

Ильин И.В. – генеральный директор ООО «АгроПроектИнвест»

Смолинский Е.А. – к.с.н., ведущий научный сотрудник ВНИИЖ

Курячий М.Г – к.с.н., ведущий специалист ООО «Агро-ПроектИнвест»

Уважаемые коллеги!

ООО «АгроПроектИнвест» имеет большой опыт проектирования и внедрения новых технологий с ведущими зарубежными компаниями Дании, Голландии, Германии, Канады и Америки, что позволяет нам обеспечить рентабельное производство свинины с высокими качественными показателями по мировым стандартам.

Сравнительный анализ систем вентиляции свиноводческих помещений

Современное промышленное свиноводство, основано на механизации и автоматизации основных технологических процессов, к которым относится и поддержание оптимальных параметров 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 концентрация водяных паров и вредных газов может превышать нормативы, в результате чего животные резко снижают продуктивность и могут погибнуть.

Влияние температуры в помещении на поведение свиней на участке откорма

Температура воздуха в помещении	Изменения в поведении
<16°C	Животные скучиваются в группы, увеличивается толщина шпика, увеличивается расход кормов на теплорегуляцию, снижаются прирост живой массы
>16°C	Снижается скучивание животных
>18°C	Свиньи лежат на щелевом, а испражняются на сплошном полу
>19°C	Повышается испарение влаги с поверхности тела животных
>20°C	Учащается дыхание животных, начинается тепловой стресс
>25°C	Снижается конверсия корма и прирост живой массы

*Pig progress, Volum 21, No. 3 2005

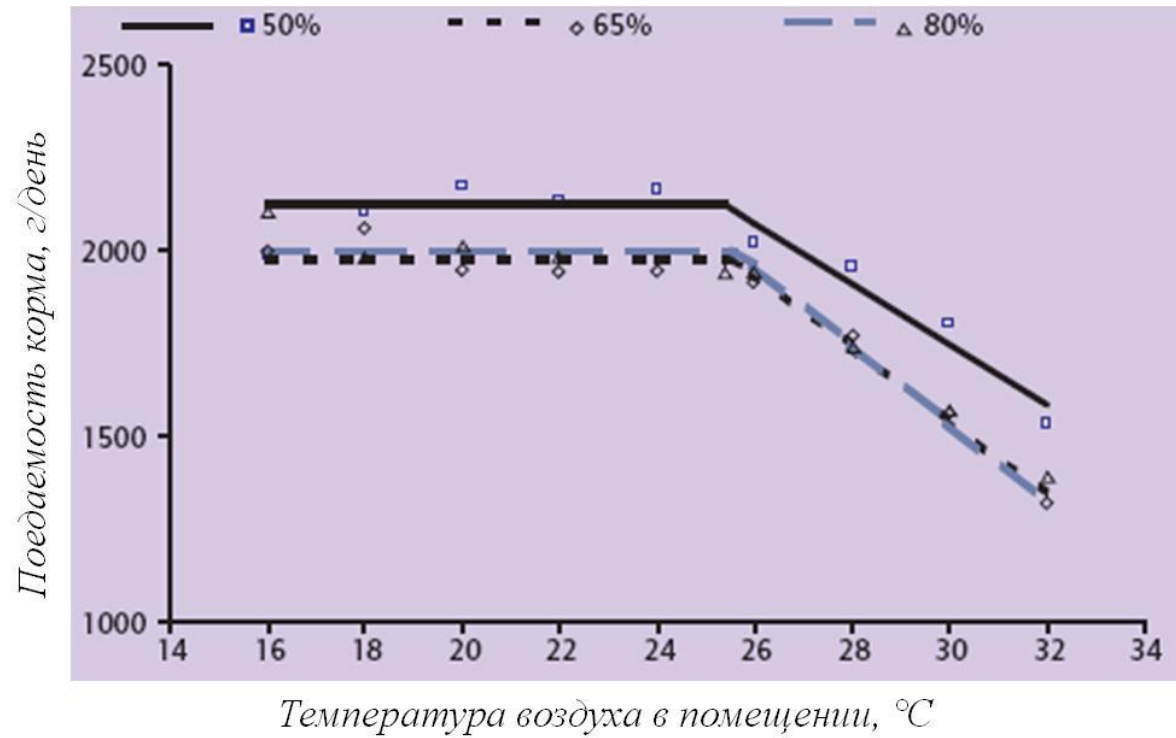
При групповом содержании пониженная температура заставляет поросят скучиваться в самом теплом месте бокса - сплошном полу, а повышенная температура способствует тому, что свиньи стараются более свободно распределиться по площади бокса, больше лежат, занимая всю станковую площадь, включая щелевой пол. Кроме того из-за жары животные «переворачивают» зону бокса, испражняясь на сплошном, а отдыхая на более прохладном щелевом полу. В результате повышается выделение водяных паров и вредных газов от экскрементов и резко ухудшается качество воздуха в помещении.

Поэтому в помещениях для содержания свиней расположенных в холодных и умеренных климатических зонах следует применять подогрев сплошного пола. При этом доля сплошного пола в общей площади бокса должна быть больше чем щелевого. И наоборот, в жарких климатических зонах площадь щелевого должна быть больше площади сплошного пола.

Свежий воздух должен поступать в первую очередь в зону отдыха животных, т.е. в зону сплошного пола, а потом в зону щелевого пола, ассимилируя и удаляя из помещений влагу, вредные газы и избыточное тепло.

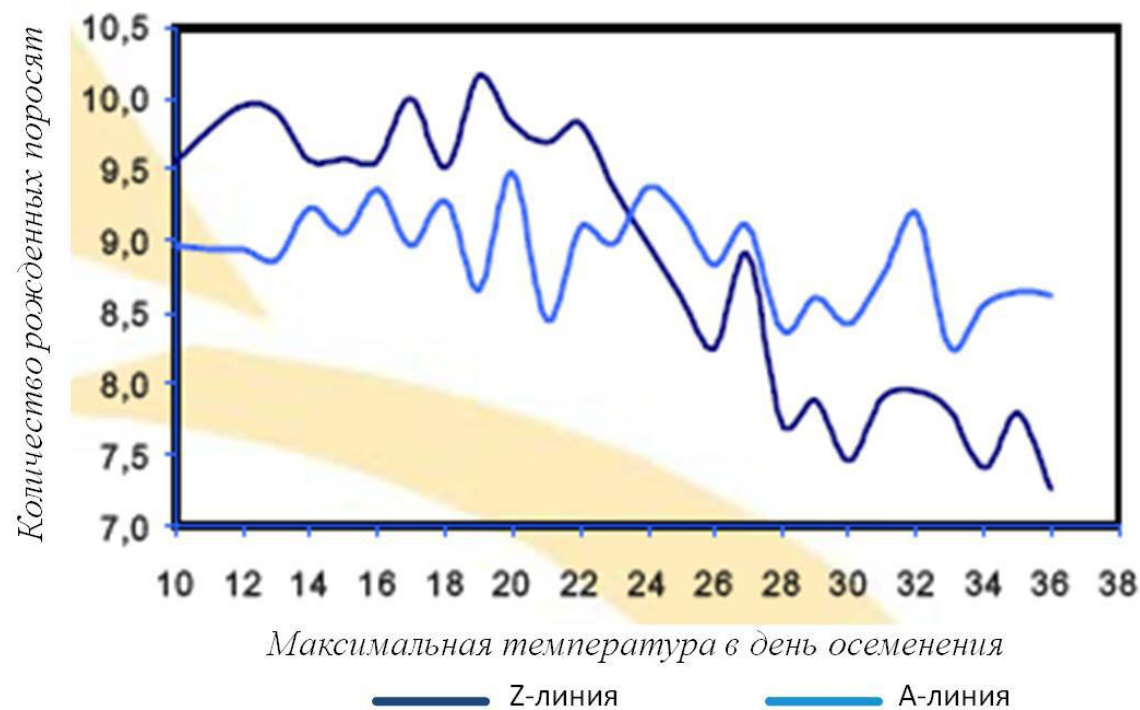
При температуре воздуха выше 25°C снижается поедаемость корма, а как следствие и среднесуточные приросты, что видно из приведенных ниже результатов научных исследований.

Влияние относительной влажности и температуры воздуха в помещении на поедаемость корма при повышении температуры



Большое влияние оказывает температура среды и на маточное стадо. Это особенно ярко выражено в летний период при отсутствии отлаженной системы регулирования микроклимата.

Влияние температуры в помещении при осеменении свиноматок на их многоплодие



По данным исследований голландской генетической компании TOPIGS, повышение максимальной температуры при осеменении свиноматок до 36°C вызывало снижение многоплодия у животных крупной белой породы (Z-линия) на 30%, а у животных породы ландрас (A-линия) - на 15%.

Научными исследованиями подтвержден положительный эффект использования системы охлаждения под свиноматкой на участке опороса и подсосного периода.

Показатели продуктивности свиноматок и поросят на участке опороса при охлаждении сплошного пола под свиноматкой

	Кон- трольная группа	Использование системы охла- ждения	Степень достоверно- сти
Размер группы	29	29	
Многоплодие, голов	11,2	11,4	
Живой вес при рождении, кг	1,53	1,55	
Продолжительность подсосного периода, дней	26,4	26,5	
Количество поросят при отъеме, голов	10,6	10,7	
Живой вес поросят при отъеме, кг	7,9	8,5	P<0,01
Среднесуточный прирост поросят за подсосный период, кг	242	264	P<0,001
Живая масса свиноматки при опоросе, кг	251	251	
Живая масса свиноматки при отъеме, кг	223	226	
Потеря живой массы за подсосный период, кг	28	25	
Потеря живой массы за подсосный период, %	11,3	9,9	
Потребление свиноматкой корма, в т.ч.:			
за весь подсосный период, кг	128,2	145,6	P<0,001
в сутки (кг)	4,9	5,5	P<0,001

*Pig progress, Volum 22, No. 2 2006

Повышенная температура воздуха значительно влияет на оплодотворяемость свиноматок. В теплое время года жарких климатических зон она снижается до 40%.

Свиньи современных пород и их помеси имеют относительно тонкий слой подкожного сала и повышенный уровень обмена веществ.

Поэтому они более восприимчивы к изменению температурного режима окружающей среды и более требовательны к точности поддержания качественных показателей воздуха.

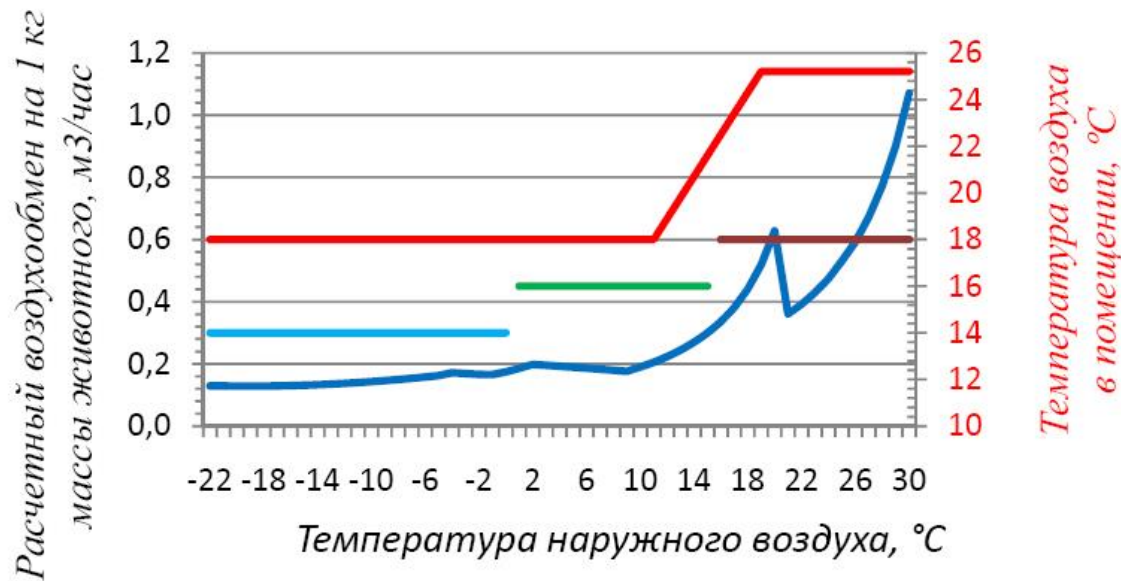
В современных проектах свинокомплексов промышленного типа, как правило, предусматривается принудительная система вентиляции ввиду высокой концентрации поголовья свиней и, как следствие, высокого содержания в воздухе помещений микроорганизмов, пыли и вредных газов.

При этом большое значение имеет правильный расчет потребности в воздухообмене.

Воздухообмен обеспечивает удаление избытка водяных паров, углекислого газа, аммиака, сероводорода и т.д. Как правило, в зимний период его рассчитывают по углекислому газу или по водяному пару, а в летний период – по избытку теплоты, который обусловлен теплом, выделяемым животными, и повышенной температурой наружного воздуха. Летний воздухообмен является максимальным и зачастую превосходит зимний в десять и более раз.

Согласно «Ведомственных норм технологического проектирования ВНТП 2-96» минимальный воздухообмен для холодного, переходного и теплого периода года должен быть не менее 30, 45, 60 м³ на 1 ц живой массы соответственно и уточняется расчётами тепловлажностных и газовых балансов. Однако результаты проведенных исследований показывают, что это не всегда соответствует точным расчётам.

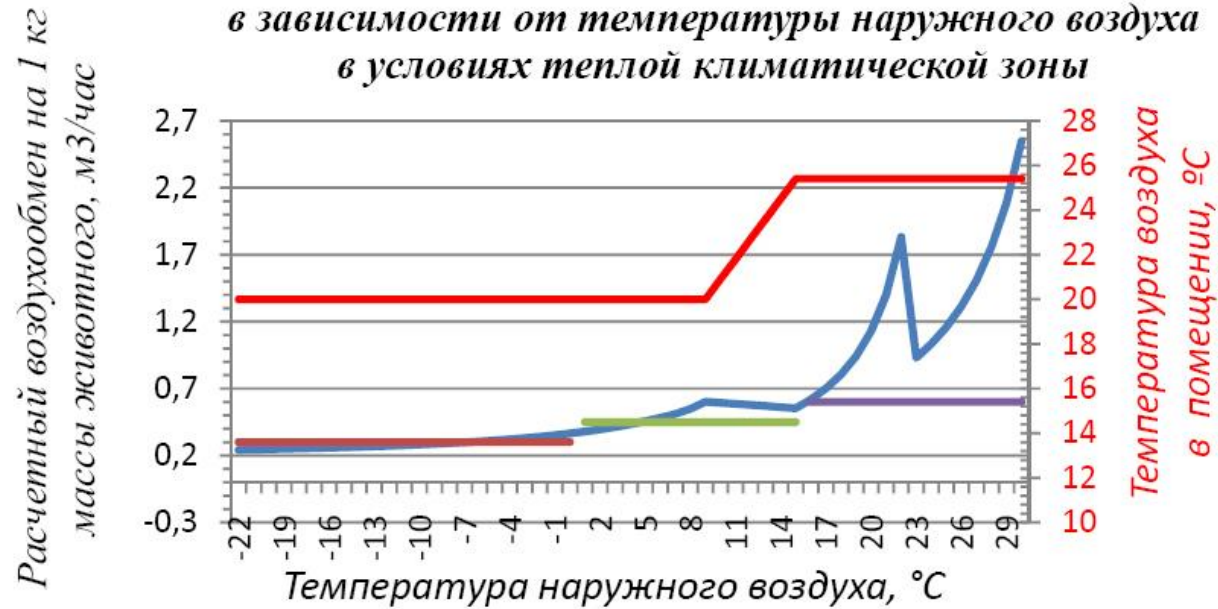
Расчетная потребность в воздухообмене в секции супоросных свиноматок в зависимости от температуры наружного воздуха в условиях теплой климатической зоны



- Воздухообмен в секции супоросных свиноматок, м3 на 1 кг живой массы
- Минимальный воздухообмен для холодного периода года (ВНТП 2-96), м3 на 1 кг живой массы
- Минимальный воздухообмен для переходного периода года (ВНТП 2-96), м3 на 1 кг живой массы
- Минимальный воздухообмен для теплого периода года (ВНТП 2-96), м3 на 1 кг живой массы
- Температура в помещении, °C

На участке холостых и супоросных свиноматок расчетная потребность в воздухообмене в холодный и переходный период года ниже рекомендаций ВНТП 2-96. Однако в летний период потребность в воздухообмене резко повышается в связи с избытками тепла, которые образуются в помещении. Минимальный воздухообмен 0,6 м3/кг по ВНТП 2-96 обеспечивает нормативную температуру в помещении лишь при температуре наружного воздуха до 18 °C.

**Расчетная потребность в воздухообмене в секции опороса
в зависимости от температуры наружного воздуха
в условиях теплой климатической зоны**



- Воздухообмен в секции опороса, м³ на 1 кг живой массы
- Минимальный воздухообмен для холодного периода года (ВНТП 2-96), м³ на 1 кг живой массы
- Минимальный воздухообмен для переходного периода года (ВНТП 2-96), м³ на 1 кг живой массы
- Минимальный воздухообмен для теплого периода года (ВНТП 2-96), м³ на 1 кг живой массы
- Температура в помещении, °C

На участке опороса и подсосного периода расчетная потребность в воздухообмене в холодный и переходный периоды года практически полностью совпадают с нормативом ВНТП 2-96. Однако летний нормативный воздухообмен также оставался недостаточным, обеспечивая нормативную температуру в помещении лишь до температуры наружного воздуха 16 °C.

Расчетный воздухообмен в холодный период года в секции доращивания поросят отъемышей в зависимости от температуры наружного воздуха в условиях теплой климатической зоны

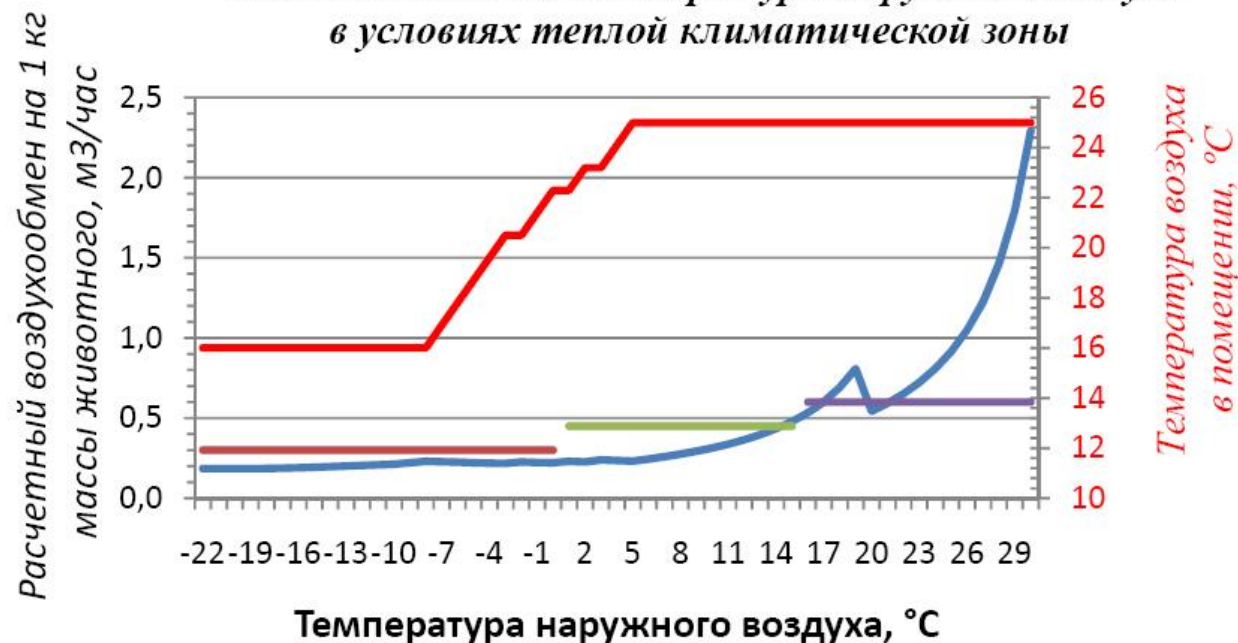


- Воздухообмен в секции доращивания поросят-отъемышей, м³ на 1 кг живой массы
- Минимальный воздухообмен для холодного периода года (ВНТП 2-96), м³ на 1 кг живой массы
- Минимальный воздухообмен для переходного периода года (ВНТП 2-96), м³ на 1 кг живой массы
- Минимальный воздухообмен для теплого периода года (ВНТП 2-96), м³ на 1 кг живой массы
- Температура в помещении, °C

На участке доращивания нормативный коэффициент соответствовал расчетному только для холодного периода года. В переходный и летний периоды потребность в объеме вентиляции по теплотехническим расчетам оказалась гораздо выше нормативной.

Аналогичная картина наблюдалась и при расчетах потребности в воздухообмене на откормочном поголовье.

**Расчетная потребность в воздухообмене в секции откорма
в зависимости от температуры наружного воздуха
в условиях теплой климатической зоны**



- Воздухообмен в секции откорма, м3 на 1 кг живой массы
- Минимальный воздухообмен для холодного периода года (ВНТП 2-96), м3 на 1 кг живой массы
- Минимальный воздухообмен для переходного периода года (ВНТП 2-96), м3 на 1 кг живой массы
- Минимальный воздухообмен для теплого периода года (ВНТП 2-96), м3 на 1 кг живой массы
- Температура в помещении, °C

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 в наших проектах для теплых климатических зон (с низкой относительной влажностью наружного воздуха) мы предусматриваем 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. Это видно на приведенных графиках. После резкого повышения воздухообмена при температуре наружного воздуха 20-22 °С следует быстрое его снижение. Это понижение обусловлено включением системы охлаждения, благодаря чему увеличивается разница температур наружного и внутреннего воздуха. При этом относительная влажность воздуха в помещении повышается, но не превышает 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, работающая по специальному алгоритму расчёта тепловых и влажностных балансов. При расчёте водоиспарительного охлаждения относительная влажность воздуха внутри помещения не должна превышать 75%. Необходимый объем притока воздуха определяется из равенства воздухообменов по избытку тепла и по избытку водяных паров. Данное условие предупреждает переувлажнение помещения и резкое повышение энтальпии, что может ещё более ухудшить самочувствие животных. Следует иметь ввиду, 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.

При проектировании системы вентиляции в наших проектах мы проанализировали рекомендации зарубежных свиноводов в отношении минимального воздухообмена и сравнили их с отечественными.

Потребность в минимальном воздухообмене для свиней

	Воздухообмен, м ³ /на голову			
	Россия	Канада	Голландия	PORCON
Хряки-производители, 200 кг	60	43	18	15
Свиноматки холостые, 150 кг	45	23	15	18

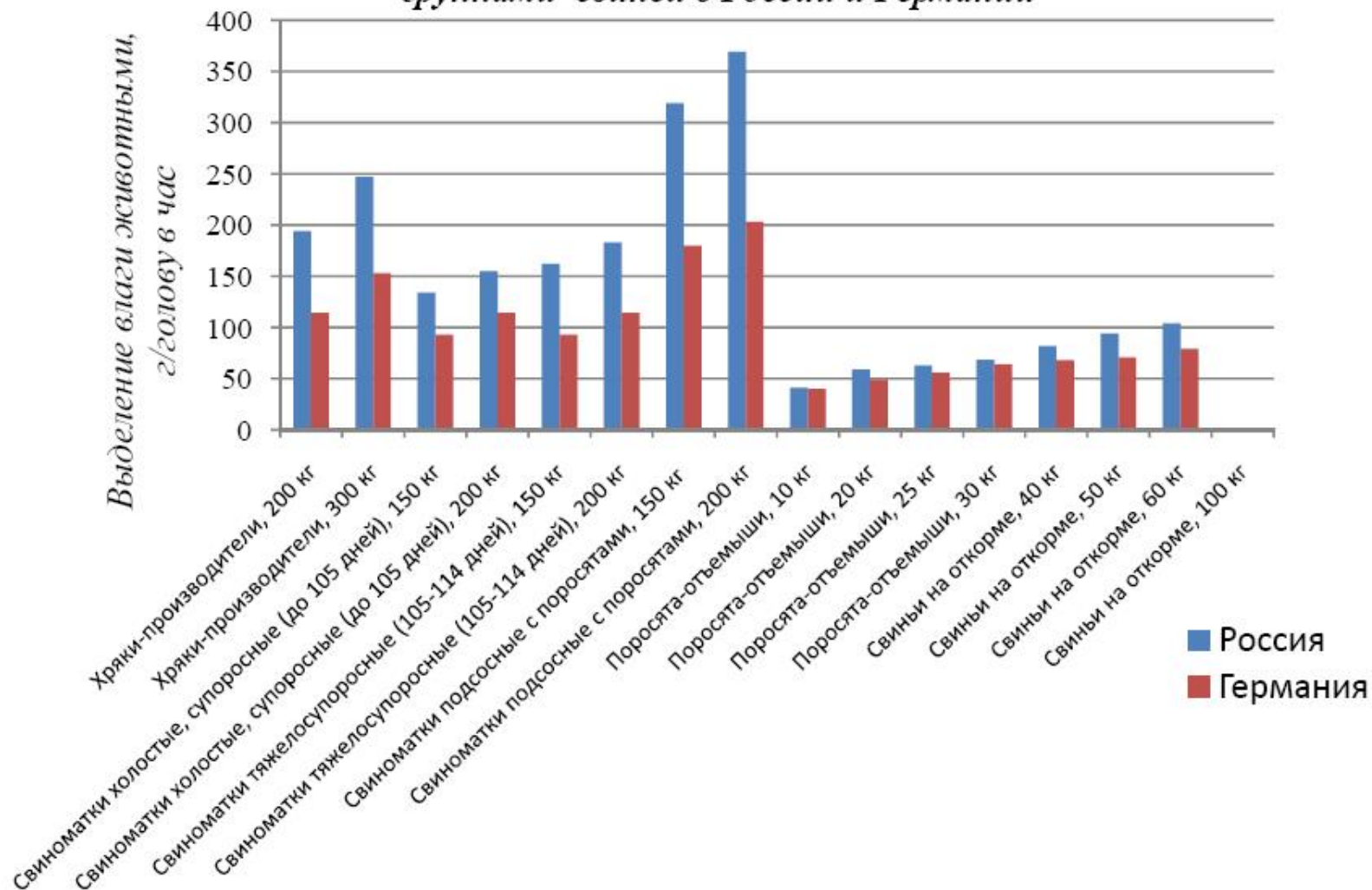
Свиноматки супоросные, 150 кг	45	24	20	20
Свиноматки подсосные, 200 кг	60	58	30	38
Поросята на доращивании, 7 кг	2,1	2,88	3	3
Поросята на доращивании, 25 кг	7,5	5,4	10	10
Свиньи на откорме 30, кг	9	5,76	5	5
Свиньи на откорме, 110 кг	33	13,68	18	18

Результаты сравнения показывают, что отечественные нормативы по минимальному воздухообмену для крупных свиней значительно превышают зарубежные рекомендации, а для таких групп как поросята на доращивании и в первой фазе откорма отечественные и зарубежные рекомендации находятся примерно на одном уровне.

Проведя точные расчеты тепловых и влажностных балансов можно сказать, что российские нормы по воздухообмену совпадают с началом отопительного периода, а зарубежные – с минимальной расчётной температурой отопительного периода. Таким образом нельзя принимать значения воздухообмена без точных расчётов, ориентируясь лишь на нормативные значения.

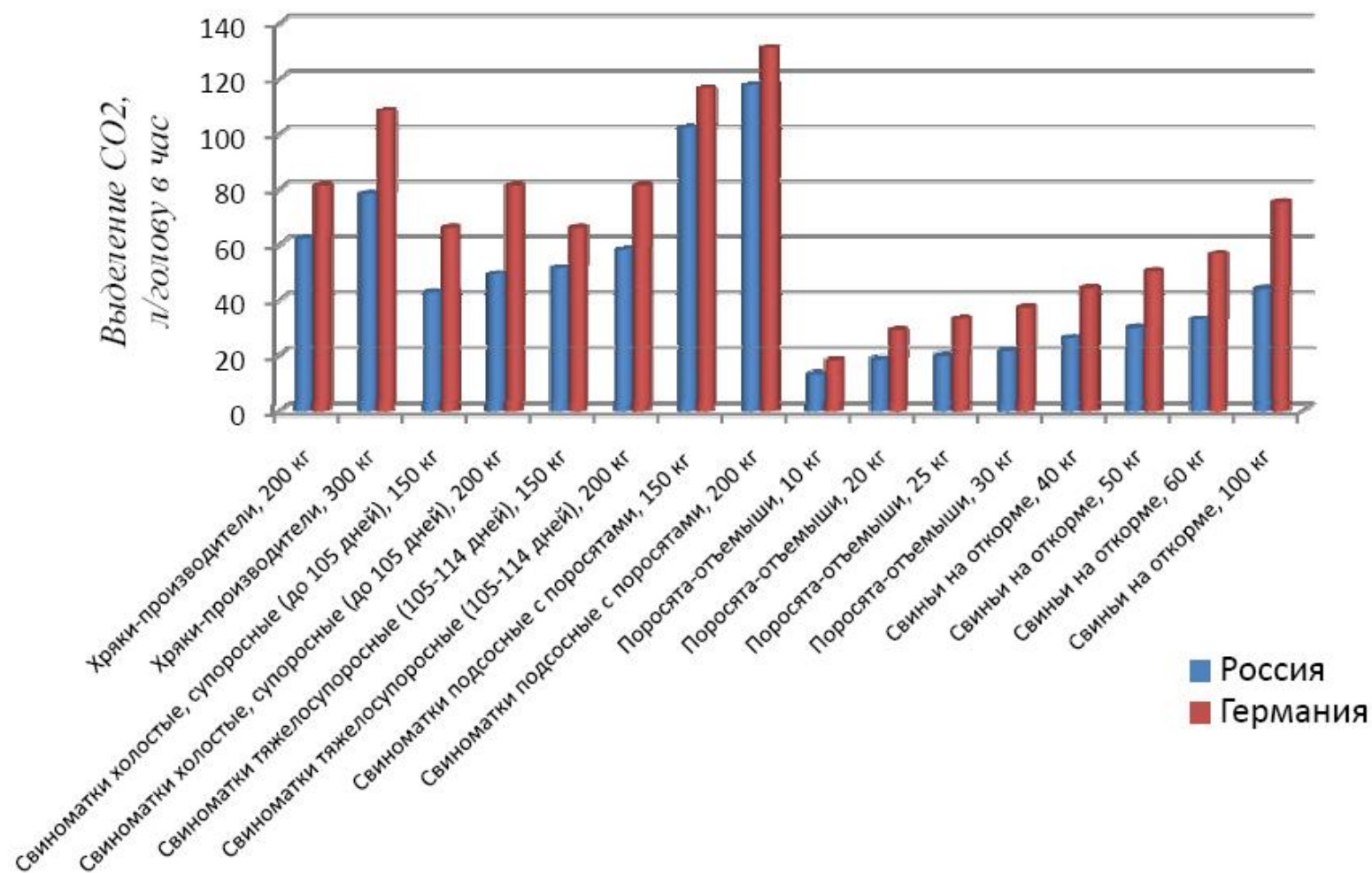
Многие поставщики оборудования из Германии закладывают в расчеты системы вентиляции значительно меньшее выделение водяных паров животными.

Сравнение норм выделений влаги различными половозрастными группами свиней в России и Германии



Обратная ситуация с выделениями углекислого газа.

Сравнение норм выделения CO₂ различными половозрастными группами свиней в России и Германии



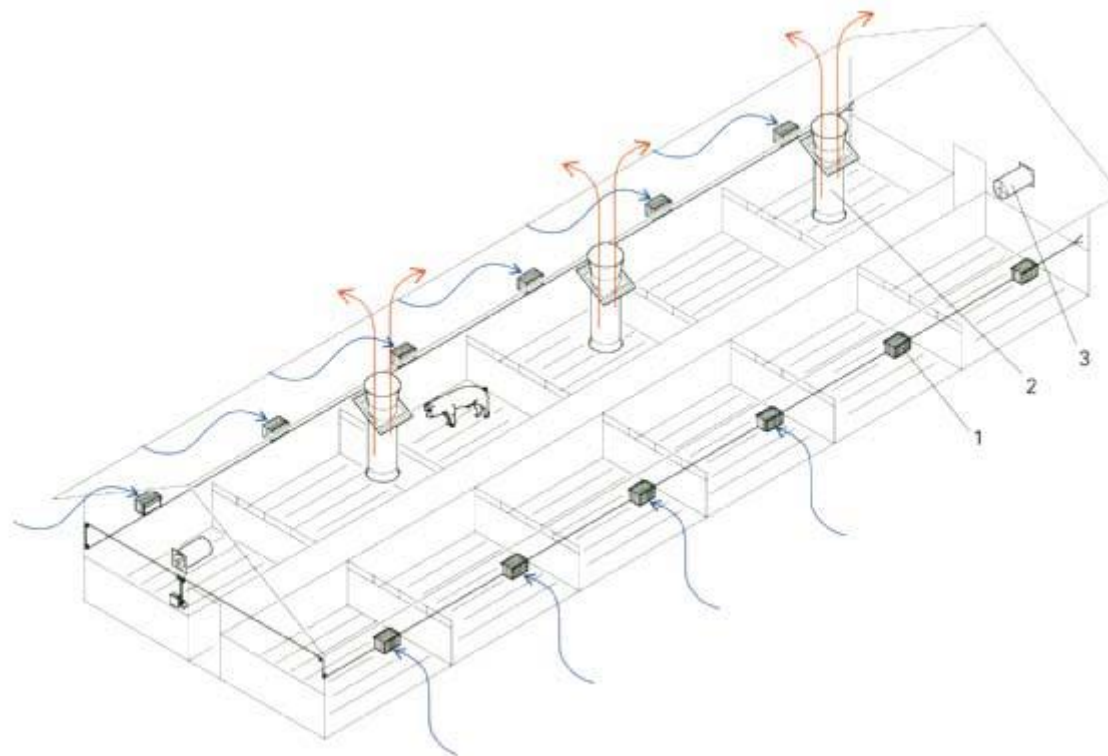
Рекомендации по воздухообмену в летний период разнятся ещё больше. Так большинством европейских компаний в расчёты закладывается максимальный воздухообмен 0,9-1,1 м³/кг живого веса, что обусловлено умеренным климатом. При анализе графиков видно, что этого значения хватает до температуры наружного воздуха 18-20°C. При дальнейшем повышении наружной температуры этого воздухообмена не достаточно для удаления избытков выделений тепла от животных и температура в помещении повышается. К нашим климатическим условиям ближе канадские нормативы, где воздухообмен летнего периода принимается равным 1,8 м³/кг живого веса.

В проектах «АгроПроектИнвест» использует различные системы отопления и вентиляции, в зависимости от климатических условий и производительности свиноводческого предприятия. При этом в летний период, в зависимости от климатической зоны летний воздухообмен принимается по расчёту 1,2-2,5 м³/кг живого веса.

В основу большинства проектных решений заложен принцип вентиляции отрицательного давления, работающий на создании разряжения в помещениях вытяжными вентиляторами, так как затраты энергии на вытяжку ниже, чем на приток в 1,5-2 раза за счет меньшего сопротивления движению воздушного потока.

Вентиляционная система отрицательного давления адаптирована к условиям современного свиноводства и может быть использована для всех типов помещений и групп животных, так как при разряжении воздуха в помещении снижаются потери тепла через ограждающие конструкции за счет уменьшения температурного перепада воздуха внутри и снаружи помещения и инфильтрации.

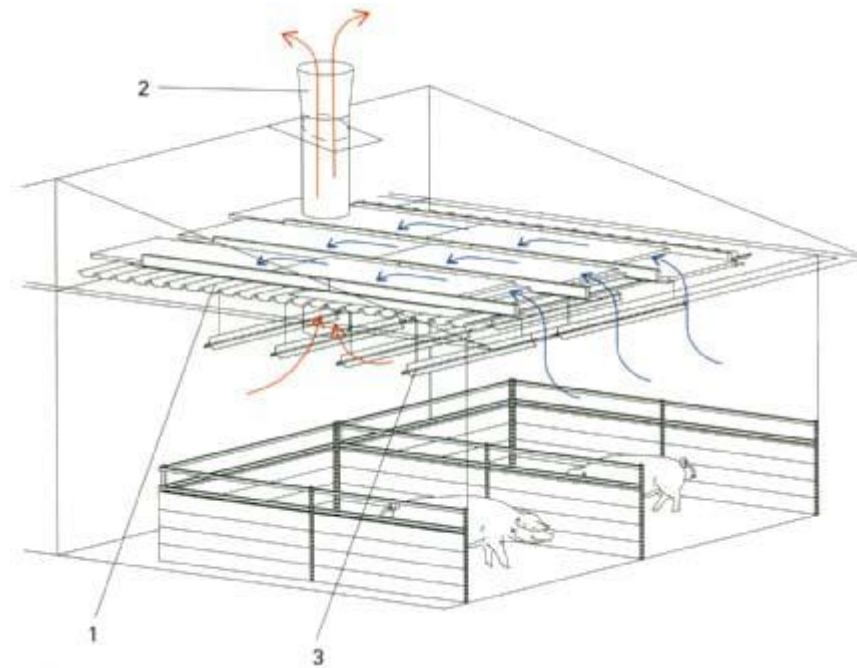
Система вентиляции с приточными клапанами в стенах.



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

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

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



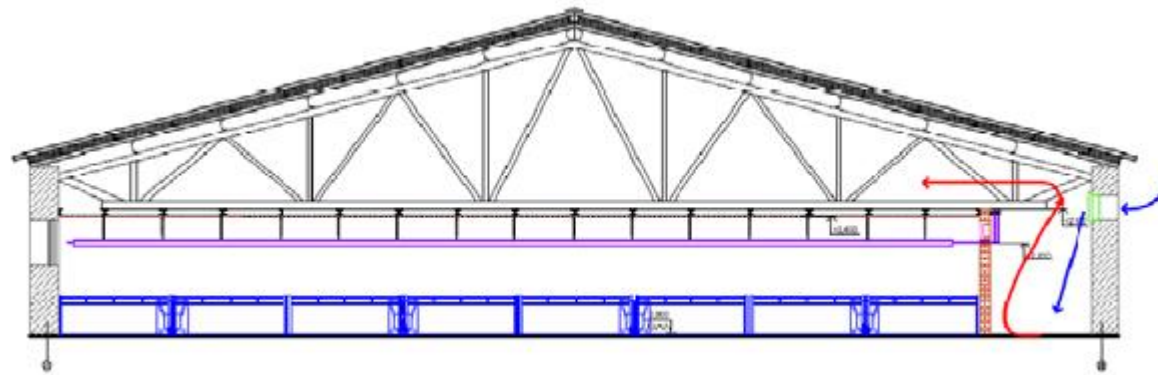
1 – подшивной потолок; 2 – вытяжная шахта; 3 – дельта-труба отопления

Вторая 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 пористого древесностружечного 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 доращивании.

К недостаткам данной системы можно отнести:

- возможность образования конденсата или инея в перфорированном потолке, что может снизить приток свежего воздуха при резком понижении температуры, в следствии замерзания влаги;

- 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.

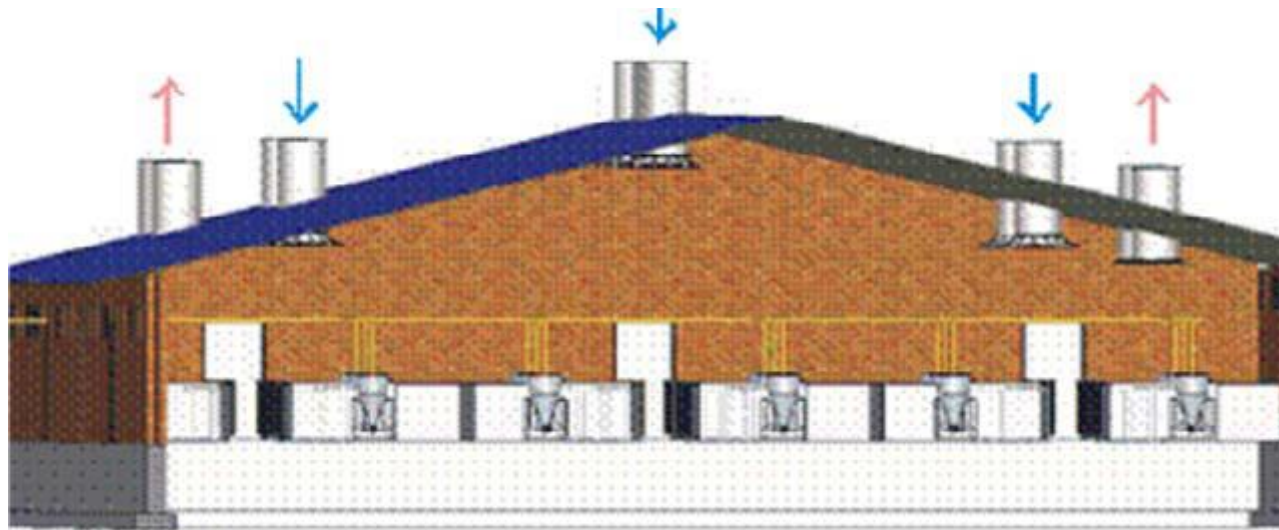


В ряде проектов производственные здания имеют подшивной перфорированный потолок и коридор, образованный внешней стеной и внутренней кирпичной перегородкой. Форточки в наружной стене обеспечивают приток воздуха в коридор. Степень открытия форточек регулируется автоматически в соответствии с каждой стадией 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.

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

В районах с высокими температурами указанные выше системы вентиляции не всегда справляются с избытками тепла в помещениях.

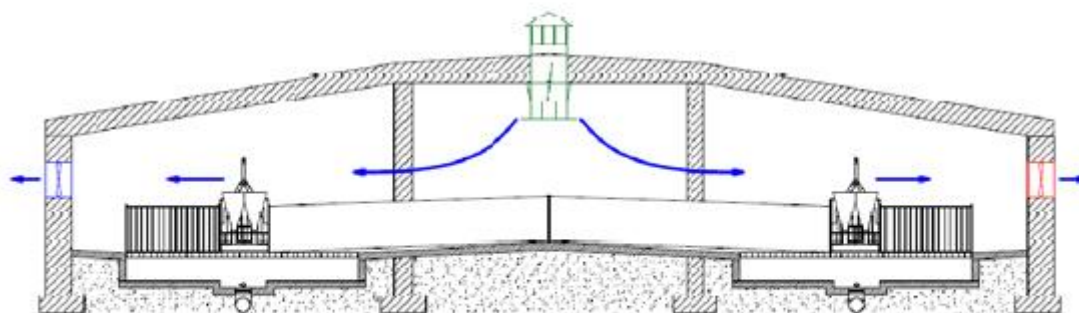
Естественно это сказывается и на продуктивности животных.

Поэтому в наших проектах мы используем и комбинированные системы вентиляции:

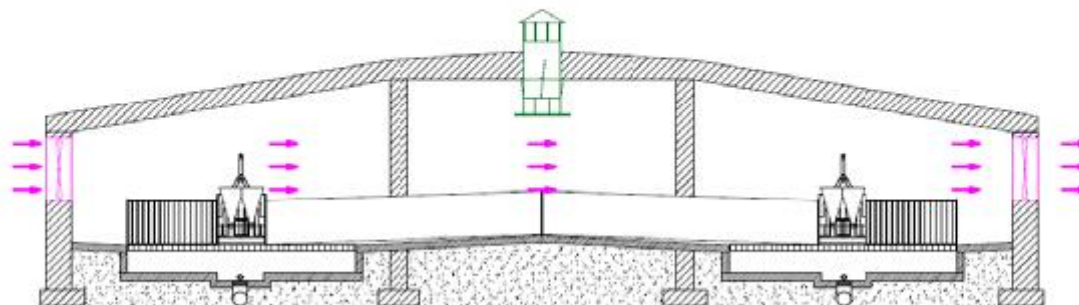
В холодный период года функционирует система отрицательного давления. Приток воздуха - пассивный через вентиляционные шахты, расположенные в потолочных перекрытиях. Вытяжка при этом обеспечивается осевыми

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 снижаются теплотери через крышу и используется более тёплый воздух в верхней части помещения для подогрева холодного приточного. Половина этих вентиляторов, расположенных с одной стороны здания являются реверсивными. Это позволяет использовать их для принудительного притока воздуха в теплый период года.

*Направление воздушных потоков в
зимний период*



*Направление воздушных потоков в
теплый период*



В теплый период года, когда описанная система вентиляции не обеспечивает поддержание нормативной температуры в помещении (при сильном ее повышении) начинает функционировать система равного давления. При этом начинают

работать пары мощных вентиляторов. Вентиляторы, работающие 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 летний период также можно использовать схему зимнего периода, но при этом количество приточных шахт должно соответствовать подаче воздуха летнего периода и воздух должен быть направлен 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. Исключение составляет канадский вариант притока свежего воздуха сбоку под стрехой крыши. В этом случае большая вероятность попадания выбросного воздуха в приточный, особенно в зимний период, что снижает эффективность системы вентиляции.

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

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 торца здания, 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, которого 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.

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

Сравнительный анализ эффективных систем отопления будет рассмотрен в следующей статье.