

ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ, КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА, ГАЗОСНАБЖЕНИЕ И ОСВЕЩЕНИЕ

УДК 697.1:631.223.6

М. В. БОДРОВ, д-р техн. наук, зав. кафедрой отопления и вентиляции;
А. Е. РУИН, асс. кафедры отопления и вентиляции; **А. Ф. ЮЛАНОВА**, асс. кафедры отопления и вентиляции

СОЗДАНИЕ ТЕПЛООВОГО РЕЖИМА ПОМЕЩЕНИЙ СОДЕРЖАНИЯ СВИНЕЙ В КРУГЛОГОДИЧНОМ ЦИКЛЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
Россия, 603952, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 430-54-85;
эл. почта: tes84@mail.ru

Ключевые слова: энергосбережение, производственные сельскохозяйственные здания, расчетные параметры микроклимата.

Рассмотрены основы формирования температурного режима помещений содержания свиней как в холодный, так и в теплый периоды эксплуатации. Приведены зависимости радиационной температуры помещения от температуры внутреннего воздуха при которых животные не испытывают теплового стресса, что положительно влияет на продуктивность животных и эксплуатационные характеристики животноводческих комплексов.

На сельскохозяйственных предприятиях, специализирующихся на разведении и выращивании свиней, животные находятся в постоянном взаимодействии с внешней средой. В связи с этим возникает необходимость поддержания требуемых параметров микроклимата в помещениях их содержания для обеспечения максимального количества качественной продукции при минимальных затратах кормов.

Несоблюдение требуемых параметров микроклимата в помещениях содержания свиней отрицательно сказывается на показателях промышленного свиноводства: снижение привеса на 20–30 %; сокращение срока жизни животных на 15–20 %; повышение затрат на покупку кормов для животных; снижение срока эксплуатации сельскохозяйственных зданий до 30 % и соответственно увеличение затрат на ремонт оборудования [1, 2, 3].

Важно учесть, что изменение температурно-влажностного режима помещения содержания свиней сопровождаются у них тепловыми стрессами, нарушением обмена веществ, вследствие чего, помимо снижения привеса и увеличения расхода кормов, могут возникнуть различного вида заболевания (кетозы, остеомаляция, рахит и др.).

Свиньи, как и другие животные, обладают способностью к терморегуляции, то есть они могут контролировать количество получаемой энергии и тепловой энергии, которую отдают в окружающую среду (основные выделения теплоты, водяных паров и диоксида углерода от одной свиньи в зависимости от группы и массы приведены в табл.1 [4, 5]).

Параметры микроклимата в помещении свиарника должны быть такими, чтобы поддерживать термодинамическое равновесие между этими двумя процессами и обеспечивать оптимальные (допустимые) условия для жизни и



продуктивности животного в обитаемом помещении в круглогодичном цикле эксплуатации животноводческого помещения [6].

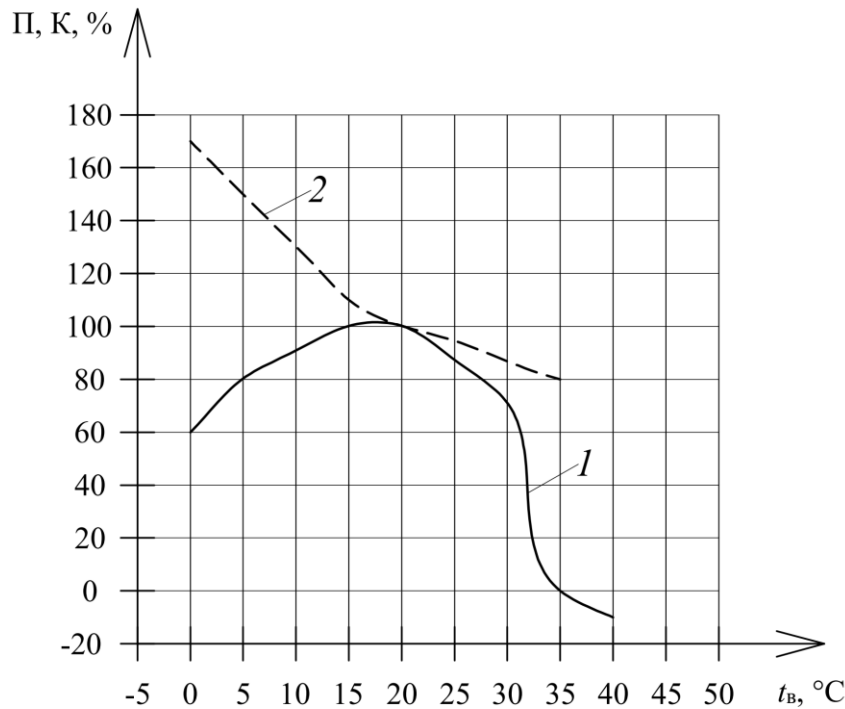
Таблица 1

Нормативные (справочные) значения выделения от одной свиньи теплоты, диоксида углерода и водяных паров при $t_v = 10\text{ }^\circ\text{C}$ и $\phi_v = 75\%$

Группа животных	Масса, кг	Теплота, Вт (ккал/ч)		Водяные пары, г/ч	Диоксид углерода, л/ч
		общая	свободная		
Хряки-производители	200–300	471 (405) – 601 (517)	339 (292) – 433 (337)	194–247	61,3–78,2
Свиноматки: – холостые, супоросные (до 105 дней)	150–200	327 (281) – 376 (323)	235 (202) – 271 (233)	134–155	42,5–48,9
	– тяжелосупоросные (105–114 дней)	150–200	394 (339) – 445 (383)	234 (244) – 320 (276)	162–183
Свиноматки подсосные с поросятами	150–200	775 (666) – 897 (771)	558 (480) – 646 (555)	319–369	102–117
Поросята до двухмесячного возраста	10–15	99,9 (85,9) – 128 (110)	71,9 (61,8) – 92,0 (79,1)	41,1–52,6	13–16,7
Поросята-отъемыши	15–40	128 (110) – 200 (172)	92 (79,1) – 144 (124)	52,6–82,1	16,7–26
Ремонтный и откормочный молодняк	40–130	200 (172) – 379 (326)	144 (124) – 273 (235)	82,1–156	26–49,3
Взрослые свиньи на откорме	100–300	369 (317) – 628 (540)	266 (228) – 452 (389)	152–259	43,7–78,2

Условие, при котором животное не будет испытывать тепловой стресс (зона температурного безразличия), заключается в общей температурной обстановке помещения, при которой не будет испытывать перегрева или переохлаждения. Влияние температуры внутреннего воздуха в помещении содержания свиней на привес массы свиней и расход потребляемого корма приведены на рисунке.

Анализ графика, представленного на рисунке, позволяет сделать вывод, что в диапазоне температур внутреннего воздуха $t_v = +15...+22\text{ }^\circ\text{C}$ наблюдается максимальный привес массы свиней. При температуре внутреннего воздуха t_v ниже $+15\text{ }^\circ\text{C}$ резко повышается расход корма и уменьшается привес животных, что объясняется процессом терморегуляции (увеличением расхода энергии на поддержание температуры тела). Повышение температуры свыше $+30\text{ }^\circ\text{C}$ сказывается на сильном снижении привеса у животного вплоть до нулевого значения, а при повышении свыше $+35\text{ }^\circ\text{C}$ наблюдается потеря веса, вызванная потерей аппетита.



Изменение привеса свиней и расхода корма от температуры внутреннего воздуха:

1 – привес П, %; 2 – расход корма, К, %

Комфортная температурная обстановка возможна при различных сочетаниях температуры внутреннего воздуха $t_{в}$ и радиационной температуры помещения t_{R} . Таким образом, для определения границ зоны максимальной производительности свиней необходимо составить уравнение лучисто-конвективного баланса, которое будет иметь вид:

$$Q_{л+к}^c = F_{л}^c \cdot \sum c_{c-i} \cdot \varphi_{c-i} \cdot b_{c-i} \cdot (\tau_c - \tau_i) + F_{к}^c \cdot \alpha_k^c \cdot (\tau_c - t_{в}), \quad (1)$$

где $F_{л}^c, F_{к}^c$ – расчетная площадь поверхности тела животного (свиньи), участвующая в лучистом и конвективном теплообмене соответственно, которая, в свою очередь, составляет примерно 80 % от фактической площади $F_{л}^c = F_{к}^c = 0,8 \cdot F^ж$, где $F^ж$ – фактическая площадь поверхности тела для свиней массой p , т, соответственно, m^2 :

$$F^ж = 9,2 \cdot p^{2/3}. \quad (2)$$

Угловой коэффициент лучистого теплообмена φ_{c-i} показывает долю лучистого потока теплоты, попадающую на поверхность, от всего излучаемого животным теплового потока. Из-за взаимного затенения поверхностей угловой коэффициент лучистого теплообмена в помещениях содержания свиней максимально приближен к единице ($\varphi_{c-i} \approx 0,93-0,95$).

Величина температурного коэффициента b_{c-i} зависит от температуры поверхностей тела животного и ограждающих конструкций, определяется по номограммам, представленным в [2, 7].

Температура на поверхности тела животного τ_c , представляет температуру волосяного покрова животного. Теплопродукция и теплоотдача определяются



типом механизма терморегуляции животных, их породой, длиной, густотой и соотношением фракций волос, технологией содержания, кормления и другими факторами.

В зданиях содержания животных выделяется значительное количество многоатомных газов, таких как углекислый газ, аммиак, сероводород. Которые, в свою очередь, поглощают до 13 % лучистой энергии [2, 7], тогда расчетное уравнение (1) лучисто-конвективного теплообмена, в реальных условиях будет иметь вид:

$$Q_{л+к}^c = 0,87 \cdot F_{л}^c \cdot \sum c_{c-i} \cdot \varphi_{c-i} \cdot b_{c-i} \cdot (\tau_c - \tau_i) + F_{к}^c \cdot \alpha_{к}^c \cdot (\tau_c - t_B), \quad (3)$$

или можно записать:

$$Q_{л+к}^c = 0,87 \cdot F_{л}^c \cdot \alpha_{л}^c \cdot (\tau_c - t_R) + F_{к}^c \cdot \alpha_{к}^c \cdot (\tau_c - t_B). \quad (4)$$

Уравнение (5) можно записать в виде зависимости радиационной температуры t_R от температуры внутреннего воздуха t_B :

$$t_R = \frac{0,87 \cdot F_{л}^c \cdot \alpha_{л}^c \cdot \tau_c + F_{к}^c \cdot \alpha_{к}^c \cdot \tau_c - Q_{л+к}^c}{0,87 \cdot F_{л}^c \cdot \alpha_{л}^c} - \frac{F_{к}^c \cdot \alpha_{к}^c}{0,87 \cdot F_{л}^c \cdot \alpha_{л}^c} \cdot t_B. \quad (5)$$

Требуемые параметры внутреннего воздуха помещений содержания свиней должны поддерживаться согласно нормативной документации [5] и приведены в табл. 2.

Таблица 2

Требуемые параметры внутреннего воздуха помещений содержания свиней

Группа животных	Температура внутреннего воздуха, °С			Относительная влажность внутреннего воздуха, %	
	расчетная	максимальная	минимальная	максимальная	минимальная
Хряки	16	19	13	75	40
Свиноматки холостые и супоростные	16	19	13	75	40
Свиноматки подсосные с поросятами	20	22	18	70	40
Свинки ремонтные на выращивании и поросята-отъемыши	20	22	18	70	40
Свиньи на откорме	18	20	14	70	40

Решение уравнения (5) относительно радиационной температуры t_R приводит к уравнению зоны максимальной продуктивности, в которой животное не будет ощущать перегрева или переохлаждения. Результаты решения уравнения (5) для различных групп животных для зимнего режима приведены в табл. 3.



Таблица 3

**Уравнения зоны максимальной продуктивности животных
для зимнего режима**

Группа животных	Уравнение зоны максимальной продуктивности
Хряки-производители	$t_R = 24,97 - 0,83 \cdot t_B \pm 2,5, \text{ } ^\circ\text{C}$
Матки холостые и супоростные	$t_R = 33,87 - 0,81 \cdot t_B \pm 2,43, \text{ } ^\circ\text{C}$
Матки тяжелосупоростные	$t_R = 32,77 - 0,8 \cdot t_B \pm 2,4, \text{ } ^\circ\text{C}$
Поросята отъемыши	$t_R = 34,12 - 0,63 \cdot t_B \pm 1,88, \text{ } ^\circ\text{C}$
Ремонтный молодняк	$t_R = 22,57 - 0,6 \cdot t_B \pm 1,2, \text{ } ^\circ\text{C}$
Свиньи на откорме	$t_R = 21,89 - 0,74 \cdot t_B \pm 2,22, \text{ } ^\circ\text{C}$

В летний период температуру внутреннего воздуха t_B , согласно [5], допускается повышать на $5 \text{ } ^\circ\text{C}$ выше расчетной температуры наружного воздуха, но не более чем до $26\text{--}28 \text{ } ^\circ\text{C}$ (что соответствует верхнему пределу температур на рисунке, перед резким снижением привеса массы животных). Тогда, решая уравнение (5), получим зависимости для летнего режима, которые приведены авторами в табл. 4.

Таблица 4

**Уравнения зоны максимальной продуктивности животных
для летнего режима**

Группа животных	Уравнение зоны максимальной продуктивности
Хряки-производители	$t_R = 16,79 - 0,47 \cdot t_B \pm 1,41, \text{ } ^\circ\text{C}$
Матки холостые и супоростные	$t_R = 25,13 - 0,47 \cdot t_B \pm 1,4, \text{ } ^\circ\text{C}$
Матки тяжелосупоростные	$t_R = 21,09 - 0,44 \cdot t_B \pm 1,31, \text{ } ^\circ\text{C}$
Поросята отъемыши	$t_R = 19,69 - 0,46 \cdot t_B \pm 1,37, \text{ } ^\circ\text{C}$
Ремонтный молодняк	$t_R = 10,95 - 0,35 \cdot t_B \pm 0,7, \text{ } ^\circ\text{C}$
Свиньи на откорме	$t_R = 13,7 - 0,43 \cdot t_B \pm 1,27, \text{ } ^\circ\text{C}$

При поддержании оптимальных параметров микроклимата помещений содержания свиней в зоне максимальной продуктивности животных можно добиться следующих результатов:

- максимальное повышение привеса животных при минимальном расходе кормов;
- увеличение количества качественной продукции при минимальных эксплуатационных издержках;
- минимизация возможности испытания животным теплового стресса, что, в свою очередь, ведет к снижению рисков заболеваемости животных и их отхода, увеличению их срока жизни;
- увеличение срока службы зданий и технологического оборудования, за счет улучшения воздушно-теплового режима здания.

Учитывая все вышеперечисленное, можно сделать вывод что поддержание общей комфортной температурной обстановки в помещениях содержания свиней благотворно сказывается на рентабельности промышленного свиноводства в целом.



БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Баланин, В. И. Зооигиенический контроль микроклимата в животноводческих и птицеводческих помещениях / В. И. Баланин. – Ленинград : Агропромиздат, 1988. – 144 с. – Текст : непосредственный.
2. Егiazаров, А. Г. Отопление и вентиляция зданий и сооружений сельскохозяйственных комплексов / А. Г. Егiazаров. – Москва : Стройиздат, 1981. – 239 с. – Текст : непосредственный.
3. Зайцев, А. М. Микроклимат животноводческих комплексов / А. М. Зайцев, В. И. Жильцов, А. В. Шавров. – Москва : Агропромиздат, 1986. – 192 с. – Текст : непосредственный.
4. РД-АПК 1.10.02.04-12. Методические рекомендации по технологическому проектированию свиноводческих ферм и комплексов. – Москва : Росинформагротех, 2012. – 144 с. – Текст : непосредственный.
5. ВНТП 2-96. Ведомственные нормы технологического проектирования свиноводческих предприятий. – Москва : Минсельхозпрод России, 1998. – 82 с. – Текст : непосредственный.
6. Богословский, В. Н. Тепловой режим помещения / В. Н. Богословский. – Москва : Стройиздат, 1979. – 248 с. – Текст : непосредственный.
7. Егiazаров, А. Г. Отопление и вентиляция сельскохозяйственных зданий / А. Г. Егiazаров, О. Я. Кокорин, Ю. М. Прыгунов. – Киев : Будівельник, 1976. – 223 с. – Текст : непосредственный.

BODROV Mihail Valer'evich, doctor of technical sciences, professor, holder of the chair of heating and ventilation; RUIN Alexey Evegen'evich, master student of the chair of heating and ventilation; YULANOVA Alina Famil'evna, master student of the chair of heating and ventilation

CREATION OF A THERMAL REGIME FOR PIG HOUSING IN A YEAR-ROUND OPERATION CYCLE

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Il'inskaya St., Nizhny Novgorod, 603952, Russia. Tel.: +7 (831) 430-54-85;
e-mail: tes84@mail.ru

Key words: energy saving, industrial agricultural buildings, calculated microclimate parameters.

The fundamentals of the formation of the temperature regime of pig housing premises in both cold and warm periods of operation are considered. The dependences of the radiation temperature of the room on the temperature of the internal air are given at which animals do not experience thermal stress, which positively affects the productivity of animals and the operational characteristics of livestock complexes.

REFERENCES

1. Balanin V. I. Zoogigienicheskiy kontrol mikroklimate v zhivotnovodcheskikh i pticevodcheskikh pomeshcheniyakh [Zoohygienic control of microclimate in livestock and poultry facilities]. Leningrad, Agropromizdat, 1988. 144 p.
2. Egiazarov A. G. Otoplenie i ventilyatsiya zdaniy i sooruzheniy sel'skokhozyaystvennykh kompleksov [Heating and ventilation of buildings and structures of agricultural complexes]. Moscow, Stroyizdat, 1981. 239 p.



3. Zaycev A. M., Zhilcov V. I., Shavrov A. V. Mikroklimat zhivotnovodcheskikh kompleksov [Microclimate of livestock complexes]. Moscow, Agropromizdat, 1986. 192 p.
4. RD-APK 1.10.02.04-12. Metodicheskie rekomendatsii po tekhnologicheskomu proektirovaniyu svinovodcheskikh ferm i kompleksov [Methodological recommendations on the technological design of pig farms and complexes]. Moscow: Rosinformagrotekh, 2012. – 144 p.
5. VNTP 2-96. Vedomstvennye normy tekhnologicheskogo proektirovaniya svinovodcheskikh predpriyatiy [Departmental standards of technological design of pig breeding enterprises]. Moscow: Minselkhozprod Rossii, 1998. – 82 p.
6. Bogoslovskiy V. N. Teplovoy rezhim pomeshcheniya [The thermal regime of the room]. Moscow, Stroyizdat, 1979. – 248 p.
7. Egiazarov A. G., Kokorin O. Ya., Prygunov Yu. M. Otoplenie i ventilyaciya selskokhozyaystvennykh zdaniy [Heating and ventilation of agricultural buildings]. Kiev, Budivelnik, 1976. – 223 p.

© М. В. Бодров, А. Е. Руин, А. Ф. Юланова, 2024

Получено: 24.06.2024 г.