

Национальная академия наук Беларуси  
Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству»

## РЕКОМЕНДАЦИИ

по усовершенствованию технологических и технических решений систем вентиляции, навозоудаления, водопотребления для содержания свиней в цехе дорастивания.

Жодино - 2008

УДК 631.22.018:628.8

Рекомендации разработаны научными сотрудниками РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук по животноводству»: Ходосовским Д.Н., Беззубовым В.И., Хоченковым А.А., Шацкой А.Н.

Рецензенты: канд. с.-х. наук Гридюшко И.Ф., канд. с.-х. наук и Ковалевский И.А.

Рекомендации рассмотрены и одобрены: Ученым Советом РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по животноводству» (протокол № 22 от «8» ноября 2007 г.) и на заседании секции научно-технического совета главного управления интенсификации животноводства и продовольствия, главного управления ветеринарии Минсельхозпрода (протокол № 2 от 28 марта 2008 г.).

Рекомендации предназначены для специалистов и работников отрасли свиноводства

## ВВЕДЕНИЕ

В ведущих странах мира отрасль свиноводства характеризуется динамичным развитием, освоением интенсивных технологий, постоянным повышением продуктивности животных, что обеспечивает устойчивое увеличение производства мяса.

В последние годы в развитых странах происходит постоянное увеличение объемов продукции свиноводства на 3-4 %.

Привлечение дополнительных энергетических ресурсов является неотъемлемой частью процесса интенсификации современного животноводства и увеличения производства животноводческой продукции. Известно, что в сельском хозяйстве Республики Беларусь на единицу продукции расходуется энергоресурсов в 3-4 раза больше, чем в развитых Европейских странах [1].

Одной из главных причин, тормозящих производство свинины, является дефицит энергоресурсов и их удорожание. Республика Беларусь обеспечена энергоресурсами на 8-10 %, поэтому остальное приходится закупать за рубежом. Свиноводство, являясь энергонасыщенной отраслью, требует поиска оптимальных путей снижения энергоемкости продукции. Учитывая, что 80 % свинины в республике производится на крупных промышленных комплексах, экономия энергоресурсов становится острой необходимостью.

Вместе с тем, эксплуатация свиноводческих предприятий в нашей стране и за рубежом вскрыла присущие всем крупным свинокомплексам недостатки промышленной технологии. Значительная концентрация одной и той же половозрастной группы животных неизбежно приводит к накоплению патогенной микрофлоры, снижению сохранности поросят и скорости роста молодняка [2, 3, 4, 5].

Нормативные сроки использования свиноводческих комплексов в нашей стране не заложены в нормы технологического проектирования (РНТП). Согласно некоторым проектам стены и кровля могут служить 30-50 лет [6]. Предполагается, что реконструкция, связанная с кормораздачей и водопотреблением, может проводиться один раз в 12 лет, вентиляции и перекрытий крыш – в 25 лет. Однако на практике эти сроки при эксплуатации таких конструкций и оборудования в экстремальных условиях (высокая влажность, аммиак и т.д.) значительно ниже. Арматурная сталь потолочных перекрытий разрушается уже в первые 10 лет, перекрытия начинают обваливаться, станочное оборудование служит на протяжении 10-15 лет.

Согласно данным литературы, такие предприятия в США эксплуатируют 15-18, в Италии – 17-20 лет, после чего их закрывают на реконструкцию на 2-3 года [7]. В современных условиях нашей страны осуществить длительную остановку комплексов на санацию и полную реконструкцию не представляется возможным из-за последующего за этим резкого падения объема производства свинины и угрозой продовольственной безопасности страны.

В последние годы на свиноводческих предприятиях стали усиливаться некоторые негативные явления. Прежде всего, это коснулось воспроизводства, продуктивности и, особенно, сохранности молодняка (поросят-сосунов и отъемышей), которая их снизилась с 85-87 % до 70-75 % [8]. На отдельных комплексах особое снижение отмечено в группе поросят-отъемышей. Сохранность в отдельные периоды выращивания снижается до 45-50 %. Это приводит к перерасходу комбикормов марки СК-11 и СК-16, необходимости держать дополнительное сверхнормативное количество свиноматок, соответственно и ремонтного молодняка, значительным экономическим потерям: содержание одной матки обходится более 450 тыс. руб. в год, в переводе на комбикорм только для маток перерасход составляет 315000 руб., или примерно 150 \$.

Сохранность связана с рядом факторов, таких как биологическое старение помещений, высокая концентрация животных на ограниченных площадях, несовершенство отдельных технологических элементов систем создания микроклимата, биологически неполноценные корма, новые инфекционные заболевания (РРСС, СПМИ, коронно- и цирковирусная инфекция и др.), появившиеся в последние годы.

Ассоциированное воздействие последних и широко распространенной условно патогенной микрофлоры вызывает длительно протекающие, весьма контагиозные и летальные массовые заболевания.

С целью создания комфортных условий содержания животных и улучшения технологии предпринимается реконструкция существующих зданий свиноводческих комплексов. Однако разные варианты реконструкции имеют неодинаковую экономическую эффективность.

Поэтому сравнение и оценка различных вариантов реконструкции зданий для содержания молодняка на доращивании, как наиболее уязвимой половозрастной группы, в условиях промышленного свиноводства является актуальной.

## **1. Характеристика вариантов зданий для доращивания молодняка свиней**

В опытах изучались основные характеристики 5-ти секции для молодняка на доращивании на двух крупных свиноводческих комплексах: РУСПП “Свинокомплекс Борисовский” Борисовского района мощностью 108 тыс. голов (три варианта зданий – В0, В1, В2) и РУП “Совхозкомбинат “Заря” Мозырского района мощностью 54 тыс. голов (два варианта – В3, В4).

В РУСПП “Свинокомплекс Борисовский” типовой вариант (В 0) сектора для доращивания имеет 24 станка и рассчитан на 600 постановочных мест. Кормление осуществляется вволю сухими гранулированными полнорационными комбикормами марки СК-16, СК-21. Раздача корма механическая через шайботросовый транспортёр, расположенный около наружной стены сектора. Внутри сектора расположены 2 шнековых транспортера шириной 60 см, перпендикулярных шайботросу, в которые корм поступает в кормушки. В станке сплошной бетонный пол. На расстоянии 60 см от кормушки располагается возвышение высотой 5 см, внутри которого находится электрическая спираль для подогрева данного участка пола. Площадь возвышения 1,15 м<sup>2</sup> (0,85 м x 1,35 м). В противоположном от кормушки крае станка расположен навозный канал, зарешеченный железобетонной решеткой, шириной 60 см, над которым располагается нипельная поилка. Вытяжка воздуха осуществляется через две вытяжные шахты, в которых установлены вытяжные вентиляторы. В переходный и в зимний периоды года воздух, поступающий с улицы, подогревается калорифером КСК-9. Температурный режим поддерживается при помощи датчика температуры на уровне 20-22 °С. При снижении температуры ниже оптимальной (20 °С) автоматически включается подача теплого воздуха, и отключение происходит при повышении температуры до 22 °С. Экскременты накапливаются в навозном канале и удаляются при помощи гидросмыва два раза в неделю.

Секция, реконструируемая по первому варианту (В1), по вместимости и площади равна типовой секции. В ней располагаются 40 станков, которые имеют следующие размеры: ширина – 1,58 м, глубина – 2,55 м, высота ограждения – 0,68 м. Станки располагаются в пять рядов, между которыми расположены три прохода. Все пространство секции покрыто решетчатым полом. Их уровень по отношению к полу галереи выше на 60 см. Кормление осуществляется полнорационными комбикормами. Корма при помощи шайботросового кормораздатчика подаются в кормушке тарелочного типа (марка TUBE-MAT CLEAN). Одна кормушка обслуживает два станка. Внизу к кормушке подведена поилка, что дает возможность животному самостоятельно увлажнять корм при поедании. Кормление осуществляется вволю из расчета одно кормоместо на пять голов. Экскременты накапливаются в пяти бетонных ваннах (каждая на один ряд станков). Один раз в неделю вынимаются пробки, и навоз самотёком удаляется из ванн без дополнительного добавления воды. Поступает воздух в сектор из галереи за счёт разницы в давлении (10 Па) и отработанный воздух удаляется из секции через 4 вытяжные шахты, в которых установлены вентиляторы. Микроклимат поддерживается автоматизированной системой регуляции при помощи датчиков температуры. Раздача кормов и поение животных осуществляется системой комплектного оборудования фирмы “Роксель” (Бельгия).

Секция, реконструированная по второму варианту (В2), имеет 40 станков, расположенных в пять рядов по восемь станков в каждом. Галерея в полузданиях с данным видом реконструкции утеплена газосиликатными блоками толщиной 0,1 м, воздушной прослойкой шириной 0,08 м. При входе в секцию имеется проход от внутренней стены шириной 1,6 метра. Пол в станках выполнен из пластмассовых решеток и приподнят на высоту 80 см. Под решетчатыми полами на всю площадь станка установлены металлические ванны, закрываемые пробками, которые освобождаются от экскрементов 1 раз в неделю. После каждого спуска навозных масс в ванну на 1/3 (0,1 м) добав-

ляется вода. В отличие от двух приведенных выше вариантов зданий, где потолок совмещен с крышей, в данном варианте реконструкции подвесной потолок выполнен из сайдинга (панелей ПВХ) и находится на высоте 3 м от пола сектора и 2,2 м от уровня пола станка. Забор воздуха происходит из галереи через 2 отверстия (размером 0,4 м x 0,4 м), расположенные на уровне пола. В зимний период осуществляется подогрев подаваемого воздуха с помощью нагревательных элементов, смонтированных с внутренней стороны стены секции. Над воздухозаборными отверстиями в секторе расположены вытяжные вентиляторы: 2 потолочные на высоте 1,8 м и один оконный на высоте 1,2 м от уровня пола в станках. В начале периода дорастивания, когда живая масса поросят не более 18 кг, используется один оконный вентилятор, в последующем для обеспечения микроклимата в работу включаются и крышные вентиляторы. Кормление происходит полнорационными комбикормами, которые при помощи шайботроса подаются в боксовые кормушки. Одна кормушка предназначена на 2 станка, по 4 кормоместа в каждом.

Третий (В3) и четвертый (В4) варианты реконструкции изучались в РУП «Совхоз-комбинат «Заря» Мозырского района. Третий вариант (В3) характеризуется стенами с утеплением газосиликатными блоками толщиной 0,3 м, с воздушной прослойкой 0,1 м, утеплением перекрытий слоем минераловатных плит толщиной 0,2 м. В секции имеется 24 станка, размером 3,5 м x 2,4 м, где содержится 12-13 голов. В станке сплошной бетонный пол. В противоположной от кормушки стороне станка находится навозный канал шириной 0,6 м, закрытый бетонной решеткой, над которой расположена сосковая поилка. Для обогрева поросят на расстоянии 0,6 м от кормушки расположен обогреваемый участок пола на возвышении 0,03 м, площадью 0,96 м<sup>2</sup> (0,8 м x 1,2 м). Для улучшения теплоизоляционных свойств бетонного пола и снижения влажности воздуха сплошная часть пола в станке подстилается опилками из расчета 200 г на голову в сутки и мелом из расчета 60 г/м<sup>2</sup>, которым посыпаются также проходы между станками. Кормление осуществляется полнорационным комбикормом СК-21 с помощью тележки ТУ-300А три раза в день. Воздух в секцию поступает из галереи по двум полиэтиленовым воздуховодам с перфорированными отверстиями диаметром 2-3 см, расположенным на высоте 3 м от пола. Удаление воздуха из секции происходит через 4 вентиляционные шахты естественным путем. Навозоудаление осуществляется через навозный канал с уклоном 2°, проходящий через 1 ряд станков. В навозный канал наливается вода на высоту 0,3 м от выпускногошибера. Навоз из каналов удаляется 1 раз в 2 недели.

Вариант реконструкции В4 отличается от предыдущего большим количеством постановочных мест (750 голов). Забор воздуха осуществляется из тамбура. На высоте 3 м расположены 3 воздуховода, и вытяжка воздуха осуществляется через 6 шахт, внутри которых расположены вентиляторы с автоматизированным контролем микроклимата. Кормление, навозоудаление, утепление стен и подогрев пола в станках аналогичны варианту В3.

## **2. Тепловой баланс свинарников для дорастивания поросят**

С целью выявления оптимальных вариантов реконструкции был произведен расчет теплового баланса пяти свинарников для дорастивания поросят [9, 10]. Здание В1 в РУСПП «Свинокомплекс Борисовский» построено по типовому проекту и расчеты теплового баланса по нему взяты за основу при оценке вариантов реконструкции.

Расчет поступлений свободного тепла в свинарниках для дорастивания поросят (табл.1) проводился на нормативную температуру для данной технологической группы +22 °С и относительную влажность 70%. Было также приведено теплопоступление к нормативной температуре. Поступление свободного тепла в здание в РУСПП «Свинокомплекс Борисовский» на 30,4 % было выше, чем РУП «Заря». Это обусловлено как различным числом содержащихся в секции животных, так и разным количеством секций в свинарнике.

Количество влаги, выделяемой животными, обусловлено их живой массой, а также нормативной температурой в секции. Чем выше температура воздуха в секции, тем больше влаги выделяет организм животного. В общее количество влаги, поступающей в помещения, включено 10% от выделений влаги животными на испарение (табл. 2).

Таблица 1 – количество тепла, выделяемого поросятами на дорастивании

Показатели	Свинарники	
	РУП «Совхоз-комбинат «Заря» <b>В3 и В4</b>	РУСПП «Свинокомплекс Борисовский» (традиционная технология и оба вида реконструкции) <b>В0, В1, В2</b>
Количество секций в свинарнике	11	7
Количество животных в секции, голов	300	600
Средняя масса поросенка на дорастивании, кг	20	
Поступление свободной теплоты от 1 животного, ккал/час	86,7	
Нормативная температура воздуха в помещении, С	22	
Коэффициент приведения теплоступлений к нормативной температуре	0,54	
Поступление свободного тепла в секцию, Вт/ч	16456	33709
Поступление свободного тепла в здание, Вт/час	181016	235964

Таблица 2 – поступление влаги, г/час

Показатели	Свинарники	
	РУП «Совхоз-комбинат «Заря» (реконструкция) <b>В3 и В4</b>	РУСПП «Свинокомплекс Борисовский» (традиционная технология и оба вида реконструкции) <b>В0, В1, В2</b>
Количество секций в свинарнике	11	7
Количество животных в секции, голов	303	600
Поступление водных паров от 1 животного	59,5	59,5
Поступление влаги от животных, г/час в секцию	32451	64260
Поступление влаги от животных, г/час в свинарник	356964	449820
Добавочная влага, 10% от влаги, выделяемой животными	35696	44982
Итого поступившей влаги в свинарник, г/час	392660	494802

Таблица 3 – расход вентиляционного воздуха (для свинарников РУСП «Совхоз-комбинат «Заря» и свинарников по традиционной технологии РУСПП «Свинокомплекс Борисовский»)

Показатели	РУП «Совхоз-комбинат «Заря» <b>В3 и В4</b>			РУСПП «Свинокомплекс Борисовский» (традиционная технология) <b>В0</b>		
	Температура наружного воздуха, С					
	-24	-10	0	-24	-10	0
Влагопоступление в свинарник, г/час	392660	392660	392660	494802	494802	494802
Температура воздуха в галерее, С	5	11	16	-	-	-
Расход вентиляционного воздуха, м <sup>3</sup> /час	36357	44620	60410	34602	37485	44178
Расход вентиляционного воздуха, кг/час	43620	53540	72490	41522	44982	53014
Объем помещения в расчете на 1 животное, м <sup>3</sup>	3,5			1,8		

Расчет воздухообмена в свинарниках для доразивания поросят вели по трем температурным параметрам. При выборе величин исходили из данных Республиканского метеоцентра, методик расчета воздухообмена и положений СНБ 2.0401-97. Наименьшая величина наружного воздуха принималась минус 24 °С (средняя температура наиболее холодной пятидневки). Средняя температура холодного (зимнего) периода – минус 10 °С, средняя относительная влажность – 86%. Для переходного периода расчет вели на нулевую температуру и относительную влажность 91% (табл. 3 и 4).

Таблица 4 – расход вентиляционного воздуха в свинарниках для доразивания (реконструкция и реконструкция + подвесной потолок) РУСПП «Свинокомплекс Борисовский»

Показатели	Реконструкция <b>В1</b>			Реконструкция + подвесной потолок <b>В2</b>		
	Температура наружного воздуха, °С					
	-24	-10	0	-24	-10	0
Влагопоступление в свинарник, г/час	494802	494802	494802	494802	494802	494802
Температура воздуха в галерее, °С	3	5	9	2	7	10
Расход вентиляционного воздуха, м <sup>3</sup> /час	46243	48510	56874	38961	46243	51011
Расход вентиляционного воздуха, кг/час	55492	58212	69854	46753	55492	61213
Объем помещения в расчете на 1 животное, м <sup>3</sup>	1,5			0,96		

Таким образом, происходит определенное использование части биологического тепла, выделяемого животными (частичный рециклинг), что существенно снижает затраты энергии на подогрев приточного воздуха.

Наибольший объем помещения в расчете на 1 голову – 3,5 м<sup>3</sup> в свинарнике РУП «Заря» - вариант В3 (табл. 3). Проблему прогрева помещения и предотвращения простудных заболеваний поросят в этом варианте решается путем устройства обогреваемых полов в логове станка. Другой особенностью данного технологического решения является использование естественной тяги при вентилировании помещений (без применения искусственного побудителя во все сезоны).

Особенностью второго варианта реконструкции в РУСПП «Свинокомплекс Борисовский» (В2) является искусственное уменьшение объема помещения путем устройства подвесных потолков из сайдинга (панели ПВХ). На первом этапе при постановке поголовья это дает определенный положительный эффект. После мойки и дезинфекции секции лучше прогреваются, в них быстрее устанавливается требуемый по нормативам температурно-влажностный режим. Это в определенной мере предотвращает развитие респираторных заболеваний, которые часто проявляются в послеотъемный период. Однако с ростом животных становится более сложно, по сравнению с помещениями с традиционной кубатурой, вентилировать секции. Если при совмещенном потолке с кровлей на одну голову в РУСПП «Свинокомплекс Борисовский» (В0 и В1) приходится 1,5 м<sup>3</sup>, то при потолках из сайдинга – только 0,96 м<sup>3</sup> (табл. 4). Возрастает кратность воздухообмена, что увеличивает зависимость микроклимата секции от работы вентиляционного оборудования. Даже относительно непродолжительный выход из строя вентиляторов может значительно ухудшить микроклимат (увеличение влажности, нарастание концентрации аммиака и пр.), что нанесет значительный вред здоровью и продуктивности поросят.

Расход тепла на обогрев вентиляционного воздуха (варианты В0 и В3) представлен в таблице 5. Хотя с повышением температуры увеличивается расход вентиляционного воздуха (более теплый воздух содержит больше водяных паров), энергии на его обогрев тратится меньше. Так, в варианте В3 при повышении температуры от -24С до -10С расход тепла снизился на 18,1 %, а до 0<sup>0</sup>С – на 35,4 %. Еще более весомое снижение расхода тепла с повышением температуры наружного воздуха в варианте В0 – 23,9 и 37,5 %, соответственно.

Такие же тенденции по сокращению затрат энергии при повышении температуры наружного воздуха просматриваются в вариантах В1 и В2 (табл. 6).

Определенная часть энергии при поддержании параметров микроклимата в свинарниках тратится на испарение влаги с поверхностей. Чем хуже функционируют системы водообеспечения и навозоудаления, тем выше энергозатраты на удаление дополнительной влаги и вредных газов из помещения. Во всех технологических вариантах эти системы были в удовлетворительном состоянии, и дополнительной энергии на удаление избыточной влаги из помещения не требовалось.

Таблица 5 – расход тепла на обогрев вентиляционного воздуха (для свинарников РУП «С-к Заря» и свинарников по традиционной технологии РУСПП «Свинокомплекс Борисовский»)

Показатели	РУП «С-к Заря» <b>В3</b>			РУСПП «Свинокомплекс Борисовский» (традиционная технология) <b>В0</b>		
	Температура наружного воздуха, С					
	-24	-10	0	-24	-10	0
Расход вентиляционного воздуха, кг/час	43620	53540	72490	41522	44982	53014
Разница температур внутреннего и поступающего воздуха, С	18	12	7	47	33	23
Расход тепла на обогрев вентиляционного воздуха свинарника, ккал/час	188430	154200	121780	468368	356257	292637
Вт/час	226120	185040	146140	562042	427509	351164

Таблица 6 – расход тепла на обогрев вентиляционного воздуха в свинарниках для дорастивания (реконструкция и реконструкция + подвесной потолок) РУСПП «Свинокомплекс Борисовский»

Показатели	Реконструкция <b>В1</b>			Реконструкция + подвесной потолок <b>В2</b>		
	Температура наружного воздуха, С					
	-24	-10	0	-24	-10	0
Расход вентиляционного воздуха, кг/час	55492	58212	69854	46753	55492	61213
В т.ч. подаваемого с наружи здания	-	-	-	23377	27746	30607
В т.ч. из галереи	55492	58212	69854	23376	27746	30606
Разница температур внутреннего и наружного воздуха, С	-	-	-	47	33	23
Разница температуры внутреннего воздуха и воздуха галереи, С	20	18	14	21	16	13
Расход тепла на обогрев вентиляционного воздуха свинарника, ккал/час	279680	251476	234709	381508	326293	264442
Вт/час	335616	301771	281651	457810	391552	317330

Наиболее приемлемым в энергетическом отношении является вариант реконструкции РУСП «Заря». Для поддержания требуемых параметров микроклимата при отрицательных температурах (-24 и -10 °С) наружного воздуха необходимо поступление в помещение 115885 и 50502 Вт/час, соответственно.

В структуре затрат тепловой энергии наибольший удельный вес занимают теплопотери с вентиляционным воздухом. В варианте В3 они достигают 67 % от всех затрат (при температуре 24 °С). Во всех остальных вариантах они еще более весомы: В0 - от 79,8 до 80,3%, В1 - от 76,2 до 79,5%, В2 - от 80,8 до 82,0%. Значительно меньше энергии теряется через ограждающие конструкции: крыша - от 7,3 до 10,4%, стены, окна, двери – от 4,6 до 8,2 %, через пол - от 4,8 до 5,9%. Это означает, что наиболее перспективным путем экономии энергоресурсов в сфере обеспечения требуемых параметров микроклимата в свинарниках является не дальнейшее увеличение термосопротивления ограждающих конструкций, а совершенствование систем вентиляции, позволяющей повысить уровень использования вторичной энергии удаляемого из помещений воздуха.

Наибольшие затраты энергии в расчете на 1 животное отмечены в РУСПП «С-к Борисовский» при традиционной технологии (вариант В0). Данный проект с затратными техническими и технологическими решениями был разработан в 70-ые годы, когда были совершенно иные политические и экономические реалии. Стоимость энергии, идущей на поддержание микроклимата в себестоимости продукции, не превышала 3-4 %, и приоритет в строительстве животноводческих объектов отдавался другим критериям: скорости возведения объектов и их выходу на проектную мощность. В настоящее время источники энергии (газ, нефтепродукты, уголь) имеют постоянную и устойчивую тенденцию к росту. Снижение себестоимости свинины и повышение ее конкурентоспособности напрямую связано с уменьшением энергетической составляющей в ее структуре, что вынуждает разрабатывать менее энергоемкие технологии свиноводства. С этой точки зрения наиболее предпочтителен вариант обеспечения микроклимата в РУП «Заря» (В3). Энергозатраты на 1 голову в час составляют: при - 24 °С – 45,9 Вт, - 10 °С – 26,2 Вт, 0 °С – 10,9 Вт.

Таблица 7 – тепловой баланс свинарников для доращивания

Показатели	РУП «С-к Заря» <b>В3</b>			РУСПП «Свинокомплекс Борисовский» (традиционная технология) <b>В0</b>		
	Температура наружного воздуха, С					
	-24	-10	0	-24	-10	0
Поступление свободного тепла в здание от животных, Вт/час	181016	181016	181016	235964	235964	235964
Теплопотери на обогрев вентиляционного воздуха, Вт/час	226120	185040	141140	562042	427042	351164
Теплопотери на испарение влаги, Вт/час	28035	28035	28035	35329	35329	35329
Теплопотери через стены, ворота, окна, Вт/час	27519	18929	12341	49821	34132	23790
Теплопотери через крышу, Вт/час	35228	24734	17243	38217	26833	18702
Теплопотери через пол, Вт/час	16959	11740	7867	16717	11737	8170
Выделение тепла обогревательными ковриками, Вт/час	36960	36960	36960	-	-	-
Общий расход тепла, Вт/час	333861	268478	212822	702126	535073	437155
Тепловой баланс, Вт/час	-115885	-50502	<b>+540</b>	-466162	-299109	-201191
Затраты тепла в расчете на 1 голову, Вт/час	45,9	26,2	10,9	111,0	71,2	47,9

Тепловой баланс свинарника для доращивания поросят (В1) при всех трех контрольных температурах наружного воздуха в зимний и переходный периоды отрицателен (табл. 8). Затраты тепла на 1 животное составляют, соответственно, 48,7; 36,3 и 28,1 Вт/час. Это меньше, чем в базовом варианте В0 (на 26 – 70%), но больше, чем в варианте В3 (на 2,8 – 17,2 Вт/час в расчете на 1 животное).

Вариант В2 характеризуется комбинированной системой вентиляции (часть воздуха поступает с галереи, а часть – из-за пределов здания). Затраты энергии в расчете на 1 животное составляют: при -24 °С – 76,5Вт/час, - 10 °С- 56,4 Вт/час, 0 °С – 35,7 Вт/час.

Данные по расчету теплового баланса свинарников для доращивания поросят подтверждают, что для экономии энергоресурсов на поддержание системы микроклимата помещений наряду с тепловой реабилитацией ограждающих конструкций необходимо совершенствовать систему вентиляции для эффективной утилизации вторичного тепла.

Таблица 8 - тепловой баланс свинарников для дорастивания РУСПП «Свинокомплекс Борисовский» (реконструкция и реконструкция+ подвесные потолки)

Показатели	Реконструкция <b>В1</b>			Реконструкция + подвесные потолки <b>В2</b>		
	Температура наружного воздуха, С					
	-24	-10	0	-24	-10	0
Поступление свободного тепла в здание от животных, Вт/час	235964	235964	235964	235964	235964	235964
Теплопотери на обогрев вентиляционного воздуха, Вт/час	335616	301771	281651	457810	391552	317330
Теплопотери на испарение влаги, Вт/час	35329	35329	35329	35329	35329	35329
Теплопотери через стены, ворота, окна, Вт/час	31398	24310	17956	23512	17130	12905
Теплопотери через крышу, Вт/час	26057	18295	12751	28662	20125	14026
Теплопотери через пол, Вт/час	12070	8585	6312	11966	8518	6286
Общий расход тепла, Вт/час	440470	388290	353999	557279	472654	385876
Тепловой баланс, Вт/час	-204506	-152326	-118035	-321315	-236690	-149912
Затраты тепла в расчете на 1 голову, Вт/час	48,7	36,3	28,1	76,5	56,4	35,7

### 3. Микроклимат

Результаты мониторинга микроклимата в секциях в зимний период года для содержания поросят-отъемышей в РУСПП «Свинокомплекс Борисовский» и РУП «С-к «Заря» представлены в таблице 9.

Установлено, что в зимний период температура воздуха в зоне расположения животных на высоте 0,5 м в типовой секции В 0 и реконструированных секциях в РУСПП «Свинокомплекс Борисовский» была в пределах нормы. В вариантах реконструкции в РУП «С/к «Заря» Мозырского района она была ниже нормы, хотя это снижение было невелико и составило в варианте В 3 –0,6 °С, а в варианте В 4 – всего 0,3 °С.

В этот период температура наружного воздуха находилась в пределах от –10 до -20 °С, что и отразилось на колебании внутренней температуры. В секции В 3, где используют естественную вентиляцию, температура воздуха за период наблюдений изменялась от 17,4 °С до 19,3 °С, что отличается от нормы (22 °С). Это можно объяснить тем, что действующая система вентиляции не обеспечивала подогрев приточного воздуха в холодное время. В секции В 4, где используется сочетание естественной вентиляции с механической системой удаления отработанного воздуха, зимней температура внутреннего воздуха была ниже в зоне нахождения поросят и была ниже допустимой на 0,3 °С.

Таблица 9 - параметры микроклимата в секциях для порослят-отъемышей в зимний период, М±м

Показатели	РУСПП «С/к «Борисовский»			РУП «С-к «Заря»	
	<b>В0</b>	<b>В1</b>	<b>В2</b>	<b>В3</b>	<b>В4</b>
Температура внутреннего воздуха °С:					
0,5 м	19,7±0,46	20,7±0,37	21,5±0,47	17,4±0,33	17,7±0,47
1,5 м	21,8±0,52	22,5±0,47	23,2±0,34	19,3±0,36	20,0±0,40
Содержание аммиака, мг/м <sup>3</sup> :					
0,5 м	16,5±0,37	13,7±0,46	13,0±0,37	16,5±0,52	6,3±1,19
1,5 м	18,5±0,32	15,9±0,48	15,4±0,30	18,4±0,98	8,7±0,83
Скорость движения воздуха, м/с:					
0,5 м	0,15±0,004	0,16±0,005	0,16±0,002	0,19±0,036	0,11±0,025
1,5 м	0,17±0,004	0,18±0,006	0,19±0,003	0,25±0,044	0,18±0,029
Относительная влажность воздуха, %	79±1,2	78±0,6	71±0,8	89±2,7	82±1,3
Бактериальная обсемененность, тыс. КОЕ/м <sup>3</sup> :					
- общая	2917±1442,8	1307±477,2	1939±390,8	414±23,3	366±61,0
- группа стафилококков	501±280,5	119±44,4	674±53,9	275±38,2	259±0,0
- группа кишечной палочки	6±2,6	3±1,9	6±5,4	3±2,5	1±1,1

Содержание влаги в воздухе во всех изучавшихся вариантах в зимний период было выше нормы (40-70 %). Однако максимально благоприятным по влажностному режиму оказался вариант В 2, где используется механическая подача воздуха с подогревом и объем воздуха значительно меньше из-за низких потолков из ПВХ. Наибольшее значение относительной влажности внутреннего воздуха установлено в секции с естественной вентиляцией В 3, где превышение нормы составило 19 %. В секции В 4 превышение составило 12 %. Движение воздуха совместно с температурой и влажностью вызывает изменения в теплообмене животных с окружающей средой. По данным исследований видно, что основная часть изучаемых секторов в зимний период имела скорость движения воздуха ниже нормы РНТП-1-2004, которая составляет 0,2 м/с. Максимально близкой этому значению оказалась секция В 3 с естественной вентиляцией, где в зоне нахождения животных уровень скорости движения воздуха был равен 0,19 м/с. Самое низкое значение скорости движения воздуха соответствовало секции В4, где отработанный воздух удалялся механически: здесь показатель был ниже нормы на 45 %. Уровень аммиака в воздухе отражается на всех жизненно важных функциях организма. Превышение нормы этого показателя приводит к анемии поросят, вызывает поражение слизистых оболочек глаз, дыхательных путей, приводит к легочным заболеваниям и падежу, особенно на ранних стадиях доращивания поросят. Согласно нормам РНТП-1-2004 уровень содержания аммиака в воздухе не должен превышать 20 мг/м<sup>3</sup>. Наименьшее значение этого показателя наблюдалось в секции В 4, где используется сочетание естественной вентиляции с механическим удалением отработанного воздуха, и этот показатель был ниже предельно допустимого уровня на 69 %. Несмотря на низкую скорость движения воздуха в этой секции, такой уровень аммиака может быть связан с применением подстилки, действующей не только как утеплитель, но и как сорбент вредных примесей в воздухе и влаги. В остальных секторах уровень содержания аммиака был также ниже предельно допустимого уровня.

Из проведенных исследований наиболее благоприятным для животных по уровню параметров микроклимата является вариант В 4, где используется сочетание естественной вентиляции с механическим удалением отработанного воздуха.

#### 4. Продуктивность молодняка свиней в РУСПП «Свинокомплекс Борисовский» и РУП «Совхоз-комбинат «Заря»

Как показывают данные (табл. 10), живая масса поросят-отъемышей при постановке на доращивание в РУСПП «Свинокомплекс «Борисовский» и РУП «С/к «Заря» имела существенные различия. Это связано с разными сроками отъема поросят от маток в этих сельскохозяйственных предприятиях. В РУСПП «Свинокомплекс «Борисовский» отъем от маток происходит в 35 дней, и доращивание начинается с этого возраста в зданиях с вариантами В0, В1 и В2. В РУП «С-к «Заря» в 55 дней поросят отнимают от маток, и они находятся на доращивании до передачи на откорм (В3). В зданиях варианта В4 поросят-отъемышей также переводят на доращивание в возрасте 55 дней и доращивают до сдачи на откорм. Срок передачи животных на откорм во всех вариантах был одинаковым – 115 дней, поэтому сравнение конечных результатов по цеху доращивания можно считать корректным.

В зимний период в зданиях РУСПП «Свинокомплекс «Борисовский» В1 и В2 живая масса молодняка свиней при снятии с доращивания была достоверно выше ( $P \leq 0,05$  и  $P \leq 0,01$ ), чем в варианте В0, где животные содержались на сплошных бетонных полах, соответственно, на 8,2 и 10,4 %. Полученный абсолютный прирост за период доращивания в этих зданиях подтверждает данную тенденцию и имеет достоверные превышения в сравнении с животными типового здания на 11,4% - в варианте В1 и 15,3 % в варианте В3.

Таблица 10. – продуктивность молодняка свиней на доращивании в зимний период в зданиях различного типа,  $M \pm m$ .

Показатели	РУСПП «С/к «Борисовский»			РУП «С-к «Заря»	
	В0	В1	В2	В3	В4
Живая масса 1 гол. при постановке на доращивание, кг	9,5±0,2	9,3±0,21	9,4±0,19	17,7±0,44	16,7±0,25
Живая масса 1 гол. при снятии с доращивания, кг	34,5±0,6	36,4±0,6*	36,9±0,67**	49,9±0,5***	45,2±0,5***
Абсолютный прирост за период доращивания, кг	24,9±0,58	27,1±0,65*	27,4±0,55**	32,2±0,7***	28,5±0,49***
Среднесуточный прирост за период доращивания, г	311±7	339±8 *	342±7**	466±10***	501±9***
Сохранность, %	74,0	77,6	80,0	81,5	77,8

Здесь и далее - \* -  $P \leq 0,05$ ; \*\* -  $P \leq 0,01$ ; \*\*\* -  $P \leq 0,001$

Сложившаяся зоогигиеническая обстановка в секциях с решетчатыми полами и механической вентиляцией с подогревом способствовала укреплению организма молодняка свиней в самый холодный период года. Это повлияло на формирование более высокой продуктивности. Так, среднесуточный прирост поросят на доращивании в секторах В1 и В2 оказался выше по сравнению с В0 на 9,0% ( $P \leq 0,05$ ) и 10,0% ( $P \leq 0,01$ ), что также способствовало повышению сохранности на 4,8 и 4,4 %. Молодняк свиней, который содержался в секторах с вариантами В3 и В4 (РУП «С-к «Заря») при снятии с доращивания имел живую массу, которая была выше, чем масса их сверстников из сектора с вариантом В0, соответственно, на 44,6 и 31,0 % с достоверной разницей  $P \leq 0,001$ .

Полученный абсолютный прирост за период доращивания имел достоверное превышение ( $P \leq 0,001$ ) в вариантах В3 и В4 по сравнению с приростом, полученным в типовом варианте В0 на 23,9 и 14,6 %, соответственно, и, как следствие, в результате периода доращивания в зимний пери-

од был получен среднесуточный прирост, который был выше, чем в варианте В0 на 49,8 (В3) и 61,1 % (В4). Сохранность в этих секторах была больше, чем в В0 на 7,5 и 3,8 %, соответственно.

Таким образом, продуктивность и сохранность молодняка при всех изучавшихся вариантах реконструкции была выше, чем в типовых помещениях с традиционной технологией содержания. Наиболее эффективным из изучавшихся вариантов реконструкции был вариант В4, где использовалось наружное утепление стен, подстилочный материал, была увеличена площадь пола на 1 голову молодняка свиней и естественная вентиляция использовалась в сочетании с механическим удалением воздуха.

### 5. Затраты энергетических ресурсов в зданиях для молодняка свиней на дорастивании

В таблице 11 приведен сравнительный анализ расхода электрической энергии в зимний период года в РУСПП «Свинокомплекс «Борисовский» и РУП «С-к «Заря» по изучавшимся вариантам зданий В0-В 4. Из данных таблицы видно, что наибольшую долю в объеме затрат в РУСПП «Свинокомплекс «Борисовский» на голову молодняка свиней занимает подогрев воздуха. Так, по вариантам В 0, В 1 и В 2 этот показатель изменяется от 64,8 до 76,4 %. В качестве обогревателей в секторе В 0 используется калорифер КСК-9 мощностью 5,5 кВт/ч, в секторах В 1 и В 2 – обогреватель типа «Вохер» мощностью 10 кВт/ч. Наибольший удельный вес затрат на обогрев соответствует варианту В 2. По сравнению с типовым вариантом В 0 это превышение составляет 11,6 %.

Система вентиляции в секторах В0-В 4 представлена вентиляторами различного типа. Вариант сектора В0 (на 600 голов) имел 2 вида: два вентилятора, расположенные в крыше мощностью 0,37 кВт/ч, которые забирают отработанный воздух и выбрасывают его на улицу, и один вентилятор мощностью 0,5 кВт/ч, расположенный в воздуховоде, идущем через галерею, который подает воздух с улицы в сектор. В секторе с вариантом реконструкции В1 (на 600 гол.) имеются четыре вентилятора типа «Аир», расположенные в крыше мощностью 8 кВт/ч, которые удаляют отработанный воздух из сектора на улицу.

Таблица 11 - затраты электрической энергии в зимний период в помещениях цеха дорастивания за месяц, кВт/ гол.

Статьи затрат	РУСПП «Свинокомплекс Борисовский»						РУП «С-к «Заря»			
	<b>В0</b>	ст-ра, %	<b>В1</b>	ст-ра, %	<b>В2</b>	ст-ра, %	<b>В3</b>	ст-ра, %	<b>В4</b>	ст-ра, %
Вентиляция	1,49	14,6	4,8	27,6	1,92	18,3	0	0	1,07	14,1
Подогрев воздуха	6,60	64,8	12,0	69,0	8,0	76,4	0	0	0	0
Подогрев пола	1,32	13,8	0	0	0	0	9,22	96,0	6,14	81,1
Освещение	0,03	0,3	0,04	0,2	0,05	0,5	0,24	2,5	0,22	2,9
Раздача корма	0,09	0,9	0,06	0,3	0,09	0,9	0,04	0,4	0,04	0,5
Затраты на подачу воды	0,07	0,7	0,05	0,3	0,04	0,4	0,08	0,8	0,08	1,1
Затраты на перекачку навозных масс	0,58	5,7	0,45	2,6	0,37	3,5	0,02	0,2	0,02	0,3
<b>Итого</b>	<b>10,18</b>	<b>100</b>	<b>17,4</b>	<b>100</b>	<b>10,47</b>	<b>100</b>	<b>9,6</b>	<b>100</b>	<b>7,57</b>	<b>100</b>

В секторе В2 имеются один оконный вентилятор мощностью 1,1 кВт/ч и два крышных вентилятора мощностью 0,25 кВт/ч, которые удаляют воздух из сектора. В секторе с вариантом В4 в «С-к «Заря» на 750 голов установлены 6 вентиляторов мощностью 0,37 кВт/ч, которые также работают на вытяжку по 12 часов в сутки. По объему затрат электроэнергии на вентиляцию наибольшей долей затрат характеризуется вариант реконструкции В 1, что превышает типовой вариант на 3,31 кВт/ч (3,2 раза). Наименьший процент энергии, затраченной на вентиляцию, характе-

рен для варианта реконструкции В 4: в сравнении с контролем расход электроэнергии на вентиляцию в расчете на 1 голову молодняка свиней здесь был ниже на 0,42 кВт/ч (28,2 %).

Подогрев пола в станках сектора дорашивания использовался в трёх вариантах – В0, В3 и В4. Подогрев осуществляется при помощи электрообогреваемых ковриков, расположенных в станках. В варианте В0 коврики работают 24 ч в сутки в течение первого месяца в начале постановки на дорашивание. Их мощность 125 Вт. В секторах В 3 и В 4 мощность ковриков 160 Вт, они работают круглосуточно. За счет этого частично идет подогрев воздуха в зоне нахождения животных. Как показывают данные, в станках секторов В 3 и В 4 подогрев пола занимает основное место в структуре затрат и, соответственно, на 83,0 и 68,1 % больше, чем в контрольном варианте В0.

. В структуре затрат освещение занимает от 0,2 до 2,9 %. Максимальный процент соответствует сектору В4 вместимостью 750 голов. По уровню затрат на раздачу корма наибольший удельный вес был в секторах В0 и В 2 и составлял 0,9 %. Затраты электроэнергии на подачу воды колебались от минимальных (0,3 % - в секторе В 1) до 1,1% и в секторе В4. По уровню затрат на перекачку навозных масс наибольший процент соответствует варианту В0 и составляет 5,7 % в общем объеме затрат электроэнергии.

За зимний период самое наименьшее количество энергии на 1 голову молодняка свиней (7,57 кВт) соответствовало варианту В4, а самое наивысшее значение (17,4 кВт/ч) – варианту В2, это на 7,22 кВт/ч, или 70,1 %, больше, чем в типовой секции.

Наиболее предпочтительным вариантом среди изучавшихся секторов по уровню затрат электрической энергии в переходный период является вариант В4.

Кроме перечисленных статей затрат в зимний период года в типовых секторах (вариант В0) использовалась тепловая энергия горячей воды, которая поступала по трубам в сектор для дорашивания и подавалась к калориферу КСК-9 для обогрева воздуха в холодный период года. По данным наших исследований, в зимний период расход тепла на 1 голову в месяц составил 0,02 Гкал тепла. Таким образом, с учетом использования тепловой энергии общие затраты энергии (тепловой и электрической) в типовой секции были выше, чем в любом варианте реконструкции (В1 - В4).

## 6. Экономическая эффективность

Полученные опытным путем результаты по продуктивности молодняка и затратам энергии послужили основой для определения экономической эффективности изучавшихся вариантов реконструкции цеха дорашивания. (табл. 12).

Таблица 12 - экономическая эффективность дорашивания молодняка свиней в зимний период в зависимости от варианта реконструкции

Показатели	РУСПП «Свинокомпл. Борисовский»			РУП «С-к «Заря»	
	В0	В1	В2	В3	В4
Получено прироста за период дорашивания, всего, ц	110,6	126,2	131,5	78,7	166,3
Получено прироста на 1 гол. при переводе на откорм, кг	24,9	27,1	27,4	32,2	28,5
Среднесуточный прирост, г	311	339	342	466	501
Объем энергозатрат за период дорашивания на сектор, кВт	16247	27770	16710	5760	11355
Стоимость энергозатрат за период дорашивания, тыс. руб.	3218,0	2846,4	1712,8	590,4	1163,9
Стоимость энергозатрат на 1 ц прироста, тыс.руб./ ц	29,1	22,6	13,04	7,5	7,0

По сравнению с типовой секцией В0 в РУП «С-к «Заря» существенно снижены энергозатраты и повышена комфортность содержания молодняка за счет увеличения площади станка на 1 голову, использования влагопоглощающей подстилки и применения системы навозоудаления периодического действия. Это в 3,9 и 4,2 раза ниже, чем в типовом варианте В0. В итоге это привело к снижению затрат энергии на 1 ц прироста, соответственно, в 1,3-2,2 раза.

Таким образом, наиболее эффективным, с экономической точки зрения, оказался вариант В4, где использовалась энергосберегающая технология с механическим удалением отработанного воздуха.

### Заключение

1. Наиболее эффективным вариантом реконструкции цеха доращивания является вариант В4, в котором проведена тепловая реабилитация наружных стен и перекрытий, а также переоборудована система подачи воздуха в секцию. Это способствовало получению наивысшей продуктивности в зимний период года. Зимой среднесуточный прирост молодняка на доращивании составил 501 г, что на 61,1 % выше, чем в контрольной группе.

2. Расчет теплового баланса подтвердил необходимость утепления наружных стен и перекрытий зданий для содержания молодняка на доращивании до уровня, когда коэффициент сопротивления теплопередаче составляет 3,2, для перекрытий – 3,7 м<sup>2</sup> \* °С/Вт. Система вентиляции с забором воздуха из тамбуров способствует частичному использованию биологического тепла животных в холодный период года на подогрев наружного воздуха и снижает затраты тепла в расчете на 1 голову по сравнению с типовым вариантом на 45 Вт/ч.

3. Экономическая эффективность от использования вариантов с энергосберегающей технологией с механическим удалением отработанного воздуха составила 22,1 тыс. руб./ц прироста.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Рекомендации сокращения затрат энергоресурсов в агропромышленном комплексе. – Мн. : Институт управления АПК, 2003. - 86 с.
2. Никитченко, И. Н. Адаптация, стрессы и продуктивность сельскохозяйственных животных / И. Н. Никитченко. С. И. Плященко. А. С. Зеньков. – Мн. : Ураджай, 1988. - 380 с.
3. Симарев, Ю. Влияние окружающей среды на физиологическое состояние свиней / Ю. Симарев // Свиноводство. - 1999. - №4. - С. 23-26.
4. Старлов, А. Влияние условий содержания на здоровье и продуктивность животных / А. Старков, К. Девин, Н. Пономарев // Свиноводство. - 2004. - №6. - С. 30-31.
5. Степанов, В. Содержание и кормление свиней на реконструируемых свиноводческих предприятиях / В. Степанов // Свиноводство. - 1998. - № 1. - С. 20-21.
6. Писарев, Ю. Реконструкция свиноводческих комплексов - реальный путь увеличения производства свинины / Ю. Писарев // Свиноводство. - 2002. - № 4. - С. 35-37.
7. Жученко, А. А. Энергетический анализ в сельском хозяйстве (методологические и методические рекомендации) / А. А. Жученко. В. Н. Афанасьев. - Кишинёв, 1988. - 128 с.
8. Шейко, И. П. Свиноводство : учебник / И. П. Шейко, В. С. Смирнов. – Мн., 2005. - 360 с.
9. СНБ 2.04.01-97. Строительная теплотехника. Строительные нормы Республики Беларусь. – Мн., 1998.
10. Теплотехнический расчет ограждающих конструкций зданий. - Минск : Минстройархитектуры РБ, 1996. – 67 с.
11. Панасевич, И. С. Теплотехнические расчеты. учебное пособие / И.С. Панасевич. – Горький : ГСХИ, 1983. - 74 с.
12. Медведский, В. А. Гигиена животных / В. А. Медведский, Г. А. Соколов. - Мн. : Адукацыя і выхаванне, 2003. - 608 с.