

В.В. СОЛЯНИК¹, С.В. СОЛЯНИК²

КОМПЬЮТЕРНАЯ ПРОГРАММА ДЛЯ РАСЧЁТА ТЕПЛОФИЗИЧЕСКОЙ И БИОЛОГИЧЕСКОЙ КОМФОРТНОСТИ УСЛОВИЙ СОДЕРЖАНИЯ СВИНЕЙ

¹РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук
Беларуси по животноводству»

²УО «Гродненский государственный аграрный университет»

Разработана блок-программа расчёта теплофизической и биологической комфортности условий содержания свиней. Определены уровни стресса животных в зависимости от температурно-влажностного состояния воздуха, а также градация теплового напряжения организма свиней. Использование блок-программы позволяет моделировать уровень продуктивности животных в зависимости от зооигиенической комфортности условий их содержания.

Ключевые слова: свиньи, микроклимат, комфортность, теплофизика, электронные таблицы.

V.V. SOLYANIK¹, S.V. SOLYANIK²

¹RUE «Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus
on Animal Husbandry»

²Grodno State Agrarian University

COMPUTER PROGRAM FOR CALCULATION OF THERMOPHYSICAL AND BIOLOGICAL COMFORTABLE CONDITIONS FOR PIGS MANAGEMENT

The block program for calculation of thermal and biological conditions of pigs comfort management was developed. The levels of animals' stress are determined depending on ambient temperature and humidity, as well as gradation of thermal stress of the pigs' body. Using of the block program makes allows simulating the level of productivity of animals depending on zoohygienic conditions comfort management.

Key words: pigs, microclimate, comfort, thermal physics, spreadsheets.

Введение. В Республике Беларусь развитие агропромышленного комплекса – это приоритетное научно-практической направление. При этом каждая отрасль АПК (растениеводство, животноводство) и конкретные их подотрасли находятся под пристальным вниманием руководства страны. Вероятно, нигде в мире на уровне главы государства не рассматриваются вопросы функционирования какой-либо отдельной подотрасли животноводства. Исключительно в нашей стране, в августе 2014 г., развитию свиноводства было посвящено совещание у Президента Республики Беларусь, после которого Совет Министров принял ряд постановлений для повышения эффективности этой подотрасли.

В СССР, а затем в странах СНГ строительство производственных зданий осуществлялось и осуществляется строго в соответствии с принятыми государственными стандартами. В частности, как и в Советском Союзе, в суверенной Беларуси приняты и действуют такие стандарты как «Строительная теплотехника. Нормы проектирования», «Строительная климатология и геофизика», «Отопление, вентиляция и кондиционирование» и др.

В соответствии с этими нормативными правовыми документами выполняются проектные работы, ведётся строительство зданий и сооружений, в т. ч. и животноводческих. Что касается последних, то с периодичностью в 5-10 лет в странах бывшего социалистического лагеря учёные в области строительной теплофизики и проектировщики возвращаются к разработке методики расчёта микроклимата животноводческих объектов (ферм, комплексов, фабрик). В нашей стране в 2014 г. задачу по разработке системы микроклимата для свинокомплексов перед НАН Беларуси поставил Президент Республики Беларусь и она должна быть выполнена до 15 июля 2015 г. [1]. При этом мониторинг процесса исполнения поручений Главы государства в соответствии с законодательством осуществляет Комитет государственного контроля Республики Беларусь.

Любому зооигиенисту и квалифицированному зоотехнику понятно, что здравомыслящий специалист не будет разрабатывать систему микроклимата в целом для животноводческого объекта. Эта система создаётся исключительно для конкретных зданий (помещений), в которых в соответствии с выбранной технологией производства размещаются половозрастные группы животных определённого вида, например: крупный рогатый скот, свиньи, птица и др. При этом в зависимости от выбранных для применения технологических решений осуществляется унификация систем микроклимата и прежде всего по закупаемому вентиляционному оборудованию для всех производственных зданий того или иного животноводческого объекта (фермы, комплекса).

Методологические подходы системы микроклимата для свиноводческих зданий подробно изложены в научных изданиях и практических рекомендациях [2, 3, 4, 5, 6, 7]. По этой тематике даже дважды была защищена диссертационная работа [8, 9]. Однако соискателю учёной степени кандидата сельскохозяйственных наук по специальности 06.02.04 – частная зоотехния, технология производства продуктов животноводства и 16.00.06 – ветеринарная санитария, экология, зооигиена и ветеринарно-санитарная экспертиза (сельскохозяйственные науки) при положительном решении совета по защите диссертаций и экспертного совета ВАК Президиумом ВАК в искомой степени было

отказано. В Постановлении Президиума ВАК было безапелляционно указано, т. к.:

- не приведены новые научные результаты по усовершенствованию системы формирования микроклимата и зоотехническому обоснованию параметров реконструкции свиноводческих помещений, а представленные результаты касаются практического подтверждения полезности технических решений по реконструкции свиноводческих помещений с использованием общеизвестных расчетных методик;

- предложенные соискателем рекомендации производству, заключающиеся в использовании пакета компьютерных программ «Микроклимат» при реконструкции свиноводческих помещений не вытекают из проведенных исследований.

Выводы Президиума ВАК были сделаны, несмотря на то, что в оценке научной новизны и практической значимости диссертационной работы соискателя было задействовано более тридцати докторов наук, учёных-специалистов в сельскохозяйственной отрасли науки, которые представляли все белорусские высшие учебные заведения, имеющие зооинженерные факультеты (УО «БГСХА», УО «ВГАВМ», УО «ГГАУ»), а также сотрудники РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству», и которые дали положительные заключения по ней. Кроме того, на автореферат диссертационной работы получено более пятнадцати положительных отзывов от учёных из Беларуси, России и Украины.

Таким образом, задача, поставленная Президентом Республики Беларусь, по разработке системы микроклимата для свинокомплексов, решена белорусскими учёными более десяти лет назад и весь этот период только совершенствуется [10, 11, 12, 13, 14].

Материал и методика исследований. Объектом исследования были программно-математические методы разработки и зооигиенической оценки микроклимата свиноводческих зданий для содержания конкретных половозрастных групп свиней. Предметом исследования была компьютерная программа зооигиенического и теплофизического расчёта баланса теплопродукции свиней и моделирование продуктивности животных.

Результаты эксперимента и их обсуждение. Расчёты учёных-теплофизиков показывают, что при улучшении теплоизолирующих свойств стеновых конструкций количество теряемой зданием теплоты снижается не линейно, а по гиперболе. Наибольший эффект в экономии тепла (почти 100 %) в такой модели здания наблюдается при увеличении сопротивления теплопередачи наружных стен ($R_0^{ПП}$) с 0,5 до 1,0 м²·°С/Вт; изменение $R_0^{ПП}$ стен с 1 до 2 м²·°С/Вт позволяет сэкономить тепловую энергию на 50 %; увеличением $R_0^{ПП}$ с 2 до 3 м²·°С/Вт

достигается экономия тепла еще на 16 %; с 3 до 4 м²·°C/Вт – ещё на 7 %; с 4 до 5 м²·°C/Вт – ещё на 3,5 %; с 5 до 6 м²·°C/Вт – еще на 2,3 %. Таким образом, повышение R₀^{ПП} на каждую термическую единицу даёт незначительный прирост экономии тепла. Поэтому российские учёные пришли к заключению о нецелесообразности планируемого строительными нормами чрезмерного увеличения R₀^{ПП} стен, особенно в северных районах страны [15].

Исходя из представленных тенденций нами разработана функция MS Excel для определения экономии тепла в зависимости от теплоизолирующих свойств стеновых конструкций:

	A	B	B
1	Сопротивление теплопередачи, м ² ·°C/Вт	Экономия тепла, %	Экономия тепла, %
2	4,3	=100,05028-99,199339*EXP(-7,6124527*A2^3,4766939)	5,5

Пересчёт с помощью разработанной нами программы рекомендуемого белорусскими учёными [16] увеличения коэффициента термического сопротивление наружных стен с 0,67 до 2,4 м²·°C/Вт показал, что это позволяет экономить тепло: при первом значении – почти 100 %, во втором случае – 31 %; для перекрытия, при тренде увеличения с 2,53 до 3,1 м²·°C/Вт, экономия тепла соответственно составляет 26,7 и 14,6 %.

С зоогигиенической точки зрения, прежде чем заниматься повышением теплоизолирующих свойств ограждающих конструкций, целесообразно провести расчёт экономической эффективности данных мероприятий, исходя из экономии тепла и затрат на повышение сопротивления теплопередачи. Для этого необходимо провести сравнение стоимости материалов и работ по возведению конкретной ограждающей конструкции, с определённым показателем сопротивления теплопередачи, со стоимостью сэкономленного тепла, а также определить срок окупаемости затрат. Важно помнить, что в большинстве животноводческих зданий с высокой плотностью поголовья, во-первых, внутренние условия помещения являются агрессивной средой для ограждающих конструкций, а во-вторых, сами ограждающие конструкции, которые эксплуатируются несколько десятков лет, служат «прибежищем» для различных болезнетворных организмов.

Строительная теплофизика тем и скандальна, что если все делать «по уму», то выбор стеновых теплоизоляционных материалов зачастую становится вторичным, а на первый план выходят критерии экологичности, долговечности и пожарной безопасности помещений [15].

«Технологическая усталость» ограждающих конструкций животно-

водческих помещений сродни «синдрому больного здания» («Silk house») [17], которому подвержено жилище человека. До середины XX в. считалось, что главный источник загрязнения в зданиях – это биологические выделения человека. Сегодня доказано, что строительные материалы, мебель, ковры, электронное оборудование и даже системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха сами могут являться загрязнителями. Вот почему один и тот же расход приточного воздуха в расчёте на человека в одних случаях обеспечивает хорошее качество внутреннего воздуха, в других – среднее, а в третьих – катастрофически низкое. Следовательно, необходимый расход вентиляционного воздуха должен рассчитываться с учётом всех известных загрязнителей воздуха [18].

Российские учёные указывают, что выполненные экономические расчёты с учётом материальных затрат на создание дополнительной индустриальной базы, а также энергозатраты на производство дополнительной теплоизоляции для удовлетворения норм вновь принятого теплотехнического законодательства показали, что они не могут окупиться даже через 50 лет, т. е. за срок, превышающий долговечность утеплителя из пенополистирольных и минераловатных плит [15].

На наш взгляд, для экспресс-определения комфортности условий содержания животных необходимо определять и знать не коэффициенты термического сопротивления ограждающих конструкции, а фактическую температуру их поверхности. Для этого можно использовать не только дорогостоящие тепловизоры [19], но и пирометры [20], т. е. приборы (инфракрасные термометры) для бесконтактного измерения температуры поверхности исследуемого тела (объекта).

Гигиенистам хорошо известно: если теплопродукция организма и потери тепла не сбалансированы, то в организме может наблюдаться накопление тепла, связанное с повышением температуры, или его дефицит, приводящий к переохлаждению организма. Система терморегуляции организма позволяет в определённых пределах обеспечивать баланс продуцируемого и теряемого телом тепла [21]. Однако возможности терморегуляции весьма ограничены. При этом тепловое состояние животного в этом случае неоптимальное, а условия, в которых оно находится, является дискомфортными.

Интенсивность отдачи тепла животным зависит от тепловой обстановки в помещении, которая определяется следующими показателями: температурой, подвижностью (скоростью движения) и относительной влажностью воздуха в помещении, температурами поверхностей, обращённых в помещение, расположение (относительно животного) и размеры которых определяют радиационную температуру помещения [10]. Комфортное сочетание этих показателей соответствует таким оп-

тимальным метеорологическим условиям, при которых сохраняется тепловое равновесие, отсутствует напряжение в процессе терморегуляции; в подавляющем большинстве случаев комфортное состояние этих показателей положительно сказывается на продуктивности животных, находящихся в помещении [6]. Допустимыми считаются такие метеорологические условия, при которых возникает некоторая напряжённость процесса терморегуляции и может иметь место небольшая дискомфортность тепловой обстановки [21].

По общему правилу, интенсивность отдачи теплоты организма животного зависит от тепловой обстановки в помещении и является функцией многих переменных, при этом ряд из них относится к группе основных параметров микроклимата. Для поддержания нормальной жизнедеятельности животные должны затрачивать определённое количество питательных веществ на образование энергии, которая необходима для компенсации всех видов теплопотерь, т. е. для адаптации животного организма к окружающей среде. Чем больше энергетических веществ расходуется в организме на адаптацию к окружающей среде, тем меньше их используется на производство продукции: мяса, молока, яиц, шерсти и др. [22].

Для определения степени теплового напряжения организма животных, по которому можно судить о дискомфорте тепловой обстановки в помещении и уровне продуктивности животных, нами предложена соответствующая 5-ступенчатая градация, сопряжённая с коэффициентами продуктивности.

С зоогигиенической точки зрения, для определения комфортности содержания животных основное внимание уделяется тенденциям теплообмена свободного (явного) тепла. На основе научной литературы по теплофизике, теплотехнике и зоогигиене [2, 21, 22] нами разработана компьютерная программа, реализованная в электронных таблицах MS Excel, позволяющая проводить оценку теплообмена свиней с окружающей средой и определять уровень продуктивности животных (таблица 1). Данная программа позволяет моделировать уровень тепловой напряженности для животных всех половозрастных групп свиней, а также рассчитать среднесуточные приросты растущего молодняка как один из показателей продуктивности животных.

Используемые в программе значения таких показателей как: теплопродукция организма (общая), Вт; теплопродукция организма (свободная (явная)), Вт; количество углекислоты, выделяемое организмом животного, $\text{дм}^3/\text{ч}$; влаговыделения животного, г/ч, рассчитываются по разработанным нами функциям от двух переменных: живая масса животного и температура окружающей среды [2, 12, 13].

Таблица 1 – Блок-программа расчета теплофизической и биологической комфортности условий содержания свиней и их продуктивности

	А	В	В
№ п/п	Наименование параметра	Фактические данные	Фактические данные
1	2	3	4
2	<i>ЖИВОТНЫЕ</i>		
3	Живая масса животного (молодняк свиней, 7-120 кг), кг	92	92
4	Плановая продуктивность: среднесуточный прирост, г	900	900
5	<i>МИКРОКЛИМАТ</i>		
6	Температура внутреннего воздуха помещения (0...25 °), °С	10	10
7	Скорость воздуха внутри помещения, м/с	0,1	0,1
8	Концентрация углекислоты в воздухе помещения (предельная), $\text{дм}^3/\text{м}^3$	3	3
9	Относительная влажность воздуха, %	70	70
10	<i>ПОМЕЩЕНИЕ</i>		
11	Ширина здания, м	18	18
12	Температура внутренней поверхности i-того вида наружного ограждения (Перекрытия), °С	14	14
13	Температура внутренней поверхности i-того вида наружного ограждения (Продольных стен), °С	14	14
14	Температура внутренней поверхности i-того вида наружного ограждения (Торцовых стен), °С	12	12
15	Температура пола, °С	30	30
16	Толщина пола или подстилки, м	0,4	0,4
17	<i>МЕТЕОРОЛОГИЯ</i>		
18	Концентрация углекислоты в свежем приточном воздухе (0,3...0,4) , $\text{дм}^3/\text{м}^3$	0,4	0,4
19	<i>БИО- И ТЕПЛОФИЗИКА</i>		
20	Ректальная температура животного, °С	39	39
21	Коэффициент, учитывающий долю поверхности тела животного (0,30...0,35)	0,35	0,35

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	
22	Коэффициент, учитывающий продолжительность лежания животного (для свиней - 0,7...0,9)	0,9	0,9	
23	Коэффициент, учитывающий долю излучающей поверхности тела (0,65...0,70)	0,65	0,65	
24	Степень черноты шерстного покрова животного (0,94...0,96)	0,95	0,95	
25	Теплоемкость воздуха, кДж/(кг*°C)	1,05	1,05	
26	Плотность воздуха, кг/м ³ (при t _в =20 °C)	1,201	1,201	
27	Удельная теплота скрытого парообразования при температуре t=0 °C, Дж/г	2500	2500	
28	Теплоемкость водяных паров, Дж/(г*°C)	1,89	1,89	
29	Коэффициент теплопроводности пола или подстилки (0,1...1,63), Вт/(м*°C)	0,36	0,36	
30	Степень черноты поверхности наружного ограждения (0,004...0,96)	0,91	0,91	
31	Коэффициент излучения абсолютно черного тела Вт/(м ² *°C)	5,75	5,75	
32	Расход энергии на механическую работу, связанную с перемещением животного в пространстве, Вт	0	0	
33	Расход энергии на физиологические процессы (дыхание, кровообращение, обмен веществ и др.), Вт	0	0	
34	<i>РАСЧЁТ</i>			
35	Теплопродукция организма (общая), Вт	=41,5057566195276- 1,56782595686769*B6 + 0,289379886475025* B6^2 - 0,0190692535998023* B6^3 + 0,000360656177156178* B6^4 + 7,60311865218866* B3 - 0,104808221909522* B6* B3 + 0,00283882854187427* B6^2* B3 0,0000296439203104047* B6^3		319

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4
36	Теплопродукция организма (свободная (явная)), Вт	$=29,8018961125128$ $1,81892287147713 * B6 +$ $0,491912734164743 * B6^2 -$ $0,034660232282978 * B6^3 +$ $0,000642039627039625 * B6^4 +$ $5,68337803323439 * B3 -$ $0,137149534502122 * B6 * B3 +$ $0,00267760860620212 * B6^2 * B3$ $0,0000726264151322977$	227
37	Количество углекислоты, выделяемое организмом животного, дм ³ /ч	$=41,5057566195276-$ $1,56782595686769 * B6 +$ $0,289379886475025 * B6^2 -$ $0,0190692535998023 * B6^3 +$ $0,000360656177156178 * B6^4 +$ $7,60311865218866 * B3 -$ $0,104808221909522 * B6 * B3 +$ $0,00283882854187427 * B6^2 * B3$ $0,0000296439203104047 * B6^3$	41
38	Влаговыделения животного, г/ч	$=17,2899890737341 +$ $0,344053875250582 * B6 -$ $0,273532193240193 * B6^2 +$ $0,021653525130795 * B6^3 -$ $0,000394262237762236 * B6^4 +$ $2,51246981507564 * B3 +$ $0,0332883682478203 * B6 * B3 +$ $0,000766205242308623 * B6^2 * B3$ $0,0000554102246048855 * B6^3$	132
39	Определяющий размер (длина) животного, м	$=0,34940108 * (1,0006346^B3) * (B3^0,29224743)$	1,39
40	Площадь поверхности тела животного, м ²	$=0,092 * (B3^{(2/3)})$	1,87
41	Температура шерстного покрова животного, °С	$=29 + 0,22 * B6$	31,2
42	Коэффициент конвективного теплообмена, Вт/(м ² *°С)	$=1,44 * ((B41 - B6) + 60 * B7 / B39)^{(1/3)}$	4,24
43	Приведенный коэффициент излучения тела животного на i-тый вид ограждения (стены, пол, кровля), Вт/(м ² *°С ⁴)	$=B31 / (1/B24 + 1/B30 - 1)$	4,99
44	Коэффициент взаимной облученности организма и i-ого наружного ограждения (Перекрытия)	$=0,23 + 0,024166667 * B11 - 0,00041666667 * B11^2$	0,53

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4
45	Коэффициент взаимной облученности организма и i-ого наружного ограждения (Продольная стена)	$=0,41-0,015*B_{11}+0,00027777778*B_{11}^2$	0,23
46	Коэффициент взаимной облученности организма и i-ого наружного ограждения (Торцевой стены)	$=-0,000005+0,003333333*B_{11}$	0,06
47	Явные теплопотери путём излучения на перекрытия помещения, Вт	$=B_{43}*B_{40}*((273+B_{41})/100)^4-((273+B_{12})/100)^4*B_{23}*(B_{22}*(1-B_{21})+(1-B_{22}))*B_{44}$	39,29
48	Явные теплопотери путём излучения на продольные стены помещения, Вт	$=B_{43}*B_{40}*((273+B_{41})/100)^4-((273+B_{13})/100)^4*B_{23}*(B_{22}*(1-B_{21})+(1-B_{22}))*B_{45}$	17,05
49	Явные теплопотери путём излучения на торцовые стены помещения, Вт	$=B_{43}*B_{40}*((273+B_{41})/100)^4-((273+B_{14})/100)^4*B_{23}*(B_{22}*(1-B_{21})+(1-B_{22}))*B_{46}$	4,92
50	Явные теплопотери путём теплопроводности через пол, Вт	$=B_{29}*B_{40}*(B_{41}-B_{15})*B_{21}*B_{22}/B_{16}$	0,64
51	Явные теплопотери путём конвекции, Вт	$=B_{42}*B_{40}*(B_{41}-B_{6})*(B_{22}*(1-B_{21})+(1-B_{22}))$	115,43
52	Явные теплопотери путём излучения на наружные ограждения помещения, Вт	$=B_{47}+B_{48}+B_{49}$	61,26
53	Явные теплопотери путём нагрева воздуха при дыхании, Вт	$=0,278*B_{25}*B_{37}*B_{26}*(B_{20}-B_{6})/(44-B_{8})$	10,28
54	Теплопотери с навозом, на нагрев корма и воды, Вт	$=5*(B_{50}+B_{51}+B_{52}+B_{53}+B_{55})/100$	14,00
55	Скрытые теплопотери идущие на испарение влаги с поверхности легких, Вт	$=0,278*10^3*B_{38}*(B_{27}+B_{28}*B_{6})$	92,44
56	Общие теплопотери от животного в окружающую среду, Вт	$=\text{СУММ}(B_{50}:B_{55})$	294,05
57	БАЛАНС (по общей теплопродукции), Вт	$=B_{35}-(B_{56}-B_{32}-B_{33})$	24,72
58	БАЛАНС (по свободной (явной) теплопродукции), Вт	$=B_{36}-(B_{56}-B_{32}-B_{33})$	-66,80
59	Явные теплопотери путём теплопроводности через пол, %	$=B_{50}*100/B_{56}$	0,22
60	Явные теплопотери путём конвекции, %	$=B_{51}*100/B_{56}$	39,26
61	Явные теплопотери путём излучения на наружные ограждения помещения, %	$=B_{52}*100/B_{56}$	20,83

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4
62	Явные теплопотери путем нагрева воздуха при дыхании, %	=B53*100/\$B\$56	3,49
63	Теплопотери с навозом, на нагрев корма и воды, %	=B54*100/\$B\$56	4,76
64	Скрытые теплопотери идущие на испарение влаги с поверхности легких, %	=B55*100/\$B\$56	31,44
65	Общие теплопотери от животного в окружающую среду, %	=СУММ(B59:B64)	100,00
66	Расход энергии на механическую работу, связанную с перемещением животного в пространстве, %	=B32*100/\$B\$56	0
67	Расход энергии на физиологические процессы (дыхание, кровообращение, обмен веществ и др.), %	=B33*100/\$B\$56	0
68	Микроклимат помещения (по общей теплопродукции):	=ЕСЛИ(B57>0; "Животное перегревается на __, %"; ЕСЛИ(B57<0; "Животные охлаждаются на __, %"; ЕСЛИ(B57=0; "Комфортный"))))	Животное перегревается на __, %
69		=B57*100/B35	7,75
70	Микроклимат помещения (по свободной (явной) теплопродукции):	=ЕСЛИ(B58>0; "Животное перегревается на __, %"; ЕСЛИ(B58<0; "Животное охлаждается на __, %"; ЕСЛИ(B58=0; "Комфортный"))))	Животное охлаждается на __, %
71		=B58*100/B36	-29,39
72	Уровень стресса животных в зависимости от температурно-влажностного состояния воздуха	=ЕСЛИ((B6+B9)<80;"нет теплового стресса"; ЕСЛИ((B6+B9)<=90; "легкий стресс"; ЕСЛИ((B6+B9)>90; "сильный стресс"))))	легкий стресс
73	Тепловое напряжение организма животного	=ЕСЛИ(ABS(B71)<=20;"легкое (контролируй зооигиенические нормы)"; ЕСЛИ(ABS(B71)<=30;"среднее ";ЕСЛИ(ABS(B71)<=40;"тяжелое";ЕСЛИ(ABS(B71)<=150; "очень тяжелое"; ЕСЛИ(ABS(B71)<=1000;"предельное")))))	среднее

Окончание таблицы 1

1	2	3	4
74	Фактическая продуктивность: среднесуточный прирост, г	=ЕСЛИ(В6<=8;"контролируй температуру в помещении"; ЕСЛИ(ABS(В71)<=15;В4*0,8;ЕСЛИ(ABS(В71)<=50;В4*0,97;ЕСЛИ(ABS(В71)<=70;В4*0,9;ЕСЛИ(ABS(В71)<=150;В4*0,85;ЕСЛИ(ABS(В71)<=1000;В4*-0,05))))))	873

При анализе тепловой напряженности организма животных необходимо контролировать зооигиенические нормы не только по расчётным коэффициентам сопротивления теплопередачи, а по более индикативным и динамически изменяющимся – по температуре воздуха и поверхностей ограждающих конструкций в производственном помещении. Это связано с тем, что, например, программа укажет, что тепловое напряжение организма животного «лёгкое», однако фактически температура окружающей среды может быть ниже зооигиенически установленных норм для данной половозрастной группы животных. Поэтому если температура в помещении будет ниже таких зооигиенических норм, то в ячейке «Фактическая продуктивность: среднесуточный прирост, г» будет указано «контролируй температуру в помещении». Наличие такой опции позволяет пользователю базироваться не столько на расчёте, проведённом компьютерной программой, а будет понуждать его осуществлять постоянный зооигиенический мониторинг помещений, где содержатся животные.

Нами будет продолжено совершенствование предложенной модели оценки тепловой напряжённости организма животных. В частности, будут разработаны функции от одной или двух переменных для расчёта таких теплофизических параметров как: теплоёмкость и плотность воздуха; удельная теплота скрытого парообразования; теплоёмкость водяных паров и др. Это связано с тем, что согласно существующим методикам значение этих параметров берётся при одном лишь значении температуры воздуха, хотя фактически в помещении температура в течение суток может колебаться, причём, порой значительно.

Для включения представленной блок-программы в компьютерную систему динамического анализа микроклимата помещения желательно, чтобы фактические значения температуры (перекрытия, продольных и торцовых стен, пола) поступали с датчиков, вмонтированных в ограждающие конструкции, а не вносились пользователем вручную. Это позволит программе в автоматическом режиме, при колебании температурно-влажностных параметров помещения выше (ниже) зо-

о гигиенически установленных граничных показателей, информировать работников данного объекта о наступлении критической ситуации с условиями содержания животных и, как следствие, о намечающемся снижении продуктивности поголовья.

Заключение. В Республике Беларусь система микроклимата для свинокомплексов была создана более десяти лет назад, и на протяжении всего периода программный продукт совершенствовался, улучшались его качественные характеристики. В частности программный комплекс дополнен блок-программой расчёта теплофизической и биологической комфортности условий содержания свиней. Определены, в зависимости от температурно-влажностного состояния воздуха, уровни стресса животных, а также предложена градация теплового напряжения организма животного и его продуктивности.

Использование блок-программы позволяет моделировать уровень продуктивности животных в зависимости от зоогигиенической комфортности условий их содержания. Применение предлагаемой модели дает возможность специалистам определить пути перевода работы свиноводческого предприятия на видосоответствующие технологии содержания и кормления, шире использовать свободновыгульное содержание животных на глубокой периодически сменяемой соломенной подстилке. В частности это касается дорастивания и откорма молодняка свиней, а также выращивания ремонтных свинок.

Литература

1. Пункт 3 Протокола поручений Президента Республики Беларусь А.Г. Лукашенко, данных 12 сентября 2014 г. при посещении ГП «ЖодиноАгроПлемЭлита» Смолевичского района // Протокол № 26 от 13 октября 2014 г.
2. Методология оценки и моделирования комфортных условий содержания свиней : методические указания / С. И. Плященко [и др.]. – Минск : БГАТУ, 2003. – 196 с. – Авт. также : Сапего В.И., Соляник В.В., Соляник А.В., Соляник Т.В.
3. Пакет компьютерных программ «Микроклимат» : свидетельство о регистрации компьютерных программ № 011 / С. Е. Лещина, А. А. Соляник, А. В. Соляник, В. В. Соляник. – № С20070011 ; заявл. 06.12.2007 г. ; зарег. 23.01.2008 г. в Реестре зарегистрированных программ Национального центра интеллектуальной собственности.
4. Реконструкция свиноводческих помещений на основе расчетов с использованием пакета компьютерных программ «Микроклимат» : рекомендации / А. В. Соляник [и др.]. – Горки : БГСХА, 2007. – 30 с. – Авт. также : Соляник В.В., Лещина С.Е., Соляник А.А.
5. Соляник, В. В. База данных «Стройматериалы и конструкции, используемые при строительстве зданий и сооружений животноводства» : свидетельство / В. В. Соляник. – № 6030200169 ; зарег. 2.12.2002 г. в Государственном регистре информационных ресурсов.
6. Соляник, В. В. База данных «Техника, оборудование и технологические решения, применяемые в животноводстве» : свидетельство / В. В. Соляник. – № 6030200170 ; зарег. 2.12.2002 г. в Государственном регистре информационных ресурсов.
7. Соляник, В. В. База данных «Экологическая нагрузка животноводческих комплексов и ферм на окружающую среду» : свидетельство / В. В. Соляник. – № 6030200172 ; зарег. 2.12.2002 г. в Государственном регистре информационных ресурсов.

8. Лещина, С. Е. Зоотехническое обоснование параметров реконструкции свиноводческих помещений с использованием компьютерного моделирования : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : 06.02.04 / Лещина С.Е. – Горки, 2007. – 21 с.
9. Лещина, С. Е. Продуктивность свиней при усовершенствовании системы формирования микроклимата : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : 06.02.04, 16.00.06 / Лещина С.Е. – Горки, 2009. – 22 с.
10. Зоогигиеническая методология разработки систем локальной оптимизации комфортных условий содержания поросят : монография / А. В. Соляник [и др.]. – Горки : БГСХА, 2014. – 212 с. – Авт. также : Соляник А.А., Соляник В.В., Соляник В.А., Соляник С.В., Лещина С.Е.
11. Соляник, А. В. Зоогигиенические и технологические особенности функционирования свиноводства : монография / А. В. Соляник, В. В. Соляник. – Горки : Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2010. – 220 с.
12. Соляник, А. В. Общетеоретические основы использования численных методов в принятии управленческих решений в свиноводстве : монография / А. В. Соляник, В. В. Соляник, А. А. Соляник. – Горки : Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2013. – 412 с.
13. Соляник, А. В. Теоретическая и практическая разработка специализированного программного обеспечения для свиноводства : монография / А. В. Соляник, В. В. Соляник, С. В. Соляник. – Горки : Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2012. – 324 с.
14. Эффективность использования брудеров при выращивании поросят: рекомендации / А. В. Соляник [и др.] ; Белорусская государственная сельскохозяйственная академия. – Горки, 2010. – 36 с. – Авт. также : Лещина С.Е., Соляник В.В., Соляник А.А.
15. Эта скандальная строительная теплофизика // Весь бетон [Электрон. ресурс]. – Режим доступа : <http://www.allbeton.ru/forum/topic6311.html>
16. Ходосовский, Д. Н. Теоретические основы и практические методы ведения адаптивного свиноводства : автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук / Ходосовский Д.Н. – Жодино, 2012. – 45 с.
17. Плесень, «Silk house» – «синдром больного дома» // Причины болезней, питание и здоровье, состав и качество продуктов и лекарств [Электрон. ресурс]. – 2015. – Режим доступа : http://falsifikat.net/razvitie/plesen-silk-house_sindrom-bolnogo-doma.html
18. «Синдром больного здания». Вопросы экологической безопасности жилья особенно актуальны для современного массового строительства // Проектант : сайт проектировщиков Беларуси [Электрон. ресурс]. – 2003-2015. – Режим доступа : <http://www.proektant.by/content/2205.html>
19. Термометры, пирометры, тепловизоры в Минске // Deal.by [Электрон. ресурс]. – 2015. – Режим доступа : <http://minsk.deal.by/Termometry-pirometry-teplovizory>
20. Пирометр инфракрасный Ada Tempro // Oir.by [Электрон. ресурс]. – Гревцов Медиа, 2015. – Режим доступа : <http://www.oir.by/products/view/44903-pirometr-infrakrasnyy-ada-tempo-300.html>
21. Богословский, В. Н. Строительная теплофизика (теплофизические основы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха) : учебник для вузов / В. Н. Богословский. – М. : Высш. школа, 1982. – 415 с.
22. Лебедь, А. А. Микроклимат животноводческих помещений / А. А. Лебедь. – М. : Колом, 1984. – 199 с.

(поступила 10.03.2015 г.)