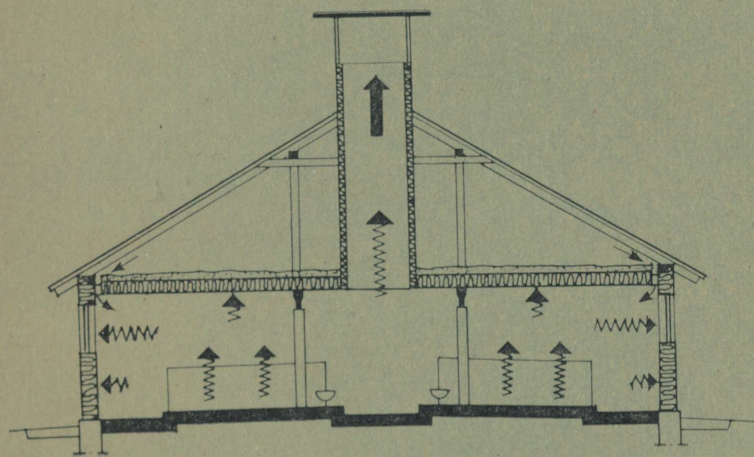


ЭСТОНСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ  
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ  
ЖИВОТНОВОДСТВА И ВЕТЕРИНАРИИ

## РАСЧЕТ И РЕГУЛИРОВАНИЕ ВОЗДУХООБМЕНА В СВИНАРНИКАХ



УПРАВЛЕНИЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ  
МИНИСТЕРСТВА СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА ЭСТОНСКОЙ ССР

Таллин 1968



1 IX А-5298

ЭСТОНСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ  
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ  
ЖИВОТНОВОДСТВА И ВЕТЕРИНАРИИ

РАСЧЕТ И РЕГУЛИРОВАНИЕ  
ВОЗДУХООБМЕНА В СВИНАРНИКАХ

14.4.69  
З. Аннон

УПРАВЛЕНИЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ  
МИНИСТЕРСТВА СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА ЭСТОНСКОЙ ССР

Таллин 1968

В работе, написанной научным сотрудником ЭНИИЖВ *Я. А. Армоликом*, рассматриваются вопросы вентиляции животноводческих помещений, постройки вентиляционных устройств и регулирования в зависимости от внутренней и наружной температур.

Рукопись рецензировал заведующий кафедрой архитектуры Таллинского Политехнического института, профессор, доктор технических наук *Л. К. Юргенсон*.

Работа обсуждалась научно-методической комиссией экономики и механизации Эстонского научно-исследовательского института животноводства и ветеринарии, которая сочла нужным опубликование работы в печати.

Брошюра задумана в качестве справочного пособия для зоотехников, строительных специалистов хозяйств и проектировщиков.

**TARTU ÜLIKOOLI  
RAAMATUKOGU**

## ВВЕДЕНИЕ

В связи с индустриализацией животноводства наряду с вопросами кормления и технологии все острее встает проблема обеспечения в животноводческих помещениях микроклимата, способствующего получению высокой продукции.

Зависимость между климатическими условиями в животноводческих помещениях и интенсивностью воздухообмена можно установить путем расчета, основанного на количестве тепла и пара, выделяемых различными видами домашних животных. На этой основе можно определить интенсивность непрерывного обмена воздуха, необходимую для того, чтобы относительная влажность воздуха была приемлемой. С другой стороны, следует избегать излишнего охлаждения помещений в результате чрезмерного обмена воздуха. Но так как интенсивность обмена воздуха зависит от множества обстоятельств, такие вычисления станут настолько сложными, что едва ли будет возможно проводить их в повседневной производственной практике. Так же трудно было бы непосредственно определить количество обмениваемого воздуха.

Обмен воздуха удобнее всего контролировать по температуре помещения. В данной брошюре представлен метод составления графика, из которого можно найти оптимальную для данных условий температуру животноводческого помещения.

В основу графика положена доля общего тепловыделения животных, используемая для нагревания помещения.

Поскольку вопросы микроклимата острее всего в свиноводстве, примеры составления графика приводятся по данным, полученным из свиарников.

По графикам можно вычислять и количество отопительного тепла, необходимого для получения определенной оптимальной внутренней температуры.

В работе рассматриваются также теплоизоляция свиарников и устройство вентиляции при естественной тяге.

## ОБОЗНАЧЕНИЯ

$A_o$	— приток общего тепла от животных, включая скрытое тепло парообразования . . . . .	вт
$A_{от}$	— приток тепла от приборов отопления в помещении . . . . .	вт
$c$	— модуль теплопотерь через ограждения — доля (в процентах) выделяемого животными общего тепла, которая теряется через ограждения (на градус разницы температур) . . . . .	%/град
$c_o$	— обобщенный модуль теплопотерь (при искусственном отоплении помещения) . . . . .	%/град
$\Delta d$	— разница в содержании водяного пара в воздухе внутри помещения и снаружи . . . . .	г/кг
$E$	— приток свободного тепла в процентах от общего тепла, выделяемого животными	%
	$E_{ж}$ — в тепловыделении животных	
	$E_{эксп}$ — в экспериментальном помещении	
	$E_{св}$ — в свинарниках Эстонской ССР	
$E_{от}$	— приток тепла отопления в процентах от общего тепла, выделяемого животными	%
$e$	— расход тепла в процентах от $A_o$ на воздухообмен ( $e_v$ ) и через ограждения ( $e_n$ )	%
$F$	— площадь ограждения . . . . .	м <sup>2</sup>
$\varphi$	— относительная влажность воздуха ( $\varphi_v$ — внутри; $\varphi_n$ — снаружи) . . . . .	%
$H$	— высота вытяжной трубы . . . . .	м
$k$	— коэффициент теплопередачи ограждения	вт/м <sup>2</sup> град
$q$	— обмен воздуха на квт общего тепла, выделяемого животными . . . . .	г/сек · квт
$t$	— температура воздуха ( $t_v$ — внутренняя; $t_n$ — наружная) . . . . .	°С
$\Delta t$	— разница температур ( $t_v$ — $t_n$ ) . . . . .	град
$w$	— добавочный приток тепла на градус температурного перепада $A_{от}/\Delta t$ . . . . .	вт/град

## КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

1. В зимних условиях микроклимат свинарника определяется главным образом биологическим теплом, выделяемым свиньями ( $A_o$ ). Частью его является скрытое тепло, связанное с паровыделением животных и испарением воды с пола. Оставшееся свободное тепло расходуется на нагревание свежего воздуха и частично неизбежно теряется через ограждения помещения.

2. С повышением внутренней температуры в свинарнике доля свободного тепла ( $E$ ) уменьшается, так как паровыделение свиней, а также испарение с пола повышаются. Доля свободного тепла зависит и от способа содержания и кормления свиней (см. рис. 2).

3. На основе этого в качестве примера составлен график для свинарников Эстонской ССР, по которому можно рассчитать оптимальную для данных условий температуру в соответствии со средней наружной температурой ( $t_n$ ) и модулем теплопотерь через ограждения помещений ( $c$ ) (см. рис. 5 или 6).

Такой же график для свинарников с кормлением свиней сухим кормом приведен на рис. 8.

4. Величина  $c$  (модуль теплопотерь) показывает, какой процент от общего тепла ( $A_0$ ) составляет тепло, теряющееся через ограждения на градус разницы температур ( $\Delta t = 1$ ).

Теплопотеря через ограждения уменьшает количество тепла, используемого для воздухообмена. Следовательно, надлежащее утепление ограждений свинарника, особенно перекрытия, способствует созданию хорошего микроклимата. В условиях Эстонской ССР оказывается целесообразным утеплять перекрытие засыпкой из местных легких материалов толщиной от 30 до 50 см (см. рис. 9 и 13).

5. Показанная в графике оптимальная для данных условий внутренняя температура достигается путем регулирования воздухообмена, с помощью которого удается приблизить внутреннюю температуру к показаниям графика.

Воздухообмен должен быть непрерывным. Даже временное прекращение или сильное уменьшение его (например, на ночь) может вызвать отсырание ограждений от конденсата, тумана и т. п.

Потребность в свежем воздухе зимой сравнительно равномерна (см. рис. 11). Поэтому, руководствуясь графиком, целесообразно воздухообмен отрегулировать по «средней» зимней погоде. В случае усиления ветра или мороза, а также при других обстоятельствах, когда поток воздуха в шахте усиливается, следует проверить внутреннюю температуру по графику и соответственно настраивать клапан.

6. Для выхода воздуха достаточно одной шахты на помещение. Для получения стабильной тяги высота шахты должна быть не менее 4 м. При такой высоте рекомендуется принять сечение шахты от 3 до 3,5  $дм^2$  на каждый киловатт общего тепла, выделяемого животными при нормальной заселенности.

Если здание высокое, то шахта должна превышать конек на полметра. Зонт над шахтой следует ставить выше верхнего конца трубы не менее чем на  $3/4$  среднего диаметра отверстий (см. рис. 9). Жалюзийные решетки применять не рекомендуется.

7. Отверстия для впуска свежего воздуха должны быть защищены от ветра. Их рекомендуется делать общей площадью 2—3  $\text{дм}^2$  на каждый киловатт общего тепла, выделяемого животными. Отверстия желательно делать в потолке у продольных стен в виде щели шириной 20—25 мм (см. рис. 9 и 15—20), чтобы воздухообмен происходил равномерно во всех частях помещения.

Для проветривания летом окна свинарника должны быть наклонены внутрь (см. рис. 14).

8. Добавочное тепло, нужное для достижения оптимальной температуры свинарника отоплением, можно рассчитать по формуле (3), руководствуясь графиком (см. рис. 5, 6 и 8).

9. Приток передаваемого в свинарник добавочного тепла должен быть непрерывным и распределяться равномерно по помещению; при этом следует избегать сильного нагревания части поступающего воздуха, так как он, поднимаясь под потолок, приносит мало пользы.

В случае периодического отопления рекомендуется применять нагревательные приборы большой теплоемкости и поставить их так, чтобы весь свежий воздух несколько нагревался перед поступлением к животным.

10. Соответственно выбранной мощности отопительной установки желательно составить для конкретного свинарника таблицы внутренних температур (пример — таблица 1).

11. Аналогично приведенному в брошюре методу можно составить графики и таблицы вентиляции также и для помещений других видов сельскохозяйственных животных.

## **1. Экономическое значение микроклимата свинарников**

Для успешного выращивания свиней вопросы климата имеют существенное значение. Соблюдение надлежащей температуры в свинарниках более важно, чем в коровниках, ибо волосяной покров свиней незначителен, незначительна у подрастающих свиней и подкожножировая ткань. Особенно нуждаются в теплоте новорожденные поросята, так как терморегуляция тела у них пока еще не функционирует.

Проведенные в климатических лабораториях опыты дают представление о влиянии температуры на продукцию откормочных свиней (рис. 1). Данные о степени непосредственного влияния высокой относительной влажности воздуха на продукцию свиней пока неполные. Известно, однако, что высокая влажность зимой обычно сопровождается увлажнением ограждений свинарника конденсатом.

Тепловлажностный режим в таком помещении теряет равновесие, так как для просыхания ограждений при минусовой наружной температуре не хватает выделяемого свиьями тепла. Влажность воздуха в помещении остается высокой даже при правильной вентиляции, и внутренняя температура колеблется в соответствии с наружной. В таком случае просыхание ограждений возможно только при дополнительном отоплении помещения.

Существующие отопительные установки часто выбраны неправильно, в результате чего при отоплении возникают резкие колебания температуры и относительной влажности воздуха, вредно влияющие на здоровье свиней.

Убытки, обусловленные плохим внутренним климатом, часто превышают потери в виде снижения привеса вследствие низкой температуры (рис. 1). Поэтому первым и основным шагом является достижение хорошей теплоизоляции здания, а затем — обеспечение свинарника воздухом нормальной влажности и непрерывной, соответствующей условиям, вентиляцией. Существенными являются и условия содержания, т. е. сухость подстилки, уборка помещения, правильное размещение свиней в станках, небольшое содержание воды в корме и т. д.

## II. Зависимость внутреннего климата от теплового баланса помещения

Надлежащий внутренний климат животноводческого помещения, главной характеристикой которого являются температура и относительная влажность воздуха, определяется тепловым хозяйством помещения.

Тепло, выделяемое животными, расходуется на нагревание све-

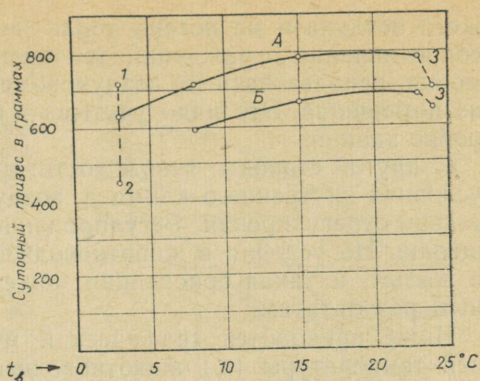


Рис. 1. Зависимость привеса беконных свиной от температуры помещения [8].

Кружками отмечены группы свиной (от 5 до 8 голов в группе), выращиваемые при постоянной температуре и относительной влажности воздуха от 50 до 70%. Содержание на бетонном полу, без подстилки. Рацион подопытных групп серии А содержал примерно на 20% больше кормовых единиц, чем в серии Б. Кроме основных опытов (серии А и Б), исследовались: 1 — группа, содержавшаяся на подстилке; 2 — отдельно стоящие свиной без подстилки; 3 — группы свиной, содержавшихся при высокой влажности воздуха ( $\varphi_{в} = 90\%$ ). При интенсивном откорме оптимальная температура ниже, чем при более слабом кормлении, а воздействие высокой влажности сильнее.

жего воздуха и на потери тепла через ограждения. Чем выше сопротивление ограждений теплопередаче, тем больше тепла можно использовать на воздухообмен, т. е. для удаления влаги из помещения. Это надо учитывать при проектировании и постройке здания.

С другой стороны, чтобы достигнуть наилучшего при данных условиях внутреннего климата, воздухообмен должен быть тщательно отрегулирован. Регулирование часто проводится по ощущению. Но условия в животноводческих помещениях иные, чем в жилых, и такая ориентация может приводить к нежелательным результатам.

Ниже приводится графический метод определения внутренней температуры ( $t_{в}$ ) животноводческих помещений, обеспечивающий желательный режим влажности воздуха. В качестве примера составляется график, применяемый в свинарниках Эстонской ССР. Метод основан на тепловом балансе помещения и применим как в неотапливаемых, так и в отапливаемых животноводческих помещениях.

**Тепловое хозяйство** животноводческого помещения в основном определяется биологическим теплом. Однако животные помимо тепла выделяют и водяной пар. При повышении температуры помещения организм животного увеличивает выделение водяного пара и доля свободного тепла от общего уменьшается. Можно считать, что терморегуляция тепла животного в основном осуществляется изменением соотношения между выделением свободного (явного) и скрытого тепла. Изменение общего тепловыделения животных в зависимости от изменения температуры невелико, и практически им можно пренебречь.

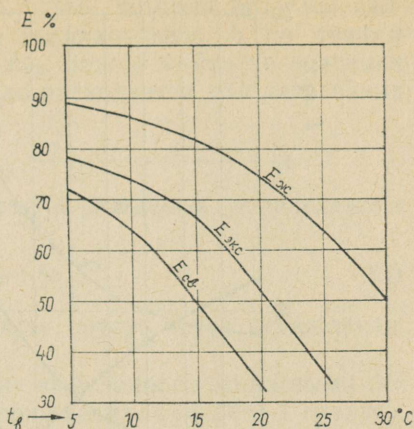
Помимо водяного пара, выделяемого животными, вода испаряется еще и с пола и с канавок. Испарение воды с пола также усиливается с повышением температуры. Поскольку на испарение воды расходуется тепло, то доля свободного тепла в тепловом хозяйстве меньше, чем в общем тепловыделении животных.

Долю свободного тепла в помещениях от общего выразим величиной  $E$  в процентах. Кривой  $E_{св}$  на рис. 2 показана зависимость доли свободного тепла согласно измерениям, проводившимся в колхозах и совхозах Эстонской ССР [4]. Так, свободное тепло в свинарнике при температуре  $+5^{\circ}\text{C}$  составляет в среднем 72% от общего, а при  $+15^{\circ}\text{C}$  — 49%. Остальную часть, т. е. 28% при температуре  $+5^{\circ}\text{C}$  и 51% при  $+15^{\circ}\text{C}$ , составляет скрытое тепло. Верхняя кривая на рис. 2 показывает долю свободного тепла, выделяемого организмом свиньи, без учета испарения с пола [6]. Как видим, в свинарниках Эстонской ССР, где содержание свиней крупногрупповое и корм дается в жидком виде, с пола испаряется приблизительно столько же воды, сколько выделяют животные.

Средняя кривая ( $E_{эксп}$ ) вычислена по данным эксперименталь-

Рис. 2. Изменение доли свободного тепла ( $E$ ) от общего тепловыделения животных (100%) в зависимости от температуры помещения (оставшаяся часть тепловыделения, т. е.  $100 - E$ , является скрытым теплом, связанным с испарением воды).

Доля свободного тепла:  $E_{ж}$  — в непосредственном тепловыделении свиней [6];  $E_{эксп}$  — в воздухе экспериментального помещения [5] (содержание мелкогрупповое, сухое кормление). Доля свободного тепла уменьшается за счет испарения с пола;  $E_{св}$  — в свинарниках Эстонской ССР [4] (содержание крупногрупповое, корм влажный).



ного помещения [5], где проводились измерения тепла и водяного пара, выделяемых животными. Содержание в этом случае мелкогрупповое (4—5 животных) и корм сухой. Приблизительно те же кривые получены по данным датских свинарников [7].

**Расход тепла на воздухообмен** ( $e_v$ ) в процентах от общего тепла, выделяемого животными, в зависимости от температуры помещения вычисляется по формуле

$$e_v = \frac{0,410 \cdot \Delta t}{\Delta d} (100 - E) \%, \quad (1)$$

где  $\Delta t$  град — разность температуры внутреннего и наружного воздуха;

$\Delta d$  г/кг — разность влагосодержания внутреннего и наружного воздуха.

Допустимое влагосодержание внутреннего воздуха вычисляется по предписанному тепловлажностному режиму животноводческого помещения. Например, в свинарниках при  $t_v$  до  $+10^\circ\text{C}$  относительная влажность воздуха  $\varphi_v$  не должна превышать 85%, а при  $t_v$  выше  $+10^\circ\text{C}$  должна понижаться и при  $+20^\circ\text{C}$   $\varphi_v = 70\%$ . Тем, что с повышением температуры относительная влажность воздуха понижается, избегается накопление конденсата на ограждениях. Вышеуказанного режима придерживаются в лучших свинарниках Эстонской ССР.

Влагосодержание наружного воздуха можно определить по средним метеорологическим показателям данного района. Средняя относительная влажность наружного воздуха в Эстонской ССР при разных наружных температурах ( $t_n$ ) показана на рис. 3. Там же графически показаны результаты вычислений процента доли свободного тепла, расходуемого на воздухообмен

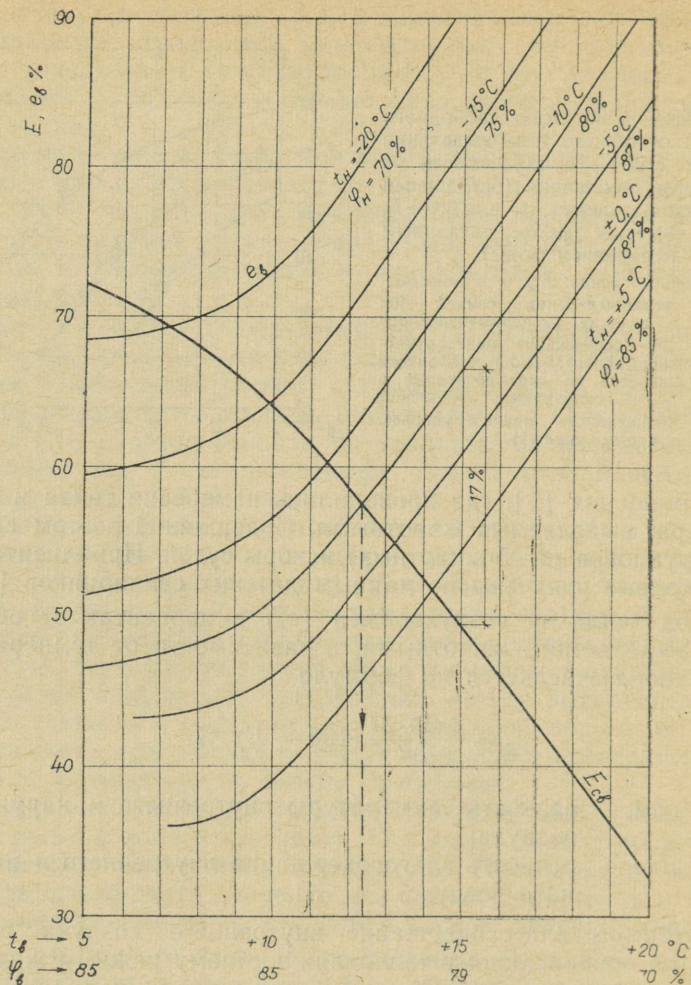


Рис. 3. Расход тепла на воздухообмен ( $e_b$ ) при различных наружных температурах ( $t_n$ ).

Значение  $e_b$  вычислено по формуле (1) при соблюдении принятого тепловлажностного режима. Точки пересечения кривых  $e_b$  с кривой  $E_{св}$  показывают те внутренние температуры, при которых все свободное тепло в помещении расходуется на воздухообмен. Например, если  $t_n = -5^\circ \text{C}$ , то свободного тепла в свиномнике хватает до  $t_n = +12,3^\circ \text{C}$ . Чтобы достичь  $t_n = +15^\circ \text{C}$ , для нагревания свежего воздуха требуется еще добавочное тепло (искусственное отопление) в количестве 17% от общего тепла, выделяемого животными.

( $e_b$ ), по формуле (1) для разных значений наружной температуры. (Значение  $E$  взято по  $E_{св}$  — с рис. 2).

Вычерчивая там же кривую  $E_{св}$ , можно найти величины

$(E_{св} - e_B)$ , т. е. долю свободного тепла, которая остается свободной после вычета расхода на воздухообмен. А по точкам пересечения кривых  $e_B$  с кривой  $E_{св}$  можно найти те значения  $t_B$ , при которых все свободное тепло расходуется для нагревания свежего воздуха.

Потери свободного тепла через ограждения определяются формулой

$$e_{II} = \Delta t \cdot c \%, \quad (2)$$

где  $c = \frac{\Sigma kF}{A_0} \cdot 100 \%/град$  — модуль потерь через ограждения.

Величина  $c$  показывает процент выделенного животными общего тепла, вытекающего через ограждения, при  $\Delta t = 1$  градусу. Вычисления модуля приведены в главе III.

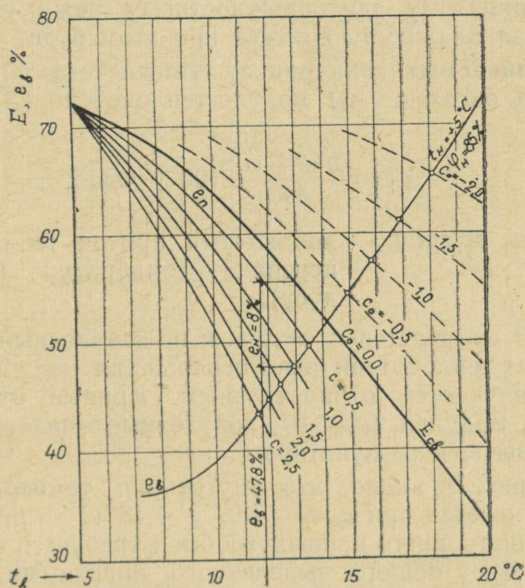


Рис. 4. График теплопотерь через ограждения ( $e_{II}$ ) при наружной температуре  $+5^\circ C$ .

Значение  $e_{II}$  вычислено по формуле (2). Теплопотери показана на вертикали, считая от кривой  $E_{св}$  вниз до соответствующей кривой  $c$ . (Определение значения модуля теплопотерь  $c$  приведено в гл. III.) Точки пересечения с кривой  $e_B$  для  $t_n = +5^\circ C$  показывают те температуры, при которых расход тепла ( $e_B + e_{II}$ ) находится в равновесии с притоком свободного тепла (например, если  $c = 1.0$ , то равновесие наступает при  $t_B = +12.9^\circ C$ ).

На рис. 4 кривыми  $c = 0,5 \dots 2,5$  показаны теплопотери  $e_{\Pi}$  при  $t_{\text{н}} = +5^{\circ}\text{C}$ . Точки пересечения кривых  $c$  с кривой  $e_{\text{в}}$  для  $t_{\text{н}} = +5^{\circ}\text{C}$  (взяты с рис. 3) показывают значения  $t_{\text{в}}$ , при которых

$$e_{\text{в}} + e_{\Pi} = E_{\text{св}},$$

т. е. расход тепла находится в равновесии с притоком свободного тепла от животных.

Таким же образом можно найти и точки теплового баланса для  $t_{\text{н}} = 0; -5^{\circ}\text{C}$  и т. д. Соединяя однозначные точки, получаем кривые, обозначенные буквой  $c$  (рис. 5,  $c = 0,5 \dots 2,5$ ). По этим кривым можно, соответственно данной  $t_{\text{н}}$ , определить значения  $t_{\text{в}}$ , обеспечивающие установленный тепловлажностный режим в свинарнике.

Например, если  $c = 1,0$  и  $t_{\text{н}} = -5^{\circ}\text{C}$ , то находим, что приемлемой внутренней температурой является  $t_{\text{в}} = +9,6^{\circ}\text{C}$ , которой нужно придерживаться путем регулирования воздухообмена. Согласно принятому тепловлажностному режиму, ожидаемая относительная влажность воздуха при этом будет 85%.

**При отапливаемых** свинарниках для расчета тепловлажностного режима обобщаем модуль теплопотерь [3] следующим образом:

$$c_0 = \frac{\Sigma kF - \omega}{A_0} \cdot 100 \text{ \%}/\text{град.}$$

При этом  $\omega$  *вт/град* — добавочный приток тепла на градус перепада температур ( $\Delta t = 1$  градусу).

При  $\omega = 0$  получается  $c_0 = c$ , а если добавочный приток тепла превышает теплопотери через ограждения ( $\omega > \Sigma kF$ ), то значение  $c_0$  получается отрицательным. Кривые отрицательных обобщенных модулей ( $c_0 < 0$ ), полученные аналогично кривым  $c$  (рис. 4), вычерчены пунктиром.

Так, из рис. 5 видно, что внутренняя температура около  $+15^{\circ}\text{C}$  достигается при  $c_0 = -1,0$ , а  $+18^{\circ}\text{C}$  — при  $c_0 = -1,5$ , т. е. добавочного тепла на воздухообмен требуется соответственно 1,0 и 1,5% от общего, выделенного животными, на каждый градус перепада температуры ( $\Delta t$ ).

Общий процент добавочного тепла, с учетом теплопотерь через ограждения, рассчитывается по формуле

$$E^{\text{от}} = \Delta t (c - c_0) \% \quad (3)$$

(Если значение  $c_0$  отрицательное, то вместо вычитания получается сложение).

Для удобства при практическом использовании данные графика рис. 5 приведены на рис. 6 в упрощенном виде.

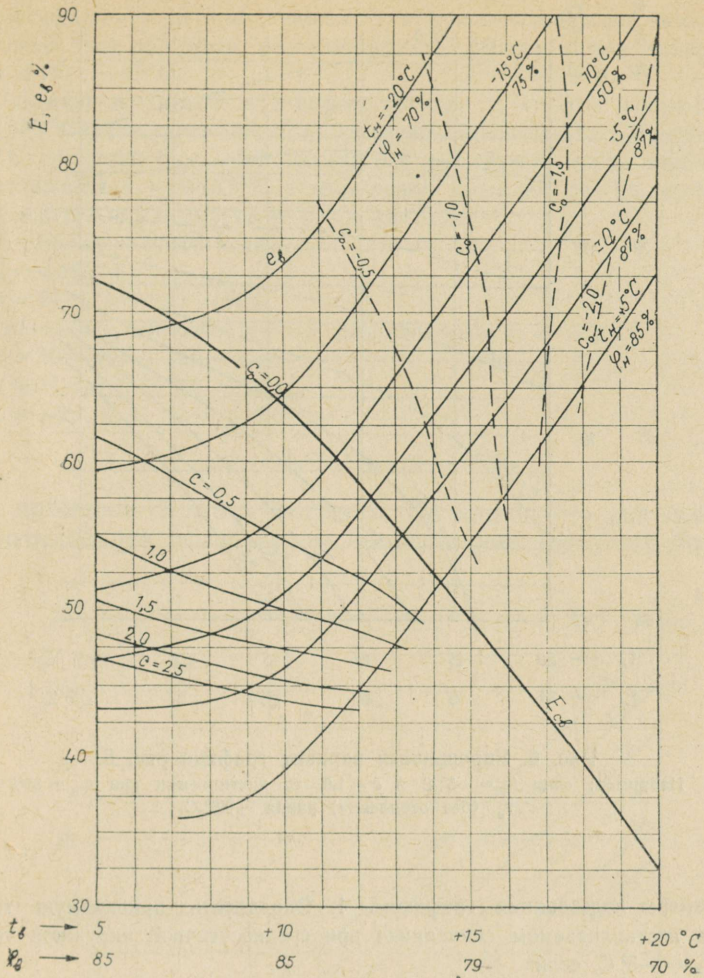


Рис. 5. График определения рекомендуемой температуры в свинарниках (крупногрупповое содержание, корм жидкий).

Например, при  $t_n = -5^\circ\text{C}$  и  $c = 0,5$  воздухообмен в неотапливаемом свинарнике следует регулировать так, чтобы  $t_v$  равнялось  $+11^\circ\text{C}$ .

Если кривые  $e_n$  и  $c$  не пересекаются (например,  $t_n = -15^\circ\text{C}$ ,  $c = 1,0$ ), то из-за недостатка тепла невозможно выдержать оптимальный тепловлажностный режим. (Чтобы влажность воздуха при этом не превышала 90%, внутренняя температура должна быть умеренно прохладной, т. е. от  $+6$  до  $+8^\circ\text{C}$ ). Кривые  $c_0$  (пунктирные) приведены для определения количества добавочного

тепла (отопления) по формуле (3).

Так, чтобы при  $t_n = -10^\circ\text{C}$  и  $c = 1,0$  получить  $t_v = +15^\circ\text{C}$  ( $c_0 = 1,0$ ), количество добавочного тепла составляет

$$E_{от} = 25(1 + 1) = 50\%$$

от общего тепловыделения животных.

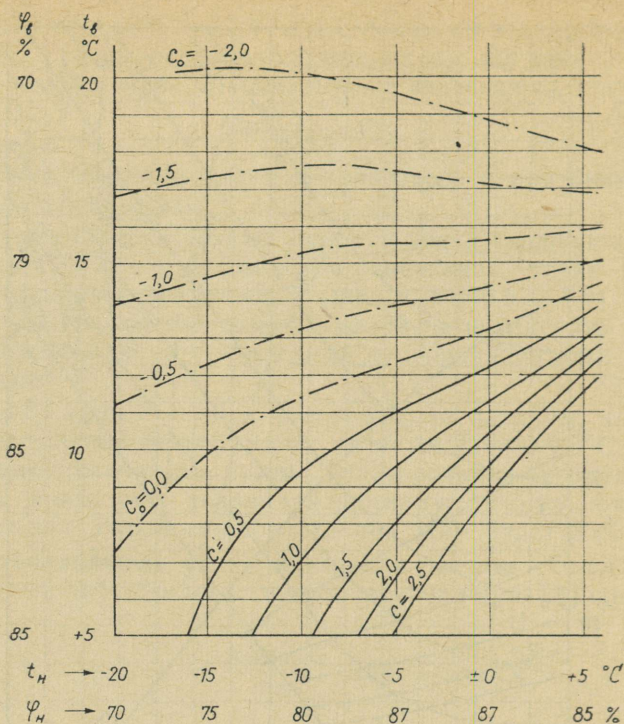


Рис. 6. Упрощенный вариант графика рис. 5.

Например: если  $t_{\text{н}} = -5^{\circ}\text{C}$  и  $c = 1,0$ , то достигаемая при  $\varphi_{\text{в}} = 85\%$   $t_{\text{в}}$  (без отопления) равна  $+9,6^{\circ}\text{C}$ .

**Примеры пользования графиком.** 1. Определить приемлемую температуру в неотапливаемом свинарнике при среднесуточной наружной температуре  $t_{\text{н}} = -5^{\circ}\text{C}$ , если

а) модуль  $c = 1,5$  и б)  $c = 0,5$ .

Из графика находим, что

а) при  $c = 1,5$   $t_{\text{в}} = +8^{\circ}\text{C}$

б) при  $c = 0,5$   $t_{\text{в}} = +11^{\circ}\text{C}$ .

2. Определить количество добавочного тепла ( $A^{\text{от}}$ ), необходимое при  $t_{\text{н}} = -5^{\circ}\text{C}$  и  $c = 1,5$  (пример 1, а) для повышения температуры до  $+11^{\circ}\text{C}$ . Общее тепловыделение свиней  $A_0 = 100$  квт.

Ответ. Так как температура  $+11^{\circ}\text{C}$  достигается при  $c = 0,5$ , то в данном свинарнике ( $c = 1,5$ ) обобщенный модуль теплопотерь должен быть  $c_0 = 0,5$ . По формуле (3) получаем

$$E_{\text{от}} = \Delta t (c - c_0) = 16 (1,5 - 0,5) = 16\%$$

$$A^{\text{от}} = 0,16 \cdot 100 = 16 \text{ квт} (\approx 13700 \text{ ккал/ч}).$$

3. Определить по данным примеров 1 и 2 количество добавочного тепла, необходимое для получения оптимальной для откормочников температуры (около  $+15 \dots +20^\circ\text{C}$ ).

Из графика на рис. 5 и 6 видим, что при  $t_n = -5^\circ\text{C}$  обеспечивается  $t_b = +15,5^\circ\text{C}$ , если  $c_0 = -1,0$ . Для дальнейшего повышения температуры до  $+19,6^\circ\text{C}$  требуется  $c_0 = -2,0$ . Количество добавочного тепла, необходимое для достижения  $t_b = +15,5^\circ\text{C}$  в свиарнике, имеющем  $c = 1,5$ , составляет:

$$E^{\text{от}} = \Delta t(c - c_0) = 20,5[1,5 - (-1,0)] = 51\%$$

$$A^{\text{от}} = 51 \text{ кВт} \approx 40\,000 \text{ ккал/ч};$$

для  $t_b = +19,6^\circ\text{C}$

$$E^{\text{от}} = 24,6(1,5 + 2,0) = 86\%.$$

В свиарнике, имеющем  $c = 0,5$ , для получения  $t_b = 15,5^\circ\text{C}$ :

$$E^{\text{от}} = 20,5 \cdot (0,5 + 1,0) = 31\%$$

$$A^{\text{от}} = 31 \text{ кВт} \approx 26\,500 \text{ ккал/ч};$$

при  $c_0 = -2,0$ , т. е.  $t_b = +19,6^\circ\text{C}$

$$E^{\text{от}} = 24,6(0,5 + 2,0) = 62\%.$$

Из примеров 2 и 3 и формулы (3) видно, что для достижения оптимальной температуры в свиарнике требуется большое

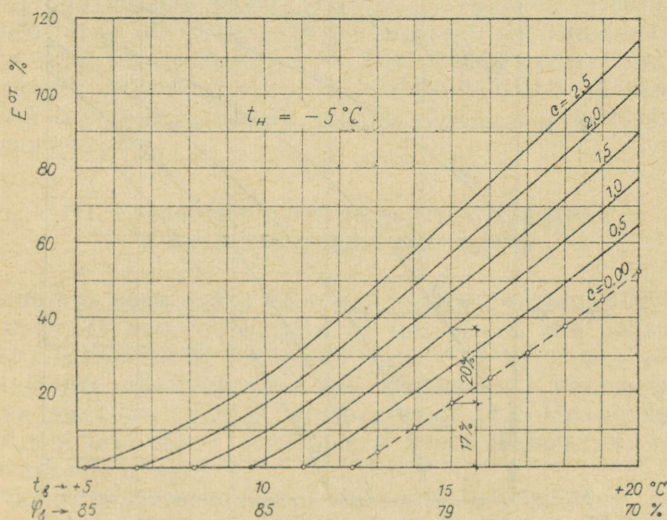


Рис. 7. Расход добавочного тепла ( $E^{\text{от}}$ ) в свиарниках Эстонской ССР при разных модулях  $c$  и  $t_n = -5^\circ\text{C}$  (средняя зима).

Точки кривой  $c = 0,0$  показывают количество добавочного тепла, необходимого для нагревания свежего воздуха, в дополнение к свободному теплу, выделяемому животными. Так, при  $t_b = +15^\circ\text{C}$  и  $c = 1,0$  общий приток добавочного тепла составляет 37% от общего тепловыделения животных, в том числе 17% — на нагревание свежего воздуха и 20% — на теплопотери через ограждения.

количество добавочного тепла. С увеличением  $t_b$  возрастает не только разность температур ( $\Delta t$ ), но и величина  $c_0$ . Это явление свойственно животноводческим помещениям в большей мере, чем жилым и общественным зданиям, где тепло расходуется главным образом на возмещение потерь через ограждения. Бросается в глаза и резкое увеличение расхода тепла в свинарнике, имеющем более высокий модуль теплопотерь ( $c$ ).

Даже для равного повышения температуры в свинарнике с высоким модулем теплопотерь требуется больше отопления, чем при низком  $c$ . Например, чтобы повысить  $t_b$  с  $+15,5$  до  $+19,6^\circ\text{C}$  требуется добавочного тепла:

при  $c = 0,5$  — 31%,      при  $c = 1,5$  — 35%.

Для более наглядного представления процент добавочного тепла при наружной температуре  $t_n = -5^\circ\text{C}$  изображен графически на рис. 7 для свинарников с различными модулями теплопотерь.

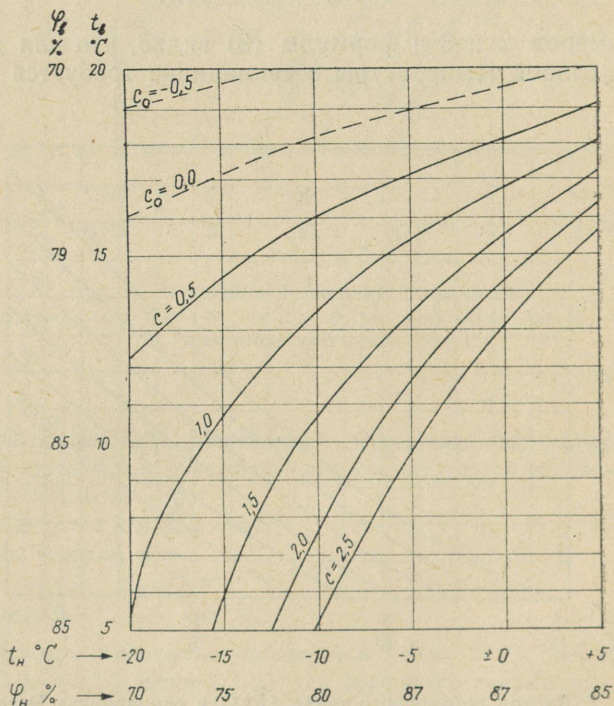


Рис. 8. График приемлемых температур в свинарниках при мелкогрупповом содержании и кормлении сухими кормами (на основе кривой  $E_{\text{дрсп}}$  — см. рис. 2).

Например, при  $t_n = -5^\circ\text{C}$  и  $c = 1.0$   $t_b$  будет  $+15,4^\circ\text{C}$  вместо  $+9,6$  по графику рис. 6 (при кормлении жидкими кормами).

Следует напомнить, что графики на рис. 3—7 составлены на основе данных, полученных для свинарников, где содержание крупногрупповое и корм дается в жидком виде. Аналогично графику рис. 6 для сравнения приводится рис. 8, составленный на основе кривой  $E_{\text{эксп}}$  (см. рис. 2), представляющей процент свободного тепла в свинарниках с мелкогрупповым содержанием и кормлением сухим кормом [5, 7].

При этом внутренние температуры получаются на 4—7 градусов выше показаний графика рис. 6. Резко уменьшается расход добавочного тепла на отопление. Например, при  $t_{\text{н}} = -5^{\circ}\text{C}$  и  $c = 0,5$  для достижения  $t_{\text{в}} = +19,6^{\circ}\text{C}$  требуется приблизительно  $c_0 = -0,2$ ; следовательно,

$$E_{\text{от}} = 24,6(0,5 + 0,2) = 17\%$$

вместо 62% по примеру 3.

Из сказанного следует, что условия содержания оказывают большое влияние на тепловлажностное состояние помещений, а отсюда и на экономику свиноводства. Во многих случаях сухая подстилка, целесообразное составление групп свиней, соблюдение чистоты и т. д. могут, наряду с отоплением, привести к лучшим результатам при меньших расходах средств (стоимость добавочного тепла обходится приблизительно в 1 коп. за 1 квт-ч).

Среди этих мер важную роль как в неотапливаемых, так и в отапливаемых свинарниках играет утепленность зданий и равномерный отрегулированный воздухообмен, о чем говорится в следующих главах.

### III. Расчет теплотерь через ограждения и тепловой режим помещения

**Теплопотеря помещения** на градус перепада температуры (необходимая для расчета модуля  $c$ ) тем выше, чем больше площадь ( $F$ ) ограждений (стен, потолка и т. д.) и чем выше их коэффициенты теплопередачи ( $k$ ). Величины  $k$  рассчитываются по правилам строительной теплотехники [2]. Примерные значения  $k$  для некоторых ограждений животноводческих помещений приведены в табл. 1.

Наиболее теплопроводными являются ограждения, отмеченные в таблице пунктами 1, 2, 4, 7, 8, 10, 14, 15, 16, 21. Более высокую теплоизоляцию дают легкие засыпки (9, 12, 17, 18, 19, 20) в стенах или покрытиях. Тяжелые наполнители малоэффективны (8, 11, 16, 21).

При хорошей теплоизоляции деревянное и железобетонное перекрытия не отличаются по качеству (19, 20).

Для примера рассчитаем теплопотери свинарника размерами  $18 \times 36$  м. Стены кирпичные (п. 12), пол бетонный (п. 6),

ЗНАЧЕНИЯ  $k$  ОГРАЖДЕНИЙ<sup>1</sup>

№ п/п	Вид ограждения	$k \frac{вт}{м^2 град}$
1	Окна одинарные	6,00
2	„ двойные	2,70
3	„ тройные	1,70
4	Двери неутепленные	2,60
5	„ утепленные (общая толщина 10 см)	1,15
6	Пол на грунте (бетонный, асфальтовый) при здании шириной от 12 до 18 м	0,27 ... 0,21
7	Стена кирпичная толщиной в 38 см	1,65
8	Стена Герарда (12 см кирпича + 14 см засыпки + 12 см кирпича); заполненная шлаком	1,30
9	То же, с легкой засыпкой (вата минеральная, опилки, торф и т. д.)	0,68
10	Стена кирпичная 51 см	1,35
11	Стена Герарда 51 см со шлаком (27 см)	0,69
12	То же, с легкой засыпкой (27 см)	0,33
13	Стена газобетонная (800 кг/м <sup>3</sup> ) толщиной в 30 см	0,85
14	Перекрытие дощатое, замазанное глиной	2,40
15	Перекрытие железобетонное, неутепленное	3,80
16	Перекрытие (по пунктам 14 и 15) со слоем шлака в 10 см	1,28 ... 1,57
17	То же, с легкой засыпкой в 10 см	0,70 ... 0,77
18	То же, толщина засыпки 20 см	0,40 ... 0,43
19	То же, толщина засыпки 30 см	0,28 ... 0,29
20	То же, толщина засыпки 50 см	0,18 ... 0,18
21	Совмещенное железобетонное перекрытие, утепленное фибролитом, толщиной в 15 см	0,90

Таблица 2

ПЛОЩАДИ ОГРАЖДЕНИЙ<sup>2</sup> И РАСЧЕТ ТЕПЛОПOTEPЬ СВИНАРНИКА

№ по табл.	Вид ограждения	$k \frac{вт}{м^2 град}$	$F$ м <sup>2</sup>	$kF \frac{вт}{град}$
1				
6	Пол бетонный	0,21	648	136
	Перекрытие железобетонное	0,25	652	163
2	Окна двойные	2,70	40	108
5	Двери утепленные	1,15	12	14
7	Стена кирпичная 38 см (простенки, перемычки)	1,65	55	91
9	Стена Герарда 38 см с легкой засыпкой	0,68	99	67

$$\Sigma kF = 579$$

<sup>1</sup> Значения  $k$  в литературе до сих пор приведены по старой системе измерений (ккал/чм<sup>2</sup>град). Для перехода в СИ  $k = 1 \text{ ккал/чм}^2\text{град} = 1,16 \text{ вт/м}^2\text{град}$ .

<sup>2</sup> Так как свиарник примыкает торцом к кормокухне, расход тепла через эту стену исключается.

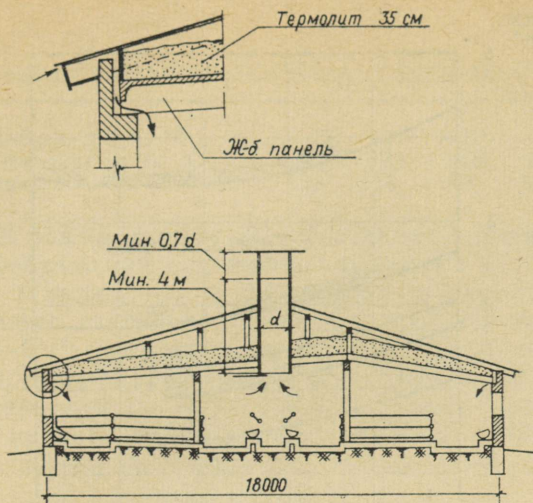


Рис. 9. Разрез и деталь опытного свинарника с хорошо утепленным перекрытием.

Воздухообмен регулируется посредством шиберов под шахтой. Приток свежего воздуха — через щели между панелями перекрытий и продольными стенами здания. Для утепления совмещенного перекрытия, имевшего недостаточное утепление, была построена новая крыша.

а совмещенное перекрытие (п. 21), предусмотренное проектом, заменено конструкцией, показанной на рис. 9. При толщине слоя легкой засыпки на перекрытие в 35 см —  $k = 0,25 \text{ вт/м}^2\text{град}$ .

Если же перекрытие выполнить по проекту, то  $k = 0,90$  и теплопотеря через него увеличилась бы на  $(0,90 - 0,25) \times 652 = 429 \text{ вт/ч}$  и общая теплопотеря помещения была бы равна 1000 вт/ч, т. е. почти вдвое больше.

**Модуль теплопотерь**  $s$  показывает процентное отношение между суммой теплопотерь и общим тепловыделением животных ( $A_0$ ). Для определения  $A_0$  на графике рис. 10 показано выделение общего тепла на килограмм живой массы (веса) свиной различного возраста по данным литературы [1, 6].

Например, в свинарник на рис. 9 вмещается 700 свиней со следующими данными:

400 голов общей массой 18 500 кг, т. е. 1 свинья — 46 кг

300 голов общей массой 20 500 кг, т. е. 1 свинья — 68 кг.

Если предположить, что  $t_{в} = +12^\circ \text{C}$ , то общее тепловыделение по рис. 10 будет:

у первой группы 3,3 вт/кг, в общем — 61000 вт

у второй группы 2,7 вт/кг, в общем — 56000 вт

всего  $A_0 = 117\,000 \text{ вт}$ .

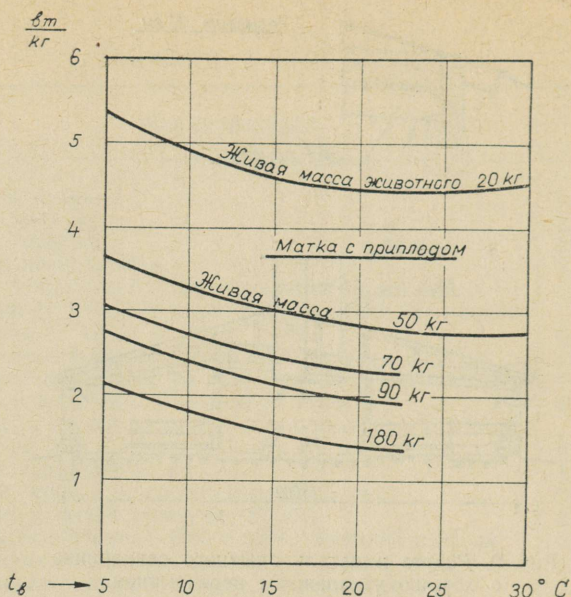


Рис. 10. Общее тепловыделение на 1 кг живой массы свиней различного возраста.

Тепловыделение на 1 кг массы свиноматок вместе с приплодом практически не зависит от температуры помещения и возраста поросят, составляя в среднем 3,6 *вт/кг*. Пример. Свинья весом в 60 кг при +12°С выделяет на 1 кг 2,9 *вт* общего тепла.

Если теплопотери помещения через ограждения составляют 579 *вт/град*, то получается

$$c = \frac{\Sigma k F}{A_0} \cdot 100 = \frac{579}{117\,000} \cdot 100 = 0,5 \text{ \%/град.}$$

Изменения массы свиней за счет привеса незначительно влияют на величину *c* до тех пор, пока помещение заселено нормально. Главным фактором, определяющим значение *c*, является утепленность здания. Для первой зимы эксплуатации здания, когда ограждения еще не просохли, при расчете *c* величину *k* рекомендуется увеличить на 10—30%.

Для персонала, обслуживающего свинарник, целесообразно составить таблицу внутренних температур, по которой следует ориентироваться при регулировании воздухообмена. В качестве примера составлена табл. 3 для отопляемого свинарника-откормочника, модуль которого равняется 0,5 (согласно графику рис. 6).

РЕЖИМ СВИНАРНИКА-ОТКОРМОЧНИКА ПРИ  $C = 0,5$ 

Наружная температура $t_n$ , °C	-20	-15	-10	-5	0	+5
Внутренняя температура $t_b$ , °C	10,5	12,1	13,5	15	15	13,5
Тепло отопления $E^{от}$ , %	26	26	26	26	11	0

Тепловой режим в табл. 3 определялся исходя из нижеследующих соображений при выборе значения  $E^{от}$ .

Из рис. 1 видно, что с повышением температуры с  $+8$  до  $+15^\circ\text{C}$  привес свиней увеличивается приблизительно на 10%. При  $t_n = -5^\circ\text{C}$  (средняя зимняя в ЭССР) в данном свиномнике  $+11^\circ\text{C}$  достигается без отопления. Следовательно, с повышением температуры до  $+15^\circ\text{C}$  ожидается увеличение привеса на 6%. Если принять за среднесуточный привес 500 г на голову, общее увеличение продукции за счет отопления составит

$$0,06 \cdot 0,5 \cdot 600 = 18 \text{ кг.}$$

Применение подстилки уменьшает влияние температуры примерно на половину (см. рис. 1, 1).

Процент добавочного тепла для достижения  $t_b = +15^\circ\text{C}$  при  $t_n = -5^\circ\text{C}$  определяем по формуле (3). По рис. 6 находим, что  $c_0 = -0,8$ . Следовательно,

$$E^{от} = \Delta t(c - c_0) = 20(0,5 + 0,8) = 26\%.$$

Интенсивность притока добавочного тепла на 600 свиней, общее тепловыделение которых составляет 100 кВт, будет

$$A_{от} = 0,26 \cdot 100 = 26 \text{ кВт.}$$

Количество добавочного тепла в сутки получается

$$24 \cdot 26 = 624 \text{ кВт-ч.}$$

Если принять за стоимость кВт-ч 1 коп., расходы на отопление будут составлять 6,26 руб. в сутки, т. е. увеличение привеса окупает расходы на отопление.

При дальнейшем повышении температуры привес увеличивается уже медленнее, а количество добавочного тепла сильно возрастает (см. рис. 7).

Приняв за мощность отопительных установок 26% от общего тепловыделения свиней, определяем по рис. 6 температуры, достигаемые в свиномнике при разных наружных температурах. Например, определим  $t_b$  при  $t_n = -15^\circ\text{C}$ , если  $E^{от} = 26\%$ .

Принимая первоначально  $t_b = +13^\circ\text{C}$ , получается  $\Delta t = 13 + 15 = 28$  град. Из формулы (3) следует

$$c_0 = c - \frac{E^{от}}{\Delta t} = 0,5 - \frac{26}{28} = -0,43\%/град.$$

Из рис. 6 видно, что величине  $c_0 = -0,43$  соответствует  $t_b = +12^\circ\text{C}$ , т. е.  $\Delta t = 27$  град.

Проверяем, соответствует ли процент добавочного тепла полученным данным:

$$E_{от} = 27 (0,5 + 0,43) = 25\%.$$

Ввиду различия в полученных данных изменяем  $t_b$  на  $+12,1^\circ\text{C}$ ; тогда  $c_0 = -0,46$  и

$$E_{от} = 27,1 \cdot 0,96 = 26\%.$$

Таким путем высчитаны значения  $t_b$  в табл. 3.

То обстоятельство, что  $t_b$  при усилении мороза несколько понижается, существенно не влияет на рентабельность, так как среднесуточные температуры ниже  $-15^\circ\text{C}$  в Эстонской ССР наблюдаются в среднем только 10 дней в году.

При определении  $t_b$  по таблицам или по графику за основу принимается среднесуточная наружная температура, так как ограждения здания несколько задерживают влияние резких колебаний последней.

Термометр для контроля  $t_b$  и регулирования воздухообмена рекомендуется поместить около вытяжной шахты на уровне глаз. То, что температура у пола несколько ниже, не имеет значения при расчете теплового режима помещения, так как определяющим фактором теплового баланса является температура воздуха в вытяжной шахте.

Но при этом нужно следить, чтобы разница температур у животных и под потолком помещения не превышала нескольких градусов. В практике часто встречается явление, при котором в результате неправильного воздушного или парового отопления сильно нагревается верхний слой воздуха под потолком, но температура у животных почти не изменяется. Такое отопление малоэффективно.

#### IV. Данные практики

В табл. 4 показаны данные климата экспериментального свинарника-откормочника, построенного с указанными на рис. 9 ограждениями и установками для вентиляции, воздухообмен которого тщательно отрегулирован (Тартуский опытно-показательный совхоз).

В этой же таблице приводятся для сравнения рекомендуемые внутренние температуры по графику рис. 6.

Так как заселенность свинарника животными была ниже нормальной, то модуль теплотеря через ограждения  $c$ , несмотря на хорошую утепленность, оказался равным 0,8.

ВНУТРЕННИЙ КЛИМАТ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО СВИНАРНИКА  
ПО СРАВНЕНИЮ С РЕКОМЕНДУЕМЫМ ГРАФИКОМ РИС. 6

Месяцы 1965 г.	Февраль				Март			
	II		III		I		II	
Декады	°C	%	°C	%	°C	%	°C	%
Температура и относительная влажность воздуха	°C	%	°C	%	°C	%	°C	%
Средняя наружная $t_n$ и $\varphi_n$	-5,2	88	-11,0	79	-9,9	80	-0,4	85
Действительная средняя внутренняя $t_b$ и $\varphi_b$	12,0	82	11,0	85	12,4	82	15,2	80
Рекомендуемая $\varphi_b$ по действительной $t_b$		82		84		82		78
Расчетная $t_b$ по $t_n$	10,1		7,5		84		11,5	
Отклонение действительной $t_b$ и $\varphi_b$ от расчетной величины	1,9	0	3,5	1	4,0	0	3,7	2

В таблице рассматривается также соответствие действительной относительной влажности воздуха тепловлажностному режиму, положенному в основу составления графика на рис. 6, т. е. когда  $t_b = +10^\circ\text{C}$ , то  $\varphi_b = 85\%$ , а при повышении температуры выше  $+10^\circ\text{C}$  влажность воздуха уменьшают так, чтобы при  $t_b = +20^\circ\text{C}$   $\varphi_b$  достигла  $70\%$ .

Как видно из таблицы, относительная влажность воздуха соответствует рекомендуемому режиму. Лишь только при приближении наружной температуры к  $0^\circ\text{C}$  (март, II декада) относительная влажность воздуха становится немного выше рекомендуемой. Это показывает, что при повышении наружной температуры воздухообмен не увеличился в достаточной мере. Приведенный в начале таблицы период совпадает с самыми холодными днями этой зимы.

Следует отметить, что при проведении вышеприведенных измерений график регулирования воздухообмена еще не был составлен. Правильность воздухообмена в свинарнике оценивали путем измерения внутренней температуры и относительной влажности воздуха. Соответственно этому работникам свинарника давались указания по регулированию клапана вытяжной шахты.

В предыдущий зимний период, когда отсутствовали навыки и воздухообмен регулировался по своему усмотрению, данные регистрации климата показывали, что внутренняя температура

была на 8 градусов выше, чем данные графика (рис. 6). Относительная влажность воздуха в то время часто достигала 95%.

Также и в период, приведенный в табл. 4, внутренняя температура, по сравнению с графиком, была на несколько градусов выше. Но так как относительная влажность воздуха удерживалась нормальной, из этого следует, что здесь оказало влияние согревавшее здание солнечное излучение. Это подтверждается также тем обстоятельством, что разница между действительной и найденной по графику температурами возрастает по мере увеличения солнечного тепла весной.

Вероятно, что сухой подстилочный торф, обильно использованный в этом свинарнике, и ежедневная чистка помещения несколько уменьшили испарение воды с пола по сравнению со средним состоянием свинарников Эстонской ССР, которое взято за основу при составлении графика.

Следовательно, на более холодный зимний период, когда вопросы температуры и влажности наиболее актуальны, необходимо запастись сухой подстилкой.

**Регулировка воздухообмена** в опытном свинарнике происходила посредством клапана (шибера) вытяжной шахты (см. рис. 9). Расположение клапана под шахтой удобно в том отношении, что его позиция всегда видна и легко контролируема. Кроме того, шибер в полуоткрытом положении зимой препятствует проникновению в помещение вихрей, образующихся в шахте от ветра.

Регулировку удобно производить в спокойную погоду, когда наружная температура приблизительно соответствует средней сезона. После установки клапана температуру у вытяжной шахты контролируют через 3—5 часов и в случае расхождения с данными графика изменяют положение шибера. При удачной регулировке положение клапана фиксируется и отмечается для удобства повторной регулировки.

Практика показывает, что при отрегулированном по средней зимней погоде воздухообмене не нужно ежедневно настраивать клапан, несмотря на изменение наружной температуры на несколько градусов.

Это видно и из рис. 11, на котором графически показан необходимый воздухообмен, приходящийся на 1 квт общего тепловыделения животных.

Формула вычисления воздухообмена следующая:

$$q = \frac{100 - E}{0,245 \cdot \Delta d} \frac{z}{\text{сек} \cdot \text{квт}} \quad (4)$$

Из этого следует, однако, что воздухообмен нужно перерегулировать в случае изменения количества животных (и, следовательно, притока общего тепла, выделяемого ими). Необходимо

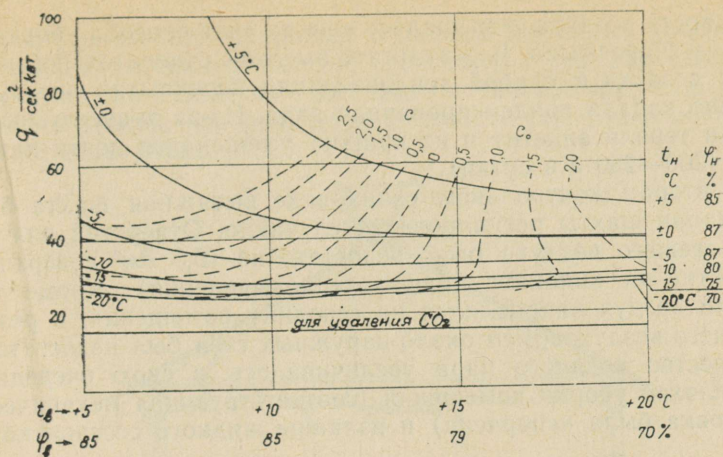


Рис. 11. Необходимый воздухообмен для удаления водяного пара из свиарников.

Пунктиром отмечены внутренняя температура и воздухообмен в свиарниках с различными модулями теплопотерь. Например, если  $c = 1.0$ , то при  $t_n = -10^\circ\text{C}$   $q$  равно 30 г/сек · квт, а при  $t_n = +5^\circ\text{C}$  — 60 г/сек · квт.

это и в том случае, когда после уменьшения количества свиней температуру поддерживают путем отопления на прежней высоте.

Если же в ясную погоду внутренняя температура поднимается вследствие притока солнечного тепла, то это не ведет к повышению относительной влажности воздуха и клапан перерегулировать не нужно.

Отверстие шахты необходимо сузить клапаном при сильном ветре (даже в случае смягчения погоды), так как ветер значительно увеличивает скорость воздуха в шахте.

Для сравнения с экспериментальным свиарником в тот же промежуток времени рассматривали состояние климата еще в двух откормочных свиарниках соседних хозяйств. Вместительность их была такая же, как у экспериментального свиарника, но построены они в соответствии с типовым проектом, со значительно менее утепленным перекрытием (см. табл. 1. п. 21). Однако вследствие того, что они были плотно заселены животными, модуль потерь через ограждения у них был незначительно больше, чем в опытном свиарнике при более слабой заселенности.

В первом контрольном свиарнике отсутствовала вытяжная шахта. Некоторые оконные переплеты были заменены жалюзиобразной решеткой, но воздухообмен через них был, очевидно, очень слабым. В результате этого внутренний воздух был чрезмерно теплый (около  $+17^\circ\text{C}$ ), но насыщенный водяным паром.

Влажность воздуха повышалась еще за счет способа уборки навоза — гидросмыва. В результате высокой относительной влажности воздуха и слабой теплоизоляции перекрытия сверху постоянно капала конденсированная вода. Из-за душного воздуха свиньи теряли аппетит и их прирост уменьшался почти наполовину (200—250 г в сутки).

Во втором контрольном свиномнике вытяжная шахта была, но клапан шахты регулировался случайно. Отверстий для притока свежего воздуха было недостаточно (0,5 дм<sup>2</sup> поверхности отверстий на киловатт общего тепловыделения). Кроме того, свежий воздух направлялся на середину помещения, в результате чего воздухообмен около наружных стен был недостаточен. Количество водяного пара увеличивалось, в свою очередь, за счет плохой уборки помещения (соответствующая механическая установка была испорчена) и излишне жидкого состава корма.

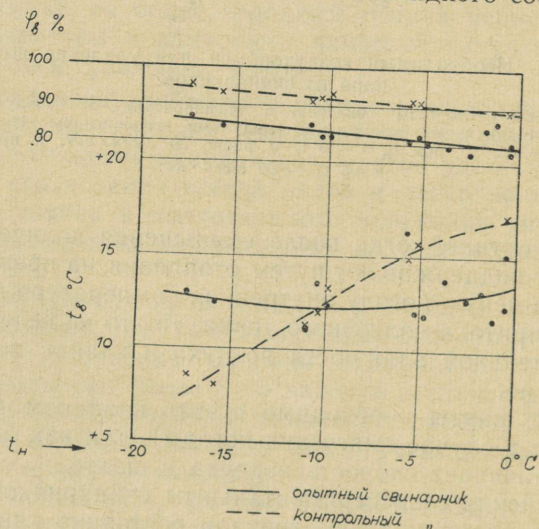


Рис. 12. Сравнение показателей внутреннего климата в опытном и контрольном свиномниках.

При этих условиях уже в начале зимы в ограждениях накопилось много конденсированной воды. Зимой для просыхания ограждений не хватало тепла, выделяемого животными. Поэтому влажность воздуха удерживалась высокой все время, даже при сильном проветривании свиномника. Внутренняя температура же заметно колебалась в зависимости от наружной (рис. 12).

Свиньи этого хозяйства были заражены инфлюэнцей. В климатических условиях свиномника-откормочника болезнь легких быстро распространялась.

Из-за уменьшения приростов и падежа животных убытки хозяйства в этом свинарнике (по сравнению с другими свинарниками этого же хозяйства) составили в течение полугода около 33 тысяч рублей, что равняется стоимости постройки почти такого же свинарника.

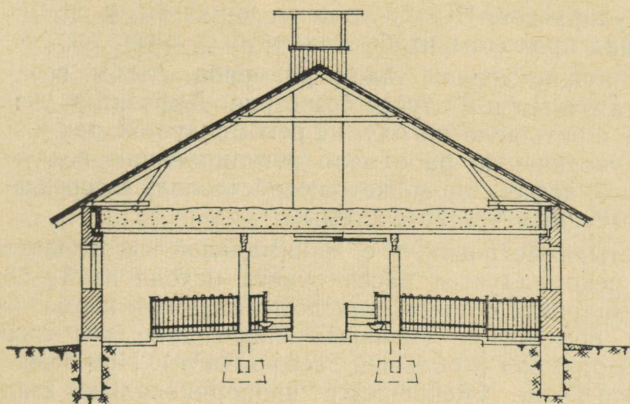


Рис. 13. Разрез экспериментального свинарника-маточника в колхозе «Ярваканди» Раплагского района.

Перекрытие из железобетона утеплено легкой засыпкой толщиной в 50 см. Пароизоляции на железобетоне не требуется. Рекомендуемое устройство притока воздуха см. на рис. 18.

В результате аналогичного отрицательного опыта некоторые типовые проекты для строительства свинарников в Эстонской ССР отменены. Перекрытия строящихся свинарников стали утеплять лучше. Хозяйства предпочитают вообще строить свинарники с чердаком, особенно под отопляемые свинарники-маточники, так как с чердака удобнее утеплять перекрытие (рис. 13). При горизонтальном перекрытии общая высота помещения, а также разница температур под потолком и около пола становится меньше. Весьма существенной проблемой является теперь устранение недостатков в ранее построенных свинарниках.

## V. Вентиляционные устройства

Регулирование воздухообмена может быть успешным лишь в том случае, если воздух обменивается равномерно как во времени, так и в пределах помещения. Это обеспечивается правильным устройством вентиляции.

Воздухообмен, действующий на естественной тяге, дешев и, благодаря простоте устройства и надежности в работе, предпочитается электрической вентиляции. В Эстонской ССР воздух из

животноводческих помещений вытягивается главным образом одной мощной шахтой. Моношахтная система проверена на практике в помещениях, где выделяемое животными общее тепло доходит до 250 квт.

При моношахтной системе воздухообмен легко контролируется и регулируется. Шахту удобнее помещать в среднюю часть здания, над проходом, чтобы клапан был легко доступен.

Шахту нужно делать таких размеров, чтобы воздухообмен был достаточным и в случае безветрия. Дефлектор, увеличивающий тягу в ветреную погоду, не рекомендуется, так как он приводит к увеличению работы по регулированию воздухообмена. Кроме того, дефлектор может способствовать засорению и порче труднодоступных частей системы.

При четырехметровой, т. е. минимальной высоте шахты отверстие ее рекомендуется рассчитывать исходя из 3—3,5  $\text{дм}^2$  на каждый киловатт общего тепловыделения при нормальной заселенности помещения (меньшее число дано для свинарников большего размера и большей заселенности). При более высокой шахте отверстие уменьшается пропорционально квадратному корню: например, при 6-метровой высоте в 1,2 раза ( $\sqrt{6:4} = 1,2$ ), при высоте 8 м — в 1,4 раза и т. д.

Шахта с таким отверстием сможет удовлетворить потребность в воздухообмене зимой и в переходный период, т. е. когда средняя наружная температура не поднимается выше  $+3$  или  $+8^\circ\text{C}$ . В более теплое время нужно открывать окна с обеих сторон сви-

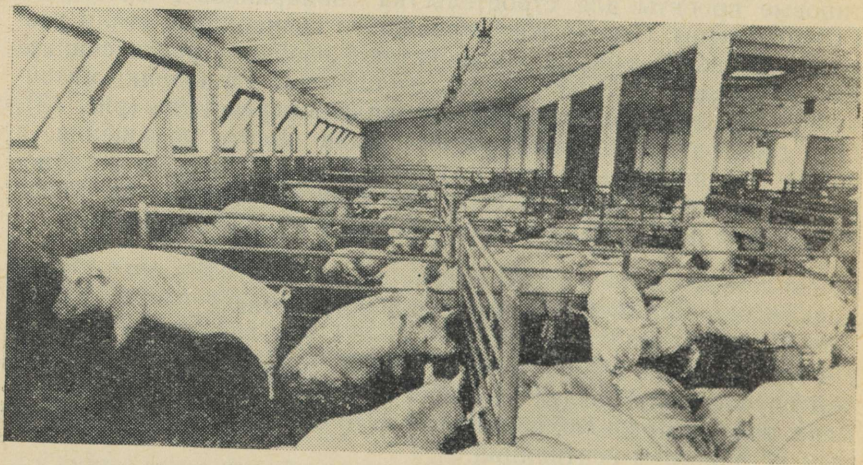


Рис. 14. Внутренний вид свинарника.

В летний период окна открыты для проветривания помещения. Конструкцию здания см. на рис. 9.

нарника и таким путем постоянно проветривать помещение. Хотя воздухообмен в этом случае и бывает часто больше необходимого, помещение при этом из-за небольшой разницы в температуре существенно не остужается. Важно, чтобы свежий воздух направлялся вверх и непосредственно не доходил до животных (рис. 14).

**Приток свежего воздуха** во многих свинарниках недостаточно организован. Отверстия для этого либо совсем отсутствуют, либо имеют маленькую общую площадь, и доступу воздуха через них препятствует вложенная в отверстие сетка или солома. Однако для воздухообмена в равной степени необходимы как удаление уже использованного, так и доступ свежего воздуха.

Неорганизованность притока воздуха является причиной не только недостаточности воздухообмена, но, в первую очередь, колебания температуры и сквозняка в помещении. Затрудняется также регулирование воздухообмена.

Чем вместительнее помещение, тем большие изъёмы вызывает недостаточный приток воздуха. В настоящее время ограждения строящихся свинарников практически воздухонепроницаемы, исключая ворота. Поэтому, особенно в тех свинарниках, где по технологическим или другим причинам ворота построены в концах здания, отверстия для воздуха нужно делать и у продольных стен, чтобы свежий воздух поступал как можно более равномерно по всему периметру помещения.

На воздухообмен оказывает также влияние ветер. С наветренной стороны здания приток воздуха увеличивается, с подветренной — уменьшается. Однако при сильном ветре даже возможно непредвиденное вытекание воздуха через впускные отверстия. Вызванная ветром нерегулярность в воздухообмене тем ощутимее, чем больше площадь отверстий притока. Поэтому при постройке здания отверстия часто делают маленькими и закрывают их при эксплуатации.

Чем лучше здание защищено постройками или деревьями и чем лучше впускные отверстия укрыты от ветра, тем лучше протекает воздухообмен.

При вычислении необходимой площади отверстий для притока воздуха уместно исходить из наружной температуры при  $0^{\circ}\text{C}$ . В этом случае разница температур составляет от 9 до 12 градусов (см. рис. 5 и 6), которая при высоте шахты в 4 м может привести в движение обмениваемый воздух со скоростью около 1 м/сек. По этой скорости следует вычислять также площадь впускных отверстий для приема свежего воздуха.

Так как потребность в воздухообмене при  $0^{\circ}\text{C}$  составляет 45 г/сек на киловатт (см. рис. 11) или 34 л/сек на киловатт, то общая величина отверстий должна быть не менее  $3,4 \text{ дм}^2/\text{квт}$ . Если учитывать также проникновение воздуха через щели у ворот и окон, то минимальной площадью отверстий для воздуха

следует считать от 2 до 3  $\text{дм}^2$  на каждый киловатт общего тепло-выделения животных.

При установке защитных щитов, регулировочных клапанов и т. п. следует иметь в виду, чтобы ими, в свою очередь, не тормозить приток воздуха, т. е. чтобы площадь входа воздуха в отверстие была больше площади отверстия. То же относится и к сечению распределительных каналов (см. пример на рис. 20).

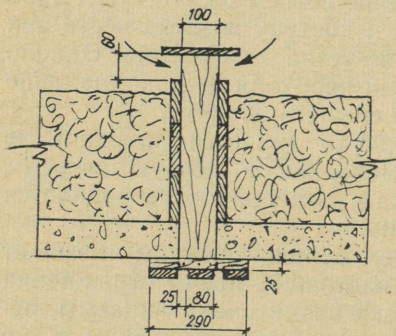


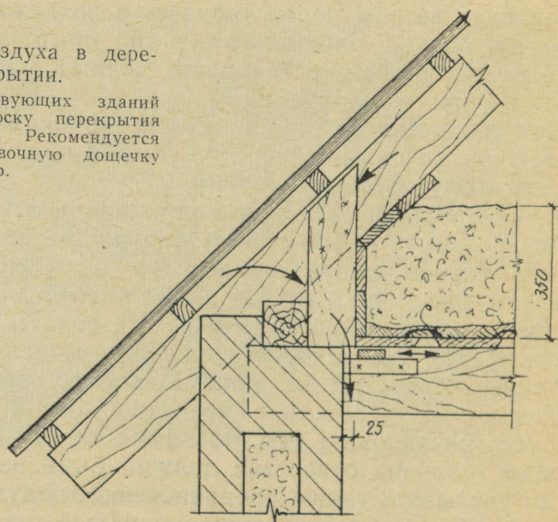
Рис. 15. Отверстие для притока воздуха в перекрытии, оборудованное распределительным щитом.

Площадь выпускных отверстий неоднородного сечения следует учитывать по их самому узкому месту.

В помещениях с чердаком целесообразно строить впускные отверстия в перекрытии, так как чердачное помещение хорошо защищено от ветра. Воздух там обычно немного теплее наружного (за счет проходящего через перекрытие тепла). Находя-

Рис 16. Щель для воздуха в деревянном перекрытии.

При утеплении существующих зданий отодвигают крайнюю доску перекрытия от стены на 20—25 мм. Рекомендуется также делать регулировочную дощечку под щелью.



щиеся в перекрытии отверстия отстоят от животных достаточно далеко, так что перед поступлением к животным воздух успевает смешаться с внутренним воздухом и нагреться.

Иногда влажный внутренний воздух через отверстия в перекрытии попадает на чердак и образует там иней, который при таянии увлажняет утеплительные материалы. Для уменьшения этой опасности рекомендуется отверстия в потолке делать щелеобразные, шириной не более 20—25 мм. Полезно также установить перед щелью регулировочный клапан или дощечку (рис. 16). Если будет замечено вытекание воздуха через щели, то на зимний период их следует сузить до прекращения вытекания.

Выход воздуха через отверстия в потолке наблюдается особенно тогда, когда клапан вытяжной шахты чрезмерно или полностью закрывают.

Таким образом, проверяя зимой время от времени чердачное помещение, можно узнать, достаточно ли открыт клапан шахты.

Щели в перекрытии следует делать, по возможности, рядом с наружными стенами, чтобы оседающий свежий сухой воздух предотвращал образование конденсата на стенах. Важно, чтобы щели доходили до углов помещения, где конденсат образуется чаще всего.

Нужно учитывать, что в холодное время около отверстий для воздуха образуется легкий туман, увлажняющий верхнюю часть стены. Чтобы он не смог причинить вреда зданию, рекомендуется стены на 30—40 см книзу от потолка покрыть обмазкой из би-

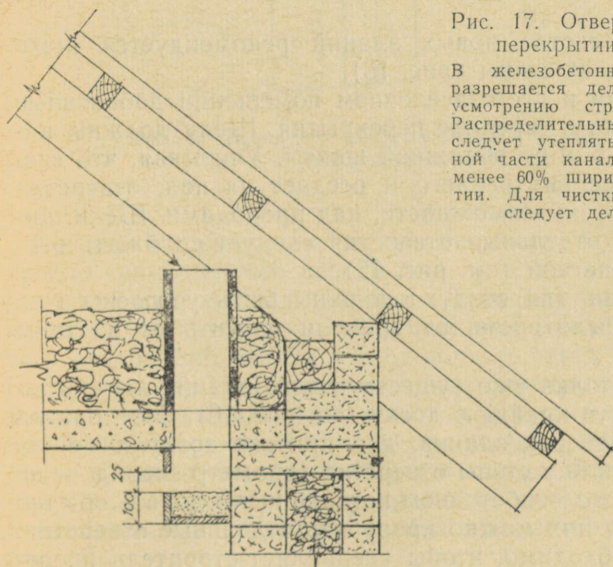
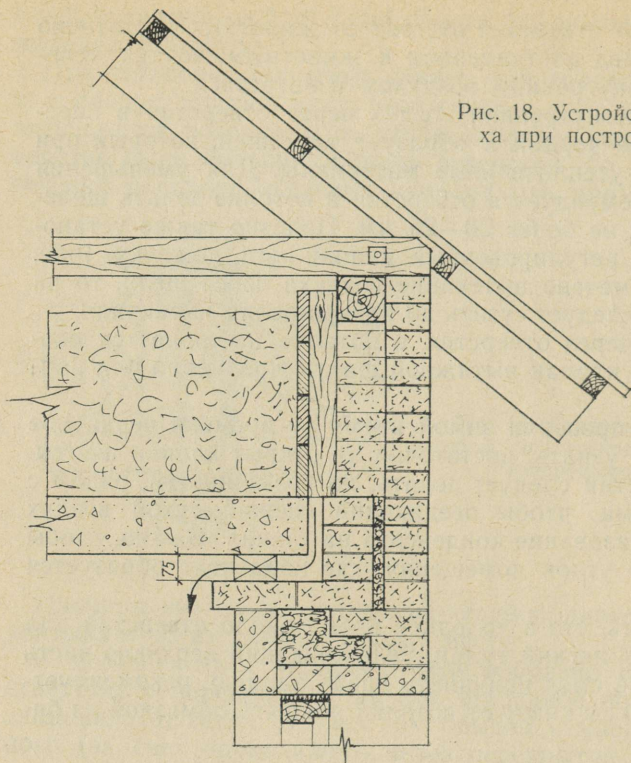


Рис. 17. Отверстия для воздуха в перекрытии из железобетона.

В железобетонном перекрытии обычно разрешается делать отверстия лишь по усмотрению строительного специалиста. Распределительный канал под потолком следует утеплять, причем высота свободной части канала должна составлять не менее 60% ширины отверстий в перекрытии. Для чистки канала верхнюю доску следует делать открывающейся.

Рис. 18. Устройство щели для воздуха при постройке новых зданий:



тума. При строительстве новых зданий рекомендуется щель немного отодвинуть от стены (рис. 18).

В более широком и густозаселенном помещении добавочные щели следует делать в середине перекрытия. Щели должны находиться не ближе 5 м от вытяжной шахты. Учитывая, что свежий воздух тяжелее внутреннего и оседает на пол, отверстия нужно расположить, по возможности, над проходами. Щели шире 25 мм, а также отдельные отверстия следует снабжать распределительной решеткой (см. рис. 15).

Отверстия и щели для воздуха должны быть устроены так, чтобы их можно было время от времени чистить от паутины и сора.

В деревянном потолке уже существующего здания легко сделать щели, отодвинув крайнюю доску (см. рис. 16). Если настил из теса положен поперек здания, для притока воздуха можно просверлить в настиле у стены отверстия (диаметр сверла — не менее 30 мм). При железобетонном потолке щели делать обычно невозможно, вместо них можно прорубить отдельные отверстия. Но перед этим необходимо, чтобы специалист-строитель прове-

рил перекрытие и определил, где и какого размера отверстия можно сделать. Воздух следует распределить с помощью находящегося под потолком канала (рис. 17). При постройке же нового перекрытия приток воздуха можно организовать удобнее (рис. 18 или аналогично рис. 9).

В свинарниках с совмещенным перекрытием труднее предотвратить влияние ветра. Щели, проделанные в местах соединения перекрытия и стены (рис. 9 и 19), дают удовлетворительные результаты.

Иногда сильный ветер вызывает вытекание внутреннего влажного воздуха через эти щели. Нужно предотвратить попадание его под кровлю, так как образующийся там конденсат может увлажнить утеплительный материал.

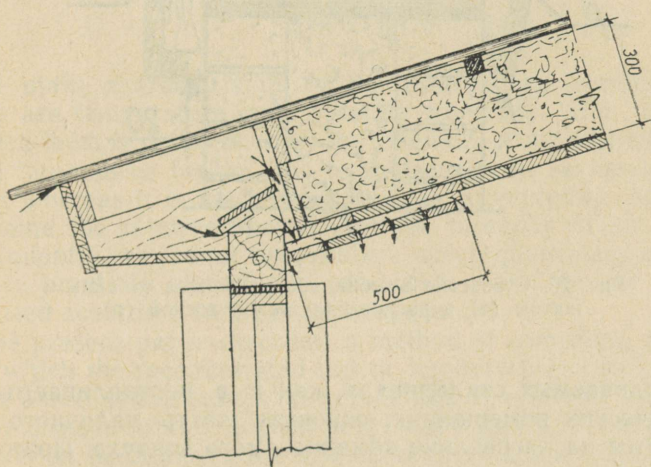


Рис. 19. Щель для доступа воздуха в деревянном совмещенном перекрытии.

По тем же причинам не рекомендуется брать воздух из-под кровли совмещенного перекрытия, т. е. делать приточные щели на скате или же под коньком. Дуящий поверх здания ветер часто создает под кровлей понижение давления, в результате чего внутренний воздух может попасть через щели под кровлю. Поэтому в зданиях с совмещенным перекрытием отверстия для воздуха часто приходится делать в наружных стенах, защищая отверстия снаружи поясом из досок (рис. 20). При некоторых, более крупных, отверстиях можно для защиты от ветра сделать снаружи повернутое книзу трубчатое колено, изнутри же распределительную трубу со щелью, аналогично показанной на рис. 17.

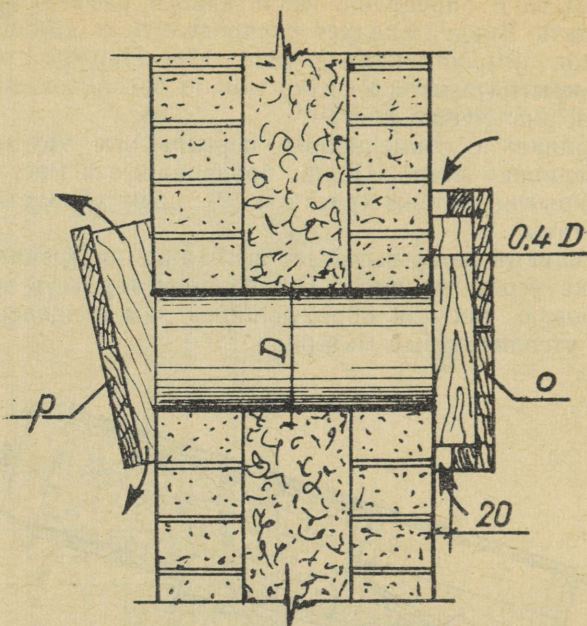


Рис. 20. Отверстие в стене, оборудованное отбойным щитом (o) и распределительной доской (p).

В отапливаемых свинарниках, как и в неотапливаемых животноводческих помещениях, основная часть наличного тепла расходуется на нагревание обмениваемого воздуха. Поэтому необходимо непрерывное поступление отопительного тепла в свинарник (в противоположность, например, бытовым помещениям, где воздухообмен обычно меньше).

Весь свежий воздух нужно до поступления его к животным предварительно нагревать. Если сильно нагревать только часть необходимого воздуха, то он стремится вверх вместе с воздухом, использованным животными, в то время как на пол оседает остальная, ненагретая часть свежего воздуха. При таком способе отопительное тепло используется неполностью.

## COMPUTATION AND REGULATION OF THE AIR EXCHANGE IN HOG HOUSES

By J. Armolik

### S u m m a r y

The main characteristics of the atmospheric conditions in a pigsty are temperature and relative humidity. The relationship between them is determined by the intensity of air exchange.

Of these three factors, the temperature can be measured most easily, whereas it is much more difficult in everyday conditions to determine the relative humidity or the intensity of air exchange. Consequently the indoor temperature which guarantees a moderate relative humidity should be computed, and the air exchange regulated according to the room temperature.

The present paper describes a method of compiling a diagram, from which the recommended indoor temperatures can be read off. As the basis for this serves the percentage of available sensible heat ( $E$ ) in terms of total biological heat from pigs ( $A_o$ ). This percentage depends on the temperature and other interior conditions (Fig. 2).

The diagram compiled as an example (Figs 3, 4, 5 and 6) is based on the curve  $E_{cb}$  which represents the conditions in the pigsties of the Estonian SSR [4], where the pigs are held in groups of 30 to 100 and fed semi-liquid fodder. For sties containing pigs in smaller groups and fed dry fodder, the curve  $E_{shc}$  [6, 7] should be applied. The resulting diagram is shown in Fig. 8.

To compile the diagram, first of all the maximum relative humidity should be appointed for various indoor temperatures as shown in Fig. 3, beneath the diagram. Consequently, the amount of sensible heat flowing out with waste air ( $e_b$ ) at various indoor and outdoor temperatures can be calculated from the formula (1). The same quantity of heat will be needed to warm up the incoming fresh air. As a result of calculation, the ( $e_b$ ) curves on Fig. 3 are obtained. The relative humidity marked there will be the mean humidity at this temperature in the climate of the Estonian SSR.

Obviously the indoor climatic conditions corresponding to the

parts of curves above the curve  $E_{cb}$  cannot be obtained without artificial heating. The supply of additional heat needed to warm the incoming fresh air up to a given indoor temperature can be read off as the vertical distance from the curve  $E_{cb}$  to that of current  $e_b$ .

On the other hand, a quantity of sensible heat is lost by conduction through walls, windows, ceiling, etc. The thermal characteristics of a given pigsty are expressed by modulus  $c = \frac{\Sigma k F}{A_o} 100$  showing the percentage of total animal heat lost per degree of difference of temperature.

The percentage of the heat loss by conduction (formula 2) at an outdoor temperature of  $+5^\circ\text{C}$ , the rates down the curve  $E_{cb}$ , is shown in Fig. 4. Consequently, the curves beneath  $E_{cb}$  show the remaining sensible heat in the pigsties having various  $c$ . The intersecting points with the curve  $e_b$  for  $+5^\circ\text{C}$  indicate the indoor temperatures that guarantee the appointed climatic conditions.

In this way the curves are compiled for hog houses with various moduli, as shown in Fig. 5. From this diagram the desirable indoor temperature corresponding to the mean daily outdoor temperature can be read off. The same data are represented in Fig. 6 in a more simple form.

To calculate the modulus for a given pigsty, the total animal heat ( $A_o$ ) must be computed. This can easily be done by means of Fig. 10. The curves there show the rate of total heat emitted by pigs of various size at the given temperature [1, 6], in watts per kg of body mass.

The intensity of air exchange in terms of  $q$  (g/kJ), calculated from the formula (4), is shown in Fig. 11. The dotted curves refer to the indoor temperatures corresponding to Fig. 5.

The actual climatic conditions in a pigsty equipped with up-to-date ventilating system (Fig. 9), and the air exchange controlled in regard to temperature are shown in Table 4. The relative humidity agrees with the appointed rates, while the temperatures on sunny days were up to four degrees higher than those read off from the diagram.

At the same time, in a neighbouring pigsty, where the air intake slots were too small and not so well distributed, the walls were wet with condensate. Therefore the relative humidity was constantly high and the temperature much more dependent on weather (Fig. 12).

If higher indoor temperature is wanted than that which can be attained by the means of biological heat, artificial heating is needed. In this case the rate of supplementary heat can be calculated from the formula (3). The generalized modulus is  $c_0 = \frac{\Sigma k F - w}{A_o} 100$ . If it has a positive value, its curves coincide with the  $c$  curves in Figs 5, 6 and 8.

Should, however, the sensible biological heat not be sufficient to warm the incoming fresh air up to the given temperature (Fig. 3),  $c$  becomes negative. In such a case it can be determined from the dotted curves in Figs 5, 6 and 8. The latter have been compiled in the same way as the  $c$  curves (Fig. 4).

The method described above for controlling the atmospheric conditions in hog houses is applicable in case of all sorts on animals in closed premises.

Finally, some examples of suitable heat insulation, air outlet shafts and lay-out for the distribution of fresh air are discussed.

## ЛИТЕРАТУРА

1. СН 127—60. Нормы и технические условия проектирования свиноводческих ферм.
2. СНиП 11-А. 7—62. Строительная теплотехника. Нормы проектирования.
3. Юргенсон Л. К., 1960. Расчет режима животноводческого помещения с учетом тепла искусственного отопления. Труды Таллинск. политехн. ин-та № 177, Таллин.
4. Юргенсон Л. К., 1963. Параметры расчета тепловлажностного режима свиноводческого помещения. Таллинский политехнический институт.
5. Bond, T. E., Kelly, C. F., Heitman, H., 1952. Heat and moisture loss from swine. "Agricultural Engineering" 33 (March) 148—154.
6. Kelly, C. F., 1961. Livestock. "Agricultural Engineers Handbook", 777.
7. Olufsen, P., 1963. Theorie und Praxis der Stallisolierung und -lüftung in Dänemark. "Tagungsberichte" (DAL) № 59, 159—166.
8. Sörensen, P. H., 1960. Methode und Ergebnisse der bioklimatischen Haltungsforschung bei Schweinen in Dänemark. "Tagungsberichte" (DAL) № 23, 97—106.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение . . . . .	3
Обозначения . . . . .	4
Краткий обзор и предложения . . . . .	4
I Экономическое значение микроклимата животноводческих помещений . . . . .	6
II Зависимость внутреннего климата от теплового баланса помещения . . . . .	7
III Расчет теплопотерь через ограждения и тепловой режим помещения . . . . .	17
IV Данные из практики . . . . .	22
V Вентиляционные устройства . . . . .	27
Summary . . . . .	35
Литература . . . . .	38

РАСЧЕТ И РЕГУЛИРОВАНИЕ  
ВОЗДУХООБМЕНА В СВИНАРНИКАХ

На русском и английском языках

Управление научно-технической информации  
Министерства сельского хозяйства Эстонской ССР  
г. Таллин, ул. Техника, 24

Редактор И. Апананский  
Технический редактор К. Юус  
Корректор А. Зиниченко

Сдано в набор 12/VIII 1968. Подписано к печати  
7/1 1969. Формат бум. 60 × 90 1/16. Печ. листов  
2.5. Учетно-издательских 2.14. Тираж 1000 экз.  
МВ-00509. Заказ № 4702. Типография им. Ханса  
Хейдеманна, г. Тарту, ул. Юликооли 17/19. II

Цена 6 коп.



Цена 6 коп.

IX

1A-5298

TÜ RAAMATUKOGU



1 0300 00896270 8

## Опечатки

Страница	Строка	Напечатано	Следует читать
6	20-я снизу	таблица 1	таблица 3
9	Рис. 2	$E_{\text{экс}}$	$E_{\text{экс п}}$
11	Рис. 4	$e_n = 8\%$	$e_n = 8\%$
19	15-я и 16-я снизу	$вт/ч$	$вт/град$
37	4-я снизу	in applicable in case of all sorts on	is applicable to all sorts of