

Министерство сельского хозяйства
Российской Федерации

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ СИСТЕМ
ОТОПЛЕНИЯ И ВЕНТИЛЯЦИИ ДЛЯ
СВИНОВОДЧЕСКИХ ФЕРМ
И КОМПЛЕКСОВ

Москва 2009 г.

Издание подготовлено под руководством директора ВНИИЖа, чл.-кор. РАСХН Виноградова В.Н., заместителя директора Департамента научно-технологической политики и образования Минсельхоза России - д.э.н. Сорокина Н.Т., заведующего Селекционно-технологическим центром по свиноводству (СТЦ) ВНИИЖа - Ильиным И.В., ведущими научными сотрудниками, канд.с.-х.наук Смолинским Е.А., и канд.с.-х.наук Курячим М.Г., старшими научными сотрудниками, канд.с.-х.наук Тоховым М.Х., и старшим научным сотрудником Морозовым А.И., научным сотрудником Лапинским Е.С. ведущими специалистами ООО «АгроПроектИнвест» (г.Москва): Репертом В.В., Афанасьевой Т.В., Беляковым И.Н.

Рецензенты:

Попов В.Д. – д.т.н., академик РАСХН директор ГНУ СЗЦИИМЭСХ
Растишешин С.А. – д.т.н., профессор, зав. лабораторией ВИЭСХ.

«Методические рекомендации по проектированию систем отопления и вентиляции для свиноводческих ферм и комплексов», ФГНУ «Росинформгротех» 2009, 69 с.

Современное промышленное свиноводство, основано на механизации и автоматизации основных технологических процессов, к которым относится и поддержание оптимальных условий микроклимата для содержания животных. Известно, что доля влияния микроклимата на продуктивность животных составляет около 25-30%.

В процессе жизнедеятельности животные выделяют большое количество тепла, влаги, вредных газов, в том числе углекислый газ, аммиак и сероводород. При неудовлетворительной работе системы вентиляции и системы отопления концентрация водяных паров и вредных газов может превышать нормативы, в результате чего животные резко снижают продуктивность и могут погибнуть.

При подготовке материалов рекомендаций использованы опыт и проектные решения ООО «АгроПроектИнвест».

Издание предназначено для руководителей и специалистов агропромышленных предприятий, проектных организаций соответствующего профиля и научных работников

Ответственный за выпуск – заместитель начальника отдела научно-технической политики – Гоголев Г.А.

Депнаучтехполитики Минсельхоза России.

Одобрено на научно-техническом совете Минсельхоза России (протокол № 16 от 08.06.2009 г.).

Оглавление	
1. Введение.....	4
2. Основные термины и определения.....	4
3. Расчет системы микроклимата	7
4. Нормативные параметры микроклимата свиноводческих помещений и требования к системе отопления, вентиляции и кондиционирования	8
5. Расчет вентиляции свиноводческих помещений	15
6. Методика расчета теплового баланса животноводческих помещений	21
7. Расчет системы вентиляции в летний период	32
8. Теоретические основы взаимодействия воздуха с источником тепла и влаги	37
9. Энергосберегающие технологии	53
10. Выбор схемы системы отопления, вентиляции и кондиционирования	57
11. Оборудование для системы вентиляции	65
12. Оборудование для системы охлаждения воздуха распылением влаги под высоким давлением	75
13. Оборудование для системы отопления	76

1. Введение

Современное промышленное свиноводство, основанное на применении механизации и автоматизации при высокой концентрации животных в производственных помещениях, требует создания оптимальных условий содержания животных, обеспечивающих полную реализацию генетического потенциала продуктивности свиней. Важнейшим фактором при этом большинство производителей свинины считают создание оптимального микроклимата в производственных помещениях.

Под микроклиматом понимают совокупность физических свойств и химического состава воздушной среды помещений, в особенности температуры, влажность, содержание вредных газов (прежде всего CO_2 , NH_3 , H_2S), скорость движения воздуха, освещенность, запыленность и микробную загрязненность.

Главное правило при проектировании систем микроклимата – создание комфортных условий для животных и обслуживающего персонала.

Принимаемые в расчетах как отечественных так и зарубежных проектов параметры внутреннего воздуха в помещениях для свиней не имеют существенных различий.

Вместе с тем, за последние годы в расчетах микроклимата введена существенная детализация.

2. Основные термины и определения

Теплоотдача происходит с поверхности тела животного, а также через дыхание. Поэтому часть животного тепла используется непосредственно для нагревания воздуха помещения, другая же часть связана с водяными парами и для обогрева помещения непригодна. Для испарения 1 кг воды при обычной температуре воздуха помещения требуется 595 ккал тепла. Это скрытая теплота, которая высвобождается при конденсации. 100 ккал выделенного животными тепла соответствует 172 г влаговыделений.

Влаговыделение животных происходит в результате потоотделения и дыхания, на что используется большое количество энергии в виде теплоты. Влаговыделение зависит от температуры окружающего воздуха, которая положена в основу расчетов микроклимата и в значительной степени определяет минимальных воздухообмен.

Вредные газы. С точки зрения микроклимата к ним относятся главным образом углекислый газ (CO_2), аммиак (NH_3), сероводород (H_2S), а также вещества с неприятным запахом – скатол, индол и меркаптаны.

Теплопроводность. Единицей измерения теплопроводности служит $\text{ккал}/(\text{ч} \cdot \text{м} \cdot ^\circ\text{C})$. Она показывает какое количество тепла (ккал), проходит через 1 м² поверхности материала, толщиной 1 м в течение 1 часа при разнице температур 1 градус между обеими поверхностями

Коэффициент теплоизоляции (R). Чтобы определить теплоизоляцию строительного материала толщиной d (единица изменения м), вычисля-

ют частное d/λ и получают коэффициент теплоизоляции R . Единица изменения $\text{ч} \cdot \text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{ккал}$.

Термическое сопротивление $R_{\text{вн}}$ и $R_{\text{н}}$. Коэффициент теплоизоляции отдельных строительных материалов еще не отражает общих теплопотерь через ограждающие конструкции, если не учтено термическое сопротивление $R_{\text{вн}}$ (от воздуха помещений к внутренней поверхности ограждающих конструкций) и $R_{\text{н}}$ (от наружной поверхности ограждающих конструкций к наружному воздуху).

$R_{\text{вн}}$ – от внутренних поверхностей окон, стен, дверей, а также от перекрытия (при направлении потока снизу вверх)

$$0,140(\text{ч} \cdot \text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{ккал}$$

$R_{\text{н}}$ – от наружной поверхности стен, окон, дверей и перекрытий

$$0,050(\text{ч} \cdot \text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{ккал}$$

от наружной поверхности неутепленной кровли

$$0,100(\text{ч} \cdot \text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{ккал}.$$

Общее термическое сопротивление – это сумма коэффициентов теплоизоляции R и термического сопротивления $R_{\text{вн}}$ и $R_{\text{н}}$

$$R_0 = R + R_{\text{вн}} + R_{\text{н}}.$$

Теплопередача K (единица измерения $1 \text{ ккал}/\text{ч} \cdot \text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$) является обратным показателем общего термического сопротивления R_0 . Он показывает, какое количество тепла проходит через 1 м^2 ограждающей конструкции за 1 час при разности температур между обеими поверхностями $1 ^\circ\text{C}$.

Тепловой баланс это соотношение прихода (теплопродукции) и расхода (теплопотери) тепла в животноводческом помещении.

Теплопотери ограждающих конструкций $Q_{\text{о.зд}}$. показывает сколько килокалорий проходит через 1 м^2 ограждающих конструкций при разнице температур между внутренней и наружной поверхностью ограждений в $1 ^\circ\text{C}$

Относительная влажность воздуха. При нагревании способность воздуха поглощать водяные пары повышается до его насыщения. Например, 1 м^3 воздуха при температуре $+10^\circ\text{C}$ может принять максимум $9,42 \text{ г}$ водяных паров, а при $+20^\circ\text{C}$ – $17,3 \text{ г}$. Абсолютное содержание водяных паров в воздухе указано в $\text{г}/\text{м}^3$. Для обозначения влажности воздуха при полном его насыщении введен термин «относительная влажность воздуха» (ϕ). Полное насыщение воздуха влагой соответствует 100% относительной влажности. Относительная влажность воздуха в животноводческих помещениях должна составлять $60\text{—}80\%$. В этом случае воздух всегда может поглотить еще определенное количество влаги, которое зависит от температуры воздуха помещения, а также от влагоотдачи животных и поверхностей ограждений помещения.

$$\phi = \frac{\text{фактически содержащееся количество водяных паров (г/м}^3\text{)} \cdot 100}{\text{насыщение воздуха при данной температуре (г/м}^3\text{)}}$$

Пример. При температуре +20°C определено содержание 12,5 г водяных паров в 1 м³ воздуха. Относительная влажность составит:

$$\varphi = \frac{12,5 * 100}{17,3} = 72\%$$

С другой стороны, зная относительную влажность и температуру воздуха, можно определить абсолютное содержание водяных паров в нем.

Пример. Относительная влажность при +15°C составляет 75%. При такой температуре и влажности в 1 м³ воздуха содержится 9,63 г водяных паров

Воздух. Воздух встречается в виде замкнутого тела как воздух пор строительных материалов и ограждений, а также как наружный воздух и является основным транспортным средством влаги, тепла, газов, запахов и дурнопахнущих веществ, пыли и микробов при вентиляции помещений. Плотность воздуха составляет 1,293 кг/м³ при 0°C и нормальном атмосферном давлении. При нагревании воздух становится легче, так как при этом он расширяется. Поэтому в 1 м³ нагретого воздуха меньше, чем ненагретого.

Так как воздух имеет различный объем в зависимости от температуры и влажности, по вентиляционному оборудованию рассчитывают вначале массу воздуха в килограммах и переводят ее в единицы объема, ибо характеристика подачи вентиляторов указывается по объему воздуха (м/ч³). С кг воздуха = 0,77 м³.

Сухой воздух состоит из 21% кислорода, 78,5% азота, 0,03% углекислого газа и незначительных следов инертных газов.

Сухой воздух в обычных условиях не встречается. Он всегда насыщен влагой воздух состоит из 21% кислорода, 78,5% азота, 0,03% углекислого газа и незначительных следов инертных газов.

Сухой воздух в обычных условиях не встречается. Он всегда насыщен влагой.

Точка росы. Когда воздух с определенным содержанием влаги охлаждается, то при известной температуре он достигает точки насыщения водяными парами. При дальнейшем охлаждении из воздуха выделяется влага, которая уже не может удерживаться в состоянии пара. Температура воздуха, снижение которой вызывает конденсацию водяных паров, является температурой точки росы t_s .

Это явление часто наблюдается зимой на холодных наружных ограждениях, например на окнах, когда происходит конденсация (выделение воды) или сублимация (испарение влага с поверхности льда без его таяния) содержащихся в воздухе помещения водяных паров. Это опасный источник переувлажнения ограждающих конструкций, так как заполнение водой воздушных пор снижает теплоизоляционную способность материалов.

Вентиляция — это воздухообмен помещения с помощью притока и вытяжки воздуха. Приточная вентиляция — это подача воздуха в помещение, вытяжная — удаление его из помещения. Вентиляция — это собирательное понятие, охватывающее оба понятия и приточную и вытяжную вентиляцию.

Эффективная приточная вентиляция помещения невозможна без соответствующей вытяжной вентиляции и наоборот.

Кондиционирование воздуха – автоматическое поддержание в закрытых помещениях всех или отдельных параметров воздуха (температуры, относительной влажности, чистоты, скорости движения) необходимых для ведения технологического процесса.

3. Расчет системы микроклимата

Расчет системы микроклимата помещения для содержания свиней складывается из следующих этапов:

- определение потребности в воздухообмене;
- расчет теплового баланса помещения;
- расчет системы кондиционирования;
- выбор схемы системы отопления, вентиляции и кондиционирования;
- подбор вентиляционного оборудования;
- подбор отопительного оборудования;
- подбор источников освещения.

Перечень исходных параметров для проектирования систем микроклимата приведен в таблице 1.

Таблица 1

Исходные параметры для проектирования

	Показатель
Наименование производственного участка	
Атмосферное давление, мм.рт.ст.	
Расчётная зимняя температура воздуха, °С	
Относительная влажность зимнего воздуха, %	
Расчётная зимняя скорость ветра, м/сек	
Расчётная летняя температура наружн. воздуха, °С: для вентиляции для кондиционирования	
Относительная влажность летнего наружного воздуха, % для вентиляции для кондиционирования	
Расчётная летняя скорость ветра, м/сек	
Расчётная температура воздуха помещения, °С	
зимой	
максимум	
минимум	
летом	
Расчётная относит. влажность воздуха помещения, %	
зимой	
летом	
Половозрастная группа животных	
Количество животных	

Средний вес животных, кг минимальный максимальный	
Базовые выделения явного тепла животным, Вт минимальный максимальный	
Базовые выделения влаги животным, г/час минимальный максимальный	
Базовые выделения углекислого газа, л/час минимальный максимальный	
Мин. воздухообмен на 1 ц. веса животного, куб.м/час холодный период переходный период тёплый период	
Площадь смоченных поверхностей, кв.м.	
Площадь открытых водных поверхностей, кв.м.	
Общая площадь пола, кв.м.	
Длина помещения, м	
Ширина помещения, м	
Длина скоса крыши, м	
Высота стен, м	
Площадь остекления, м ²	

4. Нормативные параметры микроклимата свиноводческих помещений и требования к системе отопления, вентиляции и кондиционирования.

При проектировании системы отопления и вентиляции расчетные параметры наружного воздуха следует принимать по данным СНиП 23-01-99 "Строительная климатология" с учетом указаний СНиП 2.10.03-84 "Строительные нормы и правила. Животноводческие, птицеводческие и звероводческие здания и помещения".

Нормы температуры и влажности внутреннего воздуха помещений для содержания свиней различных возрастных групп приведены в таблице 2.

Таблица 2.

Параметры внутреннего воздуха в помещении свиноферм

Группа животных	Температура воздуха в помещениях, °С			Относительная влажность воздуха помещений, %	
	расчет	максимальн.	минимальн.	максимальн.	минимальн.
Хряки	16	19	13	75	40
Свиноматки холостые и супоросные	16	19	13	75	40

Свиноматки подсосные с поросятами	20	22	16	70	40
Поросята-сосуны (при отъеме в 21 день, локальный обогрев)	30	35	28	70	40
Поросята-сосуны (при отъеме в 28 дней, локальный обогрев)	28	35	26	70	40
Поросята-отъемыши (до достижения живой массы 30 кг)	24	28	22	70	40
Поросята-отъемыши (живой массой от 30 до 50 кг)	22	24	20	70	40
Свинки ремонтные на выращивании (живой массой от 30 до 120 кг)	20	22	18	70	40
Свиньи на откорме (живой массой от 50 до 115 кг)	18	22	16	70	40

Для расчета системы отопления и вентиляции в холодный период года температура наружного воздуха принимается согласно СНиП 23-01-99 "Строительная климатология" для наиболее холодной пятидневки с обеспеченностью 0,92.

Для расчета системы отопления и вентиляции в теплый период года температура наружного воздуха принимается согласно СНиП 23-01-99 "Строительная климатология" по наиболее теплому месяцу, а его относительная влажность (для расчета системы кондиционирования) для времени 15-00 наиболее теплого месяца.

При технико-экономическом обосновании в помещениях (кроме маточников и помещений для поросят-отъемышей) в наиболее холодный период года не более 5 суток подряд допускается снижение температуры внутреннего воздуха, но не ниже 12 °С.

В теплый период (при температуре наружного воздуха выше 10 °С) при проектировании вентиляции допускается повышение температуры внутреннего воздуха на 5 °С выше расчетной летней температуры наружного воздуха, но не более чем до 24-26 °С.

В летний период в районах с расчетной температурой выше 20 °С и временем ее стояния более 10 дней при невозможности средствами воздухообмена обеспечить температуру воздуха в помещениях ниже 28 °С рекомендуется применять кондиционирование или другие способы снижения температуры воздуха в помещении.

Выбор системы охлаждения воздуха должен быть подтвержден соответствующим технико-экономическим обоснованием.

В помещениях для санитарной обработки свиноматки расчетную температуру внутреннего воздуха следует принимать 25 °С при относительной влажности 80%.

В помещениях для инвентаря и подстилки параметры внутреннего воздуха не нормируются.

Для обогрева поросят-сосунов в станках для подсосных свиноматок рекомендуется применять специальные системы комбинированного локаль-

ного обогрева, состоящие из лучистых обогревателей и обогреваемого пола. Площадь обогреваемого пола принимается от 0,5 до 1,5 м² на один станок, а температура в зоне нахождения поросят от 35 °С с постепенным снижением еженедельно на 2 °С.

Нормы скорости движения воздуха в помещениях для содержания животных приведены в таблице 3.

Таблица 3.

Нормы скорости движения воздуха в помещениях для содержания животных

Наименование зданий и помещений	Скорость движения воздуха, м/сек	
	расчетная в холодный и переходный периоды года	допускается в теплый период года
Помещение для холостых и супоросных свиноматок и хряков	0,3	1,0
То же, для ремонтного молодняка и поросят-отъемышей	0,2	0,6
Помещение для откорма молодняка	0,3	1,0
Помещение для опороса и содержания подсосных свиноматок с поросятами-сосунами	0,15	0,4

Нормативные параметры воздуха должны обеспечиваться в зоне размещения животных, в пространстве высотой до 1 м над уровнем пола.

Помещения основного производственного назначения должны быть оборудованы вентиляцией, исходя из условий обеспечения расчетных параметров внутреннего воздуха. Необходимость устройства отопления и производительность систем отопления и вентиляции определяются для каждого помещения расчетом в зависимости от установленных настоящими нормами расчетных параметров внутреннего воздуха в помещениях, тепло-, паро- и газовых выделений животными (с учетом изменения их при росте), параметров наружного воздуха и теплотехнической характеристики ограждающих конструкций этих помещений.

Количество приточного воздуха, подаваемого в помещение, принимается в соответствии с расчетами на ассимиляцию тепловлаговывделений и газовых вредностей.

Надежность работы систем микроклимата должна быть обеспечена в течение всего периода эксплуатации, включая режим неполного заполнения помещения животными, дезинфекцией и т.п.

Уровень звука в помещениях от работающих агрегатов и механизмов по раздаче корма, удалению навоза, обеспечения микроклимата не должен превышать 70 Дб по шкале "А" стандартного шумомера.

Для поддержания требуемых параметров воздушной среды в помещениях для содержания животных, оптимизации работы систем (экономия теплоты, энергии, повышение точности параметров и т.п.), а также для пре-

дупреждения выхода оборудования из строя, в проектах следует предусматривать соответствующее автоматическое регулирование и блокировку работы систем отопления и вентиляции.

Отоплением и вентиляцией могут не оборудоваться полуоткрытые здания для содержания животных, а также помещения с ненормируемым температурно-влажностным режимом (помещения для инвентаря, подстилки и т.п.).

В проектах следует предусматривать при положительном технико-экономическом обосновании мероприятия по повышению уровня использования вторичных топливно-энергетических ресурсов, максимальному применению рекуперации тепла в технологических агрегатах, а также по утилизации других видов низкопотенциального тепла с помощью тепловых насосов.

Следует иметь в виду, что свиньи не имеют потовых желёз и не могут сами охлаждать свое тело. Поэтому такие параметры микроклимата помещений как скорость движения воздуха, температура и влажность являются жизненно важными.

Берложки для молодняка поросят должны иметь размеры не менее 0,1 м² на голову.

Уровни оптимальной освещённости свиноводческих помещений.

Естественное освещение нормируют геометрическим или светотехническим методом. Чаще всего в практике строительства свиноводческих ферм и комплексов находит применение геометрический метод, в основе которого лежит определение светового коэффициента (СК) – отношение площади окон к площади пола. Этот коэффициент колеблется от 1 :8 до 1:15. Световой коэффициент не дает четкого представления о степени освещенности, так как он не учитывает особенности разных географических зон. Более точен светотехнический метод, или определение коэффициента естественной освещенности.

Коэффициент естественной освещенности (КЕО,%) – это отношение освещенности измеряемой точки к наружной освещенности в горизонтальной плоскости. Его определяют по формуле

$$КЕО = \frac{E}{E_n} \times 100\%,$$

где E – освещенность помещения , Лк; E_n – освещенность в помещении Лк.

Для обеспечения оптимального светового режима в свиноводческих помещениях применяют искусственное освещение.

Для освещения помещений основного производственного назначения следует применять газоразрядные источники света низкого давления (люминесцентные лампы типа ЛБ, ЛБР, ЛД и КЛЛ). Для помещений подсобного назначения – лампы накаливания или люминесцентные энергосберегающие.

В закрытых помещениях необходимые для животных ультрафиолетовые лучи практически отсутствуют. Чтобы восполнить в весенне-зимний период года недостаток природных ультрафиолетовых лучей, применяют искусственное ультрафиолетовое облучение животных.

Ультрафиолетовое облучение свиноматок положительно сказывается на их оплодотворяемости и последующем внутриутробным развитием плода, поросята от таких свиноматок рождаются более устойчивыми к заболеваниям; облучение самих поросят способствует улучшению их общего состояния и повышению на 20% среднесуточных приростов живой массы таблица 4.

Таблица 4.

Нормы естественного и искусственного освещения свиноводческих помещений

Помещение	Нормы естественного освещения		Искусственная освещенность на уровне кормушек, Лк		Удельная мощность КЛ ламп, Вт/м ²	Удельная мощность ЛБ ламп, Вт/м ²	Удельная мощность ЛН ламп, Вт/м ²
			КЛЛ и ЛБ, ЛН	ЛД			
	СК	КЕО, %					
Для хряков	1:10 – 1:12	0,5	75	30	2,25	9,6	4,5
Для холостых и супоросных маток и	1:10	0,6	100	50	3,0	12,0	7,5
Помещение для подсосных свиноматок	1:8 - 1:10	0,7	150	100	4,5	18,0	15,0
Помещения для содержания поросят-отъемышей	1:10 – 1:12	0,5	75	30	2,25	9,6	4,5
ремонтного молодняка	1:10 – 1:12	0,5	75	30	2,25	9,6	4,5
Для содержания откормочного поголовья	1:15	0,35	50	20	1,5	6,0	3,0
Помещения для контрольного вы-	1:10	0,5	75	30	2,25	9,6	4,5

Примечание. Дежурное освещение в ночное время должно составлять примерно 15-20% общего освещения (2 – 5 лк.).

КЛЛ – компактные люминесцентные лампы;
ЛБ - люминесцентные белые лампы;

ЛН – лампы накаливания;

ЛД - люминесцентные лампы дневного света.

Компактные люминесцентные лампы по сравнению с люминесцентными белыми характеризуются более высокой светоотдачей и низким энергопотреблением.

Требования к качеству воздуха помещений

Во всех помещениях для животных пыль образуется от подстилки, кожных чешуек, частиц корма и частиц высыхающего кала животных. Образование пыли можно ограничить, но не избавиться от нее полностью.

Кроме того, в воздухе помещений постоянно находится определенное количество микробов, которые могут вызвать заболевание животных. Численность микроорганизмов растет с увеличением продолжительности нахождения животных в помещении и с ослаблением зоогигиенических требований. Она может быть снижена чисткой и дезинфекцией в период отдыха помещений, таблица 5.

Таблица 5.

Рекомендуемые параметры микробной обсемененности, тыс. м.т./м³

Половозрастная группа	Микробная обсемененность, тыс.м.т./м ³
Холостые, условно супоросные свиноматки	80-100
Хряки-производители	50-60
Тяжело супоросные матки	50-60
Подсосные матки с поросятами-сосунами	40-50
Поросята-отъемыши на дорацивании	40-50
Свиньи на откорме	100-150

Согласно многочисленных исследований пыль в помещениях не оказывает значительного вреда животным. Однако она может снижать производительность вентиляционно-отопительного оборудования или полностью нарушать его работу (решетчатые шторы, фильтры, калориферы, жалюзи вентиляторов).

В животноводческих помещениях пыль в основном органического происхождения, поэтому она является идеальной питательной средой для постоянно живущих в воздухе бактерий и грибов, что при доступе тепла и влаги обеспечивает их быстрое размножение. Пыль может откладываться на стенах и под действием влаги вызывать образование плесени и размножение микроорганизмов.

Для борьбы с пылью разработчиками современных передовых технологий промышленного свиноводства рекомендуется множество способов. Так например сторонники сухого кормления советуют добавлять в комбикорма до 3% растительного жира. Большинство поставляемых кормовых автоматов (европейского производства) в месте соединения с трубопроводом кормораз-

дачи снабжены резиновыми мембранами, которые также предотвращают попадание пыли в воздух помещения во время кормораздачи.

Наиболее эффективным методом является распыл воды в помещении с добавлением 5-10 % (от количества воды) растительного масла. При таком орошении помещения дважды в день во время кормораздачи концентрация пыли в воздухе может быть снижена до 50%. При этом расход раствора составляет 5-10 мл на голову в день (таблица 6).

Эффективность распыла смеси воды с растительным маслом для снижения запыленности свиноводческих помещений

Таблица 6

	Контрольная группа, мг/м ³	Опытная группа мг/м ³	Снижение концентрации пыли, %
Поросята-сосуны	0,54	0,13	76
Поросята-отъемыши	0,50	0,23	54
Свиньи на откорме	0,31	0,15	52

Предельная концентрация вредных веществ в воздухе помещения для содержания животных: углекислоты не более 0,2% (объемных), аммиака - 20,0 мг/м³, сероводорода - 10,0 мг/м³, количество пыли в воздухе помещений не должно превышать 6,0 мг/м³.

Для снижения концентрации аммиака в помещениях нет специальных систем, однако можно выделить ряд мероприятий, которые помогают ограничить выделение этого вредного газа.

Одним из таких приемов является ограничение содержания белка в корме, при этом необходимо нормировать рацион с помощью синтетических аминокислот, стремясь обеспечить животное так называемым «идеальным» протеином. Однако на практике данный прием не получил широкого применения из-за своей дороговизны, хотя и позволяет снижать концентрацию аммиака до 50%.

Для предотвращения выработки большого количества аммиака следует правильно проектировать систему сбора, накопления и удаления навозных стоков из помещений.

5. Расчет вентиляции свиноводческих помещений

Вентиляция помещений производится с целью создания благоприятного микроклимата для здоровья и продуктивности животных, а также для сохранения строительных материалов и конструкций зданий.

В плохо вентилируемых помещениях у животных более часто возникают незаразные и заразные заболевания, что может привести к большим непроизводительным потерям для хозяйств.

В животноводческих помещениях применяют разные по принципу действия и конструктивным особенностям вентиляционные системы: с естественным побуждением тяги воздуха, с механическим побуждением тяги, комбинированные.

Рассчитывать воздухообмен животноводческих помещений для холодного периода года следует по влаге с проверкой на углекислый газ, для теплого периода – по избыткам теплоты с проверкой по влаге. За расчетный принимается наибольший воздухообмен, по которому проектируют систему вентиляции.

В условиях сухого климата объем вентиляции можно определять по количеству углекислого газа, выделяемого животными. Часовой объем вентиляции это объем воздуха, который необходимо удалить из помещения за час, чтобы процентное содержание углекислого газа не превышало допустимого предела (0,25%).

Часовой объем вентиляции (L) по накоплению углекислого газа ведут по формуле:

$$L = \frac{K}{C_1 - C_2}, \text{ где}$$

L – часовой объем вентиляции, м^3 ;

K – количество углекислого газа, выделяемое всеми животными за час, л/ч;

C_1 – допустимое количество углекислого газа в 1 м^3 воздуха помещения ($2,5 \text{ л/м}^3$, или $0,25 \%$);

C_2 – количество углекислого газа в 1 м^3 атмосферного воздуха ($0,3 \text{ л/м}^3$, или $0,03 \%$).

Объем вентиляции, рассчитанный по содержанию углекислого газа, в большинстве случаев оказывается недостаточным для удаления образующихся в помещении водяных паров. Поэтому расчеты вентиляции в условиях повышенной влажности наружного воздуха целесообразнее вести по влажности воздуха.

Часовой объем вентиляции (L) по влажности воздуха определяют по формуле:

$$L = \frac{Q}{q_1 - q_2},$$

где L – количество воздуха (в м^3), которое необходимо удалить из помещения за час, чтобы поддержать в нем относительную влажность в пределах нормы (70-85%), $\text{м}^3/\text{ч}$;

Q – количество водяных паров (в г), которое выделяют находящиеся в помещении животные с учетом влаги испаряющейся с поверхности пола, кормушек, поилок, стен и других ограждений в час, г /час;

q_1 – абсолютная влажность воздуха помещений (в $\text{г}/\text{м}^3$), при которой относительная влажность остается в пределах норматива;

q_2 – средняя абсолютная влажность наружного воздуха (в $\text{г}/\text{м}^3$), вводимого в помещение в переходный период (ноябрь и март) по данной климатической зоне.

Таблица 7

Максимальная упругость водяного пара в мм. рт. ст.

Температура, °C	Десятые доли градуса									
	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
0	4,60	4,63	4,67	4,70	4,73	4,77	4,80	4,84	4,87	4,91
+1	4,94	4,98	5,01	5,05	5,08	5,12	5,16	5,19	5,23	5,27
+2	5,30	5,34	5,38	5,42	5,45	5,49	5,53	5,57	5,61	5,65
+3	5,69	5,73	5,77	5,81	5,85	5,89	5,93	5,97	6,00	6,06
+4	6,10	6,14	6,18	6,23	6,27	6,31	6,36	6,40	6,45	6,49
+5	6,53	6,58	6,63	6,67	6,72	6,76	6,81	6,86	6,90	6,95
+6	7,00	7,05	7,10	7,14	7,19	7,24	7,29	7,34	7,39	7,44
+7	7,49	7,54	7,60	7,65	7,70	7,75	7,80	7,86	7,90	7,96
+8	8,02	8,07	8,13	8,18	8,24	8,29	8,35	8,40	8,46	8,52
+9	8,57	8,63	8,69	8,75	8,81	8,87	8,93	8,99	9,05	9,11
+10	9,17	9,23	9,29	9,35	9,41	9,47	9,54	9,60	9,67	9,73
+11	9,79	9,86	9,92	9,99	10,05	10,12	10,19	10,26	10,32	10,39
+12	10,46	10,53	10,60	10,67	10,73	10,80	10,88	10,95	11,02	11,09
+13	11,16	11,24	11,31	11,38	11,46	11,53	11,61	11,68	11,76	11,83
+14	11,91	11,99	12,06	12,14	12,22	12,30	12,38	12,46	12,54	12,62
+15	12,70	12,78	12,86	12,95	13,03	13,11	13,20	13,28	13,37	13,45
+16	13,54	13,62	13,71	13,80	13,89	13,97	14,06	14,15	14,24	14,33
+17	14,42	14,51	14,61	14,70	14,79	14,88	14,98	15,07	15,17	15,26
+18	16,36	15,45	15,55	15,65	15,75	15,85	15,95	16,05	16,15	16,25
+19	16,35	16,45	16,55	16,66	16,76	16,86	16,96	17,07	17,18	19,25
+20	17,39	17,50	17,61	17,72	17,83	17,94	18,05	18,16	18,27	18,38
+21	18,50	18,61	18,72	18,84	18,95	19,07	19,19	19,31	19,42	19,54
+22	19,66	19,78	19,90	20,02	20,14	20,27	20,39	20,51	20,64	20,76
+23	20,91	21,02	21,14	21,27	21,41	21,53	21,66	21,79	21,92	22,05
+24	22,18	22,32	22,45	22,59	22,72	22,86	23,00	23,14	23,24	23,41
+25	23,55	23,69	23,83	23,98	24,12	24,26	24,41	24,55	24,70	24,84
+26	24,99	25,14	25,29	25,44	25,59	25,74	25,89	26,05	26,20	26,35
+27	26,51	26,66	26,82	26,98	27,14	27,29	27,46	27,62	27,78	27,94

+28	28,10	28,27	28,43	28,60	28,77	28,93	29,10	29,27	29,44	29,61
+29	29,78	29,96	30,13	30,31	30,48	30,65	30,83	31,01	31,19	31,37
+37	46,73	46,99	47,24	47,50	47,76	48,02	48,28	48,55	48,81	49,08
+38	49,35	49,61	49,88	50,16	50,70	50,80	50,98	51,25	51,53	51,81
+39	52,09	52,37	52,65	52,94	53,22	53,51	53,80	54,09	54,38	54,67
+40	54,97	55,26	55,56	55,85	56,15	56,45	56,76	57,06	57,36	57,67

Примечание. Максимальная упругость водяного пара, выраженная в миллиметрах ртутного столба, практически равна соответствующему количеству граммов водяного пара в 1 м³ воздуха при данной температуре.

Для расчетов вентиляции животноводческого помещения необходимы следующие данные: существующий или проектный объем помещения, количество животных в помещении, их живая масса, возраст, физиологическое состояние, продуктивность, нормативные показатели основных параметров воздуха в помещении и снаружи (температура, относительная и абсолютная влажность).

Необходимо определить:

1. Часовой объем вентиляции (L) по влажности воздуха.
2. Кратность воздухообмена показывает сколько раз в течение часа воздух в помещении необходимо заменить на новый.

$$Kp = \frac{L}{V}, \text{ где}$$

Kp – кратность часового воздухообмена; L – часовой объем вентиляции, м³/ч; V – объем помещения, м³.

Нормативы выделения от одного животного, углекислоты и водяных паров приведены в таблице 8.

3. Объем воздухообмена на 1 ц живой массы животных данного помещения.

$$V_1 = \frac{L}{m},$$

где V_1 – объем воздухообмена на 1 ц живой массы, м³/ч; m – живая масса всех животных, ц.

Таблица 8.

Нормы выделения от одного животного, углекислоты и водяных паров

Производственная группа животных	Живая масса животных, кг	Водяные пары, г/ч	Углекислота (CO ₂), л/ч
Хряки-производители	200	194	61,3
	300	247	78,2
Свиноматки холостые, супоросные (до 105 дней)	150	134	42,5
	200	155	48,9
Свиноматки тяжелосупоросные (105-114 дней)	150	162	51,2
	200	183	57,9
Свиноматки подсосные с поросятами	150	319	102
	200	369	117
Поросята до 2-месячного возраста	10	41,1	13
	15	52,6	16,7
Поросята-отъемыши	15	52,6	16,7
	20	58,8	18,6
	25	62,8	19,9
	30	68,4	21,6
	35	75,2	23,8
	40	82,1	26
Ремонтный и откормочный молодняк	40	82,1	26
	50	94,1	29,8
	60	104,0	32,8
	70	114,0	35,9
	80	123,0	38,8
	90	130,0	41,1
	100	138,0	43,7
	110	144,0	45,6
	120	150,0	47,5
Взрослые свиньи на откорме	130	156,0	49,3
	100	152,0	
	200	204,0	
	300	259,0	

Выделение животными углекислоты (CO₂) можно также принять из расчета 0,13 л на 1 Вт·ч общей теплоты (0,15 л на 1 ккал) (см. гл.6 Настоящих методических рекомендаций).

Нормы влаго- выделений животными в ночное время принимать на 20% ниже, чем указано в приведенной выше таблице 8.

В зависимости от температурно-влажностного режима изменение норм выделения животными влаги определяют путем их умножения на коэффициенты, приведенные в таблице 9 (в зависимости от температуры воздуха помещений).

Таблица 9

Содержание водяных паров в помещениях при разной температуре

Температура воздуха помещения, °С	Коэффициент для определения количества водяных паров
-5	0,72
0	0,85
+5	0,98
+10	1,0
+15	1,13
+20	1,50
+25	2,0
+30	2,5

При кратности воздухообмена до 5 возможно использование естественной вентиляции. В этом случае расчет потребной площади сечения приточных и вытяжных каналов рассчитывается по приведенным ниже формулам. Как правило, на крупных промышленных свиноводческих предприятиях используется принудительная система вентиляции. Естественная вентиляция больше пригодна для малых ферм.

Естественная вентиляция не поддается системе регулирования воздухообмена и зависит от перепада температур внутри и снаружи помещения, скорости движения воздуха, что особенно проявляется в летний период.

Расчет естественной вентиляции

1. Общую площадь сечения вытяжных и приточных каналов, а также их количество при вентиляции с естественным побуждением определяется по формуле.

$$S_1 = \frac{L}{3600v},$$

где S_1 – общая площадь поперечного сечения вытяжных шахт, м²; v – скорость движения воздуха в вытяжной шахте, м/с; 3600 – количество секунд в одном часе.

2. Скорость движения воздуха в вентиляционных трубах (м/с) при разной высоте труб и при различных температурах воздуха внутри помещения и наружного воздуха показана в таблице 10.

Таблица 10

Разница температур внутреннего и наружного воздуха °С (Δt)	Высота трубы в метрах						
	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0
6	0,64	0,73	0,80	0,87	0,92	0,98	1,03
8	0,76	0,84	0,93	1,00	1,07	1,14	1,20
10	0,85	0,95	1,05	1,12	1,20	1,28	1,34
12	0,93	1,05	1,15	1,24	1,32	1,40	1,48
14	1,01	1,13	1,24	1,34	1,43	1,52	1,60
16	1,09	1,22	1,33	1,44	1,54	1,63	1,72
18	1,16	1,29	1,42	1,53	1,64	1,74	1,83
20	1,23	1,37	1,50	1,62	1,73	1,84	1,94
22	1,29	1,44	1,58	1,71	1,82	1,94	2,04
24	1,35	1,51	1,66	1,79	1,91	2,03	2,14
26	1,41	1,58	1,73	1,87	2,00	2,12	2,24
28	1,47	1,65	1,80	1,95	2,08	2,21	2,33
30	1,53	1,71	1,87	2,02	2,16	2,30	2,42
32	1,59	1,77	1,94	2,10	2,24	2,38	2,51
34	1,64	1,84	2,01	2,17	2,32	2,46	2,60
36	1,69	1,90	2,08	2,24	2,40	2,54	2,69
38	1,75	1,96	2,14	2,32	2,47	2,62	2,77
40	1,80	2,02	2,21	2,39	2,55	2,70	2,85

3. Число вытяжных шахт определяется по формуле.

$$n_1 = \frac{S_1}{s_1},$$

где s_1 - площадь сечения одной вытяжной шахты, m^2 .

4. Площадь приточных каналов (S_2) составляет 60 - 70 % от общей площади вытяжных шахт и определяется по формуле:

$$S_2 = 0,6 S_1.$$

5. Число приточных каналов (n_2) рассчитывается по следующей формуле:

$$n_2 = \frac{S_2}{s_2},$$

где S_2 – общая площадь сечения приточных каналов, m^2 ; s_2 – площадь сечения одного приточного канала, m^2 .

При выборе принудительной вентиляции рассчитывают необходимое количество приточных или вытяжных вентиляторов.

1. Число вентиляторов (при устройстве принудительной системы вентиляции) рассчитывается по формуле:

$$n_3 = \frac{L}{P},$$

где P – подача воздуха одним вентилятором (производительность), м³/ч.

6. Методика расчета теплового баланса животноводческих помещений.

Тепловой баланс животноводческих помещений рассчитывается с целью определения возможности обеспечения в них оптимального микроклимата, особенно в холодное время года (январь) при температуре наиболее холодной пятидневки в соответствии со СНиП 23-01-99 "Строительная климатология", обеспеченностью 0,92.

Тепловой баланс – это соотношение прихода (телопродукции) и расхода (теплопотери) тепла в животноводческом помещении.

Потери тепла в помещениях для сельскохозяйственных животных зависят:

1. От величины поверхности здания, толщины стен и покрытий, качества строительных материалов, разности температур атмосферного воздуха и воздуха в помещении;

2) От количества наружного воздуха, подаваемого в помещения;

3) От влияния охлаждения помещений ветрами и расположения зданий по отношению к сторонам света.

На данных теплового баланса основывается выбор того или иного устройства всех ограждающих конструкций при проектировании и строительстве, а также выбор обогревательных установок и расчет их количества

Тепловой баланс бывает:

нулевой – если приход тепла равен расходу тепла (температура и влажность воздуха в помещении будет на уровне нормативной);

отрицательный – если расход тепла больше прихода тепла (температура будет ниже нормативной, а влажность выше нормы);

положительный – если приход тепла больше расхода тепла (температура выше нормы, влажность ниже нормы).

Температурный режим складывается в помещении под влиянием тепловыделений животных (если помещение не отапливается) и тепла, вносимого отопительными и вентиляционными системами (если они предусмотрены), а также теплопотерь на обогрев поступающего воздуха, через ограждения здания и испарения влаги.

Поэтому тепловой баланс можно представить в виде следующей формулы:

$$Q_{\text{жив.}} = Q_{\text{вен.}} + Q_{\text{исп.}} + Q_{\text{о.зд.}}$$

где $Q_{\text{жив.}}$ – количество теплоты, поступающего в помещение от животных, ккал/ч; $Q_{\text{вен.}}$ – количество теплоты, расходуемое на нагревание вентиляционного воздуха, ккал/ч; $Q_{\text{исп.}}$ – количество теплоты, необходимое на испарение влаги с пола, кормушек, оборудования здания, ккал/ч; $Q_{\text{о.зд.}}$ – количество теплоты, которое теряется через ограждающие конструкции здания в наружную атмосферу, ккал/ч.

1. Расчет прихода теплоты в помещении

Расчет количества тепла, выделяемого животными, ведут по таблице 11 Нормы выделения животными теплоты, углекислого газа и водяных паров по графе свободная теплота.

Таблица 11.

Нормы выделения от одного животного теплоты, углекислоты и водяных паров

Производственная группа животных	Живая масса животных, кг	Теплота, Вт (ккал/ч)	
		общая	свободная
Хряки-производители	200	471(405)	339(292)
	300	601(517)	433(372)
Свиноматки холостые, супоросные (до 105 дней)	150	327(281)	235(202)
	200	376(323)	271(233)
Свиноматки тяжелосупоросные (105-114 дней)	150	394(339)	234(244)
	200	445(383)	320(276)
Свиноматки подсосные с поросятами	150	775(666)	558(480)
	200	897(771)	646(555)
Поросята до 2-месячного возраста	10	99,9(85,9)	71,9(61,8)
	15	128(110)	92,0(79,1)
Поросята-отъемыши	15	128(110)	92,0(79,1)
	20	143(123)	103(88,6)
	25	153(132)	110(94,6)
	30	166(143)	120(103)
	35	183(157)	131(113)
	40	200(172)	144(124)
	40	200(172)	144(124)
Ремонтный и откормочный молодняк	50	229(197)	165(142)
	60	252(217)	182(156)
	70	276(237)	199(171)
	80	298(256)	214(184)
	90	316(272)	228(196)
	100	336(289)	242(208)
	110	351(302)	252(217)
	120	365(314)	263(226)
	130	379(326)	273(235)
	130	379(326)	273(235)
Взрослые свиньи на откорме	100	369(317)	266(228)

	200	495(426)	356(307)
	300	628(540)	452(389)

Нормы выделения теплоты и водяных паров даны при температуре воздуха 10 °С и относительной влажности 70-75%.

В графе 3 приведены нормы выделения общей теплоты, то есть часть общей теплопродукции свиней, включая скрытую теплоту испарения влаги, выделяемой животными. Количество свободной теплоты (без скрытой теплоты испарения) при температуре 10 °С и относительной влажности 70% составляет 72% от общей теплопродукции животных.

Нормы тепло- выделений животными в ночное время принимать на 20% ниже, чем указано в приведенной выше таблице.

В зависимости от температурно-влажностного режима изменение норм выделения животными теплоты определяют путем их умножения на коэффициенты, приведенные в таблице 12. (в зависимости от температуры воздуха помещений).

Таблица 12.

Коэффициенты выделения общей
и свободной теплоты

Температура воздуха помещения, °С	Коэффициент для определения количества общей теплоты	Коэффициент для определения количества свободной теплоты
-5	1,34	1,59
0	1,14	1,25
+5	1,06	1,08
+10	1,0	1,01
+15	0,94	0,86
+20	0,90	0,67
+25	0,86	0,42
+30	0,87	0,24

2. Расчет расхода теплоты в помещении

2.1. Расчет количества теплоты, идущей на обогревание вентиляционного (наружного) воздуха:

$$Q_{\text{вен.}} = 0,24G\Delta t,$$

где 0,24 – теплоемкость воздуха, т.е. количество теплоты расходуемое на нагревание 1 кг воздуха на 1°С, ккал/кг/град;

G – количество воздуха, удаляемого из помещения вентиляцией или поступающего в него в течение часа, кг/ч;

Δt – разность между температурой воздуха внутри помещения и температурой наружного воздуха, °С.

Для определения максимальной потребности в тепле животноводческого помещения при расчете G, во-первых, проводят корректировку расчета объема

вентиляции на самую холодную пятидневку (январь) обеспеченностью 0,92 согласно СНиП 23-01-99 «Строительная климатология».

Во-вторых, необходимо объемные единицы перевести в весовые (таблица 13).

Например: 1 м³ воздуха при температуре 16 °С и среднем барометрическом давлении 760 мм рт.ст. весит 1,222 кг.

Таблица 13

Объемная масса воздуха при различной температуре и различном барометрическом давлении, м³/кг

t-ра, °C	710	715	720	725	730	735	740	745	750	755	760	765	770	775	780
-10	1,254	1,263	1,272	1,280	1,289	1,298	1,307	1,316	1,325	1,333	1,342	1,351	1,360	1,369	1,378
-8	1,245	1,253	1,262	1,271	1,280	1,288	1,297	1,306	1,315	1,323	1,332	1,341	1,350	1,358	1,367
-6	1,235	1,244	1,253	1,261	1,270	1,279	1,287	1,296	1,305	1,313	1,322	1,331	1,340	1,348	1,357
-4	1,226	1,235	1,243	1,252	1,261	1,269	1,278	1,286	1,295	1,304	1,312	1,321	1,330	1,338	1,347
-2	1,217	1,226	1,234	1,242	1,251	1,260	1,268	1,277	1,286	1,294	1,303	1,311	1,320	1,329	1,337
0	1,208	1,217	1,225	1,234	1,242	1,251	1,259	1,268	1,276	1,285	1,293	1,302	1,310	1,319	1,327
2	1,119	1,208	1,216	1,225	1,233	1,242	1,250	1,258	1,267	1,276	1,284	1,292	1,301	1,309	1,317
4	1,191	1,199	1,207	1,256	1,224	1,233	1,241	1,249	1,258	1,266	1,274	1,283	1,291	1,300	1,308
6	1,182	1,190	1,199	1,207	1,215	1,224	1,232	1,240	1,249	1,257	1,265	1,274	1,282	1,290	1,299
8	1,174	1,182	1,190	1,198	1,207	1,215	1,223	1,232	1,240	1,248	1,256	1,265	1,273	1,281	1,289
10	1,165	1,174	1,182	1,190	1,198	1,206	1,215	1,223	1,231	1,239	1,247	1,256	1,264	1,272	1,280
12	1,157	1,165	1,173	1,182	1,190	1,198	1,206	1,214	1,222	1,231	1,239	1,247	1,255	1,263	1,271
14	1,149	1,157	1,165	1,173	1,181	1,190	1,198	1,206	1,214	1,222	1,230	1,238	1,246	1,254	1,262
16	1,141	1,149	1,157	1,149	1,157	1,165	1,173	1,181	1,189	1,197	1,205	1,213	1,222	1,230	1,238
18	1,133	1,141	1,141	1,149	1,157	1,165	1,173	1,181	1,189	1,197	1,205	1,213	1,221	1,229	1,237
20	1,125	1,134	1,141	1,149	1,157	1,165	1,173	1,181	1,189	1,197	1,205	1,213	1,221	1,229	1,237

2.2. Расчет расхода теплоты на испарение влаги с поверхности пола и других ограждений ($Q_{\text{исп}}$) производят путем умножения количества испаряющейся с пола и других ограждений влаги на 0,595 ккал, т.е. на количество теплоты в ккал, расходуемое на испарение 1 г влаги.

Количество влаги, испаряющейся с пола и ограждающих конструкций здания, определяем в виде процентной надбавки от количества влаги, выделяемой всеми животными, находящимися в данном помещении.

2.3. Расчет теплотерь через ограждающие конструкции здания проводится по формуле:

$$Q_{\text{о.зд.}} = \Sigma kF \Delta t, \text{ где}$$

k – коэффициент общей теплопередачи материала, в ккал/ч/м²/град;

F – площадь ограждающей конструкции, м²;

Δt – разность между температурами внутреннего и наружного воздуха, °С.

Теплотери через ограждающие элементы здания определяют дифференцированно (стены, окна, ворота и двери, полы, чердачные или совмещенные перекрытия), так как их площадь и коэффициенты теплопередачи разные.

Коэффициент общей теплопередачи (k) отдельных конструкций находят по таблицам 14-17.

Таблица 14.

Термическое сопротивление (R_0) и коэффициенты теплопередачи (K) некоторых строительных ограждений. Значение R_0 и K для наружных стен с внутренней штукатуркой

Конструкция стен	Толщина		Объемная масса, кг/м	R_0 , (ч·м ² ·°С)/ккал	K , ккал/ч·м ² ·°С
	кирпичей или камней	мм			
Сплошная кладка из обыкновенного кирпича на тяжелом растворе	1,5	399	1800	0,76	1,32
	2,0	525	1800	0,94	1,06
	2,5	665	1800	1,13	0,89
	3,0	785	1800	1,32	0,76
из обыкновенного кирпича на легком растворе	1,5	395	1700	0,79	1,2
	2,0	525	1700	0,99	6
	2,5	655	1700	1,19	1,01
	3,0	785	1700	1,39	0,84
из силикатного кирпича на тяжелом растворе	1,5	395	1900	0,71	1,41
	2,0	525	1900	0,88	1,14
	2,5	665	1900	1,08	0,93
	3,0	785	1900	1,23	0,81
из дырчатого кирпича на тяжелом растворе	1,5	395	1360	0,89	1,1
	2,0	525	1360	1,12	2
	2,5	655	1360	1,40	0,89
из легкобетонных камней с перевязкой тычковыми рядами	1,0	405	1800	0,78	1,28
	1,5	605	1800	1,10	0,91
из легкобетонных камней со щелевыми пустотами	0,5	205	1800	0,61	1,6
	1,0	405	1800	1,01	4
	1,25	509	1800	1,22	0,99
из бута на тяжелом растворе	-	60	2400	0,51	1,9
	-	0	2400	0,61	6
	-	800	2400	0,71	1,64
из крупных шлакобетонных блоков с наружным фактурным слоем (20-3Ш мм)	-	300	1000	1,07	0,93
	-	500	1000	1,65	0,61
	-	300	1400	0,76	1,31
	-	500	1400	1,12	0,89
Стены деревянные: рубленные	-	200	-	1,33	0,75
	-	220	-	1,45	0,68
брусчатые	-	150	-	1,18	0,85
	-	200	-	1,32	0,66

Таблица 15

Значение R_0 и K для перекрытий

Перекрытия	Конструктивные слои	Толщина утепли- теля, мм	Общая толщина перекры- тия, мм	R_0	K
<i>Чердачные перекрытия</i>					
Железобетонные из сборных плит с утеплителем	Утеплитель: плита 35 см за- тирка	150 200 250	- - -	0,89 1,09 1,29	1,12 0,92 0,77
ПОТОЛОК	Настил: утеп- литель-засыпка	150	270	-	0,39
По балкам, настил из дере- вянных пластин толщиной 5 см,		120 100 80	240 220 200	- - -	0,45 0,51 0,59
Глинопесчаная смазка 2 см, Слой опилок и сверху слой земли 5 см без штукатурки					
Потолок по балкам, накат из досок 2 см, по накату глино- песчаная смазка 1,5 см камыш непрессованный и слой земли 5 см	Накат: утепли- тель-засыпка	100 70 50	195 165 145	- - -	0,39 0,51 0,64
<i>Бесчердачные перекрытия</i>					
Железобетонный, двухпус- лотный сборный настил с ру- лонной кровлей и утеплите- лем-пенобетоном или перо- силикатом	Водоизоляци- онный ковер, выравниваю- щий слой, уте- плитель, паро- изоляция, же- лезобетонный настил	40 60 100 120 140 160	- - - - - -	0,73 0,86 1,13 1,26 1,39 1,53	1,37 1,17 0,89 0,79 0,72 0,65
Деревянный настил с рулон- ной кровлей и утеплителем- пенобетоном	Водоизоляци- онный ковер, выравниваю- щий слой, уте- плитель, паро- изоляция, под- стилка в чет- верть, 30 см	40 60 80 100 120 140	- - - - - -	0,67 0,80 0,93 1,07 1,20 1,34	1,49 1,25 1,07 0,93 0,83 0,75
Покрытие железобетонное, сборное, с рулонной кровлей и утеплением	Железобетонный прогон, тепло- изоляция, вырав- нивающий слой,	-	-	1,2	0,83

	рулонная кровля				
Покрытие сборное на железобетонных прогонах	Теплоизоляционный прогон, асбестоцемент-	-	-	0,35	0,28
Покрытие сборное на деревянных прогонах с использованием пустотельных панелей, оклеенных снизу фольгой	новый лист снизу офольгован			0,8	1,2

Таблица 16.

Значение R_0 и K для окон, фонарей и дверей *

Конструкции заполнения проема	Расстояние между стеклами, мм	R_0	K
<i>Одинарный переплет:</i>			
одинарное остекление	-	0,2	5,0
двойное остекление	25-35	0,4	2,5
<i>Двойные переплеты:</i>			
раздельные (двойное остекление)	75-150	0,44	2,3
спаренные (двойное остекление)	30-60	0,4	2,5
раздельные (одинарное + двойное остекление)	75-100	0,6	1,67
<i>Сплошные деревянные наружные двери и ворота:</i>			
Одинарные	-	0,25	4,0
Двойные	-	0,5	2,0

* *Для окон и дверей с деревянными перекрытиями и коробками:* При применении металлических железобетонных переплетов и коробов величину R_0 следует уменьшить на 10%, а величину K увеличить на 10%.

Таблица 17.

Значение R_0 и K для отдельных зон не утепленных полов

Зоны	Зоны, размещенные от наружных стен на расстояние	R_0	K
I	До 2-х метров	2,5	0,4
II	От 2-х до 4-х метров	5,0	0,2
III	От 4-х до 6-ти метров	10,0	0,1
IV	Остальная площадь пола (центральная часть помещения)	16,5	0,06

Значения R_0 и K для наружных ограждающих конструкций выполненных из других строительных материалов рассчитывается по приведенным выше формулам, при этом расчетные теплотехнические показатели строительных материалов и изделий принимаются по приложению Д свода правил СП 23-101 (Проектирование тепловой защиты зданий).

Площадь ограждающих конструкций рассчитывается следующим образом:

1. Площадь потолка (помещение с чердачным перекрытием) – путем умножения внутренних размеров длины и ширины помещения. Площадь совмещенного (бесчердачного перекрытия) – путем умножения ширины покрытия на его длину и на количество сторон покрытия.

2. Площадь стен (помещение с чердачным перекрытием) – путем умножения наружного периметра помещения на высоту стен с учетом толщины потолка (совмещенного покрытия) за минусом площади окон и ворот.

При расчете площади наружных стен помещения с совмещенным покрытием торцовые стены условно разбивают на прямоугольники и треугольники. Поэтому площадь стен определяется по промерам наружного периметра здания (по длине) и расстоянию от внутренней поверхности пола до верхней поверхности совмещенного покрытия у продольной стены с учетом площади двух треугольников торцовых стен. При этом площадь окон и ворот (дверей) не учитывается.

3. Площадь пола делится на зоны с различными коэффициентами теплопередачи:

1 зона – до 2 м от стен;

2 зона – от 2 до 4 м;

3 зона – от 4 м.

При этом в первой двухметровой зоне площадь пола, примыкающая к углам наружных стен, учитывается дважды, т.е. при определении площади этой зоны берут полностью длину обеих наружных стен, образующих углы (по внутреннему периметру). Для удобства расчетов цифровой материал целесообразно свести в таблицу 18.

Таблица 18.

Определение теплотерь через ограждающие конструкции здания

Название ограждающей конструкции	$K, 1$ ккал/ч·м ² ·°С	$F, м^2$	$K \times F,$ ккал/ч·°С	$\Delta t, °С$	Теплопотери, ккал/ч
Перекрытие					
Окна					
Ворота и двери					
Стены					
Пол					
1 зона					
2 зона					
3 зона					
Итого					

В зависимости от расположения здания к направлению господствующих ветров, по сторонам света и рельефу местности, помещение теряет до-

полнительно за счет обдувания еще 13 % тепла от теплопотерь ограждающих конструкций.

Минимальное значение термического сопротивления ограждений животноводческих зданий должно обеспечивать невыпадение конденсата на внутренних поверхностях конструкций и перепад температур воздух – ограждение должен быть не более 3 °С. Тепловой расчет ограждающих конструкций следует вести с указаниями СНиП II-А.7-71 «Строительная теплотехника».

Суммируем все теплопотери в помещении: на обогрев вентиляционного воздуха, на испарение влаги с поверхности пола и ограждающих конструкций, на обогрев ограждающих конструкций.

Подставив полученные данные в формулу теплового баланса помещения, можно сделать вывод о том, превышает ли общий расход тепла его приход.

Если превышает то, баланс отрицательный.

При расчете теплового баланса помещения важно определить температуру воздуха внутри помещения при найденном балансе. Поэтому нужно определить разницу между температурой воздуха в помещении и температурой наружного воздуха, при которой приход тепла в помещение будет равен его расходу, т.е. определить Δt нулевого баланса.

$$\Delta t_{н.б.} = \frac{Q_{жив} - Q_{исп}}{0,24G + \sum kF}$$

Следовательно температура воздуха в помещении будет равна $(\Delta t_{н.б.} - t^{\circ}\text{C})$,

где $t^{\circ}\text{C}$ – температура наружного воздуха согласно СНиП 23-01-99 «Строительная климатология».

Сохранение нормального температурно-влажностного режима в помещении возможно при:

а) обеспечении снижения общих теплопотерь через ограждающие конструкции.

б) обеспечении надежной работы системы канализации, в результате чего выделение вредных веществ в помещении сводится к минимуму;

в) использовании рекуперации тепла.

Если этих мероприятий не достаточно, то единственным выходом остается подогрев приточного вентиляционного воздуха, с помощью отопительно-вентиляционных устройств.

Известно, что 1 кВт электроэнергии дает 860 ккал теплоты. При сгорании дизельного топлива 1 кг дает 12 000 ккал теплоты. Исходя из этого, для покрытия дефицита тепла подбирают соответствующее оборудование.

7. Расчет системы вентиляции в летний период

В период высоких температур потребность в воздухообмене резко возрастает в связи с необходимостью удаления избытков тепла из помещения. При температуре наружного воздуха выше 26°C система вентиляции практически не способна справиться с таким избытком тепла. Температура в помещении всегда выше температуры наружного воздуха за счёт больших тепловыделений от животных. Поэтому для теплых климатических зон (с низкой относительной влажностью наружного воздуха) рекомендуется предусматривать системы охлаждения животных методом распыла воды над щелевым полом или в потоке приточного воздуха. При сочетании пониженной влажности наружного воздуха и высокой температуры, вода быстро испаряется, а как следствие охлаждается воздух в помещении.

Такая технология позволяет снизить температуру воздуха на 3-5 °С в зависимости от относительной влажности наружного воздуха и количества испарившейся влаги.

При этом относительная влажность воздуха в помещении повышается до максимально допустимого нормативного значения.

Для предотвращения переувлажнения внутреннего воздуха должна четко соблюдаться пропорция в подаче приточного воздуха и воды на испарение. Это соотношение обеспечивает система автоматического регулирования вентиляции и водоиспарительного охлаждения.

Расчет воздухообмена для борьбы с избытком тепла

Воздухообмен помещений при условии удаления избытков теплоты находят по формуле

$$L_{\text{изб.тепла}} = \frac{Q_{\text{изб}}}{C(t_{\text{в}} - t_{\text{н}})},$$

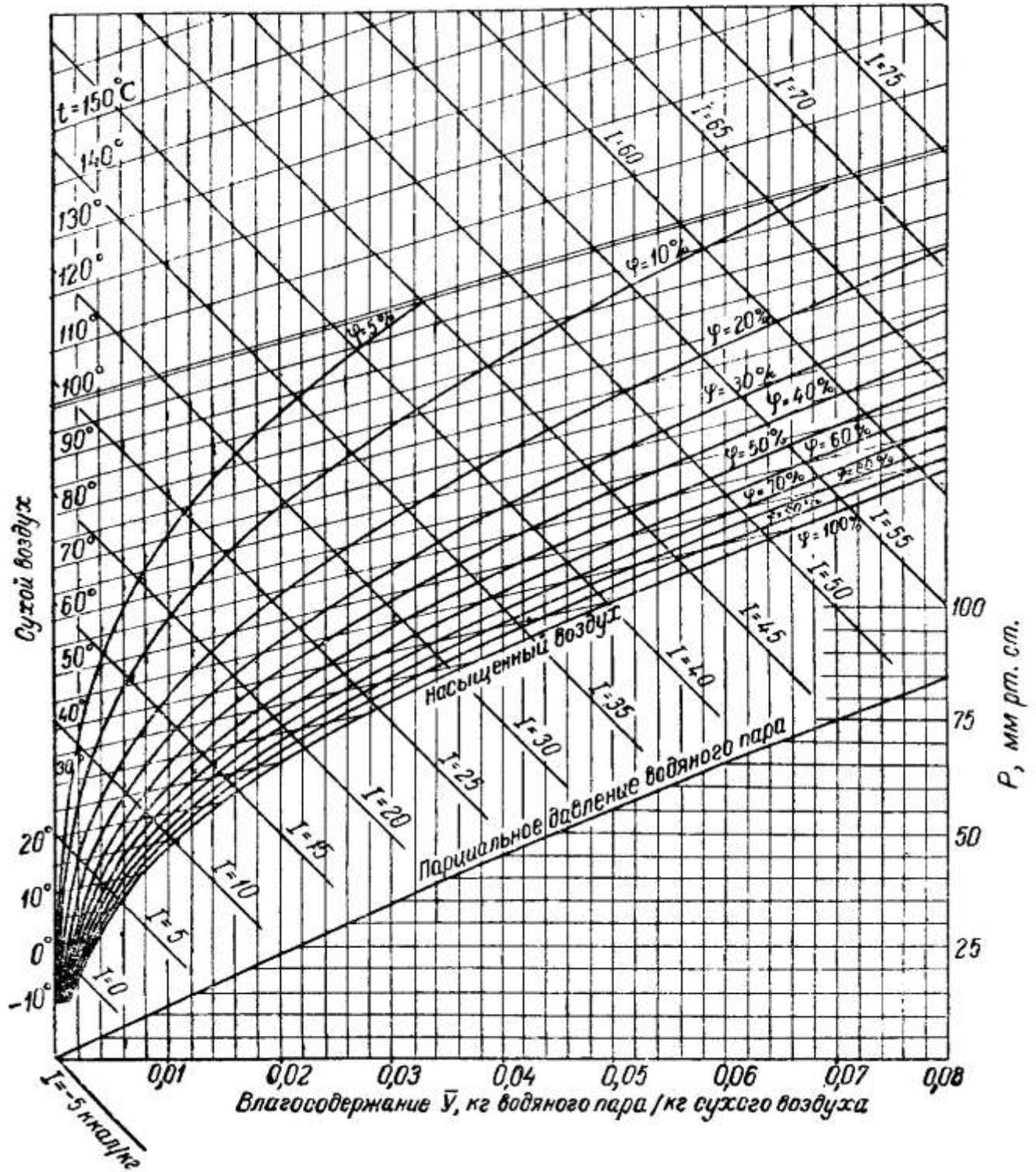
где $Q_{\text{изб}}$ – избыточная свободная теплота, кДж/ч ($Q_{\text{изб}} = Q_{\text{жив.}} + Q_{\text{рад}} - Q_{\text{о.зд.}} - Q_{\text{исп.}}$); $t_{\text{в}}$, $t_{\text{н}}$ – температура внутреннего и наружного воздуха; $Q_{\text{жив.}} = qrk$; q – количество свободной теплоты, выделяемой животными, кДж/ч; k – коэффициент изменения выделений свободной теплоты в зависимости от температуры внутреннего воздуха; $Q_{\text{рад}}$ – количество теплоты от солнечной радиации.

Расчет воздухообмена при одновременном удалении из помещений теплоты и влаги следует вести по I-d-диаграмме (График 1) при помощи луча процесса (ε_1):

$$\varepsilon_1 = 1000 Q_{\text{изб. общ.}} / W_{\text{в}},$$

где $Q_{\text{изб. общ.}}$ – избыточная общая теплота, кДж/ч ($Q_{\text{изб. общ.}} = Q_{\text{жив.}} + Q_{\text{рад}} - Q_{\text{о.зд.}}$), $W_{\text{в}}$ – суммарное поступление влаги в помещение, г/ч ($W_{\text{в}} = W_{\text{ж}} + W_{\text{нов.}}$), $W_{\text{ж}} = wrk_{\text{в}}$ – выделение влаги от животных, г/ч; w – норма выделения водяных паров, г/ч; $k_{\text{в}}$ – поправочный температурный коэффициент; $W_{\text{нов.}}$ – поступление влаги от смоченных поверхностей, г/ч.

График 1



Расчет необходимого количества воды для водоиспарительного охлаждения

Степень охлаждения помещений зависит от температуры подаваемой воды и степени насыщенности воздуха водяными парами.

В схемах водоиспарительного охлаждения используется эффект затрат большого количества тепла на превращение влаги в водяные пары (0,595 ккал энергии на испарение 1 г воды), теплоемкости, которая незначительно изменяется при повышении температуры.

Расход тепла на нагрев распыляемой для испарения воды

$$Q_{\text{нагрев распыляемой воды}} = C_{\text{воды}} W_{\text{распыление}} (t_{\text{вн}} - t_{\text{воды}}),$$

где $Q_{\text{нагрев воды}}$ – затраты тепловой энергии на нагрев воды; $C_{\text{воды}}$ – теплоемкость воды, ккал/г; $W_{\text{распыление}}$ – количество воды, подаваемой в помещение распылением для охлаждения животных г/ч; $t_{\text{вн}}$ – температура внутреннего воздуха помещения, °С; $t_{\text{воды}}$ – температура подаваемой воды, °С.

$$Q_{\text{испарение распыленной воды}} = 0,595 W_{\text{распыление}}$$

В этом случае уравнение теплового баланса имеет вид

$$Q_{\text{нагрев распыляемой воды}} + Q_{\text{испарение распыленной воды}} = Q_{\text{жив.}} + Q_{\text{рад.}} - Q_{\text{о.зд.}} - Q_{\text{исп.}} - Q_{\text{всн.}}$$

Таким образом, влагопоглощающая способность воздуха зависит от его насыщенности водяными парами и определяется абсолютным влагосодержанием при определенной температуре или энтальпией. При более низкой влажности энтальпия воздуха меньше, чем при высокой.

Для расчета системы водоиспарительного охлаждения должно быть определено две величины:

1. Необходимый воздухообмен.
2. Необходимое количество влаги на испарение, с учетом способности воздуха к поглощению водяных паров.

Третьим дополнительным ограничением накладывается максимально допустимая относительная влажность воздуха, которая должна быть не более 80%.

При расчетах целесообразно задавать максимально допустимую относительную влажность воздуха в помещении (80%), температуру воздуха помещения (не выше максимальной рекомендуемой), а воздухообмен и количество дополнительной влаги для водоиспарительного охлаждения определить из баланса воздухообменов, рассчитанных по условиям удаления избытков влаги и избытков тепла.

В настоящее время специалистами ООО «АгроПроектИнвест» разработана физико-математическая модель для автоматизированного расчета этих параметров (Таблица 20)

Пример расчета параметров микроклимата
для откормочных свиней

Таблица 20

Показатели	Ед. измерения	Откорм, кг		
		min	...	max
Относит. влажн. нар.воздуха	%	83,0	83,0	83,0
Влагосодержание нар.воздуха	г/кг	0,3	0,4	0,4
Температура в помещении	град.С	18,0	18,0	18,0
		18,0	18,0	18,0
Температура в помещении при отсутствии доп. Тепла	град.С		-23,5	-22,0
Отн. влажность в помещении	%	75,0	75,0	75,0
Влагосодержание воздуха помещ.	г/кг	9,7	9,7	9,7
Потери тепла через ограждения	Вт	3 193,4	3 122,4	3 051,5
Поступление явного тепла:	Вт			
от оборудования (водяного отопл.)				
от животных		3 871,4	3 871,4	3 871,4
от солнечной радиации				
Поступления водяных паров:	г/час			
от оборудования				
от животных		4 211,8	4 211,8	4 211,8
со смоченных поверхностей		646,2	646,2	646,2
с открытых водных поверхностей				
Поступление углекислого газа	мл/час	699,0	699,0	699,0
Поправочные температурные коэф-фициенты на выделения животными:				
- свободного тепла		0,74	0,74	0,74

- влаги		1,4039	1,4039	1,4039
Требуемые воздухообмены:	куб.м/час			
- Норматив по минимуму		720,0	720,0	720,0
- по борьбе с избытками тепла			20,6	26,0
- по борьбе с избытками влаги		362,0	364,7	367,6
- по борьбе с избытками CO ₂		349,5	349,5	349,5
Принятый воздухообмен	куб.м/час	362,0	364,7	367,6
	кг/час	439,1	442,4	445,9
Требуемая дополнительная подача				
тепла в секцию	Вт	5 257,6	5 105,3	4 953,0
Воздухообмен на 1 кг массы животного,	м ³ /ч	0,15	0,15	0,15

8. Теоретические основы взаимодействия воздуха с источником тепла и влаги

8.1. Общие положения

Потребности инженерной практики допускают описание неизвестных закономерностей приближёнными формулами, при этом табличные значения любого n – мерного процесса должны быть аппроксимированы формулами выбранного вида с заданной точностью.

Одним из основных положений предлагаемой модели, является введение новых уравнений состояния воздуха.

Отдавая предпочтение простым видам формул при незначительном для практики ущербе точности, аппроксимируем табличные значения состояния воздуха [1, 2, 3]:

- парциальное давление насыщенного водяного пара

$$P_w = 4.579 \cdot e^{\frac{17.14t}{235.31+t}} \quad (1)$$

- плотность насыщенного водяного пара

$$\rho_w = \rho_c \cdot (0.00016 \cdot t + 0.82) \cdot P_w \quad (2)$$

где: ρ_c - плотность сухого воздуха.

- максимальное влагосодержание воздуха

$$D = \frac{\rho_w}{\rho_c} = (0.00016 \cdot t + 0.82) \cdot P_w \quad (3)$$

- текущее значение влагосодержания воздуха

$$d = \phi \cdot D \quad (4)$$

где: ϕ – относительная влажность воздуха в долях единицы.

Здесь необходимо подчеркнуть, что таблицы парциального давления насыщенного водяного пара и его плотности не содержат зависимости от атмосферного давления.

8.2. Температура точки росы

Температура точки росы находится решением уравнения

$$\phi \cdot (0.00016 \cdot t + 0.82) \cdot P_w(t) = (0.00016 \cdot t_p + 0.82) \cdot P_w(t_p) \quad (5)$$

Для рабочей зоны температур, формулу (3) можно записать в виде $D = 0.82 \cdot P_w$ тогда из равенства $\phi \cdot D(t) = D(t_p)$, получаем

$$t_p = \frac{235.31 \cdot \left(\ln(\phi) + \frac{17.14 \cdot t}{235.31 + t} \right)}{17.14 - \ln(\phi) - \frac{17.14 \cdot t}{235.31 + t}} \quad (6)$$

8.3. Температура «мокрого» термометра

Температура «мокрого» термометра определяется из равенства теплосодержаний двух состояний воздуха по известной [4] формуле

$$I = 0.24 \cdot t + (597.3 + 0.43 \cdot t) \cdot \frac{d}{1000}$$

Приравнявая теплосодержание воздуха к его теплосодержанию при температуре «мокрого» термометра (t_w), получим

$$0.24 \cdot t + (597.3 + 0.43 \cdot t) \cdot \frac{\phi \cdot D(t)}{1000} = 0.24 \cdot t_w + (597.3 + 0.43 \cdot t_w) \cdot \frac{D(t_w)}{1000}$$

где: D - определяется по формулам (1) и (3).

Способы решения этого уравнения имеются в различных программах.

8.4. Поступление в помещение явного тепла от источника с постоянной температурой поверхности нагрева

Известно [5], что температура потока воздуха после теплообмена с телом, имеющим постоянную температуру поверхности нагрева $t_n = \text{const}$ определяется по формуле

$$t_2 = t_n - (t_n - t_1) e^{\frac{-\alpha \cdot F}{cG_1}} \quad (7),$$

где: t_1 - начальная температура потока воздуха;

α - коэффициент теплоотдачи;

F - площадь теплообмена;

c - удельная теплоёмкость воздуха;

G_1 - количество подаваемого воздуха;

t_n - температура поверхности теплообмена.

Количество тепла, полученного воздухом

$$Q = c \cdot G_1 \cdot (t_2 - t_1)$$

Следовательно, отнимая « t_1 » в правой и левой части формулы (7) и помножив их на cG_1 , получим

$$Q = c \cdot G_1 \cdot (t_n - t_1) \cdot \left(1 - e^{\frac{-\alpha \cdot F}{cG_1}} \right) \quad (8)$$

Формулу (8) можно записать в другом виде, использующем не начальную (t_1), а конечную температуру воздушного потока (t_2).

$$Q = c \cdot G_1 \cdot (t_n - t_2) \cdot \left(e^{\frac{\alpha \cdot F}{cG_1}} - 1 \right) \quad (9)$$

где: t_2 - определена формулой (7).

8.5. Поступление в помещение водяных паров от источника с постоянным влаговыделением

Особенностью восприятия воздухом водяных паров является существование предельного влагосодержания $D(t)$ воздуха, независимого от источника влаги.

По аналогии передачи потенциала при явном теплообмене, запишем дифференциальное уравнение процесса,

$$\alpha_w \cdot (D_{\max} - d_2) \cdot dF_w = G_1 \cdot d(d_2)$$

проинтегрировав которое при граничных условиях $F_w = 0$ и $d_1 = d_2$, получим

$$d_2 = D_{\max} - (D_{\max} - d_1) \cdot e^{\frac{-\alpha_w F_w}{G_1}} \quad (10)$$

В формуле (10) в правой и левой части вычтем d_1 и помножим их на G_1 , тогда количество ассимилированных паров находится по формуле

$$\omega = G_1 \cdot (d_2 - d_1) = G_1 \cdot (D_{\max} - d_1) \cdot \left(1 - e^{\frac{-\alpha_w F_w}{G_1}} \right) \quad (11)$$

или

$$\omega = G_1 \cdot (D_{\max} - d_2) \cdot \left(e^{\frac{\alpha_w F_w}{G_1}} - 1 \right) \quad (12)$$

где: ω - количество выделяемых источником водяных паров, которые воздух способен ассимилировать;

α_w - коэффициент испарения источника, зависящий от условий испарения и температуры воды;

F_w - площадь испарения источника;

d_2 - влагосодержание воздушного потока после влагообмена с источником;

d_1 - начальное влагосодержание воздушного потока;

G_1 - количество приточного воздуха в единицу времени;

D_{max} - максимально возможное для данного процесса влагосодержание воздуха.

Применительно к воде $D_{max} = D(t_n)$ то есть, рассчитывается по температуре водной поверхности.

По формулам (11) и (12) определяем сочетания начальных и конечных параметров процесса, при которых всё количество водяных паров от источника будет полностью ассимилировано воздухом. Иначе, определяем какой производительностью должен обладать источник, чтобы получить заданные параметры воздуха.

Рассматривая систему из уравнений (8) и (11), получаем основное уравнение политропного процесса тепломассообмена,

$$Q \cdot (D_{max} - d_1) \cdot \left(1 - e^{\frac{-\alpha_w F_w}{G_1}} \right) = \omega \cdot c \cdot (t_n - t_1) \cdot \left(1 - e^{\frac{-\alpha \cdot F}{c \cdot G_1}} \right) \quad (13)$$

или, из уравнений (9) и (12),

$$Q \cdot (D_{max} - \phi \cdot D_2) \cdot \left(e^{\frac{\alpha_w F_w}{G_1}} - 1 \right) = \omega \cdot c \cdot (t_n - t_2) \cdot \left(e^{\frac{\alpha \cdot F}{c \cdot G_1}} - 1 \right) \quad (14)$$

Для равных теплообменных и влагообменных площадей источника (например, поверхность воды), воспользовавшись соотношением Льюиса, получаем основные уравнения тепловлагообмена для открытых и смоченных поверхностей, с использованием начальных или конечных параметров воздушного потока:

$$Q \cdot (D_{max} - d_1) = c \cdot \omega \cdot (t_n - t_1) \quad (15)$$

$$Q \cdot (D_{max} - \phi \cdot D_2) = c \cdot \omega \cdot (t_n - t_2) \quad (16)$$

Из полученных формул, как частные случаи выводятся формулы:

- при изотермическом процессе

$$D_{max} = D_2$$

$$\omega = G_1 \cdot (D_2 - d_1) \cdot \left(1 - e^{\frac{-\alpha_w F_w}{G_1}} \right) \quad (17)$$

$$\omega = G_1 \cdot D_2 \cdot (1 - \phi_2) \cdot \left(e^{\frac{\alpha_w F_w}{G_1}} - 1 \right) \quad (18)$$

- при адиабатическом процессе

$$D_{max} = D(t_n) = D(t_w)$$

$$Q + r \cdot \omega = 0$$

с использованием соотношения Льюиса

$$\frac{c}{r} = \frac{D(t_n) - d_1}{t_1 - t_n} = \frac{D(t_n) - d_2}{t_2 - t_n} \quad (19)$$

где: r – скрытая теплота парообразования

8.6. Применение методов расчёта

8.6.1. I – d диаграмма (см. график 1)

Сравнение результатов проведём для двух расчётных формул:

- для формулы (3);
- для общеизвестной формулы, выведенной из условия возможности замены отношения абсолютных влажностей отношением давлений [3], а именно

$$d = 623 \cdot \frac{\phi \cdot P_w}{B - \phi \cdot P_w} \quad (21)$$

На Графике 2. видно хорошее совпадение результатов в области невысоких температур и, как отмечается в источнике [3], погрешность составляет не более 2%.

На графике 3. видно, что в области высоких температур результаты не совпадают и формула (21) имеет точку разрыва, чего нет на практике.

График 2.

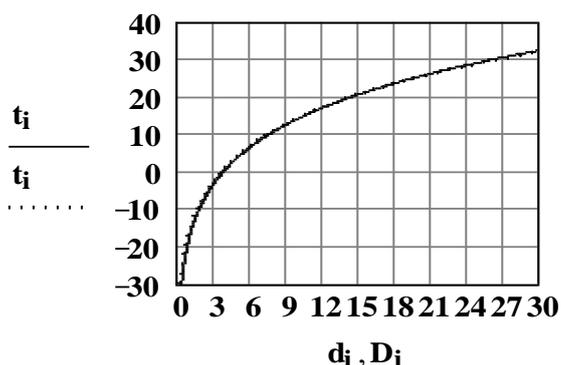
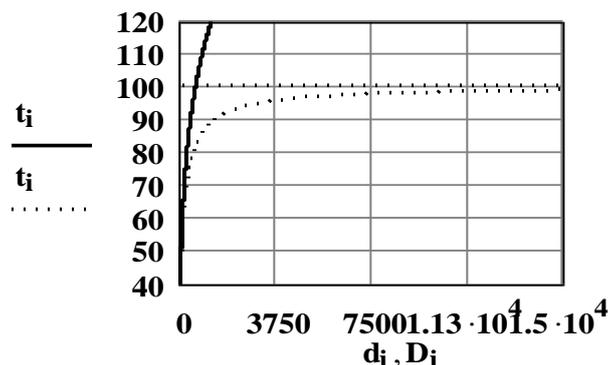


График 3.



8.6.2. Испарение со смоченных поверхностей

Графическая зависимость испарения влаги со смоченных поверхностей приведена в литературе [6] и показана на Графике 4.

Общепринято [4], что данный вид испарения относится к адиабатическому, поэтому для сравнения теоретических и практических результатов, воспользуемся формулой (12), записав её для случая адиабатического испарения,

$$\omega = G_1 \cdot (D_{ad} - d_2) \cdot \left(e^{\frac{\alpha_w F_w}{G_1}} - 1 \right) \quad (22)$$

где: D_{ad} - максимальное влагосодержание воздуха в адиабатическом процессе, определяемое формулами (1) и (3) по температуре «мокрого термометра».

Перепишем формулу (22) в виде

$$A = \frac{\omega}{D_{ad} - \phi_2 \cdot D_2} = G_1 \cdot \left(e^{\frac{\alpha_w F_w}{G_1}} - 1 \right) \quad (23)$$

По опытным данным Графика 5 находим, что значение «А» имеет постоянную величину $A = \text{const} = 14.85$ кг/час (одинаковые условия опытов).

Уравнение (22), применительно к опытным данным Графика 5 принимает вид

$$\omega = 14.85 \cdot (D_{ad} - d_2) \quad (24)$$

Составив по этой формуле График 5 можно убедиться в его хорошем совпадении с опытными данными Графика 4.

График 4.

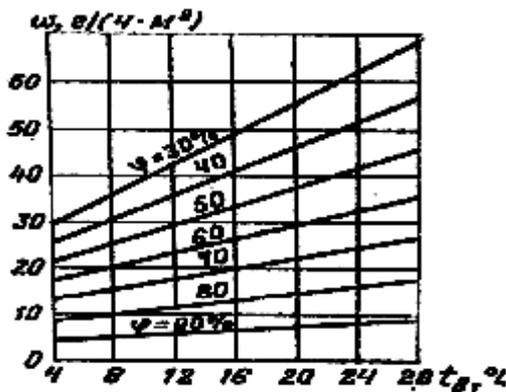
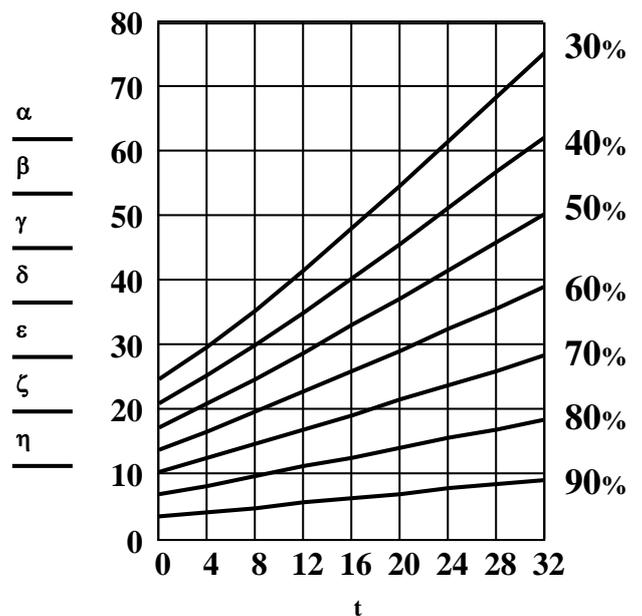


Рис. 6.7. Удельные влагопоступления ω со смоченных поверхностей при различной относительной влажности воздуха в помещении ϕ

График 5.



8.6.3. Испарение с открытых водных поверхностей

Данные по испарению с открытых водных поверхностей приведены в литературе [6] в виде Графика 5, для которого, в отличие от Графика 3, температура поверхности жидкости не определена. Анализ Графика 5 показывает, что

$$D_{\max} \sim D_2$$

тогда формула (12) принимает вид

$$\omega = G_1 \cdot D_2 \cdot (1 - \phi_2) \cdot \left(e^{\frac{\alpha_w F_w}{G_1}} - 1 \right)$$

причём, для одинаковых условий опытов

$$A = G_1 \cdot \left(e^{\frac{\alpha_w F_w}{G_1}} - 1 \right) = \text{const} \quad (25)$$

и для Графика 5 получаем $A=34,6$ кг/час, то есть, удельные влагопоступления в данных опытах определяются формулой

$$\omega = 34.6 \cdot (1 - \phi_2) \cdot D_2 \quad (26)$$

Расчётные значения, полученные по этой формуле, представлены на Графике 6. Сравнивая График 5 и График 6 можно видеть их хорошее совпадение.

График 5

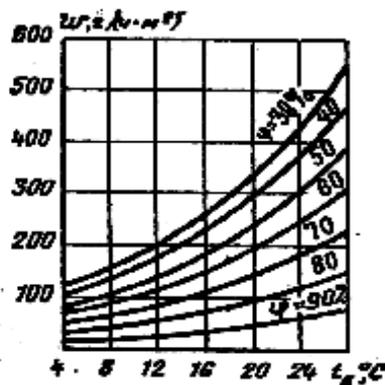
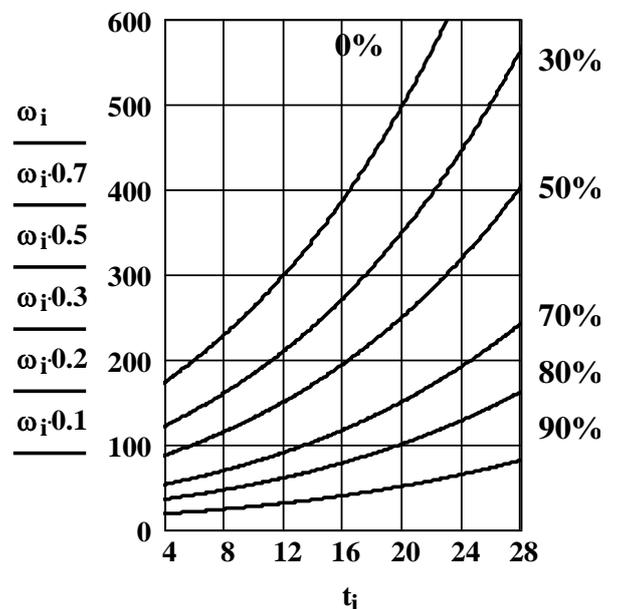


График 6



Удельные влагопоступления w с открытых водных поверхностей при различной относительной влажности воздуха в помещении

8.6.4. Взаимодействие воздушного потока с источником тепла и влаги

Рассмотрим одно свойство воздуха при его взаимодействии с источником тепла.

Количество явного тепла, отдаваемое источником, определяется по формуле:

$$q = c \cdot (t_n - t_1) \cdot \left(1 - e^{-\frac{kF}{cG}}\right) = c \cdot (t_n - t_2) \cdot \left(e^{\frac{kF}{cG}} - 1\right) \quad (27)$$

Количество водяных паров, которое воздух может ассимилировать при различных конечных значениях относительной влажности

$$w = G \cdot (\phi_2 \cdot D_2 - d_1)$$

Максимально возможное количество общего тепла, которое воздух способен ассимилировать при взаимодействии с источником тепла и влаги

$$Q_0 = q + r \cdot w$$

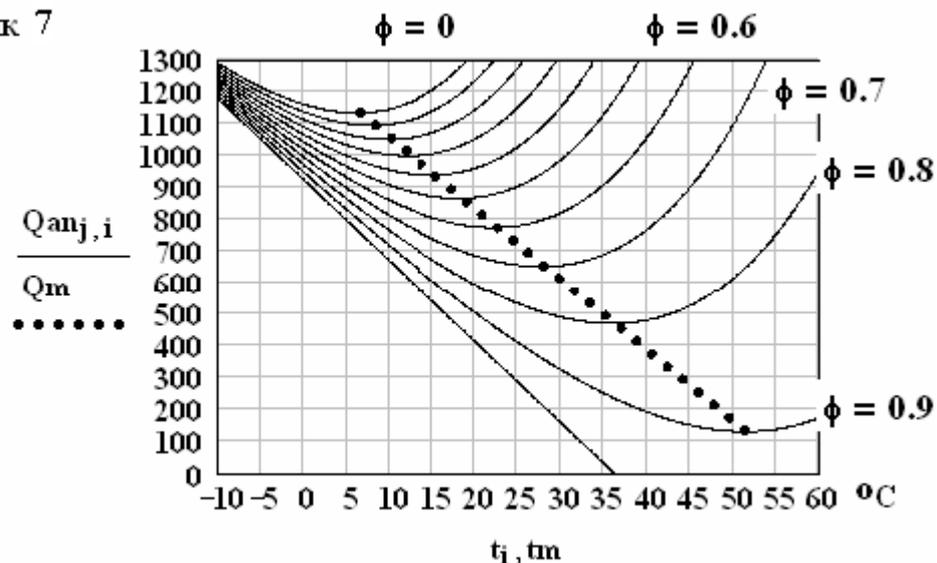
или, в развёрнутом виде

$$Q_0 = G \cdot \left[c \cdot (t_n - t_2) \cdot \left(e^{\frac{\alpha \cdot F}{cG}} - 1\right) + r \cdot \left[\phi_2 \cdot 4.58 \cdot e^{\frac{17.14 t_2}{235.31 + t_2}} \cdot (0.00016 \cdot t_2 + 0.82) - d_1 \right] \right] \quad (28)$$

где: t_n - температура поверхности источника;

Рассмотрим графическое изображение формулы (график 7)

График 7



На графике сплошные линии показывают максимальное количество общего тепла, которое может ассимилировать воздух в количестве G кг, принимающий после контакта с источником заданную температуру и относительную влажность.

Штриховая линия на графике соединяет минимальные значения общего тепла, воспринимаемого воздухом.

8.6.5. Общие замечания

Обзор литературных источников указывает на необходимость поправок при взаимосвязи методов расчёта. В учебнике [4] предлагается:

1. при анализе процессов тепло- и влагообмена использовать коэффициент пропорциональности, определяемый отношением

$$\Delta d \sim 0.84 \cdot \Delta p.$$

Предлагаемые методы дают значение этого коэффициента, равное

$$\Delta d \sim 0.82 \cdot \Delta P$$

2. процессы адиабатического увлажнения рассчитывать по приближённой формуле

$$\frac{-\Delta t}{\Delta d} \sim 2.45$$

Предлагаемые методы дают значение формулы (29)

$$\frac{\Delta t}{\Delta d} = \frac{r}{c} = \frac{0.5973}{0.24} = 2.489$$

и т. д.

То есть, применение изложенных методов приводит к незначительному изменению коэффициентов и других постоянных величин, используемых в настоящее время для расчётов.

Е.М. Белова [7] предлагает использовать различные значения конечной относительной влажности воздуха в зависимости от его начальной относительной влажности. Предлагаемые методы позволяют рассчитывать эти величины и показывают, почему при испарительном процессе в потоке воздуха практически недостижима 100% относительная влажность.

Таким образом, использование изложенных методов предполагает корректировку существующих алгоритмов расчётов.

ВЫВОДЫ ПО РАЗДЕЛАМ 8.3 – 8.5:

Главной особенностью предлагаемых методов является замена безкоординатных параметров воздуха на имеющие пространственные и временную координаты параметры потока воздуха.

Предлагаемые методы позволяют перейти от графоаналитического к аналитическому алгоритму расчёта и выбора оборудования для вентиляции и кондиционирования воздуха, что существенно упрощает программирование расчётов, причём в зоне высоких температур эти методы позволяют заметно улучшить результаты расчётов.

8.7. Взаимодействие воздушного потока с животным

8.7.1. Явные тепловыделения животными

Не теряя общности, рассмотрим в качестве источников тепла и влаги свиноводство, основываясь на отраслевых нормах технологического проектирования [9].

В настоящее время, явные тепловыделения животными определяются по формуле

$$Q = k_q \cdot q$$

где: q - явные тепловыделения одним животным;

k_q - поправочный температурный коэффициент.

Экспериментальные значения поправочного температурного коэффициента " k_q " в литературе представлены в табличном виде и показывают функциональную нелинейную зависимость, изображённую на Графике 7.

Полагая, что явные тепловыделения животных могут определяться формулами (8) и (9) получаем, что при одинаковых условиях зависимость

коэффициента от температуры должна быть линейной,

$$Q = k_q \cdot q = c \cdot G_1 \cdot (t_{an} - t_2) \cdot \left(e^{\frac{k_{an} \cdot f_{an}}{c \cdot G_1}} - 1 \right) = c \cdot G_1 \cdot (t_{an} - t_1) \cdot \left(1 - e^{\frac{-k_{an} \cdot f_{an}}{c \cdot G_1}} \right) \quad (30)$$

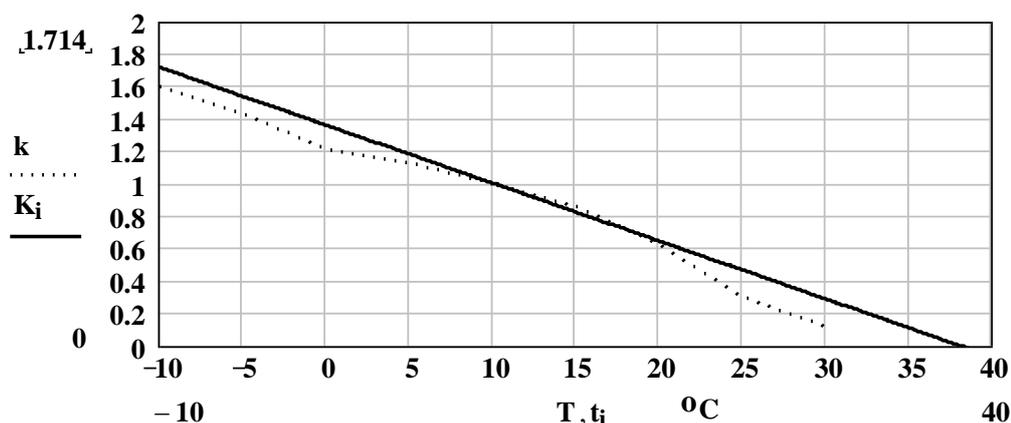
где: k_{an} - коэффициент теплопередачи животного, зависящий от состояния волосяного покрова,

t_{an} - температура животного

откуда определяется теоретическое значение поправочного температурного коэффициента.

Сравнение опытных " k_q " и расчётных " K_i " данных поправочного температурного коэффициента при единственной переменной " t_1 " приведено на Графике 7 и показывает их удовлетворительное совпадение.

График 7



8.7..2. Влаговыведения животными

В нормативных документах количество водяных паров, выделяемых животным определяется по формуле

$$W = k_w \cdot w$$

где: k_w - поправочный температурный коэффициент;
 w - количество водяных паров, выделяемых одним животным.

Литературные источники не сообщают, при каких условиях справедлива эта формула, и поэтому по известному равенству

$$W = G_1 \cdot (d_2 - d_1)$$

всегда можно определить область значений G_1 , в которой влагосодержание “ d_2 ” будет находиться за пределами I-d диаграммы. Это указывает на невозможность использования нормативной формулы для расчётов параметров микроклимата без введения дополнительных условий и позволяет считать, что нормативная формула определяет не количество водяных паров, а **количество влаги**, выделяемой животным.

Количество водяных паров, поступающих от животных, определяется по формулам (10), (11) и (12), которые принимают вид условия:

$$D_{\max} = D(t_2)$$

$$d_2 = D_{\max} - (D_{\max} - d_1) \cdot e^{\frac{-\alpha_w F_w}{G_1}}$$

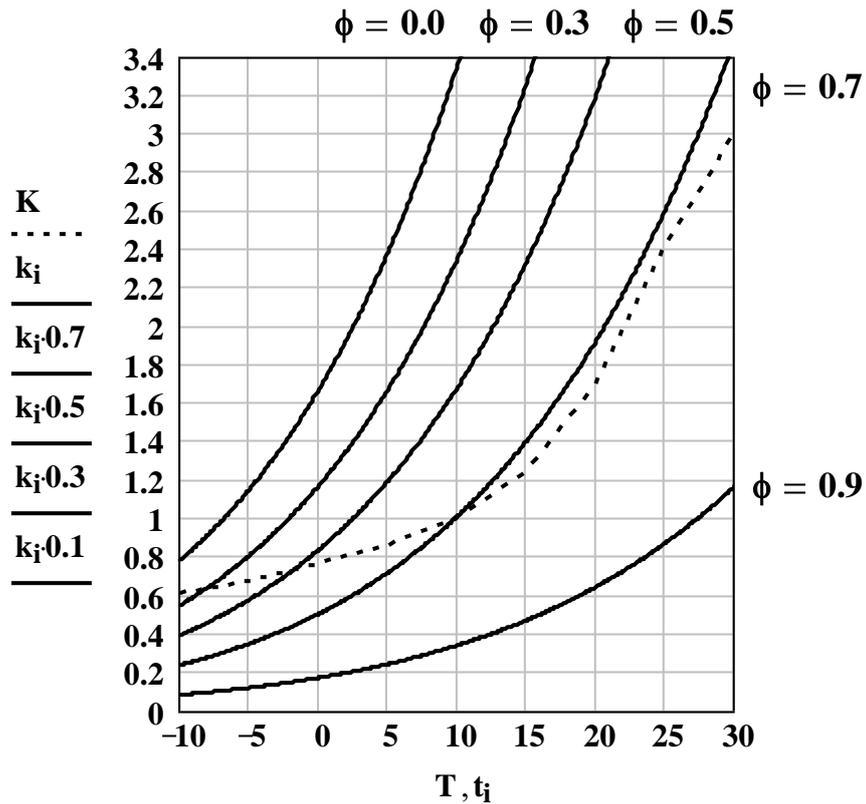
$$W = k_w \cdot w \leq \omega = G_1 \cdot (d_2 - d_1) = G_1 \cdot (D_{\max} - d_1) \cdot \left(1 - e^{\frac{-\alpha_w F_w}{G_1}}\right) \quad (31)$$

$$W = k_w \cdot w \leq \omega = G_1 \cdot (D_{\max} - d_2) \cdot \left(e^{\frac{\alpha_w F_w}{G_1}} - 1\right) \quad (32)$$

При невыполнении условия, оставшаяся влага будет смачивать кожу и шерсть животного, что и наблюдается на практике.

Сопоставление опытного (K) и расчётного (k_i) значений поправочного температурного коэффициента приведено на Графике 8 и показывает, что в диапазоне рабочих температур воздуха помещения формулы (31) и (32) можно использовать как расчётные.

График 8



Сопоставление опытных и расчетных поправочных температурных коэффициентов

8.7.3. Общие тепловыделения животными

Общие тепловыделения определяются как сумма явного тепла и тепла, затраченного на испарение влаги. По нормативным документам количество общего тепла должно определяться по формуле

$$Q_o = k_o \cdot q_o = k_q \cdot q + r \cdot k_w \cdot w$$

где: k_o - поправочный температурный коэффициент;
 q_o - общие тепловыделения одним животным;
 r - скрытая теплота парообразования, по ОНТП

Воспользуемся формулами (16) и (17) в виде

$$\frac{Q}{c \cdot \omega} = \frac{t_n - t_1}{D_{\max} - d_1} = \frac{t_n - t_2}{D_{\max} - \phi \cdot D_2} \quad (33)$$

Формула (33) позволяет утверждать, что для данного вида животного ($t_{an} = \text{const}$), независимо от его веса, при одинаковых температуре и влажности воздуха соблюдается равенство

$$\frac{q}{w} = \text{const}$$

что подтверждается опытными нормативными данными и введением в них единых температурных коэффициентов для любого веса животного.

Для свиней при температуре +10 °С и относительной влажности

70-75%, эта величина составляет ~ 1.5 ккал/г.

Данное обстоятельство позволяет связать все нормативные температурные коэффициенты общей формулой

$$k_0 = \frac{k_q + \frac{w}{q} \cdot r \cdot k_w}{1 + \frac{w}{q} \cdot r} \quad (34)$$

Следует отметить: во-первых, опытные данные коэффициента “ k_0 ” указывают на наличие оптимальной температуры, при которой общая отдача тепла животными минимальна, что несомненно имеет связь с их продуктивностью; во-вторых, стремление “ k_0 ” к нулю и отрицательным значениям является достаточным условием для наступления у животного теплового удара.

8.7.4. Особенности формирования микроклимата

Существующий метод расчёта параметров микроклимата с использованием температурных коэффициентов даёт одинаковый результат для любой точки пространства помещения, что можно считать правильным лишь для одного животного или их небольшой группы.

Большая группа животных представляет собой новую биологическую единицу, геометрические размеры которого и технология содержания в нём животных могут существенно влиять на формирование микроклимата.

Главным фактором формирования микроклимата служит воздушный поток, омывающий животных. Управляемыми величинами потока являются его начальные или текущие параметры.

Балансовое дифференциальное уравнение теплообмена в потоке имеет составляющие испарения со смоченных и открытых водных поверхностей, что даёт громоздкое решение. Поэтому воспользуемся практикой проектирования, где эти испарения учитываются поправочным процентным коэффициентом “ m ” к тепло и влаговыделениям животного и придадим ему значение поправочного коэффициента к площадям тепло и влагообмена животного. Тогда, в первом приближении, дифференциальное уравнение теплового баланса принимает вид

$$\frac{m_q \cdot k_{an} \cdot (t_{an} - t_2) \cdot n \cdot f_{an} \cdot y_0}{F} \cdot dx - q_b \cdot (t_2 - t_{at}) \cdot y_0 \cdot dx - c \cdot G_1 \cdot dt_2 = 0$$

- где:
- m - поправочный коэффициент ($m_q \sim 0.96$ для свободных тепловыделений и $m_w \sim 1.1$ – для влаговыделений);
 - t_2 - температура воздуха помещения;
 - F - занятая животными площадь пола, омываемая потоком воздуха;
 - n - количество животных на площади F ;

- f_{an} - площадь теплообмена одного животного;
- y_0 - ширина воздушного потока;
- x - расстояние от начала потока по его длине;
- q_b - удельные теплотери (теплопоступления) через строительные конструкции, включая инсоляцию, отнесённые к 1 м^2 пола.
- t_{at} - температура наружного воздуха;
- t_1 - температура приточного (наружного) воздуха, после его обработки оборудованием для микроклимата.

Интегрируя это уравнение при граничных условиях $x=0$, $t_2=t_1$, получаем

$$t_2 = t_1 \cdot e^{-\frac{(B+q_b)}{cG_1} \cdot y_0 x} + \left(\frac{B}{B+q_b} \cdot t_{an} + \frac{q_b}{B+q_b} \cdot t_{at} \right) \cdot \left[1 - e^{-\frac{(B+q_b)}{cG_1} \cdot y_0 x} \right] \quad (35)$$

где:

$$B = \frac{m_q \cdot n \cdot k_{an} \cdot f_{an}}{F}$$

Относительная влажность потока воздуха на отметке "х" находится с помощью формул

$$D_2 = 4.579 \cdot (0.00015 \cdot t_2 + 0.817) \cdot e^{\frac{17.14 t_2}{235.31 + t_2}} \quad (36)$$

$$\phi_2 = 1 - \left(1 - \frac{d_1}{D_2} \right) \cdot e^{-\frac{\alpha_w f_w m_w y_0 x}{G_1 F}} \quad (37)$$

Уравнения (35), (36) и (37) представляют собой систему уравнений.

8.7.5. Взаимодействие животного с воздушным потоком

Воздух, взаимодействующий с источником явного тепла и влаги, имеет очевидные ограничения по ассимиляции этих выделений. Передача явного тепла ограничена температурой источника, а ассимиляция водяных паров ограничена предельно возможным влагосодержанием воздуха. Общим ограничителем процесса ассимиляции является количество воздуха, участвующего в процессе. Следует отметить, что эти очевидные положения не учитываются Отраслевыми Нормами Технологического Проектирования и поэтому необхо-

димом осторожное, критическое использование этих норм при различных расчётах.

Количество явного тепла, отдаваемое животным, определяется по формуле:

$$q = c \cdot G \cdot (t_n - t_1) \cdot \left(1 - e^{\frac{-\alpha \cdot F}{c \cdot G}}\right) = c \cdot G \cdot (t_n - t_2) \cdot \left(e^{\frac{\alpha \cdot F}{c \cdot G}} - 1\right) \quad (38)$$

Количество водяных паров, которое воздух может ассимилировать при различных конечных значениях относительной влажности, определяется по формуле:

$$w = G \cdot \phi_2 \cdot 4.58 \cdot e^{\frac{17.14 \cdot t_2}{235.31 + t_2}} \cdot (0.00016 \cdot t_2 + 0.82) \quad (39)$$

Максимально возможное количество общего тепла, которое воздух способен ассимилировать при взаимодействии с животным

$$Q_0 = q + r \cdot w$$

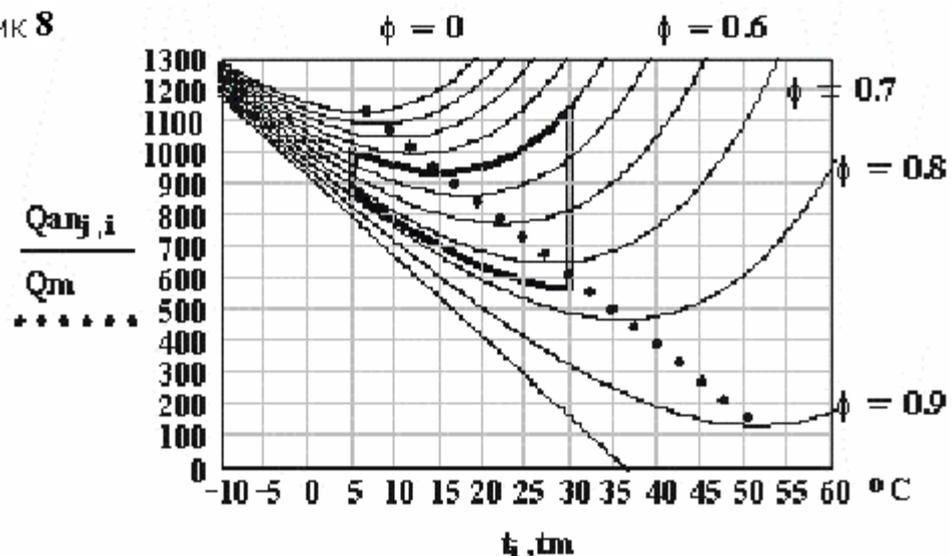
По известным параметрам животного, определяем количество общего тепла, ассимилируемого воздухом при различных условиях

$$Q_0 = G \cdot \left[c \cdot (T - t_2) \cdot \left(e^{\frac{k \cdot F}{c \cdot G}} - 1\right) + r \cdot \left[(1 - \phi_2) \cdot D_2 \cdot \left(e^{\frac{\alpha_w \cdot F_w}{G}} - 1\right) - d_1 \right] \right] \quad (40)$$

- где: T - температура животного;
 k - коэффициент теплопередачи животного;
 α_w - коэффициент влагоотдачи животного.

Рассмотрим графическое изображение формулы (39), применительно к одному животному.

График 8



На графике сплошные линии показывают максимальное количество общего тепла « Q », которое может ассимилировать воздух в количестве G кг, принимающий после контакта с источником заданную температуру и относительную влажность.

Точечная линия на графике соединяет параметры воздуха, при которых он воспринимает минимальное количество общего тепла.

Наличие на графике линии минимальных значений общего тепла, ассимилируемого воздухом, позволяет утверждать, что в холодный период года, при создании микроклимата с параметрами линии минимальных значений, энергия, получаемая животным от корма и идущая на энергообмен с окружающим воздухом, будет минимальна. Следовательно, энергия корма, идущая на другие цели, будет максимальной.

Таким образом, одной из задач систем микроклимата в зимний период является создание режима обмена теплом и влагой по линии минимального потенциала воздуха.

В тёплый период года возникает необходимость отбора у животного излишнего общего тепла, определяемого разностью энергии, получаемой с кормом и энергии, затрачиваемой на физиологические потребности и продуктивность животного.

Выделения тепла и влаги животным определены опытом и представлены в нормативных документах, то есть возможности индивидуальной защиты животного от избытка энергии известны. Параметры воздушной среды ограничены нормативным требованием минимально допустимого воздухообмена, нормативными диапазонами температуры, относительной влажности и скорости потока воздуха (выделенная зона на графике 8).

Поэтому, целью становится создание таких нормативных параметров микроклимата, которые обеспечат животному отдачу заданного количества избыточной энергии.

По формуле расчёта общего количества тепла, выделяемого данным животным, определяем его изменения в зависимости от параметров приточного воздуха и по Графику 8 находим параметры воздуха помещения. Если результат расчёта неудовлетворителен, то по заданным параметрам воздуха помещения определяем требуемые начальные параметры приточного воздуха.

В общем случае, линия минимального потенциала и нормативные границы параметров воздушного потока при заданных внешних условиях, дают область значений энергетических затрат взаимодействия животного с воздухом, которые являются основой экономического расчёта.

Аргументами данного блока экономических расчётов являются переменные параметры микроклимата. Функциональными величинами становятся:

- затраты на кормление и затраты на техническое обслуживание системы микроклимата;
- продуктивность животных и их отход (упущенная выгода);
- амортизационные отчисления, из-за изменения срока службы строительных конструкций и оборудования.

Временный интервал расчёта затрат на кормление и затрат на техническое обслуживание системы микроклимата определяется с учётом периода перехода животного в новое состояние энергетического равновесия.

Таким образом предлагаемый подход даёт возможность количественно учесть влияние микроклимата на продуктивность животных и, тем самым, сделать вопросы создания микроклимата составной частью общих экономических алгоритмов, главной целью которых является максимальная прибыль хозяйства.

Другими словами, становится возможным определить, что сегодня выгоднее сделать: дать животным заданное количество и качество корма или, уменьшив рацион, изменить параметры микроклимата.

Такое решение задачи легко встраивается в разрабатываемые алгоритмы компьютеризированного ведения сельскохозяйственного производства.

9. ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ

При соблюдении нормативных параметров производства, на ферме до 80 % от общего расхода энергии тратится на создание требуемых параметров микроклимата.

Основными составляющими затрат энергии на создание микроклимата являются компенсация потерь тепла через ограждающие строительные конструкции и нагрев свежего приточного воздуха.

Таким образом, необходимо рассмотреть составляющие формирования микроклимата в качестве объектов общей энергосберегающей технологии создания микроклимата, в том числе: потери тепла через ограждающие конструкции; использование энергосберегающих источников тепла (включая утилизацию тепла удаляемого воздуха) и использование средств эффективной обработки приточного воздуха.

9.1. Потери тепла через ограждающие конструкции

Потери тепла через ограждающие строительные конструкции определяются теплотехническими характеристиками материала конструкции.

Методы расчёта потерь тепла изложены в различных литературных источниках, а теплофизические характеристики строительных материалов приведены в СНиП «Строительная теплотехника» и других справочных материалах.

Особенностью расчёта требуемых теплотехнических характеристик строительных конструкций животноводческих зданий является то, что на момент наступления расчётной температуры наружного воздуха, в помещении может подаваться неизвестное заранее количество тепла, водяных паров и свежего воздуха, то есть неизвестно какие параметры будет иметь воздух помещения в этот момент. Так, например, при откорме заранее неизвестно, какой средний вес будут иметь животные (как источники тепла и влаги) в момент наступления расчётной наружной температуры.

Поэтому, при расчёте требуемых теплотехнических характеристик строительных конструкций животноводческих зданий необходимо оценивать характеристики по всему диапазону переменных и принимать к устройству строительные конструкции с параметрами, удовлетворяющими нормативным требованиям на всём диапазоне переменных. В простейших случаях задача решается поиском экстремумов частных производных.

Применительно к свиарникам задача упрощается тем, что базовые значения выделения тепла и влаги животными можно принимать как постоянные величины.

9.1.1. Общие положения

Основной теплотехнической характеристикой ограждающей конструкции является требуемое сопротивление теплопередаче, формулы расчёта которой приведены в СНиП «Строительная теплотехника».

Для животноводческих помещений, как помещений с большими влаговыделениями, требуемое сопротивление теплопередаче рассчитывается по СНиП из условия недопущения образования конденсата на внутренних поверхностях наружных стен и покрытия

$$R^{\text{òð}} = \frac{n \cdot (t_{\hat{a}} - t_{\hat{i}})}{\Delta t^{\hat{i}} \cdot \alpha_{\hat{a}}} \quad (41)$$

где: $\Delta t^{\hat{i}}$ - нормативный температурный перепад между температурой

внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции

n - коэффициент, принимаемый в зависимости от положения наружной поверхности

$t_{\hat{a}}$ - расчётная температура внутреннего воздуха

$t_{\hat{i}}$ - расчётная температура наружного воздуха

$\alpha_{\hat{a}}$ - коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающих конструкций.

Для наружных стен

$$\Delta t^{\hat{i}} = t_{\hat{a}} - t_p$$

Для покрытий и чердачных перекрытий

$$\Delta t^{\hat{i}} = 0.8 \cdot (t_{\hat{a}} - t_p)$$

где: t_p - температура точки росы.

9.1.2. Определение требуемого сопротивления теплопередаче

Воспользуемся формулой (6), для определения температуры точки росы внутреннего воздуха.

Подставляя это значение в формулу (35), получаем:
для наружных стен

$$R^{\text{òð}} = \frac{t_{\hat{a}} - t_{\hat{i}}}{8.7 \cdot \left[t_{\hat{a}} - \frac{235.31 \cdot \left(\ln(\phi_{\hat{a}}) + \frac{17.14 \cdot t_{\hat{a}}}{235.31 + t_{\hat{a}}} \right)}{17.14 - \ln(\phi_{\hat{a}}) - \frac{17.14 \cdot t_{\hat{a}}}{235.31 + t_{\hat{a}}}} \right]} \quad (42)$$

для покрытия

$$R^{\text{i.òð}} = \frac{t_{\hat{a}} - t_{\hat{i}}}{0.8 \cdot 7.6 \cdot \left[t_{\hat{a}} - \frac{235.31 \cdot \left(\ln(\phi_{\hat{a}}) + \frac{17.14 \cdot t_{\hat{a}}}{235.31 + t_{\hat{a}}} \right)}{17.14 - \ln(\phi_{\hat{a}}) - \frac{17.14 \cdot t_{\hat{a}}}{235.31 + t_{\hat{a}}}} \right]} \quad (43)$$

где: $\phi_{\hat{a}}$ - относительная влажность внутреннего воздуха
в долях единицы.

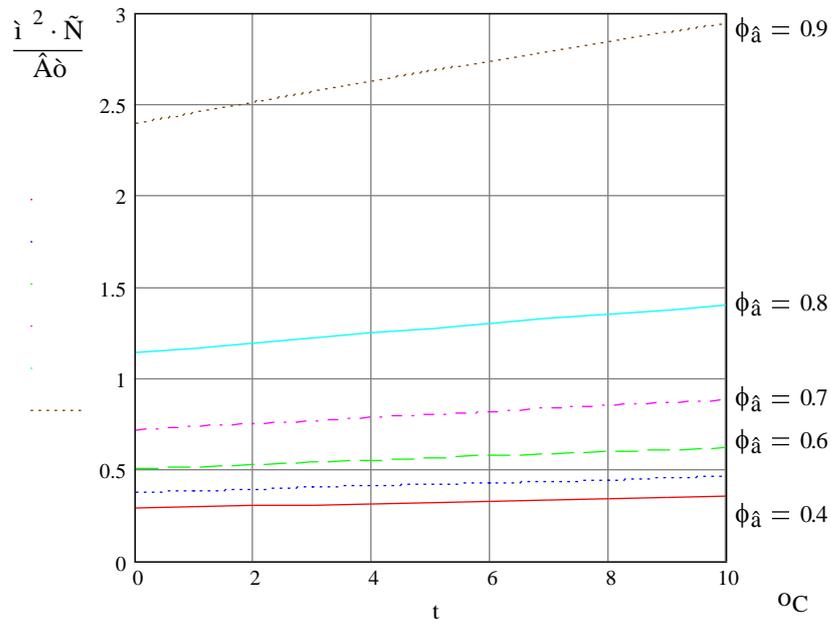
Если не ставится задача минимизации затрат на строительные конструкции и можно указать диапазоны изменения температуры и относительной влажности воздуха помещения, то требуемые величины сопротивления теплопередачи определяются непосредственно по формулам (42) и (43).

Для свинарника можно использовать следующие условия:

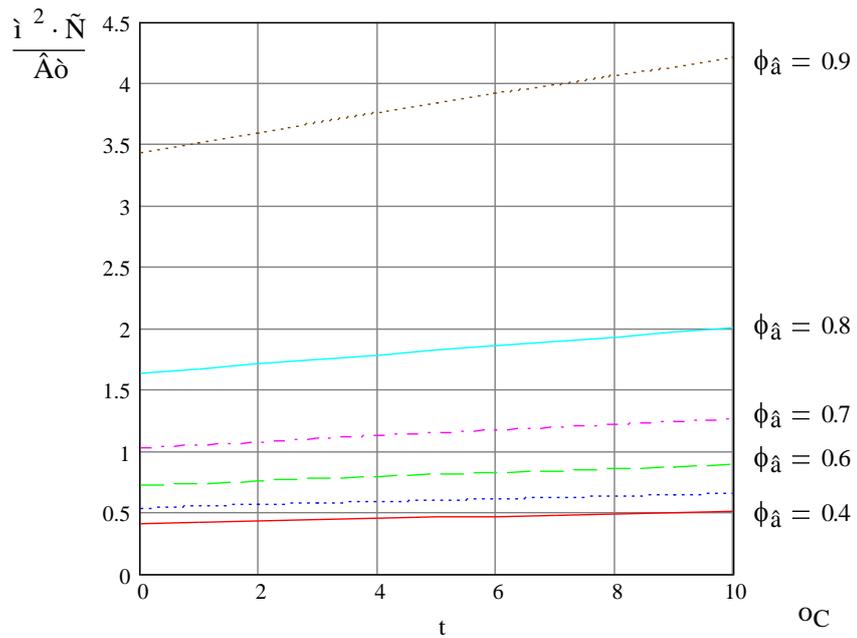
- температура воздуха не может быть ниже температуры замерзания воды;
- верхнее значение температуры воздуха в зимний период определено отраслевыми нормативами (ОНТП), т.е. $+10^{\circ}\text{C}$;
- минимально допустимое значение относительной влажности по ОНТП 40%;
- максимально допустимое значение относительной влажности по ОНТП 85%.

Требуемые значения сопротивления теплопередаче для расчётной температуры наружного воздуха -30°C представлены на Графиках 9 и 10.

Άδαοέε 9 Οδαάοάιια ππιδιόεάεάιέα οάιτιάδαάα-ά ίαδοαίιιέ νοάίαιε ειδίαιέεα



Άδαοέε 10 Οδαάοάιια ππιδιόεάεάιέα οάιτιάδαάα-ά ππεδουέει ειδίαιέεα



Οπρειδιν τρειαυοέο ζναχινε σπρωτιβλινε τειπλοπρειδαραε, σ πωμο-
 πτω ιζνσινε φωρμυλε πωδβιραεο ματηριαιλ (λ_ι) ι τωλθινυ (δ_ι) οτδελνιχ
 σλωέβ κωνστροκτιν, υδωλντωρναιχι υσλωινυ

$$R^{\delta\delta} \leq \frac{1}{\alpha_{\hat{a}}} + \sum_1 \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_i}$$

γδε: α_ι = 23 Βτ/κβ.μ*С

α_α = 8.7 Βτ/κβ.μ*С - δλι ναρυχνυ σην

$\alpha_{\hat{a}} = 7.6 \text{ Вт/кв.м} \cdot \text{С}$ - для покрытия

Оценивая максимальные значения требуемых сопротивлений теплопередачи можно утверждать, что практически все животноводческие здания, построенные в нашей стране по типовым проектам, при заданных диапазонах температуры и относительной влажности внутреннего воздуха не смогут обеспечить невыпадение конденсата на внутренних поверхностях наружных стен и покрытия. То есть, зимой конструкции будут пропитываться влагой и ускоренно разрушаться, а потери тепла будут превышать расчётные значения.

Главным следствием изложенного является то, что при реконструкции животноводческих зданий необходимо проводить работы по утеплению наружных стен и покрытия с целью снижения потерь тепла и увеличения срока службы конструкций.

10. Выбор схемы системы отопления, вентиляции и кондиционирования

Вентиляция это организованный воздухообмен, в процессе которого загрязненный воздух удаляется из помещения, а взамен его подается чистый.

При нормальном воздухообмене предупреждается конденсация водяных паров на ограждающих конструкциях и оборудовании, создается определенный микроклимат.

При заниженном воздухообмене ухудшается микроклимат, накапливаются вредные продукты обмена, влага и теплота.

Механические системы вентиляции делятся на 3 типа:

- избыточного давления
- отрицательного давления
- равного давления.

В системах избыточного давления свежий воздух нагнетается в производственные помещения благодаря работе вентиляторов, а удаляется через воздушные клапаны без применения механизации.

В системах отрицательного давления удаление загрязненного воздуха происходит за счет работы вытяжных вентиляторов большой мощности. При этом создается разрежение.

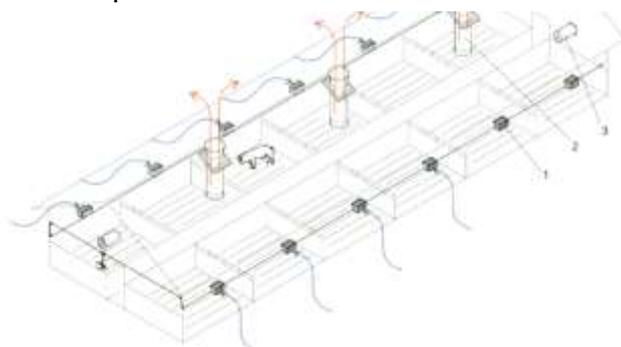
В системах равного давления механизированы и приток и вытяжка воздуха.

Система вентиляции с приточными клапанами в стенах.

Удовлетворительно работает в умеренном климате (от -15 до $+22^{\circ}\text{С}$).

Недостатком является то, что в холодный период года воздух с отрицательной температурой ниже -15°С подаваемый через форточки в помещение, не успевает нагреваться и смешиваться с теплым воздухом и падает на животных. В жаркий период

Схема вентиляции с приточными клапанами в стенах



1 – приточные отверстия; 2 – механические вытяжные шахты; 3 - теплогенератор

года подача воздуха возрастает, воздух проходит высоко (более 2 м) над клетками и выходит через вытяжные шахты, не обеспечивая эффективную вентиляцию зоны обитания животных. В результате зимой животные могут простудиться, а летом перегреться.

Другая схема вентиляции предусматривает наличие в помещениях **перфорированного потолочного перекрытия**, так называемая диффузионная вентиляция. Отрицательное давление, создаваемое вытяжными вентиляторами внутри помещений вызывает приток наружного воздуха в чердачное пространство через отверстия под стрехой крыши. Поступающий холодный воздух попадает в помещение через перфорацию потолочного перекрытия, которые изготовлены

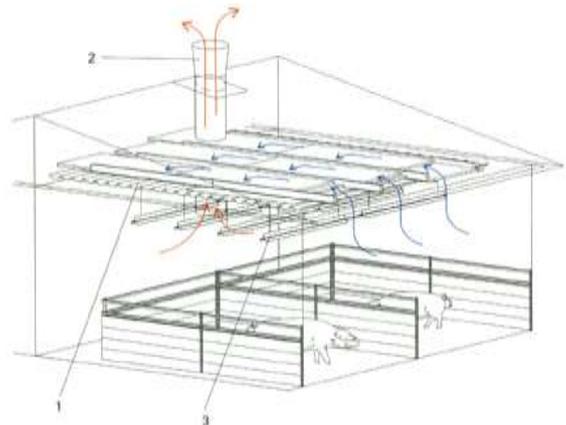
из стекловолокна, пористого древесно-стружечного материала или перфорированного пенопласта, смешивается с теплым воздухом и опускается в зону обитания животных равномерно, не создавая сквозняков, что очень важно для маленьких поросят в подсосном периоде и на дорастивании.

К недостаткам данной системы можно отнести:

- возможность образования конденсата или инея в перфорированном потолке, что может снизить приток свежего воздуха при резком понижении температуры;
- недостаточный воздухообмен для борьбы с избытками тепла в теплый период года (требуется дополнительная установка приточных клапанов для летнего периода);
- на перфорированном потолке скапливается пыль, грязь и микроорганизмы, а его мытье и дезинфекция достаточно затруднены.

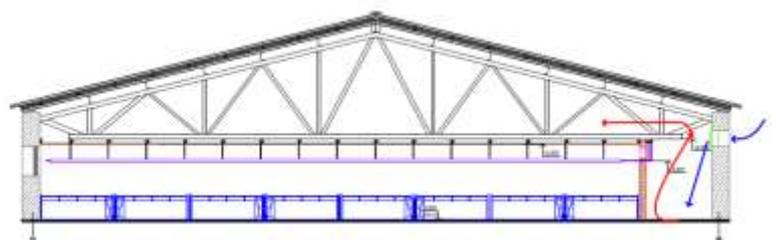
В ряде проектов производственных здания имеют **подшивной перфорированный потолок и коридор**, образованный внешней стеной и внутренней кирпичной перегородкой. Форточки в наруж-

Схема диффузной вентиляции с использованием перфорированного потолочного перекрытия



1 – подшивной потолок; 2 – вытяжная шахта; 3 – дельта-труба отопления

Схема вентиляции с использованием подшивного перфорированного потолка и коридора



ной стене обеспечивают приток воздуха в коридор. Степень открытия форточек регулируется автоматически в соответствии с каждой стадией работы вытяжных вентиляторов и температурой воздуха.

Воздух в коридорах подогревается системой водяного отопления (могут быть и другие источники тепла) и затем поступает в производственные помещения через потолок.

К преимуществам данной системы относится предотвращение образования конденсата на перфорированном потолке за счет предварительного подогрева воздуха в коридоре. Однако, это связано с дополнительными капитальными затратами на строительство.

Наряду с системами вентиляции отрицательного давления применяются и **системы равного давления**, когда и приток и вытяжка воздуха принудительные.

В помещениях для содержания животных приток наружного воздуха может осуществляться механическими приточными циркуляционными шахтами, установленными в покрытии.

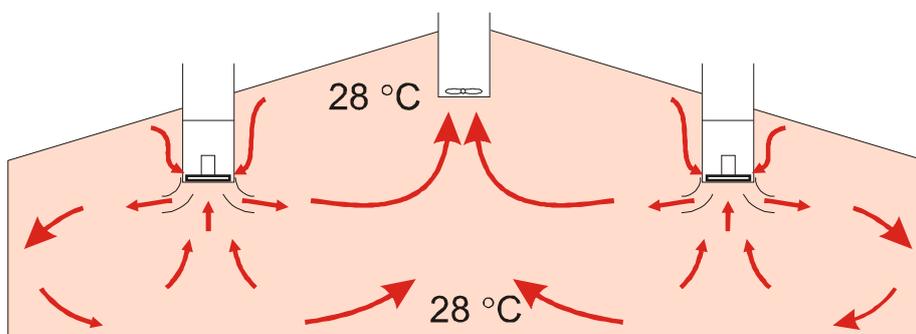
Воздух из помещения удаляется через вытяжные шахты за счет вытяжных вентиляторов в шахтах.

Главным преимуществом данной системы является использование приточных рециркуляционных башен, так как наружный холодный воздух, поступающий в башню, смешивается в ней с рециркуляционным воздухом помещения, повышая температуру приточной веерной струи из воздухораспределителя башни. То есть, перемещаясь до входа в зону обитания животных, холодный приточный воздух нагревается за счёт эффективного смешивания.

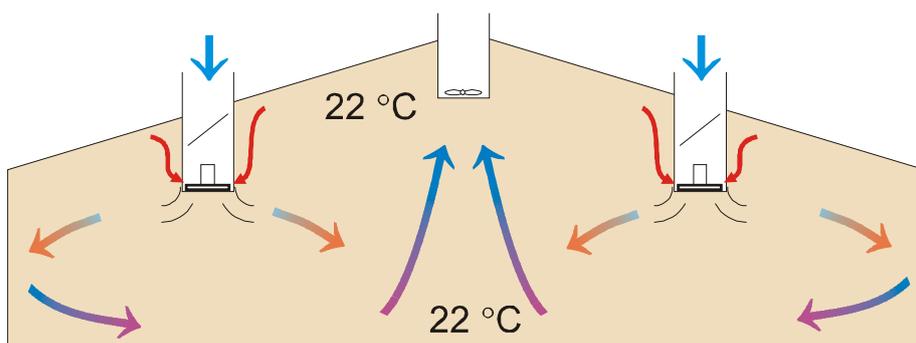
В начале производственного цикла заслонка в шахте открывается и закрывается в интервале от 0 до 40%, в зависимости от погоды и возраста животных. Тщательное перемешивание свежего воздуха с подогретым воздухом в помещении позволяет экономить до 50% затрат на отопление и гарантиро-

Система вентиляции равного давления с использованием вытяжных и приточных шахт

Позиция заслонки от 0 до 40%



Позиция заслонки от 40 до 100%



вать теплоту воздуха, спускаемого к животным, при любых погодных условиях.

Все большие объемы свежего воздуха подмешиваются перед распределением в помещении к теплому воздуху в здании. Заслонка работает в интервале от 40 до 100%, также в зависимости от погодных условий и возраста животных. При полностью открытой заслонке подмешивание теплого воздуха прекращается. В данной ситуации основной задачей является охлаждение.

Недостатком является возможность образования капельной влаги при смешивании холодного и теплого потоков воздуха при понижении температуры смеси ниже точки росы.

В районах с высокими температурами указанные выше системы вентиляции не всегда справляются с избытками тепла в помещениях. Естественно это сказывается и на продуктивности животных.

Поэтому в этих случаях целесообразно использовать комбинированные системы вентиляции:

В холодный период года функционирует система отрицательного давления. Приток воздуха - пассивный через вентиляционные шахты, расположенные в потолочных перекрытиях. Вытяжка при этом обеспечивается осевыми вентиляторами, расположенными во внешних стенах помещения. Это обеспечивает удаление излишков влаги, и вредных газов из нижней зоны помещения. Производительность данных вентиляторов и приточных шахт соответствует максимальному воздухообмену в холодный период года. Регулирование подачи воздуха осуществляется автоматически за счёт изменения частоты вращения вентиляторов и клапана приточной шахты. Холодный воздух подается в верхнюю зону помещения, где смешивается с теплым воздухом помещения и подается в зону обитания животных. При этом сни-

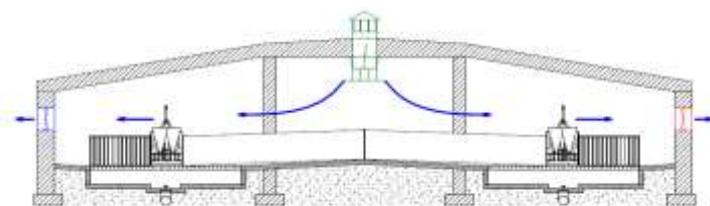
жаются теплопотери через крышу и используется более тёплый воздух в верхней части помещения для подогрева холодного приточ-

ного.

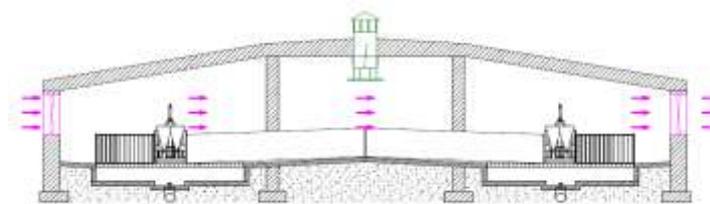
Часть этих вентиляторов, расположенных с одной стороны здания являются реверсивными. Это позволяет использовать их для принудительного притока воздуха в переходный период года.

В теплый период года начинает функционировать система равного давления. При этом начинают работать пары мощных вентиляторов. Вентиляторы, работающие

Комбинированная схема вентиляции



Направление воздушных потоков в зимний период



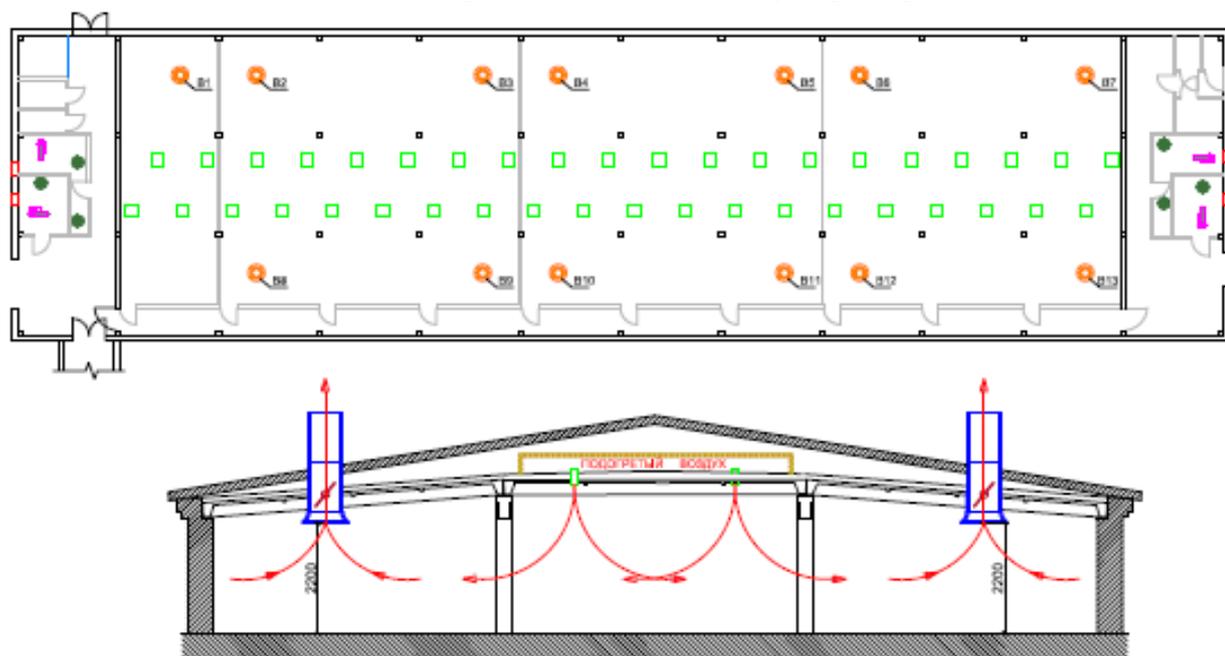
Направление воздушных потоков в теплый период

на приток, располагаются с одной стороны здания, а вентиляторы для вытяжки – с другой. За счет повышенной скорости движения воздуха, его усиленной циркуляции в зоне нахождения животных, водоиспарительного охлаждения борьба с избытками тепла происходит более эффективно.

Мощность вентиляторов рассчитана на максимальный воздухообмен, необходимый в наиболее жаркое время года. Такая система защитит животных от перегрева и, как следствие, от сезонного снижения их продуктивности.

В ряде проектов применяется система вентиляции свинарников с централизованным воздухораспределением. При такой системе наружный воздух приточными осевыми вентиляторами подается в вентиляционные камеры, расположенные в торцах здания, за счет разряжения. В них воздух подогревается теплогенератором и при помощи приточных осевых вентиляторов подается в воздуховод, который проходит в чердачном перекрытии через все здание. Через потолочные решетки подогретый воздух поступает в производственное помещение.

Схема вентиляции с централизованным воздухораспределением



Условные обозначения:

- В1...В8 – шахта крышная вытяжная ШВУ-720 FlexAir
 - потолочные регулируемые решетки AMP 700×700
- вентилятор разгонный ACF 22
- газовый теплогенератор GP 100 MUNTERS 109 кВт

Удаление загазованного воздуха осуществляется вытяжными шахтами или вентиляторами, расположенными в стенах здания.

Главным преимуществом данной системы является предварительная подготовка воздуха в вентиляционной камере, что обеспечивает подачу по-

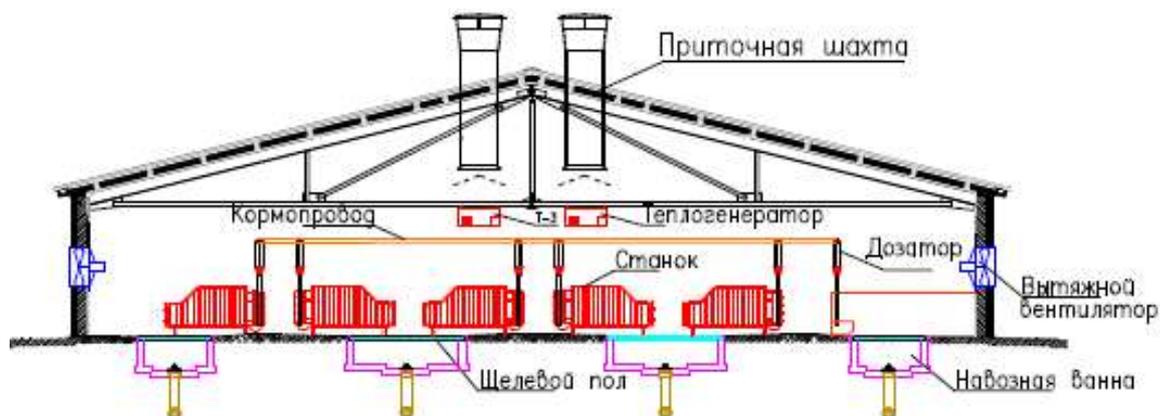
догретого воздуха в зону обитания животных, исключая попадания на них холодного воздуха, образование конденсата, сквозняки.

В летний период свежий воздух подается в приточный воздуховод минуя вентиляционную камеру предварительного подогрева.

На сегодняшний день самой экономичной и достаточно эффективной является система вентиляции отрицательного давления внутри помещения с применением подачи холодного воздуха сверху-вниз при помощи вытяжных вентиляторов и компьютера климат контроля. Такая система отлично показала себя в российских условиях практически во всех климатических поясах.

В холодный период года функционирует система отрицательного давления. Приток воздуха - пассивный через вентиляционные шахты, расположенные в покрытии. Вытяжка при этом обеспечивается осевыми вентиляторами, расположенными во внешних стенах помещения. Это обеспечивает удаление излишков влаги, и вредных газов из нижней зоны помещения. Производительность данных вентиляторов и приточных шахт соответствует максимальному воздухообмену в летний период года. Регулирование подачи воздуха осуществляется автоматически за счёт изменения частоты вращения вентиляторов и клапана приточной шахты. В зимний период холодный воздух подается в верхнюю зону помещения горизонтально, за счёт прикрытия приточных клапанов, где смешивается с теплым воздухом помещения, подогревается теплогенератором и подается в зону обитания животных. При этом снижаются теплопотери через крышу и используется более тёплый воздух в верхней части помещения для подогрева холодного приточного. Теплогенераторы установлены ниже приточных шахт и обеспечивают эффективное перемешивание холодного воздуха с подогретым.

Схема вентиляции с применением приточных шахт и вытяжных вентиляторов



В летний период, заслонки в шахтах открываются полностью, поэтому воздух направляется вниз, для обеспечения максимальной вентиляции зоны

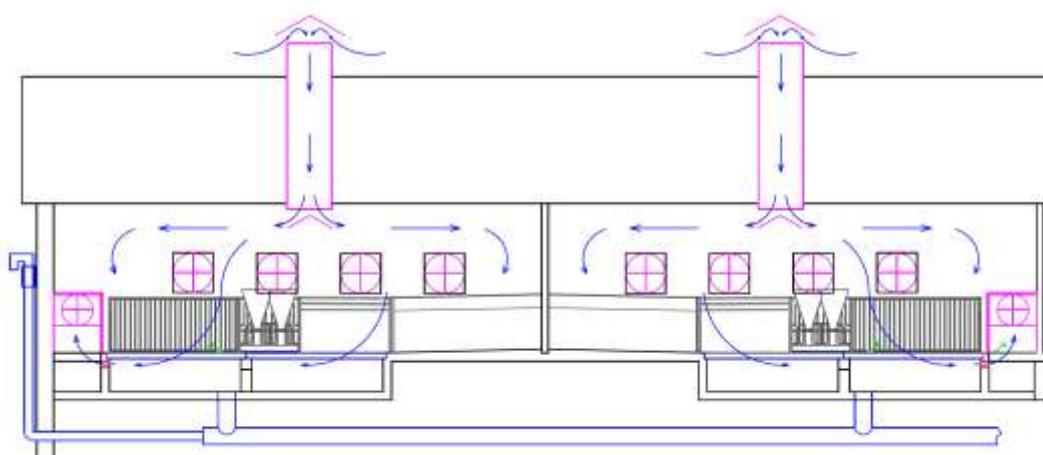
обитания животных. Так как забор воздуха осуществляется сверху, а не из пространства между соседними зданиями, всегда гарантировано поступление в помещение чистого воздуха.

По капитальным затратам приведенная схема вентиляции «сверху-вниз» является менее затратной по сравнению со всеми другими рассмотренными вариантами.

Система вентиляции зимнего периода может нормально функционировать только при наличии эффективной системы отопления.

Для снижения эмиссии вредных газов из каналов навозоудаления в зону обитания животных целесообразно использовать схему вентиляции с частичной подпольной вытяжкой, объем которой не должен превышать 20% от общего объема вытяжки.

Схема вентиляции с частично подпольной вытяжкой



Некоторые проектные организации и поставщики вентиляционного оборудования предлагают **систему вентиляции туннельного типа**, при организации которой используется строительная часть зданий. В этом случае приток воздуха осуществляется с одной стороны, а вытяжка – с противоположной. При этом воздушный поток движется по зданию как по туннелю.

Эта система больше пригодна для птичников, т.к. рассчитана на повышенный воздухообмен и характеризуется высокой скоростью движения воздуха для борьбы с избытками тепла, которое птицы выделяют значительно больше, чем свиньи. В свинарниках в зимний период она работает неудовлетворительно, т.к. из-за пониженного воздухообмена в зоне вытяжных вентиляторов концентрация вредных газов в несколько раз превышает нормативные значения.

С целью экономии тепловой энергии до 80% годового потребления целесообразно применять рекуперацию тепла выбросного воздуха для нагрева приточного воздуха.

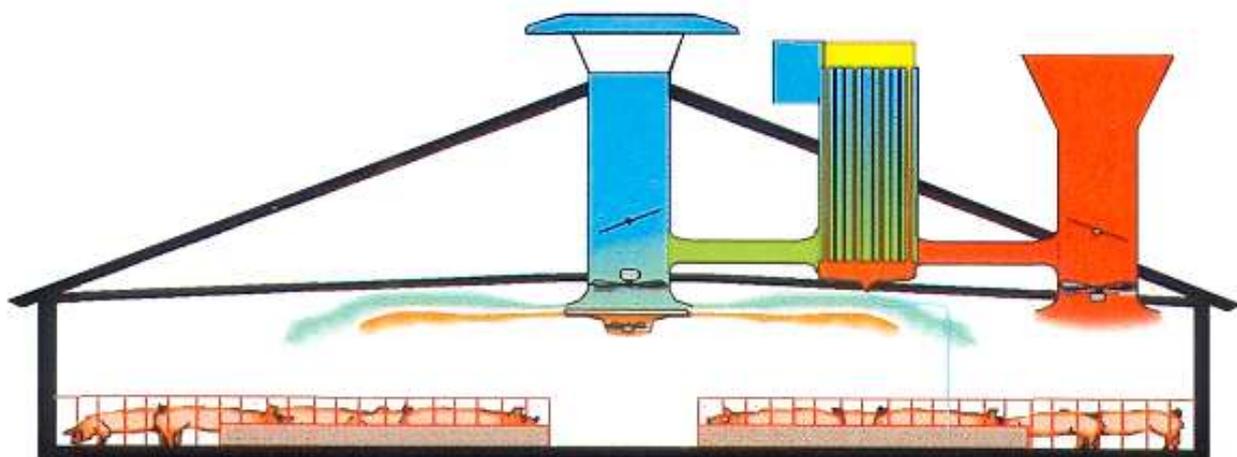
Теплообменник-рекуператор эффективно применять в помещениях с высокими затратами технического тепла на подогрев воздуха, в зонах с умеренным и холодным климатом.

Он соединяется с впускным и выпускным отверстиями и индивидуально устанавливается в соответствии с требованиями и возможностями каждого помещения.

Теплообмен происходит по принципу противодействующего тока. Благодаря большой поверхности теплообменника и турбулентности воздушного потока, возможно достичь оптимальной рекуперации тепла отработанного воздуха с целью подогрева свежего приточного.

Отработанный воздух никогда не перемешивается со свежим воздухом.

Конденсат, образующийся при теплообмене, собирается в контейнер, к которому можно присоединить сливной шланг.



11. Оборудование для системы вентиляции

Приточный воздух следует подавать в помещении так, чтобы во все сезоны года воздух поступал равномерно в зону размещения животных, исключая возможность непосредственного воздействия на них воздушных струй, скорость которых превышает рекомендуемую подвижность среды.

Выбор способов раздачи приточного воздуха определяется технологическими требованиями и конструктивными особенностями здания.

Расчет воздуховодов и оборудования систем вентиляции и кондиционирования воздуха осуществляют по общепринятой методике, приведенной в СНиП 41-01-2003 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха».

Вентиляторы

В зависимости от развиваемого вентиляторами давления они делятся на три группы: низкого давления – до 1000 Н/м^2 , среднего – до 3000 Н/м^2 и высокого давления – 15000 Н/м^2 .

По принципу действия вентиляторы делятся на осевые и центробежные. По конструктивному исполнению и назначению различают вентиляторы общего назначения, предназначенные для перемещения воздуха и других неагрессивных газов с температурой не выше $180 \text{ }^\circ\text{C}$, с содержанием пыли и других твердых примесей в количестве не более 150 кг/м^3 , правого или левого вращения, антикоррозионные, взрывобезопасные, пылевые, крышные и т.д.

В системах микроклимата животноводческих помещений применяют вентиляторы низкого и среднего давления, осевые и крышные, центробежные общего назначения.

Осевые вентиляторы

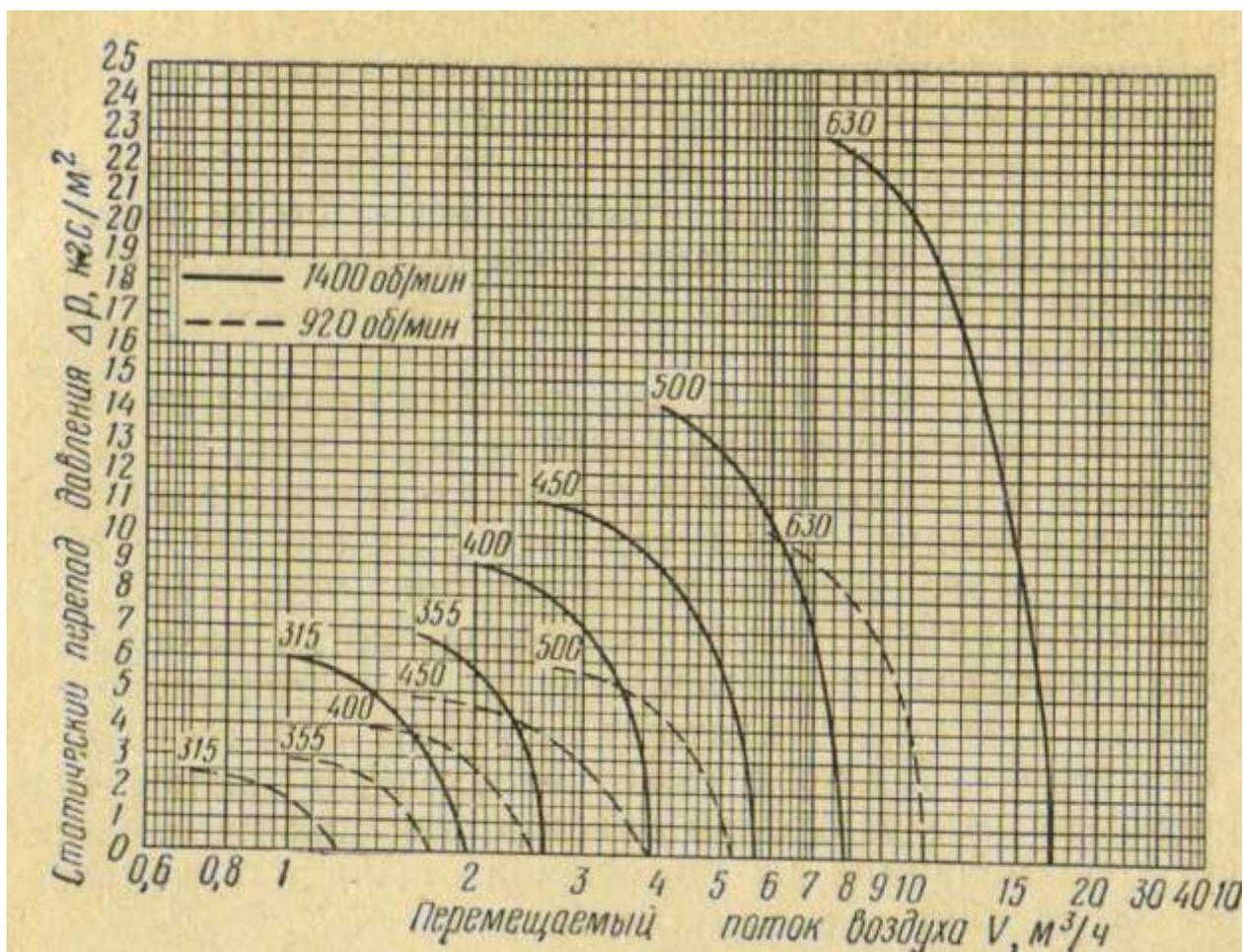
Для вентиляции животноводческих помещений служат главным образом осевые вентиляторы, выполненные в виде стальных, оконных и крышных вентиляторов. Они специально предназначены для перемещения больших объемов воздуха при относительно низком перепаде давления в системах вытяжки. Под потерями давления понимают в этой связи сопротивление, которое должен преодолеть перемещаемый вентилятором воздух в вентиляционной сети. Этому сопротивлению должно соответствовать требуемое противодавление. Оно незначительно, если вентиляторы установлены только в стенах и воздух отсасывается непосредственно из помещения наружу или наоборот. Величина сопротивления здесь может составлять лишь около 3 кгс/см^2 .

Если же перед вытяжными стальными вентиляторами установлены вытяжные шахты с целью удаления загрязненного воздуха из зоны размещения животного, то это сопротивление может достигнуть 6 кгс/м^2 . Значительно большее сопротивление нужно преодолеть, если эти вентиляторы установлены в воздуховодах. Для присоединения фланца воздуховода с наружного края сопла вентилятора имеются отверстия. Кожух вентилятора имеет с од-

ной стороны борт, чтобы при необходимости присоединить через фланец воздуховод.

Осевые вентиляторы особенно целесообразно устанавливать в качестве вытяжных вентиляторов в продольных стенах животноводческих помещений, так как сопротивление здесь очень мало, а эффективность их работы относительно высока. Следить нужно лишь за тем, чтобы с отводимым и вытяжным воздухом удалялись и частицы пыли, которые оседают на лопастях вентиляторов и впоследствии при длительной эксплуатации вентилятора препятствуют его работе. Поэтому вентиляторы необходимо регулярно чистить (например, через каждые две недели) и уже при монтаже предусмотреть соответствующий доступ к ним. При установке вентилятора нужно обратить внимание на направление вращения, указанное изготовителем, так как при вращении в противоположную сторону количество перемещаемого воздуха снижается на 20—50%. Электродвигатели вентиляторов с 4 полюсами развивают 1400 об/мин. Они могут преодолевать более сильные сопротивления, но работают более шумно, чем электродвигатели с 6 полюсами, которые развивают только 900 об/мин.

График 9



Аэродинамическая характеристика осевых вентиляторов

Для типоразмерного ряда осевых вентиляторов приняты следующие обозначения:

L (B) — вентилятор.

A (O) — осевое направление.

N (НД) — область низкого давления.

W (BC) — встроенный в стенные проемы.

F (BO) — встроенный в оконные проемы.

D (BK) — встроенный в крышные проемы.

PA (ПРК) — пластмассовое рабочее колесо и электродвигатель с внешним ротором.

LANW (OBC) — настенный осевой вентилятор.

LANF (OBO) — оконный осевой вентилятор (с патрубком).

LAND (OBK) — крышный осевой вентилятор.

Основные технические характеристики осевых вентиляторов приведены в таблице 19.

Таблица 19

Техническая характеристика наиболее распространенных осевых вентиляторов с пластмассовым рабочим колесом и электродвигателем с внешним ротором

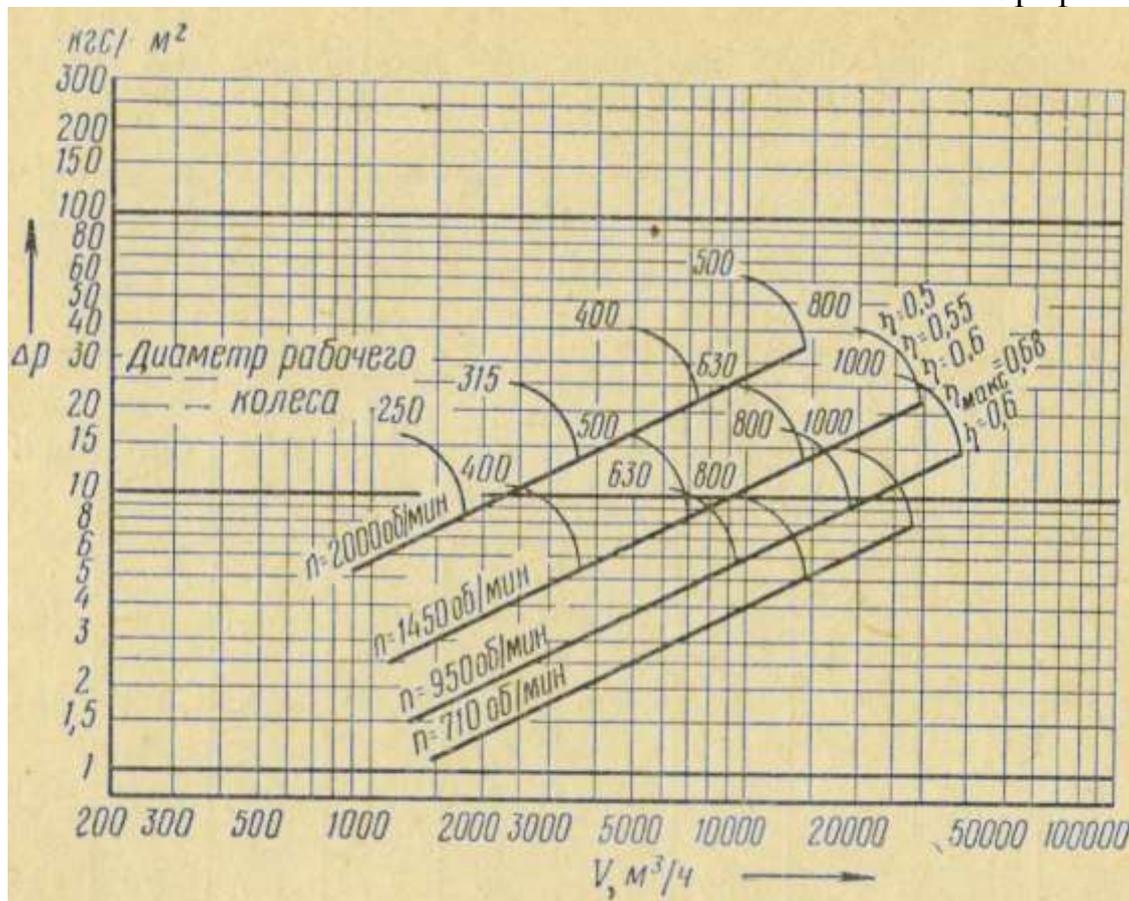
Диаметр рабочего колеса, мм	Производительность, м ³ /ч	Перепад давления, кгс/м ²	Электродвигатель			Уровень звукового давления шумов, дБ.	Масса, включая массу электродвигателя с внешним ротором, кг		
			мощность, кВт	угловая скорость, об/мин	число полюсов		OBC	OBO	OBK
315	1880 1150	0 5,2	0,09	1400	4	67	5,8	7,3	10,0
315	1210 740	0 2,2	0,04	900	6	52	5,8	7,3	10,0
355	2700 1650	0 6,6	0,09	1400	4	68	6,7	8,9	12,9
355	1730 1060	0 2,8	0,04	900	6	59	6,7	8,9	12,9
400	3850 2350	0 8,4	0,18	1400	4	73	9,0	11,6	16,0
400	2500 1500	0 3,5	0,09	900	6	63	9,0	11,6	16,0
450	5500 3500	0 10,7	0,25	1400	4	73	11,0	14,2	20,0
450	3600 2150	0 4,5	0,12	900	6	65	11,0	14,2	20,0
500	7700 4700	0 13,7	0,40	1420	4	78	16,8	21,7	30,0
500	4950 3000	0 5,6	0,25	910	6	66	16,8	21,7	30,0
630	16000 9500	0 22,0	1,40	1430	4	79	34,0	41,2	56,0
630	10000 7000	0 9,1	0,80	920	6	71	34,0	41,2	56,0

Примечание. Предпочтительнее вентиляторы с влагозащитными двигателями.

Турбовентиляторы (осевые вентиляторы с соплами настенные).

Это специальные осевые вентиляторы, способные преодолевать высокие давления.

График 10



Аэродинамическая характеристика турбовентиляторов (специальных осевых вентиляторов):

V — подача, $m^3/ч$; Δp — перепад давления, $кгс/м^2$.

Таблица 20

Характеристика турбовентиляторов (осевые вентиляторы с соплами), предназначенных для установки в стенных проемах*

Диаметр рабочего колеса, мм	Скорость вращения, об/мин	Номинальная мощность, кВт	Выходная мощность, кВт	Подача, $m^3/ч$	Полное давление, $кгс/м^2$
250	2900	0,18	0,1	1 135—1 776	16,3—8,6
315	2900	0,4	0,318	2 266—3 545	25,9—13,6
400	2900	1,5	1,05	4 645—7 270	41,7—22,0
500	2900	4,0	3,2	9 070—14 200	65,2—34,3
400	1450	0,4	0,131	2 325—3 635	10,4—5,5
500	1450	0,6	0,4	4 540—7 110	16,3—8,6
630	1450	1,5	1,27	9 080—14 200	25,9—13,6
800	1450	5,5	4,2	18 600—29 100	41,7—22,0
630	950	0,4	0,357	5 940—9 290	11,1—5,8

800	950	1,5	1,17	12 170—19 020	17,8—9,4
1000	950	4,0	3,59	23 750—37 150	27,9—14,7
800	710	0,6	0,493	9 100—14 230	10,0—5,2
1000	710	2,2	1,5	17 780—27 800	15,6—8,2

Встроенные в стенные или оконные проемы вентиляторы имеют относительно большие отверстия, через неплотности в которых может проникать и подсасываемый наружный воздух, если ветер дует в их сторону. Чтобы избежать этого, перед вентиляторами укрепляют жалюзи, полоски которых поднимаются, когда воздушный поток движется из помещения, и самостоятельно закрываются, если вентиляторы не работают и ветер дует в их сторону. Жалюзи тоже необходимо включить в программу периодической очистки, так как на них оседает перемещаемая из помещения пыль и в дальнейшем затрудняет подъем пластинок.

			
Вентиляторы осевые ВО-3,0М-220, ВО-3,5М-2	Вентиляторы осевые со степенью защиты IP 55 ВО-2,5, ВО-3,15, ВО-4,0	Вентилятор осевой ВО-250Р-500Р	Вентиляторы осевые ВО-3,0М-380, ВО-3,5-380
			
Вентиляторы осевые оконные	Вентиляторы крышные осевые ВО-12,0	Вентилятор ВО-12,0	Вентиляторы осевые канальные
			
Увлажнитель воздуха АГ-1	Вентилятор осевой башенный ВО-Б-5.0	Вентиляторы крышные серии КВ	Вентилятор осевой трубопроводный ВОТ

Одной из разновидностей осевых являются крышные вентиляторы, устанавливаемые в вытяжных шахтах.

Вытяжные шахты



Широкий ассортимент вытяжных шахт и типов вентиляторов служат для своевременного и эффективного удаления из помещения вредных газов и отработанного воздуха.

- - Шахты, легко устанавливаются в помещениях различного дизайна;
- - Гладкая поверхность шахт обеспечивает гигиеничность и легкую очистку;

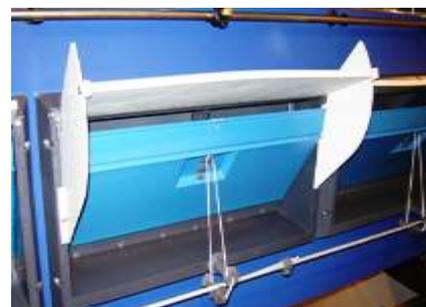
Центробежные вентиляторы .

Центробежные вентиляторы типа ВЦ, ВР и ВКР могут преодолевать еще более значительное сопротивление, что, однако, связано с более высоким расходом электроэнергии. Их используют в исключительных случаях (например, в особо крупногабаритных помещениях со специфическими условиями) для централизованной общеобменной вентиляции. Однако в помещениях преобладающего типа с децентрализованной вентиляцией более экономичными и целесообразными оказались правильно установленные осевые вентиляторы и турбовентиляторы.



Устройства для обеспечения пассивного притока воздуха

Для осуществления пассивного притока в помещение для содержания животных используют приточные клапаны, которые как и все вентиляционное оборудование управляются автоматически в зависимости от условий окружающей среды.



1. Крутой угол заслонки направляет воздух к потолку при минимальном уровне вентиляции;

2. Пластина направления воздуха для подстройки направления воздушной струи по потолку;
3. движения и распределения воздуха при минимальных расходах;
4. Отсутствие протечек на дне приточного клапана;
5. Верхняя часть заслонки армирована металлом, что улучшает закрытие клапана;
6. Ветрогаситель для регионов с особо сильными ветрами;

Способы управления вентиляцией помещений

Для управления вентиляцией применяются следующие способы:

- ручное;
- автоматическое, управление с прерыванием работы вентиляторов;
- управление с применением сопротивлений.

Ручное управление. Оно самое простое и дешевое, но и самое ненадежное, так как колебания температуры в течение суток и прежде всего ночью (когда в помещении нет обслуживающего персонала) происходят быстрее, чем реакция человека на них. Все же этот способ применяется в практике прежде всего там, где необходимо обслуживать несколько приточных и вытяжных агрегатов. Если в помещении установлено, например, 5 воздуховодов для притока воздуха на перекрытии, то зимой при минимальном 4-кратном воздухообмене в час работает только один, летом же они работают все. Если нет возможности установить 5, а лишь 3 воздуховода, подача приточных вентиляторов может быть различной, но хотя бы один из них должен обеспечить минимальный воздушный поток. Так же обстоит дело и с вытяжными вентиляторами.

Ручное управление не использует больших преимуществ принудительной вентиляции по сравнению с естественной вентиляцией. Кроме того, возникает опасность неравномерной вентиляции помещений.

Автоматическое управление. Ручное управление можно заменить автоматическим. Его можно отрегулировать так, чтобы вся работа вентиляции прекращалась при температуре воздуха ниже $+10^{\circ}\text{C}$ во избежание переохлаждения животных, но в пределах от $+10$ до $+20^{\circ}\text{C}$ часть вентиляторов, а при температуре свыше $+20^{\circ}\text{C}$ — все вентиляторы работали на приток свежего или вытяжку загрязненного воздуха. Работа вентиляционной установки регулируется датчиками температуры и реле. Такое управление с учетом температуры целесообразно в течение всего года.

Зимой было бы более правильным управлять работой вентиляторов по влажности воздуха, так как вентиляция работает на выведение влаги. Но здесь возникает опасность переохлаждения животных, если датчики влажности установлены на 80% влажности воздуха, но из-за погодных условий даже при интенсивной вентиляции ее невозможно снизить ниже 90%.

Летом, когда вентиляция работает на охлаждение, регулирование по влажности воздуха совершенно неуместно, так как вентиляция автоматически отключается, если при высоких температурах наружного воздуха влажность падает ниже 60%. Это часто происходит летом в полдень и послеполу-

денные часы. В зону размещения животных некоторое время воздух не поступает совершенно, где его требуется особенно много для охлаждения и уменьшения концентрации вредных газов.

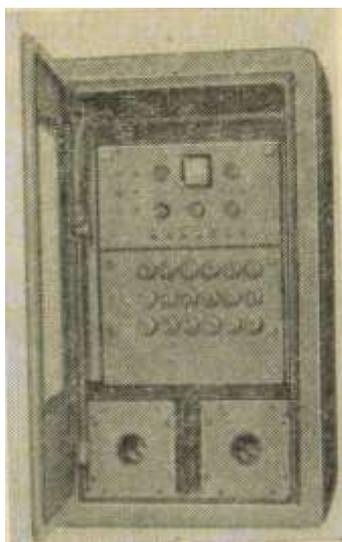
Управление с прерыванием работы вентиляторов.

Этот тип управления основывается на том, что вентиляторы развивают полную производительность только, когда они работают в течение часа. Чем меньше время работы вентилятора, тем меньше его часовая подача. Однако, чтобы обеспечить равномерную вентиляцию помещения, в периоды ограниченной потребности в воздухе работают все вентиляторы, но их время работы необходимо устанавливать соответственно потребности в вентиляции, например 1 мин — работа 4 мин — пауза и т. д. При этом в помещение поступает лишь 20% максимального количества перемещаемого воздуха. Термостаты и реле регулируют работу вентиляторов в зависимости от температуры воздуха. В зависимости от температуры можно варьировать паузы и очередность работы вентиляторов. Это препятствует одновременно образованию импульса электрического тока. Принцип управления с прерыванием работы вентиляторов применяется в Республики Чехия. (Таблица 21).

Таблица 21

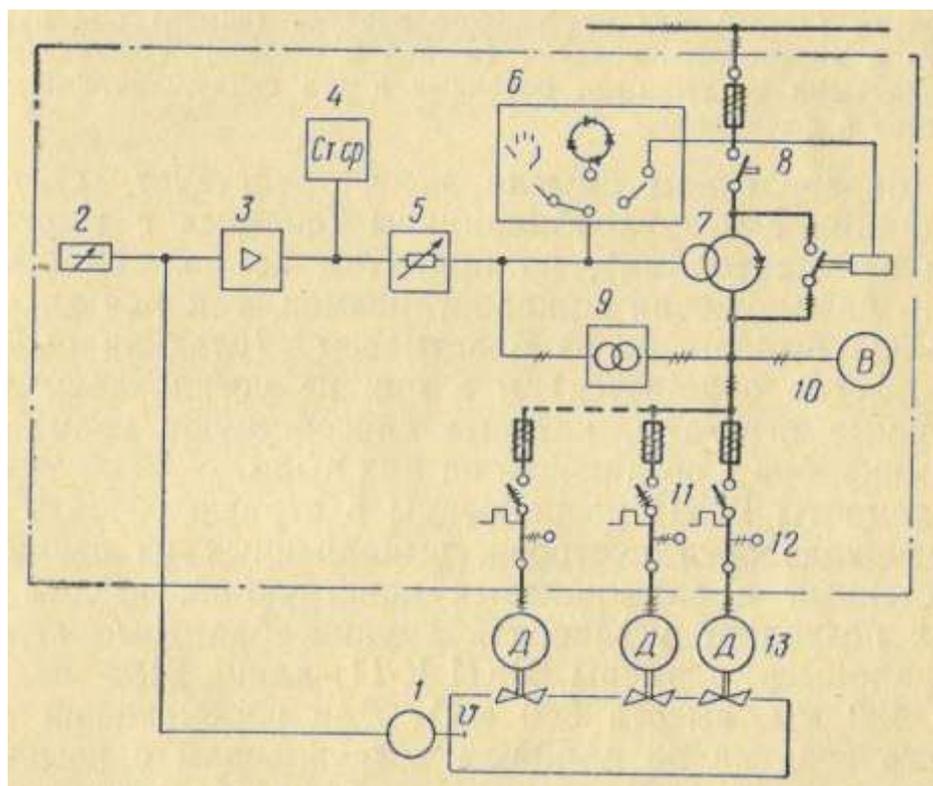
Основные технические характеристики автоматического регулятора вентиляции ALR 3/21 (Народное предприятие Ветрон Вайда)

Обозначение	Значение
Рабочее напряжение	380 В
Выходное напряжение	55—330 В переменного тока
Рекомендуемый тип вентилятора	Настенный осевой вентилятор (ОВС) типа 450.4.340В и 50 Гц (или другие типы, как 630.4)
Максимальное число вентиляторов (450.4)	25
Минимальное число оборотов вентилятора при минимальной температуре	(10, 20), 30, 40, 50, 60% номинального числа оборотов двигателя с переключением
Пределы температуры	7—36°C, бесступенчатое управление
Пределы регулирования	2—10°C, бесступенчатое управление
Регулятор обогрева помещения	Гистерезис до 50% регулируемого диапазона температур, бесступенчатое управление
Основные размеры	1000×600×600 мм ³
Вес (масса)	Около 200 кг
Допустимые пределы температуры окружающей среды	От -10 до +35°C



Управление с применением сопротивлений. Управление с применением сопротивлений основывается на том, что, изменяя электрический ток с помощью сопротивлений, можно добиться различной подачи вентиляторов. В зависимости от температуры с помощью температурных датчиков и реле устанавливается необходимый режим вентиляции. Управление с применением сопротивлений имеет то большое преимущество, что в течение года в по-

мещении работают все вентиляторы, что обеспечивает равномерную вентиляцию и необходимый воздухообмен в зависимости от температуры воздуха. Таким образом в помещении можно поддерживать ориентировочно равномерную температуру воздуха. На автоматическом регуляторе вентиляции ALR 3/21 температура воздуха помещения регулируется полупроводниковым резистором: измеряемые температуры сравниваются с заданными значениями и разность значений температур подводится транзисторным предварительным усилителем.



Электрическая схема автоматического регулятора вентиляции ALR 3/21 (Народное предприятие Ветрон, Вайда):

1 — чувствительный элемент датчика; 2 — датчик заданного значения диапазона температуры; 3 - транзисторный регулирующий усилитель; 4-степени сравнения напряжения с выключателями предельных значений и двухпозиционным регулятором отопления; 5 - ступенчатое регулирование минимального числа оборотов; 6 — переключатель с ручного управления 7.-усилитель мощности; 8.-главный выключатель; 9.- устройство для сравнения с заданным значением; 10 – вольтметр; 11-защитный автомат электродвигателя; 12-расцепитель минимального напряжения; 13-вентилятор.

Магнитный усилитель мощности управляется транзисторным усилителем мощности, причем минимальное выходное напряжение и тем самым минимальное число оборотов устанавливается переключаемым добавочным сопротивлением. При переключении магнитный усилитель мощности может шунтироваться, так что вентиляторы работают в номинальном режиме независимо от регулирования. Дальнейшие переключения допускают установку

любого числа оборотов вентилятора в пределах 10—100% номинального числа оборотов вручную.

Выходное напряжение подводится к отдельным присоединительным элементам вентиляторов через предохранители и защитные автоматы электродвигателей. Контроль минимальной и максимальной температуры и выходного напряжения осуществляется при помощи ступеней сравнения напряжения с выключателем предельных значений. В системе контроля с учетом допустимой нагрузки могут включаться сигнальные устройства и осуществляться любые процессы регулирования или управления. Автоматический регулятор вентиляции ALR 3/21 при определенных температурах воздуха в летний период может управлять еще дополнительными вентиляторами. При отоплении помещения применяется двух-позиционный терморегулятор с регулируемым гистерезисом в приборе.

Станция автоматического управления вентиляцией САУВ-10 (управление до 25 вентиляторов) установок «Климат»

Назначение

Система автоматического управления вентиляцией САУВ-10 предназначена для автоматического управления до 25 единиц приточных и вытяжных вентиляторов с трехфазным питанием с целью автоматического поддержания в производственном помещении необходимого объема свежего воздуха, скорости его потока и температуры.

Прибор позволяет поддерживать заданную производительность вентиляции и автоматически изменять воздухообмен при отклонении температуры от уровня, заданного пользователем.

Все настройки прибора могут быть легко изменены пользователем и хранятся в энергонезависимой памяти при отключенном питании неограниченное время. Регулятор предназначен для работы в следующих условиях: Температура воздуха от 0 °С до + 45 °С; Относительная влажность воздуха – не более 85% (без образования конденсата).

Технические характеристики

- Напряжение питания: 380 В
- Номинальная частота силовой сети: 50 Гц
- Максимальная мощность нагрузки: 10 кВт
- Диапазон регулирования мощности: программируется (0%...99%)
- Дискретность индикации и задания температуры: 1 °С
- Дискретность измерения температуры: 0.5 °С
- Диапазон измерения температуры: 0 °С...+95 °С
- Диапазон задания температуры: 0 °С...65 °С
- Диапазон градуировки датчика температуры: ±9,5 °С
- Степень защиты прибора: IP40
- Электронная защита от обрыва фазы: есть

- Габариты: 175x160x160 мм
- Масса не более: 2,5 кг

12. Оборудование для системы охлаждения воздуха распылением влаги под высоким давлением

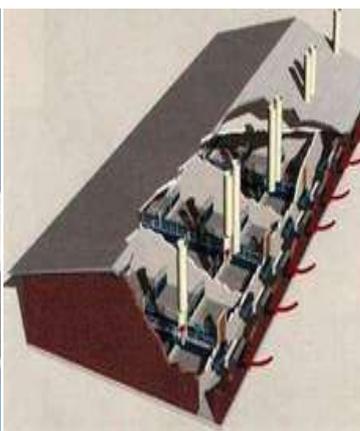
Существует достаточно большое разнообразие систем охлаждения воздуха в животноводческих помещениях.

Наибольшее распространение получила **система водоиспарительного охлаждения**, как наиболее дешевая.



При работе такой системы в воздух под высоким давлением выбрасываются мельчайшие частички воды, которая, испаряясь, охлаждает воздух в помещении. Правильное применение охлаждения под высоким давлением позволяет уменьшить температуру внутри помещения на 2-10 °С. Форсунки-распылители системы охлаждения располагаются в держателе, который обеспечивает их легкую установку и демонтаж. Эта система может также использоваться для увлажнения и связывания пыли. В промежутках между партиями животных, систему можно использовать для отмачивания перед очисткой или дезинфекцией животноводческого помещения.

Кроме того, широко используются системы охлаждения воздуха с использованием специальных кассет, в верхнюю часть которых подается под давлением вода. Вода, испаряясь с поверхности синтетического материала поглощает излишки теплоты в помещении.



13. Оборудование для систем отопления

Тело свиньи покрыто очень редким шерстным покровом, который практически не защищает её от внешнего температурного воздействия. Стабильная температура тела поддерживается системой терморегуляции. Для поддержания постоянной температуры тела организм затрачивает определенное количество энергии. При оптимальной температуре эти затраты минимальны. Установлено, что снижение температуры окружающей среды ниже оптимума на каждый градус Цельсия повышает потребность свиней в обменной энергии у поросят от 20 до 45 кг живой массы – на 17 кДж; растущих и откармливаемых свиней от 45 до 85 кг – на 15 кДж; от 85 до 120 кг – на 13 кДж; хряков-производителей и свиноматок – на 10 кДж.

Свиньи на откорме снижают среднесуточные приросты на 22 г на каждый градус Цельсия

Чем моложе животные, тем выше требования к показателям микроклимата. У самых маленьких поросят соотношение между поверхностью тела и весом является наибольшим. Поэтому, чем меньше животное, тем выше уровень теплоотдачи и тем теплее должно быть в помещении.

Отопление. Нагревание места размещения животных и полезной площади животноводческих помещений с помощью отопительных установок. Поступление тепла в помещение необходимо не только для сохранения теплового комфорта или оптимальной температуры, но в первую очередь для обеспечения достаточной вентиляции для того, чтобы даже при низких температурах наружного воздуха можно было удалить из помещения избыточную влагу, вредные газы, микробы и пыль. Поэтому лучшим способом отопления животноводческих помещений является воздушное отопление, при котором подогретый воздух с помощью вентиляторов нагнетается в помещение. Кроме того, например, при выращивании поросят целесообразно применение обогрева полов.

Тепловая (отопительная) нагрузка. Количество тепла, которое должно подводиться в помещение в единицу времени, чтобы сохранить в нем заданную температуру.

Теплопроизводительность. Количество тепла, подведенное в помещение в процессе подогрева воздуха в единицу времени (например, ккал/ч на одно помещение или ккал/ч (на 1 м³ объема помещения). Тепловую нагрузку или необходимую теплопроизводительность вычисляют при расчетах режимов микроклимата. Она складывается из:

$$Q_c = Q_B + Q_T - Q_{ж},$$

где Q_B — тепло, необходимое для нагревания приточного воздуха;

Q_T - теплопотери помещения через ограждающие конструкции;

$Q_{ж}$ - полезная теплоотдача животных;

Q_c - теплопроизводительность систем отопления и вентиляции.

Теплота сгорания, калорийность. Количество тепла, высвобождающееся при полном сгорании 1 кг твердого или жидкого топлива, или 1 м³ газообразного топлива.

Теплота сгорания зависит от содержания горючих веществ и от быстроты их сгорания в топливе. По приблизительным расчетам, коэффициент полезного действия для твердого топлива составляет 0,65, для жидкого топлива и газа — 0,75 (табл. 22).

Таблица 22

Теплота сгорания различных видов топлива и потребность в нем для отопления помещений (в среднем)

Вид топлива	Теплота сгорания ккал/кг (м ³) или ккал/(кВт-ч)		Потребность на каждые 100 000 ккал/ч для отопления помещения		
	высшая	низшая	в час	в сутки	на зимний период
Бурый уголь в брикетах	4 800	3100	32 кг	775 кг	75 т
Газовый кокс	6 000	4000	25 кг	600 кг	60 т
Антрацит	7 800	5200	19 кг	460 кг	46 т
Жидкое топливо (сорт НС)	10 000	7500	13 кг	320 кг	32 т
Городской газ	4 100	3700	27 м ³	650 м ³	65 тыс. м ³
Электроэнергия	860	860	116 кВт	2800 кВт. •ч	280 МВт- •ч

Системы отопления Для создания микроклимата в животноводческих помещениях применяются следующие системы отопления: водяное, электрокалориферное, с помощью инфракрасных облучателей, обогрев пола.

Водяное отопление Наиболее распространенный и целесообразный способ отопления помещений — производство теплой воды в водогрейных (центральных) котлах и подача ее насосами по трубам к теплообменникам калориферов или теплогенераторов. Применение насосов более целесообразно, чем использование силы тяжести, чтобы добиться желаемой равномерности нагревания всего объема помещения. Эта система отопления в основном рассчитана на получение температуры воды прямого хода +90°С и температуры воды обратного хода +70°С. Такие максимальные температуры воды в системе необходимы только при температурах наружного воздуха от —15 до —20°С, в то время, как при более высоких наружных температурах система отопления работает при соответственно более низких температурах воды прямого хода. Такая приспособленность к наружным температурам является главным преимуществом водяного отопления, которое создает умеренное тепло и в этом отношении превосходит паровое отопление. Рекомендуется также регулирование смеси.

В качестве топлива для водяного отопления можно использовать уголь (например, брикеты бурого угля), жидкое топливо (масло) или газ.

Паровое отопление помещений, требующее, кроме того, другую отопительную сеть (и соответственно подготовленного истопника), не так целесообразно, как водяное отопление.

Преимущество воздушного отопления состоит в том, что подогретый в калорифере воздух выпускается в помещение непосредственно или через систему воздухопроводов вентиляционной установки.

В качестве генераторов тепла в системах воздушного отопления используют теплообменные аппараты - калориферы, предназначенные для нагрева воздуха в системах вентиляции.

Воздух в калориферах может нагреваться водой, паром, электричеством или продуктами сгорания топлива. В зависимости от вида первичного теплоносителя, при проектировании мы закладываем водяные, паровые, электрические и газовые калориферы. Водяные и паровые калориферы применяются в том случае, если в хозяйстве есть котельная. Там, где сооружать котельные экономически не выгодно, целесообразно устанавливать газовые или электрические калориферы (теплогенераторы).

Наружные котельные стационарного или мобильного типов предотвращают попадание продуктов горения топлива в помещение, но главным их недостатком является недостаточная гибкость в работе. Они не могут быстро реагировать на изменение температуры в помещениях. Кроме того, для таких систем необходимо дополнительное строительство и прокладка дорогостоящих тепловых сетей.

Широко распространены встроенные электродные с применением водяного отопления. Использование воды устраняет проблему возможности попадания продуктов сгорания топлива в зону нахождения животных, а также возникновения сквозняков. При этом применяют дельта-трубы, твин-трубы, трубы «бабочка», оребренные и гладкие трубы.

Для обогрева помещений могут быть использованы и встраиваемые в помещение электроды мощностью до 100 кВт типа ЭПЗ электродного типа или «Руснит» на ТЭНах.

Такие котлы можно использовать как в качестве основного, так и резервного источника тепла.

Регулировка температуры теплоносителя в электродном котле позволяет использовать его в системах теплый пол.

Руснит от 3 до 100 кВт

Конструктивные элементы электродного котла «Руснит», выполненные из нержавеющей стали, позволяют котлу иметь ряд преимуществ:

- коррозионная стойкость;
- возможность применения незамерзающих бытовых антифризов;
- минимальный вес.

Автоматизированная система управления котлом позволяет:

- поддерживать заданный режим температуры воздуха в помещении;



- эффективно управлять работой циркуляционного насоса в 2-х режимах.
- коммутация ТЭНов, осуществляется при помощи полупроводников
- поддержание температуры воздуха в помещении в диапазоне от +5 до +30°C;
- регулятор температуры воздуха входит в комплектацию;
- ступенчатая регулировка мощности — 30, 60, 100% от максимальной;
- равномерная нагрузка по каждой фазе, независимо от выбранной ступени;
- ТЭН и теплообменник из нержавеющей стали;
- колодка для подключения циркуляционного насоса.

Система безопасности:

- предохранительный термостат;
- датчик уровня теплоносителя.

Обогрев пола

Подсосным свиноматкам с поросятами нужна различная температура воздуха помещения: для свиноматок — около +20°C, для поросят-сосунов от +30 до +20°C. В свинарниках-маточниках, оборудованных воздушным отоплением, такую разницу температур можно создавать обогревом пола в зоне отдыха поросят. Водяное отопление для обогрева пола зарекомендовало себя не так хорошо, как электрическое, которое можно установить при строительстве или реконструкции свинарника. Обогрев полов все шире применяется также в свинарниках для содержания поросят-отъемышей и молодняка массой до 60 кг. Рекомендуемые параметры обогрева пола:

- в гнезде для поросят-сосунов (температура поверхности пола до +32°C) на обогреваемую поверхность — 300—350 Вт/м²; на каждый станок для опороса — 140 Вт (так как требуется обогревать только площадь размером 50X70 см, на которой могут удобно разместиться 10—12 поросят массой до 10 кг);
- для поросят массой 10—25 кг (температура поверхности пола +25°C) — 100 Вт/м² на обогрев логова;
- для поросят массой до 60 кг (температура поверхности +22°C) — 60 Вт/м² на обогрев логова.



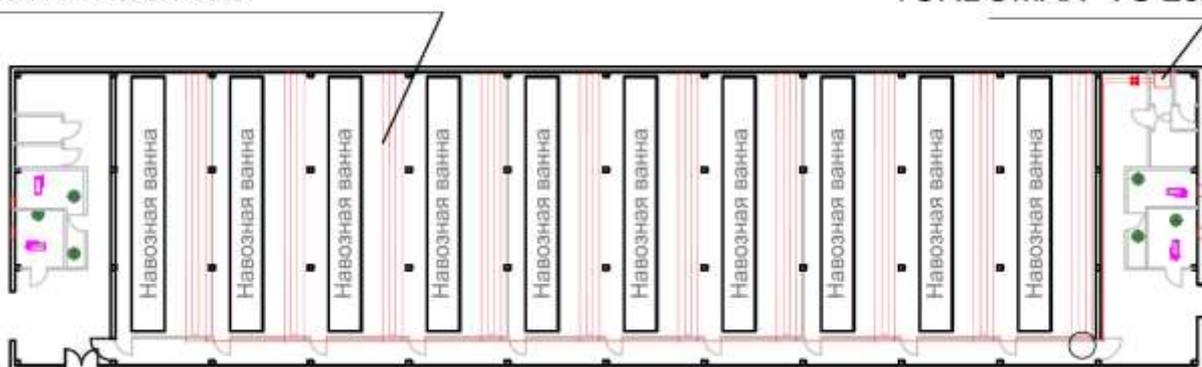
Станки помещения для опороса с ИК лампами и обогреваемыми полами



Система водяного обогрева полов секции дорашивания

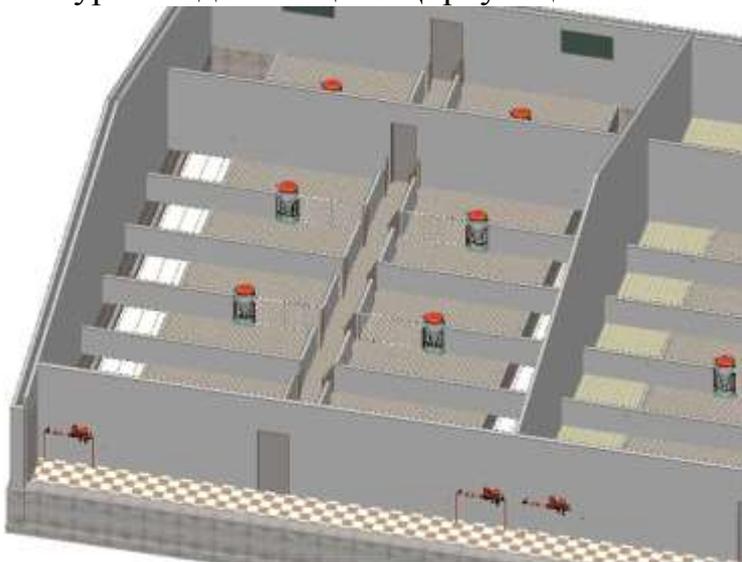
Трубопровод водяного отопления
бетонного пола

Водогрейный котел
TURBOMAX VU 282



Отопление групповых станков осуществляется с помощью обогреваемых полов, расположенных в зоне отдыха животных. Теплоноситель - горячая вода нагреваемая, например, модульной котельной «РАЦИОНАЛ - 100»

на жидком топливе или «РАЦИОНАЛ - 100» на природном газе. Водяной насос устанавливается на трубопроводе циркуляционного отопительного контура каждой секции. Циркуляция теплоносителя осуществляется насосом.



Система обогрева полов на дорастивании

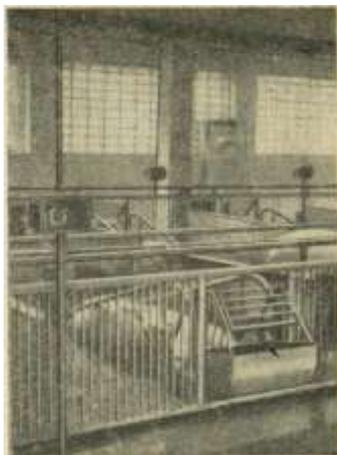
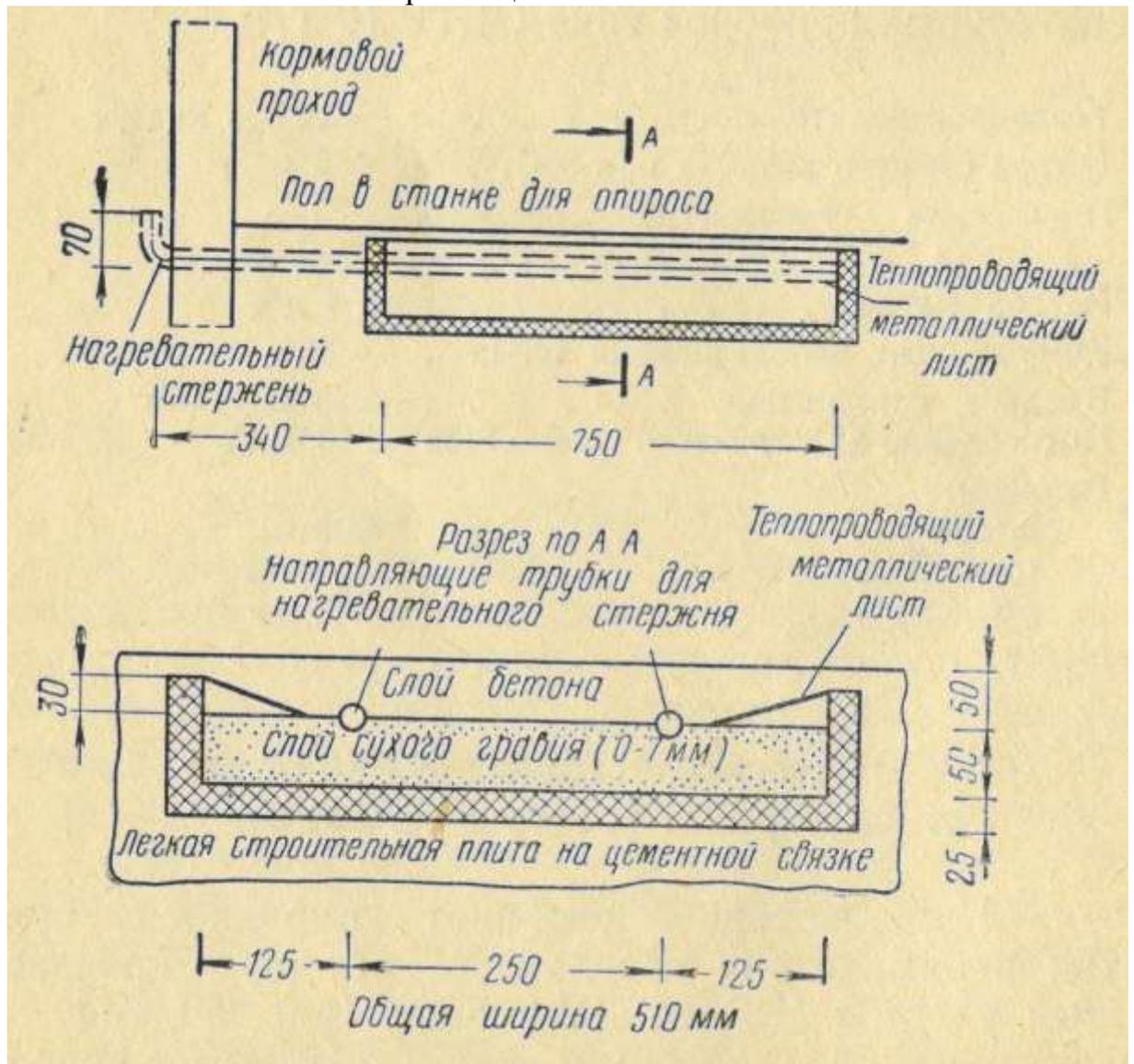
Предварительный обогрев коридоров осуществляется с помощью радиаторов водяного отопления, установленных под приточными форточками. Последующий обогрев производственных помещений осуществляется с помощью дельта труб отопления и подогреваемых полов. В каждой секции для животных предусмотрен блок приборов климат-контроля.

Электрическое устройство для обогрева логова поросят (обогреваемый пол)

Электрическое устройство для обогрева поросят предназначено для обогрева части пола в станке для приема опоросов. В бетонном полу логова устанавливают проводящий тепло железный лист размером 750X500 мм. На нем крепят две защитные трубки, внутри которых проходят нагревательные стержни 850 мм в длину, диаметром 14 мм и мощностью 70/35 Вт. Это позволяет при необходимости быстро менять нагревательные стержни в любое время. Размеры теплопроводящего листа должны быть таковы, чтобы все поросята одного помета размещались на обогреваемой поверхности логова. Лучше всего оправдало себя парное расположение обогреваемых полов, справа и слева от бокового ограждения станков. Для двух станков предусматривается один выключатель, который можно включать выборочно на полную или вдвое меньшую мощность (Схема 1)

Температура поверхности пола в логове при полной мощности (140 Вт на один станок) достигает +32°C, при вдвое меньшей (70 Вт на один станок) +25°C (при температуре воздуха в помещении от +16 до +20°C).

Схема размещения тепловых нагревателей
в зонах размещения свиней



Станок для опороса с электрообогревом пола.

Так как для электрических устройств при выращивании животных можно применять напряжение максимум до 24 В, то к логову для поросят электроэнергия подается через понижающие трансформаторы 380/24 В. В зависимости от числа обогреваемых станков на один свинарник требуется один или несколько трансформаторов, которые устанавливаются в электрощитовой.

Теплогенераторы

Другим вариантом для решения вопроса отопления является использование газовых или жидкотопливных теплогенераторов открытого и закрытого горения в напольном исполнении. Теплогенераторы закрытого типа могут иметь выброс продуктов сгорания в помещение или оснащенные устройством для отвода продуктов сгорания наружу. Они оборудованы вентилятором, обеспечивающим интенсивное перемешивание воздуха в помещении и более быстрое установление необходимого температурного режима.



Подвесные теплогенераторы

Следующим вариантом являются подвесные обогреватели из нержавеющей стали на жидком пропане, распространяя теплый воздух с помощью небольшого вентилятора. Обогреватель автоматически включается с помощью фитиля, если подогрев затребован системой управления вентиляцией. Для обеспечения надежности и безопасности каждый обогреватель снабжен определителем потока воздуха и двумя переключателями лимитирующими температуру.



Внутренние системы отопления считаются наиболее экономичными, но они обладают таким недостатком, как возможностью попадания продуктов сгорания топлива (природного, сжиженного газа или дизтоплива) в зону обитания животных.

Электрокалориферное отопление

Электрокалориферное (тепловые вентиляторы) отопление представляет собой систему отопления, при которой подаваемый в помещение воздух проходит через электрический нагреватель. По сравнению с водяным электрокалориферное отопление не требует больших капиталовложений (нет необхо-

димости в возведении котельной с дымовой трубой, а также в отопительной сети для горячей воды), затраты на уход и обслуживание тоже ниже (не требуется истопник). Оно отличается высокими производственными издержками и простотой регулирования тепла (термостат только тогда включает отопление, когда в помещении требуется тепло). Однако его применение возможно только там, где это позволяет энергоснабжение. Экономически оно превосходит водяное отопление там, где воздушное отопление зимой требуется лишь относительно короткое время (1 кВт энергии дает 860 ккал тепла).

		
Тепловые вентиляторы КЭВ (21...60 кВт)	Тепловые вентиляторы СФО (15...60 кВт)	Тепловые вентиляторы СФО (1.5...6 кВт), КЭВП(1,5...21)

Обогреватели-теповентиляторы

Обогреватели-теповентиляторы представляют экономичную конструкцию прямого нагрева в сочетании с выбором мощностей до 250 кВт,



устройств зажигания и вариантов установки.

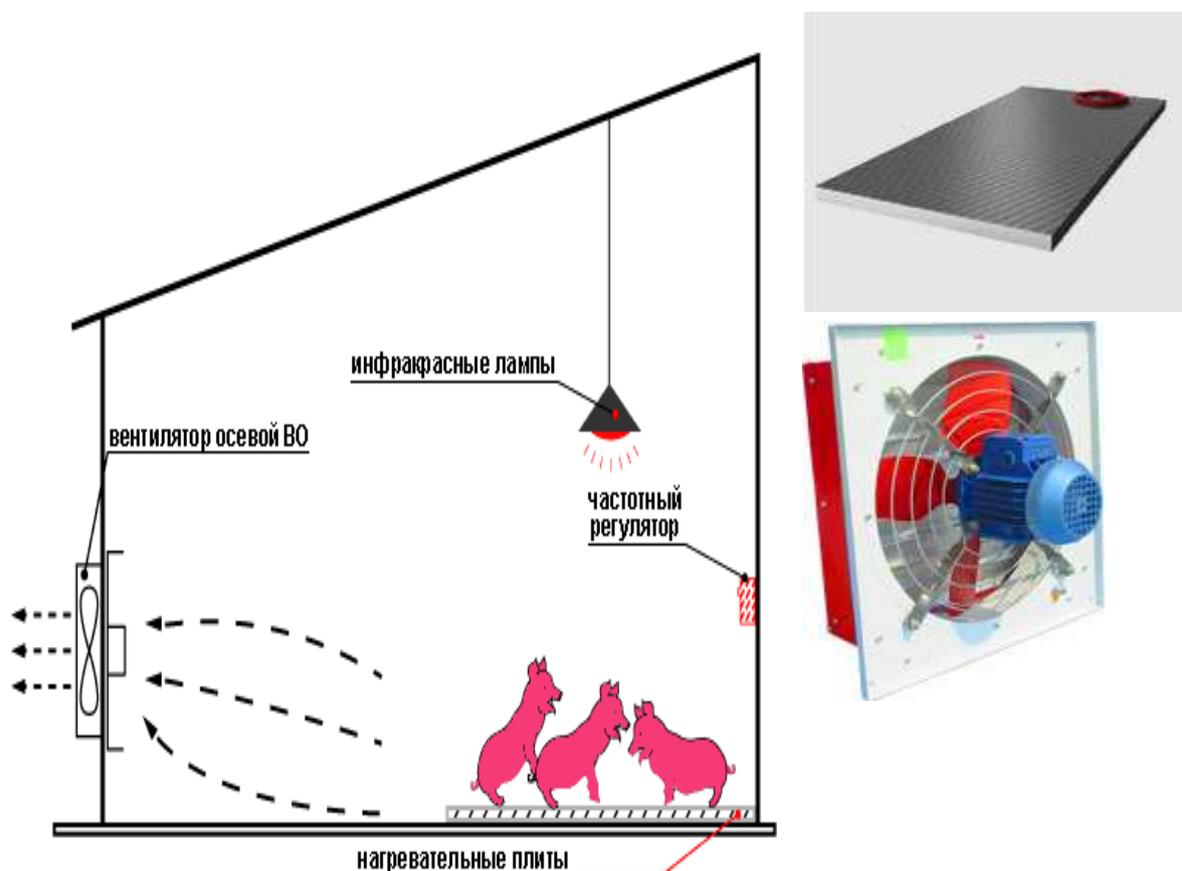
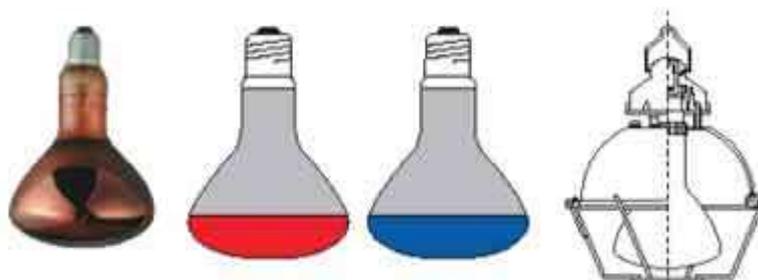
Отопление с помощью инфракрасных облучателей

Инфракрасными облучателями широко используются для обогрева логова поросят в неотапливаемых свинарниках-маточниках с целью снижения их отхода от переохлаждения. Однако эти облучатели нагревают только отдельные участки тела поросят, а не все помещение. Они также не способствуют отведению влаги, используются кратковременно и поэтому неэкономичны. Более экономичен и целесообразен обогрев пола в зоне отдыха поросят.

При обогреве молодняка целесообразно добиваться прогрева не только кожи и подкожных тканей, но и более глубоких слоев, наибольший эффект дает коротковолновое излучение, при котором почти 94% лучистой энергии проникает под кожу и подкожные ткани. Лампы типа ИКЗК-220-250, ИКЗС-220-250 предназначены для использования на свиноводческих фермах и комплексах для локального обогрева поросят-сосунов.



Берложка для поросят



Для обеспечения воздухообмена в помещениях, где содержатся подсосные матки с поросятами оптимальным является применение осевых вытяжных вентиляторов типа ВО-4,0, ВО-5,6 и ВО-7,1 в комплекте с частотными регуляторами. Частотные регуляторы позволяют управлять производительностью вентиляторов на всех этапах роста животных. Использование ча-

стотных регуляторов позволяет снизить энергопотребление вентиляторов на 10÷60%.

При увеличении втрое воздухообмена с хорошим температурно-влажностным режимом содержание вредных газов уменьшается в 5 раз, а прирост свиней увеличивается до 12%.

Зарубежная фирма Infraconic (США) предлагают газовые инфракрасные обогреватели.



Поддержание оптимального температурного режима на поверхности пола в итоге способствует повышению сохранности опороса на 3-5 % и более и прироста живой массы на 4-7%. Экономия электроэнергии при этом увеличивается не менее, чем в 1,5-2 раза

Экономичность, надежность, а также возможность выбора уровней теплопроизводительности и вариантов установки обогревателей позволяют повысить производительность и доходность любого помещения для стойлового содержания скота.

Применение газовых инфракрасных обогревателей обеспечивает:

- повышение интенсивности привеса;
- снижение падежа;
- снижение расходов на корм и ветеринарные услуги.

Обогреватели позволяют регулировать выход тепла от 10 до 100%. Электричество для этого не используется - регулирование осуществляется изменением давления газа.

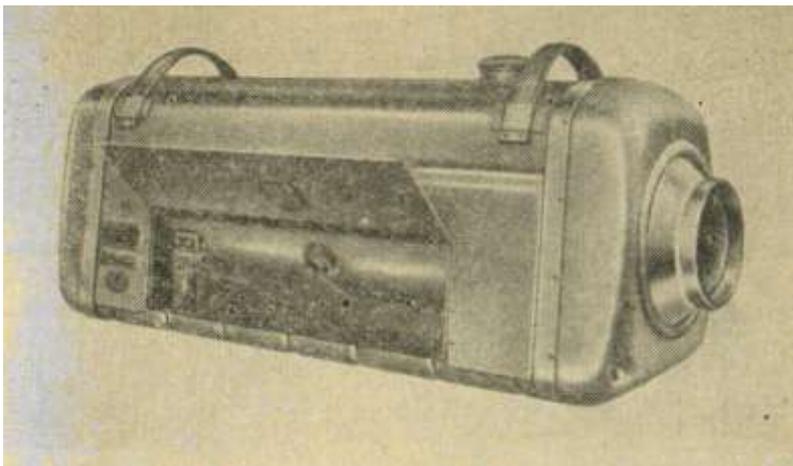
Технические характеристики газовых обогревателей приведены в таблице 23

Таблица 23

Модель	I 17	I 34
Номинальная мощность, кВт/час	17	34
Расчетное количество свиней	170	Не применяется
Отапливаемая площадь (диаметр в метрах)	5	7
Расход топлива (максимальный)		
Жидкий пропан (кг/час)	0,36	0,71
Природный газ (куб.м/час)	0,49	0,98
Входное давление газа (фунтов на кв.дюйм)		
Жидкий пропан	5	5
Природный газ	5	5

Масляные нагревательные приборы

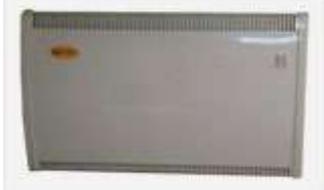
Масляные нагревательные приборы предназначены для тех случаев, когда в холодное время года необходимо быстро обогреть горячим воздухом помещение. Различают нагревательные приборы для свежего и смешанного воздуха в зависимости от того, отводят ли выходящий газ отдельно или смешивают его с горячим воздухом. Если учитывать в виде исключения влияние на микроклимат масляных нагревательных приборов, то более целесообразно применять обогреватели для свежего воздуха. В качестве топлива преимущественно используется стандартное дизельное топливо.



Масляный нагревательный прибор.

Обогрев вспомогательных помещений.

Для обогрева вспомогательных помещений могут быть использованы электрические конвекторы различной мощности и тепловентиляторы.

		
Электроконвекторы ЭВНС-1/220, ЭВНС-2/220	Печь электронагревательная ПЭТ-4	Тепловые вентиляторы КЭВ (3...15 кВт)

Для обеспечения горячего водоснабжения на отдельных объектах использовались проточные электроводонагреватели марки «Эван» мощностью 15 кВт или емкостные водонагреватели УАП объемом 200, 400 и 800 литров (вспомогательные помещения, санпропускники и т.д.).

Литература:

1. Н.И. Карякин и др. «Краткий справочник по физике», Москва, 1964.
2. М.Ф. Бромлей «Гидравлические машины и холодильные установки», Москва, 1971.
3. Н.Н. Лариков «Общая теплотехника», Москва, 1975.
4. В.Н. Богословский и др. «Отопление и вентиляция» Часть 2, Москва, 1976.
5. В.П. Исаченко и др. «Теплопередача», Москва, 1981.
6. Справочник проектировщика. Вентиляция и кондиционирование воздуха, Стройиздат, Москва, 1978.
7. Е.М. Белова “Системы кондиционирования воздуха с чиллерами и фэнкойлами”, ЕВРОКЛИМАТ, Москва, 2003.
8. В.А. Ананьев и другие “Системы вентиляции и кондиционирования. Теория и практика”, ЕВРОКЛИМАТ, Москва, 2003.