



**ЭНЕРГИЯ ТЕЖАМКОР ТЕХНОЛОГИЯЛАР ВА ҚУРИЛМАЛАР/
ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ И УСТАНОВКИ/ ENERGY
SAVING TECHNOLOGIES AND INSTALLATIONS**

**ОПТИМИЗАЦИЯ МОЩНОСТЕЙ СИСТЕМ МИКРОКЛИМАТА В ГЕЛИОТЕПЛИЦЫ
- ЖИВОТНОВОДЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА**

Б.Э. Хайриддинов¹, Ш.Х. Эргашев², Ж.Т. Абдурахимов²

¹Каришский государственный университет

²Каришский инженерно-экономический институт

Аннотация. В статье приведены результаты анализа состояния оптимизация мощностей микроклимата в гелиотеплицы-животноводческого комплекса и средств энергообеспечения продукции животноводства, показатели энергозатраты и энергоёмкости производства динамика системы солнечного отопления гелиотеплицы-животноводческих помещений с подпочвенного аккумулятора тепла. Показана роль и место децентрализованных систем энергоснабжения помещения животноводства, основанных на базе использования местных и возобновляемых энергоресурсов. Важным направлением развития сельской энергетика является реализация биоэнергетических систему в качественное технологичное биотопливо. Разработана физической модель теплопереноса через подпочвенный аккумулятор, тепло с оптимизацией температуры приточного воздуха в системах микроклимата. Представлены инновационные разработки в различных технологиях производства животноводческой продукции а также системах энергообеспечения.

Ключевые слова: Оптимизация, энергообеспечения, аккумулятор, энергозатраты, мощностей, энергоёмкость.

Abstract. The article presents the results of the analysis of the state of optimization of the microclimate capacities in the solar greenhouse-livestock complex and the means of energy supply for livestock products, indicators of energy consumption, and energy intensity of production dynamics of the solar heating system of the solar greenhouse-livestock buildings from a subsoil heat accumulator. The role and place of decentralized energy supply systems for animal husbandry premises, based on the use of local and renewable energy resources, is shown. An important direction in the development of rural energy is the implementation of bioenergy systems into high-quality technological biofuels. Development of a physical model of heat transfer through a subsoil accumulator, heat with optimization of the supply air temperature in microclimate systems. Innovative developments in various livestock production technologies as well as energy supply systems are presented.

Keywords: Optimization, energy supply, battery, energy consumption, capacities, energy intensity.

Обеспечение требуемого микроклимат в современных животноводческих комплексах связано со значительными энергетическими затратами их удельный вес в себестоимости, например, 1 т крупного рогатного скота достигает 10% [1,2]. Для поддержания оптимального микроклимата в комплексе на 100 крупного рогатного скота при действующих нормах солнечного коллектора воздухообмена зимой требуется 20...32 ГЭж теплоты, что эквивалента 3...7 тыс. кВт.

Атомных животноводческих помещение с поголовным 80...100 коров на подогрев приточного воздуха зимой расходуется до 36% тепловой энергии, потребляемой за год а на привод вентиляторов-до 50% годового потребления электроэнергии [3]. Мощность





подпочвенного аккумулятора тепла гелиотеплиц животноводческих комплексов с дополнительного обогрева биогазом на 100 коров в подсобном хозяйстве Муборакнефтьгаз при воздухообмене с подпочвенным аккумулятором тепла зимний период принят согласно ОНТП-1-97, составляет около 360 кВт [4].

Теоретические и экспериментальные исследования и многолетняя производственная проверка различных систем микроклимата позволили нам установить, что завышение мощностей воздухоподогревателей обусловлено необоснованно высоким зимним воздухообменом, который не соответствует оптимальному значению, необходимому для поддержания нормируемой влажности воздуха в помещении при заданной температуре. Еще одна причина, по нашему мнению, кроется в нерациональном конструктивном построении самих систем микроклимата. При отсутствии регулируемого обводного канала в системах с водяными калориферами температуру приточного воздуха после калорифера принимают положительной в течение всего периода отрицательных наружных температур, а это противоречит условию теплового баланса животноводческих помещений, в которых значительное количество теплоты выделяется животными (а помещениях для откорма крупного рогатого скота).

Расчет воздухообмена для зимнего периода по известному уровню влажностного баланса не вызывает сомнений, однако исходное расчетное значение влаги, выделяемой в помещениях, завышено, по нашему мнению, а 1,5...2 раза, а это и приводит к необоснованному увеличению воздухообмена.

При данных [5], влаговыделение одной коровы массой 500 кг при температуре внутреннего воздуха $t_{в} = 10^{\circ}\text{C}$ и влажности $\phi_{в} = 75\%$, составляет 400 г/ч. При расчетной наружной температуре -30°C воздухообмена для этих условий составил бы 75 кг/ч на одно животное, или $52,5 \text{ м}^3/\text{ч}$, что соответствует $10,5 \text{ м}^3/\text{ч}$ на 100 кг живой массы. Однако в ГДР считают, что влажность, равная 75%, в помещении обеспечивается при воздухообмене 8,8...9,6 $\text{м}^3/\text{ч}$ на 100 кг массы при наружных температурах -15°C , т.е. при более высоком абсолютном влагосодержании наружного воздуха.

Сейчас в различных странах принимают неодинаковые значения минимального воздухообмена, приходящегося на 100 кг живой массы. Так, в Голландии для ферм крупного рогатого скота он принят равным $10 \text{ м}^3/\text{ч}$ на 100 кг массы [6], в Швеции-9,6, в ФРГ-13...15 [7], в США-10,8[6,7], в нашей стране -17...20[8]; для ферм этот показатель в ФРГ принимают равным 15...16,8.

Методы исследования. Общая мировая тенденция развития животноводческих помещений требования к энергетическому режиму выражается нормированием численных значений некоторых принятых характеризовать температурно-влажностного режима помещений для содержания животных. В этих помещениях в течение земного периода года требуется поддерживать заданную температуру внутреннего воздуха $t_{в}$ относительную влажность $\phi_{в}$.

Неотъемлемой частью системы солнечного отопления гелиотеплиц животноводческих помещений является подпочвенный аккумулятор тепла.

При проектировании и строительстве гелиотеплиц- животноводческих помещений с подпочвенным аккумулятором тепла решающую роль имеет правильный выбор мощности аккумулятора для обеспечения разработанной методике. Последнее следует осуществлять с учетом приварительного расчёта имеющего неоднородную структуру. Так как теплопроводность представляет собой слой грунта, неоднородную структуру. Нами разработана физическая модель теплопереноса через подпочвенный аккумулятор, заложенный в субстрат в зависимости от температуры воды протекающей с постоянной скоростью в цилиндрической трубе. В этой целью рассматривается математическая модель системы отопления и разработанной физическую модель, представляющую собой предложенную в субстрате вокруг трубу подпочвенного аккумулятора тепла.

Современные зоотехнические требования к содержанию животных, сводятся в основном к поддержанию внутри помещения нормируемых параметров микроклимата, к





которым относятся температура, относительная влажность и подвижность воздуха, концентрации газов и вредных частиц (микробы, пыль, и т.д.), которые не только отрицательно воздействуют на организм животных, но и ухудшают производственно - технологическую обстановку, приводя к преждевременному выводу из строя зданий, сооружений и технологического оборудования, кроме того, являются взрывоопасными и представляют собой источник зарядов электричества.

Микроклимат животноводческого помещения – это сочетание физических, химических и биологических факторов, создается, прежде все го, за счет постоянного воздухообмена, заключающегося в непрерывной подаче свежего воздуха и удалении загрязненного, а также отопления животноводческого помещения при необходимости поддержания температурного режима. Главной причиной в формировании микро климата в животноводческом помещении является система вентиляции, которая обеспечивает требуемый воздухообмен и расчетные параметры воздуха в животноводческом помещении.

Теоретически воздухообмен зимой должен изменяться в зависимости от абсолютного влагосодержания наружного воздуха (чтобы обеспечить постоянство относительной влажности воздуха в помещении). Как видно из рис. 1, оптимизация воздухообмена позволяет ограничить его значения 10 ... 12 м³/ч на 100 кг живой массы в период низких наружных температур t_n .

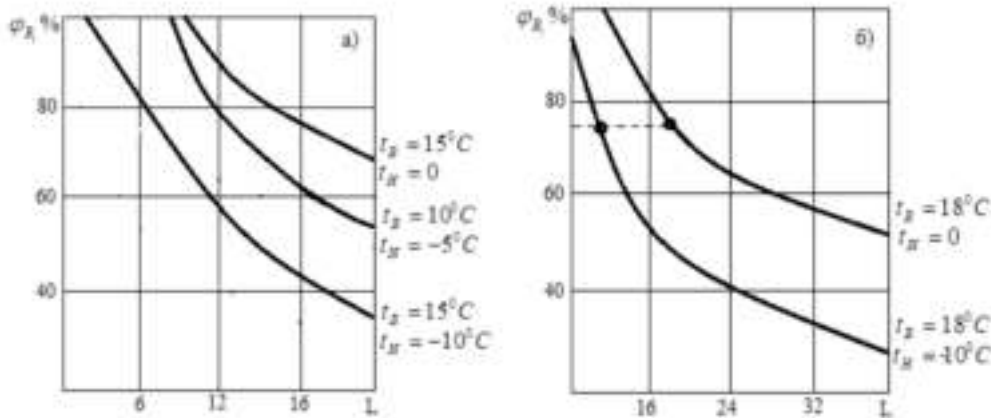


Рис. 1. Теоретическая зависимость относительной влажности воздуха в помещении от воздухообмена L (м³/ч на 100 кг живой массы) для ферм крупного рогатого скота (а) и (б) молодянка

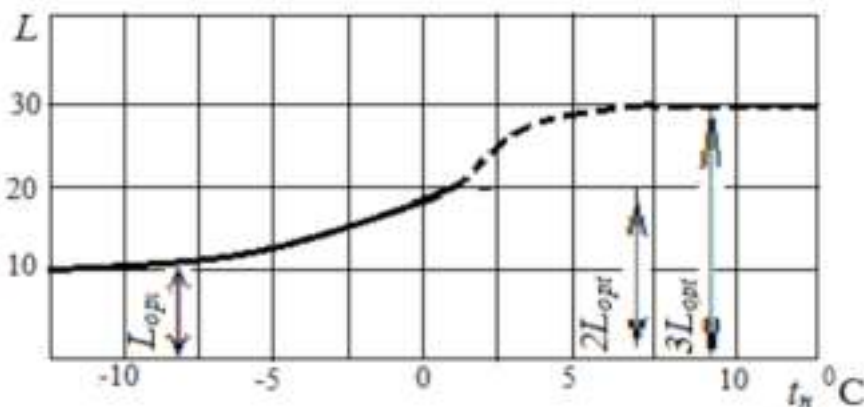


Рис. 2. Теоретическая зависимость оптимального воздухообмена L (м³/ч на 100 кг живой массы) от температуры t_n наружного воздуха





При этом можно утверждать, что для указанных минимальных воздухообменов относительная влажность воздуха в помещении не будет превышать 75 % при заданных температурах внутреннего воздуха. Для t_a близких к нулю, обеспечить нормируемую влажность воздуха в помещении при заданной t_d можно, только увеличив воздухообмен до 16 ... 18 m^3/h на 100 кг массы. Поэтому совершенно не обосновано мнение, что в коровниках можно обеспечить влажность воздуха 65 ... 75 % при $t_d = 10^\circ C$ и воздухообмене 2,5 ... 3 m^3/h [10]. По результатам наших исследований в натуральных условиях различных животноводческих помещений в фермерском хозяйстве при Муборокнефтигаз МЧЖ (молочные фермы на 10 животных, фермы по откорму крупного рогатого скота на 100 голов, репродукторный комплекс на 12 тыс. поросят в год, свиноводческие маточники на 60, 80 подсосных маток, свиноводческие откормочники на 1000 ... 1200 поросят), воздухообмен в зависимости от температуры наружного воздуха не необходимо изменять в соответствии с рис. 2. На основании кривых рис. 1 и 2 можно утверждать, что оптимизация зимних воздухообменов — основной фактор, позволяющий снизить энергоемкость систем микроклимата (потери теплоты с удаляемым воздухом могут в несколько раз пре восходить потери сквозь ограждающие конструкции). Для количественной оценки изменения дефицита теплоты в различных животноводческих помещениях в зависимости от воздухообмена построены расчетные кривые (рис. 3). Как видно из рис. 3, дефицит теплоты Q_D для расчетной наружной температуры $-10^\circ C$ резко возрастает с увеличением воздухообмена. При необоснованно заложенном воздухообмене обеспечить требуемый температурный режим в помещении можно, только увеличив мощность воздухоподогревателей в 2 ... 5 раз по сравнению с оптимальной.

Оптимизация воздухообмена в холодный период самым тесным образом связана с оптимизацией температуры приточного воздуха в системах микроклимата. По сложившейся традиции в совмещенных системах вентиляции с водяными калориферами (когда весь приточный воздух пропускается через калорифер), температуру приточного воздуха всегда принимают положительной, чтобы не заморозить калорифер [8]. Однако это справедливо лишь для помещений, в которых теплота, выделяемая животными (репродукторные свиноводческие, телятники первого периода выращивания), незначительна.

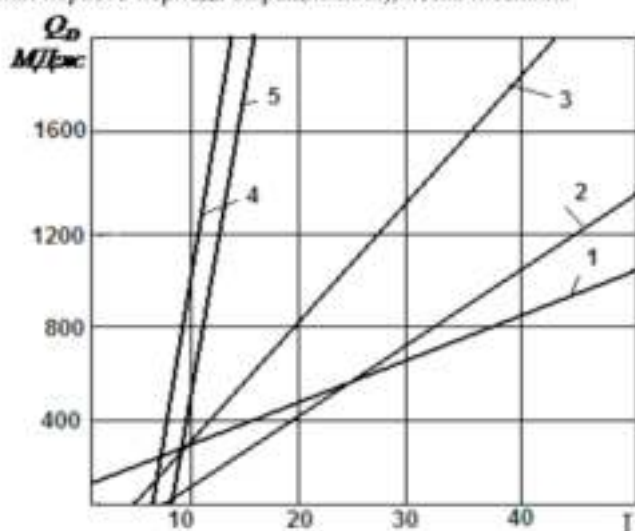


Рис. 3. Зависимость дефицита теплоты Q_D в различных животноводческих помещениях от зимнего воздухообмена: 1 – молодяк; 2 – молодяк откормочник на 10 голов; 3 – молочная ферма на 100 голов; 4 и 5 – фермы откорма крупного рогатого скота на 100 голов.





В других же помещениях тепловыделения животных гораздо больше, поэтому температура приточного воздуха может быть не выше, чем в помещении, и иметь отрицательные значения. На рис. 4 показаны теоретические зависимости температуры и приточного воздуха от воздухообмена при наружной температуре – а с для некоторых типовых помещений. При уменьшении воздухообмена температура приточного воздуха снижается и может перейти в область значений (в случае больших избытков теплоты). Это позволяет подавать требуемое количество приточного воздуха с частичным подогревом сего его в калорифере, например от -15°C до -10°C .

Для помещений с малыми тепловыделениями животных оптимизация воздухообмена приводит к росту t_a , она может превышать температуру воздуха внутри помещения. Могут встречаться и промежуточные случаи, когда в начальный период приточный воздух имеет отрицательную температуру, а при достижении t_a расчетного значения его необходимо подогревать в калорифере до положительных температур.

Характер изменения t_a в зависимости от наружной температуры t_a при оптимальном воздухообмене представлен на рис. 5.

Для помещений с малыми тепловыделениями приточный воздух необходимо подогревать уже при положительных наружных температурах ($3 \dots 5^{\circ}\text{C}$), и t_a достигает $30 \dots 40^{\circ}\text{C}$ при $t_a = -10^{\circ}\text{C}$ в телятниках начального периода выращивания. По значению и знаку избыточной теплоты $Q_a = Q_{от} - Q_{отр}$ ($Q_{от}$ – теплота, выделяемая животными и подпочвенным аккумулятором тепла, $Q_{отр}$ – теряемая сквозь ограждающие конструкции) все животноводческие помещения можно разделить на три группы: в первой $Q_a > 0, t_a < t_a$ во второй $Q_a = 0, t_a = t_a$, и в третьей $Q_a < 0, t_a > t_a$.

Температуру приточного воздуха можно рассчитать для каждого значения наружной температуры и воздухообмена [9]:

$$t_a = t_a - \Delta t = t_a - \frac{Q_a - Q_{от}}{L_{вп}c} = t_a - \frac{\pm Q_a}{L_{вп}c}$$

где $\Delta t = \pm Q_a / (L_{вп}c)$ – степень возможного подогрева приточного воздуха внутри помещения благодаря ассимиляции Q_a ; c – теплоемкость воздуха; $L_{вп}$ – воздухообмен.

На основании разработанного нами графоаналитического метода расчета совмещенных вентиляционно-отопительных систем подпочвенного аккумулятором тепла для животноводческих помещений построена обобщенная номограмма (рис. 4), с помощью ко торой можно определить температуру приточного воздуха для принятого воздухообмена.

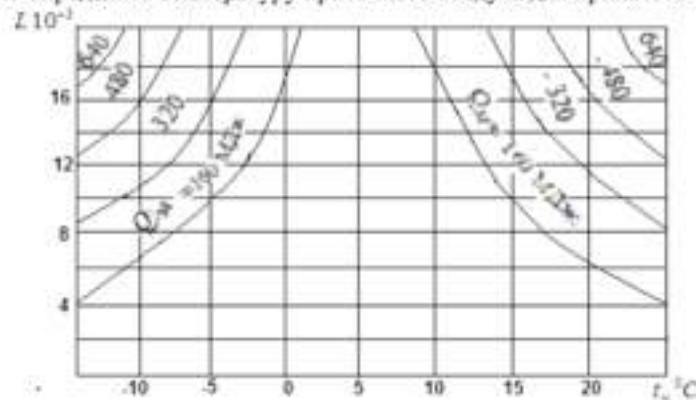


Рис. 4. Номограмма для расчета температуры t_a приточного воздуха и мощности воздухоподогревателя в совмещенных вентиляционно-отопительных системах при $t_a = -10^{\circ}\text{C}$ и $t_a = 20^{\circ}\text{C}$.





По температуре приточного воздуха и его количеству можно рассчитать необходимую мощность подпочвенного аккумулятора тепла. В качестве примера в таблице приведены расчетные данные для основных показателей оптимальных систем микроклимата некоторых типовых помещений.

Результаты исследований: В настоящее время существует расчетное моделирование лишь отдельных элементов системы отопления (подпочвенные аккумулятора тепла в субстратом слое) теплообменника. Один из методов, предложенных для решения данной проблемы состоит в том, чтобы допустить дневной нагретый внутренний воздух объемные солнечного слоя аккумулятора тепла.

Нахождение температурного поля и теплопередачи в субстратном слое подпочвенного аккумулятора тепла почве, где действует ряд факторов переноса тепла (конвекция, кондукция и излучение), является задачей большой сложности. Одним из эффективных подходов к составлению физической модели теплообмена в подпочвенных субстратного слоя, который позволяет обойти некоторые трудности решения систем уравнений переноса является метод введения эквивалентного коэффициента теплопередачи. Так как в квазистационарном режиме теплопередача от любой замкнутой поверхности подпочвенного аккумулятора к субстратному слою постоянно. Для расчета теплопередачи достаточно определить K_0 [10-19].

Создание и поддержание микроклимата в животноводческих помещениях – сложный технологический процесс, управление которым является одной из важнейших инженерно-технических задач. Апробация систем автоматического управления на реальных функционирующих объектах не возможна ввиду экономических затрат.

Цель работы – построение компьютерной модели для постановки вычислительных экспериментов с целью исследовать поведение системы микроклимата и оценить различные алгоритмы, обеспечивающие ее функционирование. Для построения компьютерной модели использованы дифференциальные уравнения, связывающие параметры микроклимата с параметрами системы [11]:

$$\begin{cases} \frac{dg}{dt} = (v + u)(g_0 - g) + g_a; \\ \frac{d\omega}{dt} = (v + u)(\omega_0 - \omega) + \omega_a; \\ \frac{dT}{dt} = p + p_a + 2(v + \dot{e})(\dot{O}_0 - \dot{O}) + \\ + \gamma(v + \dot{e})(w_0 - w) + \delta(T_0 - T), \end{cases} \quad (1)$$

где g – удельное газосодержание вредного газа в воздухе помещения; g_0 – удельное газосодержание в наружном воздухе; v – удельная воздухоподача внешнего воздуха; u – удельная вытяжка воздуха из помещения; ω – влагосодержание в воздухе помещения; ω_0 – влагосодержание в наружном воздухе; g_a, ω_a – внутреннее газо- и влаговыделение в помещении; p – мощность системы подогрева воздуха в помещении; T – температура воздуха внутри помещения; T_0 – температура наружного воздуха; γ, δ – коэффициенты пропорциональности.

Полученные нами результаты теоретических и экспериментальных исследований были использованы при раз работке и реализации проектов животноводческих ферм на 100 коров. Отметим, что в первом случае мощность электрокалориферов составила 240 кВт, во втором – 280 кВт и третьем – 640 кВт вместо расчетных по ОНТП 960,720 и 3650 кВт. Параметры микроклимата в этих помещениях соответствовали требуемым значениям.



Расчетные дан для различных животноводческих помещений при оптимальном и неоптимальном (по ОНП) воздухообмене

Ферма	$t_{in}, ^\circ\text{C}$	$\Delta t, \text{r в 1 кг}$	$Q_{air}, \text{кВт}\cdot\text{ч}$	$L_{opt}, \text{тыс.}$		$Q_{in}, \text{кВт}\cdot\text{ч}$	$Q_{out}, \text{кВт}\cdot\text{ч}$	$t_{in}, ^\circ\text{C}$	$L_{nonopt}, \text{тыс.}$		$Q_{in}, \text{кВт}\cdot\text{ч}$	$Q_{out}, \text{кВт}\cdot\text{ч}$	$t_{in}, ^\circ\text{C}$	
				$\text{м}^3/\text{ч}$	$\text{кг}/\text{ч}$				$\text{м}^3/\text{ч}$	$\text{кг}/\text{ч}$				
Молочная на 100 коров	0	4,06	25,2	17,3	22,4	93,5	+25,3	0	28,5	36,7	154	-36,2	+3,4	
	-3	5,25	33,6	13,2	17,3	96,0	+14,4	-5	21,8	28,6	160	-49,6	+1,2	
	-10	5,80	42,0	11,7	15,7	109	-7	-8,4	19,2	25,8	180	-78	+0,8	
	-10	6,2	50,5	10,8	14,7	123	-29,5	-7,9	17,7	24,0	202	-	+1,1	
	-12	6,4	58,9	10,3	14,3	140	-54,9	-6,3	16,9	23,5	230	108,5	+2,0	
	-15	6,6	67,3	9,9	13,9	155	-78,3	-5,0	16,3	22,8	256	-	+3,0	
													144,9	
														179,3
Откорма крупного рогатого скота на 140 голов	0	2,8	65	75,0	97,0	326	+200	0	147	190	640	-115	+2,7	
	-3	4,0	92,5	52,0	68,0	324	+174	-5	102	134	634	-136	+1,4	
	-6	4,6	120	44,0	59,0	362	+108	-10	87	117	715	-245	+2,5	
	-9	5,0	147	40,0	54,5	410	+33	-15	78	106	795	-352	-3,0	
	-12	5,2	175	37,6	52,0	465	+50	-	74	103	920	-505	-2,5	
	-15	5,45	202	36,0	50,0	517	-129	16,5	70	98	1010	-622	2,0	
								-16						
Моодсика возрастам 3 месяц	0	5,5	48,5	7,1	9,1	45	-12	+4,6	20	26	130	-97	+13,5	
	-3	6,7	62,0	5,7	7,45	49	-30	+9,5	16,5	21,6	140	-121	+15	
	-6	7,4	75,5	5,0	6,75	53,5	-48	+15	14,6	19,6	153	-147	+17	
	-9	7,9	89,0	4,65	6,3	58	-66	+23	13,4	18,3	169	-177	+19,5	
	-12	8,3	103	4,3	6,0	64	-86	+31	12,6	17,5	186	-208	+22,5	
	-15	8,5	116	4,2	5,9	71	-106	+39	12	17	204	-239	+25,5	
Мольянка возрастом 6 месяц	0	5,5	48,5	11	14	70	+30,0	0	22,4	29	145	-44,5	+5,5	
	-3	6,7	62,0	8,8	11,5	73	+14	-5	18,2	23,8	153	-66	+5,0	
	-6	7,4	75,5	7,8	10,4	81,5	-8	7,2	16,1	21,6	170	-96,5	+6,0	
	-9	7,9	89,0	7,1	9,7	89,5	-29,5	4,0	14,7	20	184	-124	+7,0	
	-12	8,3	103	6,7	9,3	99	-53	+0,5	13,9	19,3	204	-158	+9,0	
	-15	8,5	116	6,4	9,0	108	-75	+5,0	13,4	18,8	225	-192	+10,5	

Таким образом, оптимизация воздухообмена зимой по условию обеспечения нормируемой влажности при заданной температуре внутри помещения позволяет ограничивать в период низких температур подачу свежего воздуха 10...12 м³/ч на 100 кг живой массы. Это дает возможность значительно сократить расход энергии на поддержание требуемого микроклимата.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мосолов В.П. и др. Промышленное производство. М.: Колос, 1975.
2. Hanke E., Schupp S. Energiewirtschaftliche Prozebanalyse in einer Milchviehanlage.- Agrartechnik, 1979 №12.
3. Дехнич И. Н., Никитенков П.А. Электроснабжение молочного комплекса. -Мех. И электр.опц.сел.хозяйства, 1979, №2
4. Пчелкин Ю.Н. Регулирование микроклимата в откормочниках крупного рогатого скота.- Там же, 1979, №11.
5. Мотес Э. Микроклимат животноводческих помещений. М.: Колос, 1976.





6. Карпис Е.Е., Роцько В.К., Вентиляция, кондиционирование воздуха и отопление в животноводческих и птицеводческих зданиях. Обзор. М.: ЦИНИС Госстроя СССР, 1971.
7. Большаков В.И. Вентиляция животноводческих помещений.-Сельско хозяйство за рубежом, 1981, №1.
8. Toshmamatov B, Davlonov Kh, Rakhmatov O, Toshboev A 2021 Recycling of municipal solid waste using solar energy *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* 1030 012165. doi:10.1088/1757-899X/1030/1/012165.
9. Aliyarova L A, Uzakov G N, Toshmamatov B M 2021 The efficiency of using a combined solar plant for the heat and humidity treatment of air *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. 723 052002. doi:10.1088/1755-1315/723/5/052002.
10. G N Uzakov, S M Shomuratova and B M Toshmamatov 2021 Study of a solar air heater with a heat exchanger – accumulator *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. 723 (2021) 052013. doi:10.1088/1755-1315/723/5/052013.
11. T A Faiziev and B M Toshmamatov 2021 Mathematical model of heat accumulation in the substrate and ground of a heliogreenhouse *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. 723 032006. doi:10.1088/1755-1315/723/3/032006.
12. Антанов П.П. Микроклимат на фермах и комплексах. М.: Россельхозиздат, 1976.
13. Харитонович М.В. К вопросу обоснования оптимальных мощностей систем микроклимата. В кн.: Пути повышения эффективности и рационального использования электрической и тепловой энергии в сельском хозяйстве, Киев: 1977.
14. Райк М.Б., Шмидт В.А.Снижение расхода тепла на вентиляцию помещений крупного рогатого скота.-Водоснабжение и санитар техника, 1979, №6.
15. Эргашев, Ш. Х. (2022, March). Исследование температурных полей в субстратном слое подпочвенного аккумулятора тепла с переменными теплофизическими коэффициентами при заданных температурных режимах воздуха в гелиотеплиц-животноводческих помещениях. In *International Virtual Conference on Language and Literature Proceeding* (Vol. 1, No. 1).
16. Эргашев Шахриёр Хамудиллаевич, & Файзиев Тулқун Амирович (2022). Математическое моделирование стационарного температурного режима систем отопления «животноводческо-гелиотепличного комплекса». *Universum: технические науки*, (10-5 (103)), 42-48.
17. A A Khuzenov et al 2022 *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* **1070** 012032
18. Sh H Ergashev et al 2022 *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* **1070** 012031
19. Ergashev S. K. et al. The Calculation of Economic Heat Protection and Energy Efficiency of the System of External and Internal Protections in Stock and Poultry Buildings //International Journal of Psychosocial Rehabilitation. – 2020. – Т. 24. – №. 04. – С. 7131-7137.