животных, необслуживаемых автопоилкой; $\varphi(\tau)$ – текущий поток животных, обслуживаемый автопоилкой; τ – временной параметр; n – количество животных, направляющихся в зону потребления воды; N – количество животных; l – длина пути движения животных к автопоилке

Рисунок 2 – Текущие потоки поступления и убывания животных от групповой автопоилки

По длине пути движения к поилке животные распределяются согласно закону Пуассона. Вероятность нахождения на пути l движения к поилке (n) животных определяется по формуле

$$P_n = \frac{(\lambda \cdot l)^n}{n} \cdot l^{-\lambda l}, \quad (1)$$

где λ – среднее число животных, приходящихся на отрезок пути l .

Распределение животных, поступающих к групповой автопоилке, рассмотрим относительно временного показателя. Вероятность нахождения n животных, поступающих к поилке за отрезок времени τ , определяется по формуле

$$P_n(\tau) = \frac{(\lambda \cdot \tau)^n}{n} \cdot l^{-\lambda \tau}. \quad (2)$$

Длительность разового потребления является также случайной величиной. В этом случае возможное время ожидания животного в очереди представлено следующей зависимостью:

$$P(T_{ож} \geq t) = (1 - \alpha) \cdot E(t) + \alpha \cdot l^{\frac{1-\alpha}{s}} \cdot t^{-\alpha}, \quad (3)$$

где $T_{ож}$ – продолжительность ожидания животного в очереди, с; t – показатель временной оси; α – приведенная плотность потока подачи, т.е. среднее количество животных, поступающих к автопоилке в течение времени потребляемой воды одним животным, $\alpha = \lambda_n \cdot s$; λ_n – среднее количество животных, поступающих к поилке в единицу времени; $E(t)$ – специальная функция

($E(t)=1$ при $t=0$; $E(t)=0$ при $t>0$); $s=1/\beta$ – средняя продолжительность водопотребления одним животным; β – параметр экспоненциальной кривой.

Расчетное число поильных мест для животных, размещаемых у автопоилки, не может с достаточной точностью характеризовать ее конструктивные параметры, а также фронт поения и параметры водопойной площадки. Необходимо знать параметры экстерьера животных и закономерности взаимодействия их с автопоилкой в процессе потребления воды. Одно из требований к конструкции автопоилки – это возможность быстрой адаптации животных.

При проведении промеров крупного рогатого скота выявлены основные параметры экстерьера, влияющие на конструктивные особенности групповой автопоилки и размеры водопойной площадки.

Максимальное использование фронта поения и оптимальные условия поения могут быть обеспечены при термосифонной циркуляции воды в групповой автопоилке с боковой стенкой цилиндрической формы.

Площадка сектора (рисунок 3), занимаемая животным у поилки при потреблении воды, в этом случае может характеризоваться общей длиной туловища животного при максимальном его повороте, что исключает приоритет одного из животных, потребляющих воду при диаметрально противоположном их расположении. При этом обеспечивается максимальный коэффициент загрузки автопоилки.

Радиус активной зоны водопойной площадки определяется по формуле

$$R_{\text{вод.пл.}} = a_{15} + \frac{a(\operatorname{tg} \delta + 2\sqrt{2})}{2 \cdot \operatorname{tg} \delta}, \quad (4)$$

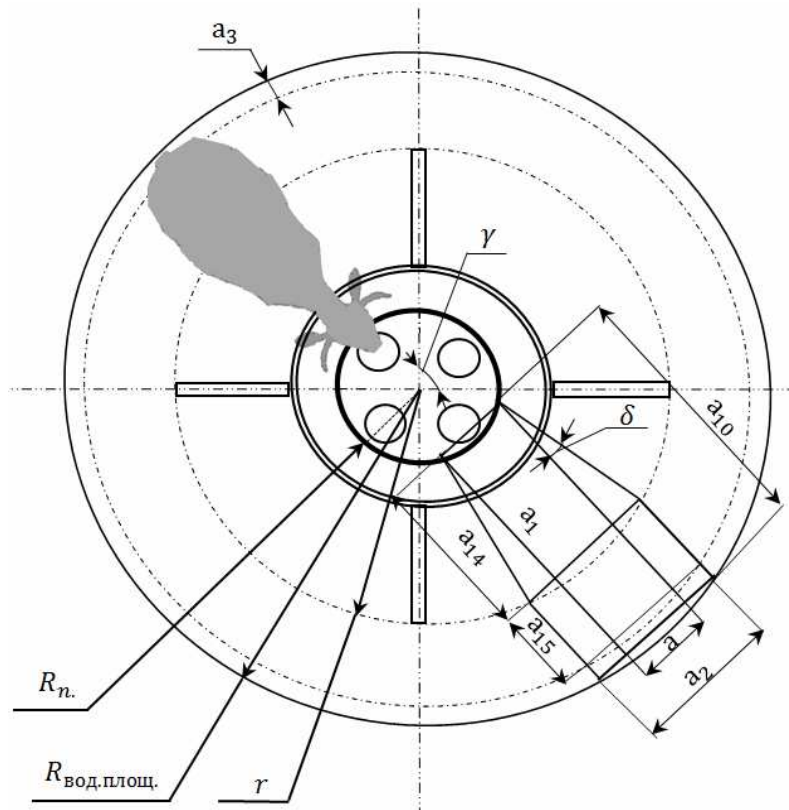
где a – размер головы по выступающим частям (рогам), м; a_{15} – длина от самой широкой части животного до хвоста, м; δ – угол, характеризующий сектор размещения животного, град.

Длина рабочей зоны площадки, приходящаяся на одно животное в зависимости от степени свободных движений при подходе к водопойной площадке и потреблении воды животным, может быть определена по формуле

$$L_{\text{пл.}} = \pi \cdot a + \frac{(a_{15} + \frac{a(\operatorname{tg} \delta + 2\sqrt{2})}{2 \cdot \operatorname{tg} \delta} - a_3)}{180^\circ}, \quad (5)$$

где a_3 – расстояние от задней ноги до хвоста животного, м.

В вопросе обеспечения животных водой, согласно зоотехнических требований, важен оптимальный подбор параметров поильной чаши и обеспечение термосифонной циркуляции воды в ней.



- a_1 – длина от головы до самой широкой части животного, м;
 a_2 – ширина туловища животного, м; a_{10} – длина животного, м;
 a_{14} – расстояние от выступающих частей головы до максимальной ширины туловища животного во фронтальной проекции, м

Рисунок 3 – Схема расположения животного на водопойной площадке

Термосифонная циркуляция представляет собой полностью или частично замкнутую систему, заполненную жидкостью, которая циркулирует в ней под действием сил термической конвекции.

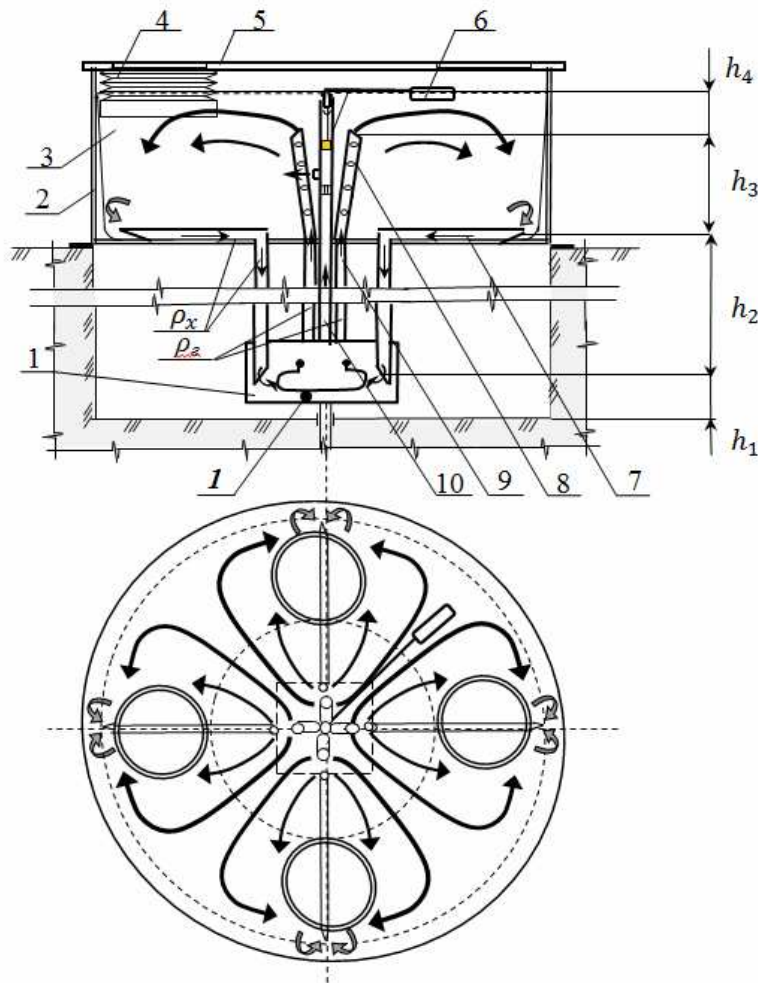
Схема групповой автопоилки с термосифонной циркуляцией воды представлена на рисунке 4.

Система автопоения с естественной циркуляцией воды проста в эксплуатации, надежна и не требует дополнительных затрат энергии для циркуляции воды.

Основной движущей силой процесса здесь является циркуляционное давление $P_{ц}$, которое определяется разностью гравитационных давлений столбов охлажденной ρ_x и подогретой воды ρ_x , зависящих от геометрических параметров групповой автопоилки:

$$P_{ц} = P_n - P_n = g(\rho_x - \rho_x)(h_2 + h_3), \text{ Па/м}, \quad (6)$$

где ρ_x – плотность охлажденной воды (при $t \leq 8^\circ\text{C}$), кг/м^3 ; ρ_x – плотность подогретой воды, кг/м^3 ; $h_1; h_2; h_3; h_4$ – высоты столба жидкости по рисунку 4, м.



- 1 – нагревательный блок;
- 2 – корпус;
- 3 – поильная чаша;
- 4 – водопойный стакан;
- 5 – крышка;
- 6 – клапанно-поплавковый механизм;
- 7 – обратный патрубок;
- 8 – распределительные перфорированные патрубки;
- 9 – прямые патрубки;
- 10 – вводный трубопровод

Рисунок 4 – Схема поилки с термосифонной циркуляцией воды

Для интенсификации процесса термосифонной циркуляции воды целесообразно осуществить наклон перфорированных патрубков от вертикальной оси поильной чаши под углом α и его углом среза β (рисунок 5).

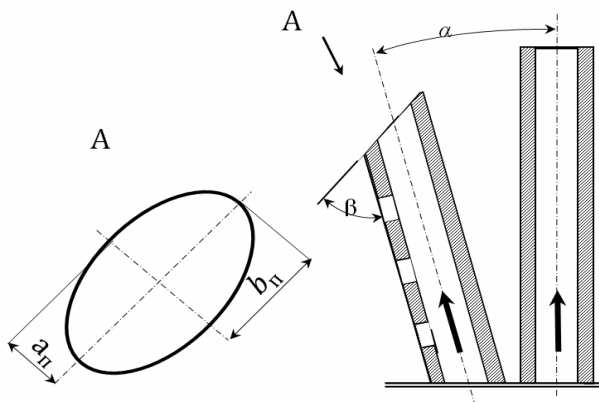


Рисунок 5 – Схема вводного трубопровода с наклонным перфорированным патрубком и углом среза водовыпускного его отверстия

Скорость циркуляции воды также зависит от создаваемого циркуляционного давления и может быть определена при известном $P_{ц}$ по формуле

$$v = k_{г.п.} \cdot \sqrt{2g \cdot \frac{P_{ц}}{\rho_{ср.}}}, \quad (7)$$

где $k_{г.п.}$ – коэффициент, учитывающий гидравлические потери; $\rho_{ср.}$ – средняя плотность воды, кг/м³.

При изменении угла среза площадь сечения у водовыпуска меняется, следо-

вательно, скорость термосифонной циркуляции также изменяется и определяется по формуле

$$v = \frac{4G_{ц}}{\pi \cdot a_{п} \cdot b_{п}}, \quad (8)$$

где $G_{ц}$ – циркуляционный расход, м³/ч;

$a_{п}$ и $b_{п}$ – полуоси эллипса плоскости среза патрубка.

После преобразований она имеет вид:

$$v = \frac{8G_{ц} \cdot \sin \beta}{\pi \cdot d^2}, \quad (9)$$

где d – диаметр циркуляционного трубопровода, м.

В холодный период года максимальные тепловые потери происходят через боковые стенки групповой автопоилки. Для снижения тепловых потерь конструкцию боковой стенки автопоилки предложено выполнить в виде многослойной стенки, включающей в себя теплоизолирующую воздушную прослойку с применением труб, наполненных вакуумом и избыточным давлением (рисунок 6).

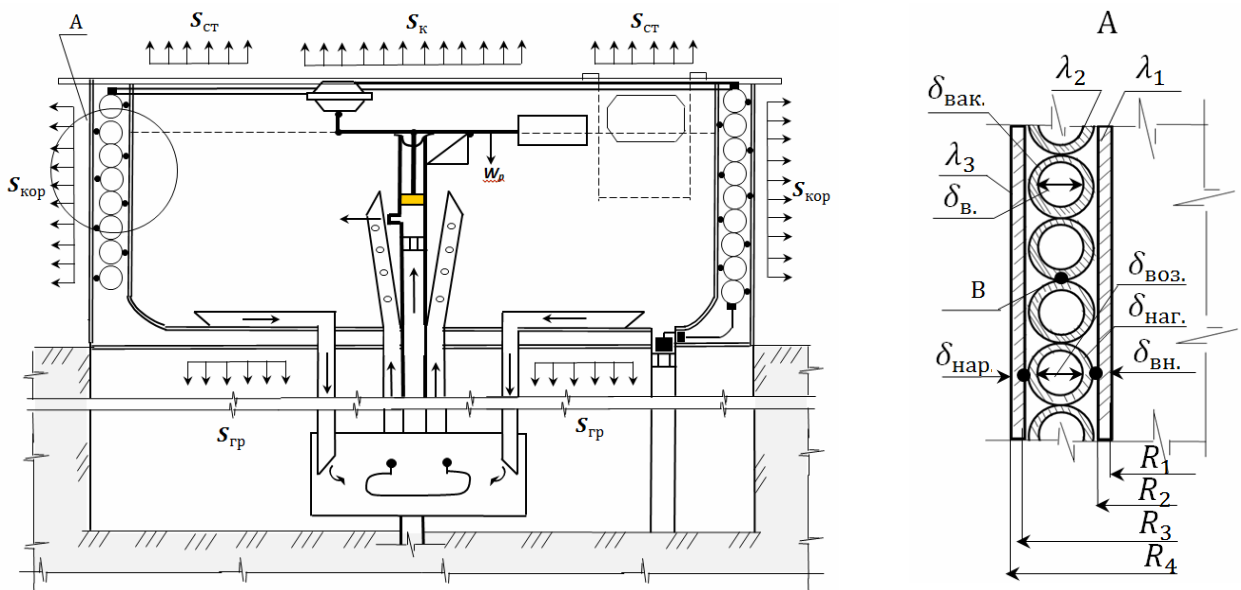


Рисунок 6 – Схема групповой автопоилки экспериментального исполнения с трубчатой теплоизоляцией

Количество тепла, передаваемое на подогрев и поддержание заданной температуры воды, определяется по формуле:

$$dS_{н.бл.} = dS_{кор.} + dS_{к.} + dS_{ст.} + dS_{гр.} + dS_{жив.}, \quad (10)$$

где $dS_{н.бл.}$ – количество тепла, передаваемого на подогрев и поддержание заданной температуры в нагревательном блоке; $dS_{кор.}$ – теплопотери через боковые стенки автопоилки, Вт; $dS_{к.}$ – теплопотери через крышку автопоилки, Вт; $dS_{ст.}$ – теплопотери через водопойный стакан, Вт; $dS_{гр.}$ – теплопотери в грунт, Вт; $dS_{жив.}$ – количество тепла, забираемого с водой животными при поении.

Тепловые потери через боковую стенку экспериментальной групповой автопоилки (рисунок 6) составят:

$$dS_{\text{кор.}} = \frac{2\pi h \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{в.п}})}{\frac{1}{\lambda_1} \ln \frac{R_1 + 0,002}{R_1} + \frac{1}{\lambda_2} \ln \frac{R_1 + D_{\text{воз.}} + 0,002}{R_1 + 0,002} + \frac{1}{\lambda_3} \ln \frac{R_1 + D_{\text{воз.}} + 0,004}{R_1 + D_{\text{воз.}} + 0,002}}, \quad (11)$$

где h – высота поильной чаши, м; $t_{\text{в}}$ – температура воды в поильной чаше ($t_{\text{в}} = 8 \dots 18^\circ\text{C}$); $t_{\text{в.п}}$ – температура воды на выгульной площадке ($t_{\text{в.п}} = 21 \dots 10^\circ\text{C}$); λ_1, λ_3 – коэффициенты теплопроводности внутренней и наружной стенок, Вт/м·°C; λ_2 – коэффициент теплопроводности внутренней сложной прослойки, Вт/м·°C; R_1 – внутренний и внешние радиусы утепленных прослоек, м.

В третьей главе «Методика экспериментальных исследований групповой автоматической поилки с термосифонной системой циркуляции воды» сформированы цель экспериментальных исследований, осуществлен выбор факторов для проведения исследований. Описана конструкция используемой экспериментальной установки, контрольно-измерительные приборы, дан план, методика проведения исследований и программное обеспечение.

В качестве независимых факторов приняты угол α наклона от вертикальной оси патрубка подачи воды; угол β его среза; разность температур Δt в нагревательном блоке и поильной чаше, уровень воды в поильной чаше $H_{\text{п.ч.}}$, длина патрубков $l_{\text{п.}}$, диаметр их $d_{\text{п.}}$ и температура воды в поильной чаше $t_{\text{п.ч.}}$.

В качестве функции отклика принята скорость циркуляции воды в экспериментальной групповой автопоилке.

Для проведения экспериментов разработана и изготовлена опытная установка, оборудованная необходимыми контролирующими приборами и принято программное обеспечение. Опыты проведены по плану Бокса-Бенкина.

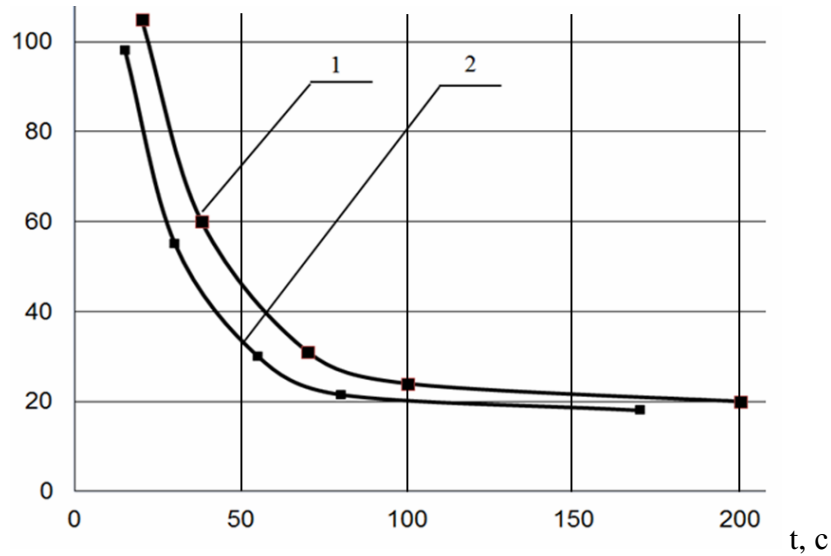
Измерение температуры воды в поилке и в нагревательном блоке проводились контролером температуры воды «Gefran 600». Данные в автоматическом режиме записывались в файл и обрабатывались с использованием прикладного программного обеспечения Matlab.

В четвёртой главе «Анализ экспериментальных данных по исследованию процесса работы групповой автопоилки» приведены результаты обработки экспериментальных данных скорости циркуляции воды в усовершенствованной групповой автопоилке.

Статистическая обработка результатов интенсивности подхода животных к групповой автопоилке подтверждает ранее полученные А.А. Поцелуевым, И.В. Назаровым, Е.А. Таран данные. Интенсивность подходов животных к поилке характеризуется нормальным законом распределения.

Характер распределения интервалов между подходами животных к групповой автопоилке представлен на рисунке 7.

N, сл



1 – для КРС в зимний период; 2 – для КРС в летний период

Рисунок 7 – Распределение временных интервалов между подходами животных к групповым автопоилкам

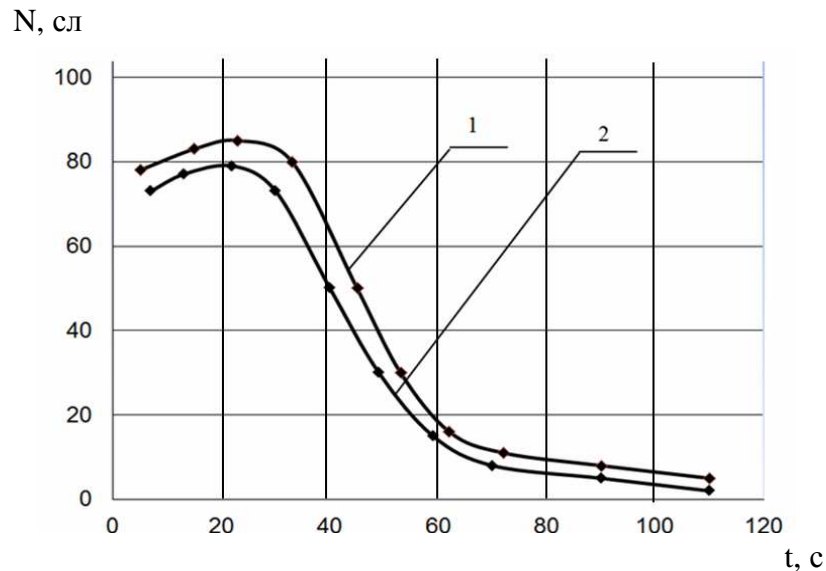
Длительность адаптации животных к конструктивным элементам экспериментальной групповой автопоилки составляет 1...5 секунд, что меньше, чем при адаптации их к существующим конструкциям поилок.

Период активного потребления воды зависит от вида и физиологического состояния животных, периода года и температуры окружающей среды, рациона кормления и температуры воды в групповой автопоилке, а также количества животных в технологической группе. Длительность потребления воды животными из групповой автопоилки подчиняется законам распределения Вейбулла, нормальному и экспоненциальному с вероятностями 0,93...0,97 (рисунок 8).

Исследованиями установлено, что длительность разового потребления животными зависит от периода года и температуры окружающей среды и в среднем составляет 43...48 секунд.

Установлена продолжительность времени нахождения животных на водопойной площадке и ожидания их обслуживания групповой автопоилкой в зависимости от интенсивности подхода животных, длительности потребления воды, численности технологической группы КРС и периода года (рисунок 9).

Тепловой баланс в экспериментальной групповой автопоилке определялся как суммарные тепловые потери в зависимости от температурных параметров окружающей среды.

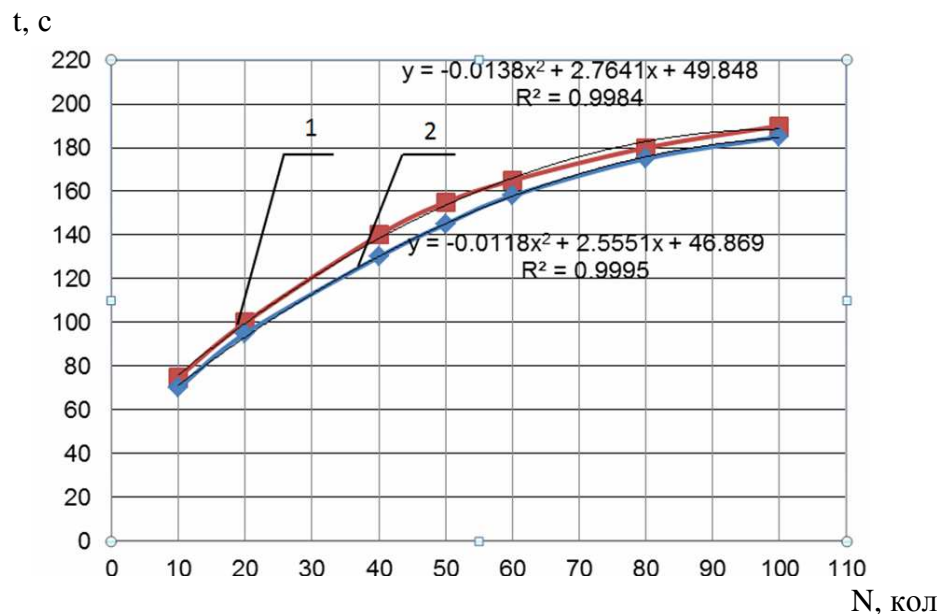


1 – для КРС в летний период; 2 – для КРС в зимний период

Рисунок 8 – График распределения длительности потребления воды животными

Исследованиями установлено, что основные потери тепла происходят через корпус автопоилки. При определении теплового баланса одновременно проводились сравнительные исследования серийной и экспериментальной поилок.

Потери тепла в групповой автопоилке в стационарном режиме тесно зависят от температуры окружающего воздуха. Установлено, что теплоизоляция поилки, расположенная между ее корпусом и поильной чашей, чередующихся труб с вакуумом и избыточным давлением, позволяет снизить в среднем потери тепла на 19%.



1 – теплый период года; 2 – холодный период года

Рисунок 9 – График длительности ожидания обслуживания животных в зависимости от численности поголовья технологической группы

После проведения отсевающего эксперимента были выбраны значимые факторы, влияющие на скорость термосифонной циркуляции воды (таблица 1).

Таблица 1 – Факторы и уровни их варьирования в плане по определению скорости циркуляции воды в автопоилке

№ п/п	Фактор	Диапазон варьирования		
		+1	0	-1
1	Угол α наклона патрубка от вертикальной оси, град	15	10	5
		30	25	5
2	Угол β среза патрубка, град	45	40	30
		55	50	45
3	Разность температур в нагревательном блоке и поильной чаше $\Delta t, ^\circ\text{C}$	7	5	3
4	Уровень воды в поильной чаше $H_{\text{п.ч}}, \text{м}$	180	150	120

В результате многофакторного эксперимента по определению скорости термосифонной циркуляции воды получено следующее уравнение регрессии:

$$v_{\text{ц}} = -27,0604 + 38,4387 \alpha + 91,8918 \beta - 3,0324 \Delta t + 73,2000 H_{\text{п.ч}} + 14,0361 \alpha\beta - 2,5434 \beta\Delta t + 7,7417 \Delta t H_{\text{п.ч}} - 69,0804 \alpha^2 - 52,1048 \beta^2 - 0,1848 \Delta t^2 - 28,7053 H_{\text{п.ч}}^2 \quad (12)$$

При доверительной вероятности 95% статистическая значимость коэффициентов регрессии уравнения (12) определялась по критерию Стьюдента. Все коэффициенты, представленные в модели, значимы. По критерию Фишера определена адекватность модели.

Для визуальной оценки влияния углов наклона патрубка от вертикальной оси и угла его у водовыпуска на скорость гравитационной циркуляции воды в поильной чаше полученные регрессионные зависимости представлены в виде графиков на рисунках 10...11.

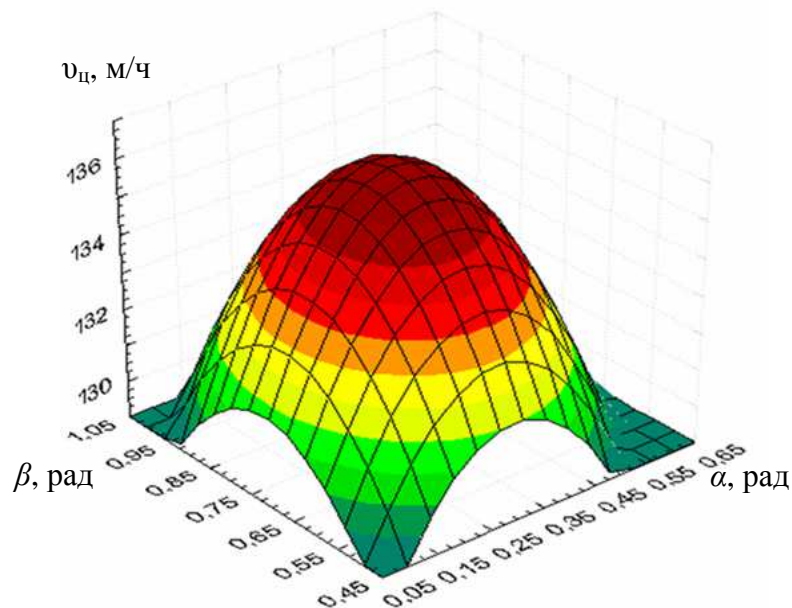


Рисунок 10 – График поверхности $v_{\text{ц}} = f(\alpha, \beta)$ при $\Delta t = 8^\circ$, $H_{\text{п.ч}} = 0,18 \text{ м}$

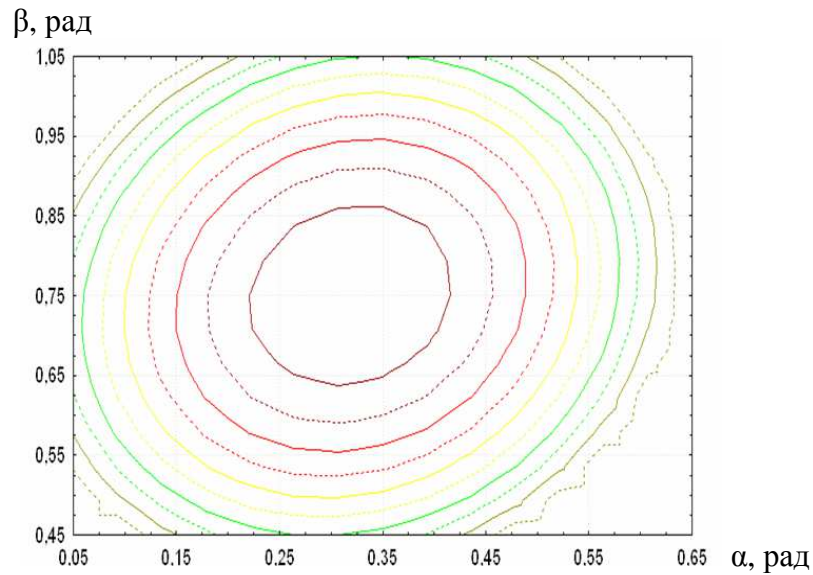


Рисунок 11 – Контурный график поверхности $v_u = f(\alpha, \beta)$ при $\Delta t = 8^\circ$, $H_{п.ч} = 0,18$ м

На основании рисунков 10, 11 установлено, что скорость циркуляции воды в групповой поилке зависит от угла наклона водовыпускного перфорированного патрубка α , угла его среза у водовыпускного отверстия патрубка β , разности температур Δt и уровня воды в поильной чаше $H_{п.ч}$. Максимальный отбор воды животными из экспериментальной групповой автопоилки при увеличенной скорости ее термосифонной циркуляции и нагреве может быть обеспечен при угле их наклона $\alpha = 15^\circ \dots 25^\circ$ и угле среза $\beta = 40^\circ \dots 50^\circ$.

В пятой главе «Экономическая эффективность применения экспериментальной групповой автопоилки для крупного рогатого скота» приведена оценка экономической эффективности использования в поилке наклонных перфорированных по высоте патрубков с определенным углом среза и применение утепления чередующихся труб с вакуумом и избыточным давлением. Установлено, что суммарные капиталовложения в систему с предлагаемой групповой автопоилкой составят около 15000 рублей, а в серийную технологию на базе групповой поилки АГК–4А – 19000 рублей. Трудоемкость процесса поения при этом снижается на 16,7%, а эксплуатационные затраты на – 15,19%. Годовой экономический эффект от внедрения предлагаемой групповой автопоилки может составить около 9000 рублей при сроке окупаемости 2,48 года.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. Проведенный анализ процесса работы групповых автопоилок показал, что существующие поилки не обеспечивают заданную температуру воды ($8^\circ \dots 18^\circ\text{C}$) при максимальном ее отборе животными. Предложенная кон-

струкция групповой автопоилки с термосифонной системой подогрева воды, оборудованной наклонными водовыпускными патрубками, срезанными под определенным углом, позволяет обеспечить поение животных согласно зоотехническим требованиям.

2. Для определения последовательности поступления и ожидания животных, в процессе потребления воды, разработана блок-схема. Она позволила определить режимные и геометрические параметры поилки как обслуживающей системы.

3. Интенсивность поступления животных к групповой автопоилке, длительность их обслуживания подчиняются законам распределения Вейбулла, нормальному и экспоненциальному с вероятностями 0,93...0,97 при средней длительности потребления воды для крупного рогатого скота 43...48 сек.

4. В групповой автопоилке с термосифонной системой циркуляции воды определены оптимальные конструктивные и режимные параметры: нагревательный блок, размещенный на расстоянии 0,51...0,7 м от днища поильной чаши; диаметр циркуляционного трубопровода 0,022 м; водовыпускные перфорированные по высоте патрубки отверстиями диаметром 0,008...0,01 м; угол наклона парубков $\alpha = 15^\circ \dots 25^\circ$ и угол их среза $\beta = 40^\circ \dots 50^\circ$. При этом скорость циркуляции должна быть в пределах 0,034...0,037 м/с.

5. Для снижения тепловых потерь групповую автопоилку целесообразно оборудовать теплоизоляцией в виде чередования труб, расчетным диаметром 0,07 м, с вакуумом и избыточным давлением. Поддержание заданного температурного режима обеспечивает нагревательный элемент мощностью 0,8 кВт.

6. Экспериментальная групповая автопоилка с термосифонной системой циркуляции воды, имеющая 4 поильных окна (в расчете на 100 голов крупного рогатого скота), обеспечивает требуемый по зоотехническим нормам температурный режим питьевой воды, снижает расход электрической энергии на 19,7% и на 16,7% уменьшает трудоемкость на ее обслуживание. Это обеспечивает получение годового эффекта около 9000 рублей на одну автопоилку при сроке окупаемости 2,48 года.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

– *в изданиях, рекомендованных ВАК РФ:*

1. Орищенко, И.В. Регрессионная модель зависимости гравитационной циркуляции воды в экспериментальной групповой автоматической поилке / И.В. Орищенко, Е.А. Таран // Научный журнал КубГАУ [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2012. – № 79(05).

– *в сборниках научных трудов и научно-практических журналах:*

2. Орищенко, И.В. Анализ классификации средств автопоения с позиции их безопасности / Е.А. Таран, И.В. Орищенко // Безопасность и экология технологических процессов и производств. – п. Персиановский, 2010. – С. 94–97.

3. Орищенко, И.В. Опасные и вредные факторы при обслуживании средств автопоения для крупного и мелкого рогатого скота / Е.А. Таран, И.В. Орищенко // Безопасность и экология технологических процессов и производств. – п. Персиановский, 2010. – С. 91–94.
4. Орищенко, И.В. Конструктивные элементы групповой автопоилки, влияющие на скорость гравитационной циркуляции воды / Е.А. Таран, И.В. Орищенко // Вестник аграрной науки Дона. – зерноград: ФГБОУ ВПО АЧГАА, 2011. – № 4 (16). – С. 49–54.
5. Орищенко, И.В. Классификация систем автопоения / И.В. Орищенко // Технологии и средства повышения надежности машин в АПК: сборник научных трудов. – Вып.7. – зерноград: ФГБОУ ВПО АЧГАА, 2011. – С.65–68.
6. Решение ФИПС по выдаче патента на изобретение «Групповая автопоилка» по заявке №2011 134986/13 от 01.11.2012 года.

ЛР 65-13 от 15.02.99. Подписано в печать 26.11.2012.
Формат 60×84/16. Уч.-изд. л. 1,0. Тираж 100 экз. Заказ № 438

РИО ФГБОУ ВПО АЧГАА
347740, зерноград Ростовской области, ул. Советская, 15.