

цикла по принципу «точно-вовремя» и окажет существенное влияние на реализацию потенциала продуктивности животных, повысит сроки хозяйственного использования коров до 4-5 лактаций, обеспечит получение молока высокого качества при значительном снижении удельных затрат на производство продукции.

Литература

1. Умная ферма // Аналитический центр Минсельхоза России [Электрон. ресурс]. – 2021. – Режим доступа: <https://www.mcxac.ru/digital-cx/umnaya-ferma/>
2. Крушевская, М. Белорусские и российские ученые совершенствуют технологии молочного скотоводства. Умная ферма: цифровое измерение // Беларусь сегодня. – 2019. – 30 апр.
3. Белорусские и российские ученые совершенствуют технологии молочного скотоводства // Product.by [Электрон. ресурс]. - 2007-2021. – Режим доступа: <https://produkt.by/news/belorussskie-i-rossiyskie-uchenye-sovshenstvenstvuyut-tehnologii-molochnogo-skotovodstva>
4. Каталог технического обеспечения инновационных технологий для АПК Республики Беларусь / Национальная академия наук Беларуси, Республиканское унитарное предприятие "Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по механизации сельского хозяйства". - Минск, 2019. - 55 с.

Поступила 6.04.2021 г.

УДК 636.4.22:628.8: 519.681.3

С. В. СОЛЯНИК, В. В. СОЛЯНИК

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗООГИГИЕНИЧЕСКИХ И СТРОИТЕЛЬНО-ФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РЕКОНСТРУИРОВАННЫХ ЗДАНИЙ ДЛЯ СОДЕРЖАНИЯ ХОЛОСТЫХ И СУПОРОСНЫХ СВИНОМАТОК

*Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси
по животноводству, г. Жодино, Республика Беларусь*

Впервые на постсоветском пространстве разработанная компьютерная программа, которая позволяет провести моделирование зоогигиенических и строительно-физических параметров реконструированных зданий для содержания холостых и супоросных свиноматок. Компьютерная программа, путем изменения теплотехнических параметров зданий для содержания холостых и супоросных свиноматок (коэффициента сопротивления теплопередаче наружных стен в пределах $0,67 \dots 2,12 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$; температуры наружного воздуха ($0 \dots -24 \text{ °C}$); зоогигиенических характеристик на высоте ($0,5 \dots 1,5 \text{ м}$), позволяет в автоматическом режиме рассчитывать тепло-влажностный баланс, расход тепла, уровень продуктивности животных и экономическую эффективность повышение тепловой защиты зданий. Использование компьютерной программы позволяет минимизировать трудозатраты на выявление основных трендов в уровне продуктивности животных и качестве условий их содержания в реконструированных помещениях.

Ключевые слова: зоотехния, холостые и супоросные свиноматки, зоогигиена, строительная теплотехника, коэффициент сопротивления теплопередаче, имитационное моделирование

S. V. SOLYANIK, V. V. SOLYANIK

COMPUTER MODELING OF ZOOHYGIENIC AND CONSTRUCTION-AND-PHYSICAL PARAMETERS OF RECONSTRUCTED BUILDINGS FOR BARREN AND FARROW SOWS

Research and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Animal Breeding Zhodino, Republic of Belarus

This is for the first time in the post-Soviet countries when a computer program has been developed that allows modeling zoohygienic and construction-and-physical parameters of reconstructed buildings for barren and farrow sows. A computer program, by way of changing thermal-and-technical parameters of buildings for housing barren and farrow sows (coefficient of resistance to heat transfer of the outer walls within $0.67...2.12 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$; outside air temperature ($0...-24 \text{ }^\circ\text{C}$); zoohygienic parameters at height ($0.5...1.5 \text{ m}$), allows to automatically calculate heat-humidity balance, heat consumption, level of animals productivity and economic efficiency of increasing thermal protection of buildings. The computer program makes it possible to minimize labor costs for identifying the main trends in the level of animal productivity and housing conditions quality in the reconstructed premises.

Keywords: zoology engineering, barren and farrow sows, zoohygiene, construction thermal engineering, coefficient of resistance to heat transfer, simulation modeling

Введение. Специалисты в области зоотехнии из курса общей зоогигиены знают, что как новое строительство, так и реконструкция (модернизация) животноводческих зданий основывается на выполнении строительных норм и правил [1]. Для проведения теплотехнических расчетов используются общеизвестные формулы из строительной физики [2, 3]. Для надлежащего функционирования систем вентиляции с целью создания оптимального микроклимата в секциях, в которых содержатся различные половозрастные группы животных, проводится расчет тепло-влажностного баланса помещения по методике более чем полувековой давности [4].

С точки зрения технологического процесса в животноводстве зоогигиенические нормы и правила должны выполняться безукоризненно. Однако обосновать эффективность проведенных строительных работ с точки зрения финансовой прибыльности от производства конкретного вида животноводческой продукции на новых (реконструированных) фермах и комплексах, очень и очень сложно. Дело в том, что на производственные показатели работы животноводческого объекта (здания, фермы, комплекса) основными факторами влияния оказываются: кормление и условия содержания в конкретный период времени

(кормодень). Поэтому вычленил исключительно изменения теплотехнических ограждающих конструкций на продуктивность животных очень и очень сложно. Тем более что отсутствует возможность проведение научно-хозяйственных опытов в одно и тоже время в двух аналогичных помещениях, одно из которых подвергнуто реконструкции, а второе нет [5].

Ситуация усугублялась еще и потому, что несмотря на развитие информационных технологий в зоотехнии вообще, и в зоогигиене в частности, до недавнего времени не было компьютерных программ, позволяющих ученым-зоотехникам моделировать теплотехнические характеристики животноводческих зданий и определять основные тренды формирования продуктивности животных, размещенных в этих помещениях [6].

Была поставлена цель статьи представить компьютерную программу для моделирования зоогигиенических и строительно-физических параметров реконструированных зданий для содержания холостых и супоросных свиноматок.

Материал и методика исследований. Исходными данными для разработки компьютерной программы была взята информация из методических рекомендаций [7] и автореферата докторской диссертации [8], в которых представлены численные значения зоогигиенических и зоотехнических параметров свинокомплексов РУП «Совхоз-комбинат «Заря» (Гомельская область) и РУСПП «Свинокомплекс Борисовский» (Минская область). Эти свиноводческие объекты были подвергнуты реконструкции и модернизации в период 1998-2006 годы. В частности, в свинарниках [7]:

I) для холостых, условно супоросных свиноматок были изменены коэффициенты сопротивления теплопередаче (R_0) ограждающих конструкций:

- наружных стен с $0,67 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$ до $2,21 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$ (свинокомплекс «Борисовский») и $0,69 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$ (свинокомплекс «Заря»);

- перекрытия с $2,53 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$ до $2,53 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$ (свинокомплекс «Борисовский») и $1,88 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$ (свинокомплекс «Заря»);

II) для супоросных свиноматок были изменены коэффициенты сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций:

- наружных стен с $0,67 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$ до $2,21 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$ (свинокомплекс «Борисовский») и $1,12 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$ (свинокомплекс «Заря»);

- перекрытия с $2,53 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$ до $2,53 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$ (свинокомплекс «Борисовский») и $1,88 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$ (свинокомплекс «Заря»);

В автореферате [5, с. 20] было указано, что коэффициент сопротивления теплопередаче у типовых зданий для наружных стен – $0,67 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$, перекрытий – $2,53 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$, а у реконструированных зданий,

соответственно: $2,12 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$, $2,53 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$.

Более тщательный анализ исходных данных [7, 8] позволил установить, что из ограждающих конструкций, реконструкции подвергались лишь наружные стены, путем повышения коэффициента сопротивления теплопередаче с $0,67$ до $2,12 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$.

Программно-математическую основу компьютерной программы составляют функции от одной и двух переменных [9, 10], которые были применены в расчетах в табличном процессоре MS Excel. Мы осознанно не упрощали математические формулы, так как пользователь должен знать, как они были получены. В программировании, написание компьютерного кода обычно сопровождается комментариями, чтобы работу программы понимали другие программисты, так как над одним программным продуктом их может работать несколько десятков человек.

Результаты эксперимента и их обсуждение. В свое время на свинокомплексах «Борисовский» (Минская область) и «Заря» (Гомельская область) была проведена тепловая реабилитация свиноводческих зданий для конкретных половозрастных групп свиней, а также реконструкция систем вентиляции и микроклимата. Начиная с 2006 года проведенная реконструкция на указанных свинокомплексах была подвергнута зоогигиеническому исследованию, в основе которых был анализ влияния теплотехнических характеристик ограждающих конструкций на параметры микроклимата и продуктивность животных. По итогам научно-практических исследований были изданы методические рекомендации [7].

Учитывая, что к настоящему моменту свинокомплекс «Борисовский» не функционирует, а на свинокомплексе «Заря» отказались от естественной вентиляции и внедрили датскую систему микроклимата, то нами решена задача по разработке компьютерной программы для моделирования зоогигиенических и строительно-физических параметров реконструированных зданий для содержания холостых и супоросных свиноматок, что позволяет без проведения натурных исследований моделировать теплотехнические характеристики ограждающих конструкций и продуктивность животных с учетом экономической эффективности этих мероприятий (таблица).

Чтобы воспользоваться компьютерной программой ее необходимо скопировать в лист электронной таблицы MS Excel в диапазон A1:C186, изменяющие ячейки B3:C5 в границах параметров, указанных в ячейках A2:A5. Пользователь в ручном режиме вносит численные значения в изменяющиеся ячейки.

Таблица - Блок-программа моделирования зооигиенических и зоотехнических параметров зданий для холостых и супоросных свиноматок в зависимости от теплофизических трендов ограждающих конструкций

	А	В	С
1		Свинокомплекс "Борисовский"	Свинокомплекс "Заря"
2	Коэффициенты сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций, $R_{0i}, \text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$		
3	наружные стены, (0,67...2,12) $R_{0i}, \text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$	0,67	0,67
4	Температура наружного воздуха (0...-24), $^{\circ}\text{C}$	-24	-24
5	Зооигиенические параметры на высоте (0,5...1,5), м	0,5	0,5
6	1) Расход тепла на подогрев вентиляционного воздуха в свинарниках для холостых и условно супоросных свиноматок		
7	Расход вентиляционного воздуха, кг/час	$=(75791,255-29031,724 \cdot V_3) + (2915,8856 - 1116,9171 \cdot V_3) \cdot V_4 + (70,6722701 - 27,071018 \cdot V_3) \cdot V_4^2$	$=(60017,145-5488,2759 \cdot C_3) + (2309,0488 - 211,19048 \cdot C_3) \cdot C_4 + (55,964881 - 5,1190476 \cdot C_3) \cdot C_4^2$
8	Разница температур внутреннего и поступающего воздуха, $^{\circ}\text{C}$	$=(16+0 \cdot V_3) - (1+0 \cdot V_3) \cdot V_4$	$=(16+0 \cdot C_3) - (1+0 \cdot C_3) \cdot C_4$
9	Количество тепла, необходимого для подогрева 1 кг воздуха на 1°C , ккал/кг	0,24	0,24
10	Расход тепла на обогрев вентиляционного воздуха свинарника, ккал/час	$=(291038,99-111482,07 \cdot V_3) + (-2922,0135+1119,3022 \cdot V_3) \cdot V_4 + (148,26383 - 56,793921 \cdot V_3) \cdot V_4^2$	$=(230466,37-21075,172 \cdot C_3) + (-2313,6683+211,32434 \cdot C_3) \cdot C_4 + (117,41-10,743428 \cdot C_3) \cdot C_4^2$

11	Расход тепла на подогрев вентиляционного воздуха, Вт/час	$=(337604,94-129319,31*B3)+$ $(-3389,5164+1298,3383*B3)*B4$ $+(171,98891-$ $65,883413*B3)*B4^2$	$=(267340,42-24446,897*C3)+$ $(-2683,8998+245,17903*C3)*C4$ $+(136,19616-$ $12,461407*C3)*C4^2$
12	2) Расход тепла на подогрев вентиляционного воздуха в свинарниках для супоросных свиноматок		
13	Расход вентиляционного воздуха, кг/час	$=(101924,43-40955,862*B3)+$ $(3921,3478-$ $1575,6896*B3)*B4+$ $(95,04064-$ $38,189655*B3)*B4^2$	$=74484+2865,6357*C4+$ $69,453571*C4^2$
14	Разница температур внутреннего и поступающего воздуха, °C	$=(16+0*B3)-(1+0*B3)*B4$	$=(16+0*C3)-(1+0*C3)*C4$
15	Количество тепла, необходимого для подогрева 1 кг воздуха на 1°C, ккал/кг	0,24	0,24
16	Расход тепла на обогрев вентиляционного воздуха свинарника, ккал/час	$=(391390,59-157271,03*B3)+$ $(-3929,5996+1579,0665*B3)*B4$ $+(199,35929-$ $80,107143*B3)*B4^2$	$=286019-2871,625*C4+$ $145,6875*C4^2$
17	Расход тепла на подогрев вентиляционного воздуха, Вт/час	$=(454012,64-182433,79*B3)+$ $(-4558,4519+1831,8063*B3)*B4$ $+(231,25412-$ $92,922822*B3)*B4^2$	$=331782-3331,1417*C4+$ $168,99583*C4^2$
18	3) Расход тепла на испарение влаги в свинарнике для холостых, условно супоросных и супоросных свиноматок		
19	Свинарники для холостых, условно супоросных свиноматок		

20	Испарение воды с ограждающих конструкций, г/час	=33830,276-12958,621*В3	=26789,269-2449,6552*С3
21	Свинарники для супоросных свиноматок		
22	Испарение воды с ограждающих конструкций, г/час	=45495,524-18281,379*В3	=33247+0*С3
23	Расход тепла на испарение влаги, ккал/ч	0,595	0,595
24	Свинарники для холостых, условно супоросных свиноматок		
25	Расход тепла на испарение влаги из свинарника, ккал/час	=В20*В23	=С20*С23
26	Расход тепла на испарение влаги, Вт/час	=В25*1,16	=С25*1,16
27	Свинарники для супоросных свиноматок		
28	Расход тепла на испарение влаги из свинарника, ккал/час	=В22*В23	=С22*С23
29	Расход тепла на испарение влаги, Вт/час	=В28*1,16	=С28*1,16
30	4) Тепловой баланс свинарников для холостых и условно супоросных свиноматок		
31	Поступление свободного тепла в здание от животных, Вт/час	=400432,83-153384,83*В3	=317091,77-28995,172*С3
32	Теплопотери на обогрев вентиляционного воздуха, Вт/час	=В11	=С11
33	Теплопотери на испарение влаги, Вт/час	=В26	=С26

34	Теплопотери через стены, Вт/час	$=(47977,395-20983,692*B3)+(-2998,6312+1311,5201*B3)*B4$	$=(34800,529-1316,729*C3)+(-2175,0516+82,29669*C3)*C4$
35	Теплопотери через крышу, Вт/час	$=(41828,506-16839,465*B3)+(-2614,2179+1052,4407*B3)*B4$	$=(28129,547+3606,7414*C3)+(-1758,0041-225,49034*C3)*C4$
36	Теплопотери через пол, Вт/час	$=(17781,552-7030,4337*B3)+(-1111,3707+439,42423*B3)*B4$	$=(13818,997-1116,1724*C3)+(-863,66142+69,708952*C3)*C4$
37	Теплопотери через окна, Вт/час	$=(22278,929-10014,483*B3)+(-1392,3666+625,86207*B3)*B4$	$=(19571,397-5973,3915*C3)+(-1223,1508+373,30117*C3)*C4$
38	Теплопотери через двери, Вт/час	$=(6099,0559-2558,5321*B3)+(-381,16728+159,88611*B3)*B4$	$=(5595,7589-1807,3426*C3)+(-349,72857+112,96267*C3)*C4$
39	Общий расход тепла, Вт/час	$=\text{СУММ}(B32:B38)$	$=\text{СУММ}(C32:C38)$
40	Тепловой баланс, Вт/час	$=B31-B39$	$=C31-C39$
41	Дефицит тепла в расчёте на 1 голову, Вт/час	$=(61,546207+20,068966*B3)+(6,9386116-1,2665846*B3)*B4+(-0,089697455-0,00045156*B3)*B4^2$	$=(46,482759-2,4137931*C3)+(5,9937906+0,14359607*C3)*C4+(-0,089917488-0,00012315241*C3)*C4^2$
42	5) Тепловой баланс свинарников для супоросных свиноматок		
43	Поступление свободного тепла в здание от животных, Вт/час	$=538625,18-216433,1*B3$	$=393615+0*C3$
44	Теплопотери на обогрев вентиляционного воздуха, Вт/час	$=B17$	$=C17$
45	Теплопотери на испарение влаги, Вт/час	$=B29$	$=C29$
46	Теплопотери через стены, Вт/час	$=(47611,126-20810,924*B3)+(-2975,7345+1300,7197*B3)*B4$	$=(40775,292-10608,187*C3)+(-2548,4553+662,98959*C3)*C4$
47	Теплопотери через крышу, Вт/час	$=(34622,961-13440,623*B3)+(-2164,028+840,08698*B3)*B4$	$=(20924,002+7005,5834*C3)+(-1307,8142-437,84407*C3)*C4$
48	Теплопотери через пол, Вт/час	$=(14825,342-5635,9951*B3)+(-926,53966+352,2398*B3)*B4$	$=(10862,787+278,26621*C3)+(-678,83042-17,475483*C3)*C4$
49	Теплопотери через окна, Вт/час	$=(21850,823-9812,5463*B3)+(-1365,6805+613,27428*B3)*B4$	$=(19066,514-5656,8614*C3)+(-1191,6331+353,50206*C3)*C4$

50	Теплопотери через двери, Вт/час	$= (3740,6917 - 1446,0961 * B3) + (-233,80346 + 90,374879 * B3) * B4$	$= (3645,0731 - 1303,3818 * C3) + (-227,83471 + 81,466306 * C3) * C4$
51	Общий расход тепла, Вт/час	$= CУММ(B44:B50)$	$= CУММ(C44:C50)$
52	Тепловой баланс, Вт/час	$= B43 - B51$	$= C43 - C51$
53	Дефицит тепла в расчёте на 1 голову, Вт/час	$= (-32,64931 + 7,1034483 * B3) + (5,2638662 - 0,43078821 * B3) * B4 + (-0,095723727 + 0,00036945793 * B3) * B4^2$	$= (-31,781379 + 5,7931034 * C3) + (5,2152391 - 0,358210041 * C3) * C4 + (-0,095503694 + 0,000041050345 * C3) * C4^2$
54	б) Параметры микроклимата в секциях для содержания холостых и супоросных свиноматок в зимний период		
55	Секции для холостых свиноматок		
56	Температура внутреннего воздуха, °C:	$= (14,66 + 2 * B3) + (1,0151724 + 0,27586207 * B3) * B5$	$= (15,699655 + 0,44827586 * C3) + (1,2462069 - 0,068965517 * C3) * C5$
57	Содержание аммиака, мг/м3	$= (8,5582759 - 0,75862069 * B3) + (2,0696552 - 0,55172414 * B3) * B5$	$= (7,7727586 + 0,4137931 * C3) + (1,7 + 0 * C3) * C5$
58	Скорость движения воздуха, м/с:	$= (0,12113793 + 0,020689655 * B3) + (0,03 + 0 * B3) * B5$	$= (0,15810345 - 0,034482759 * C3) + (0,03 + 0 * C3) * C5$
59	Относительная влажность внутреннего воздуха, %	$= 89,676552 - 9,5172414 * B3$	$= 81,821379 + 2,2068966 * C3$
60	Бактериальная обсемененность воздуха, тыс. КОЕ/м ³		
61	общая	$= 1026,7021 + 27,310345 * B3$	$= 899,44828 + 217,24138 * C3$
62	группа стафилококков и стрептококков	$= 556,48414 - 69,37931 * B3$	$= 389,86207 + 179,31034 * C3$
63	группа кишечной палочки	$= 0,43862069 - 0,20689655 * B3$	$= 0,3462069 - 0,068965517 * C3$
64	Секции для супоросных свиноматок		

65	Температура внутреннего воздуха, °C:	$= (15,621724 + 1,7586207 * B3) + (0,76896552 + 0,34482759 * B3) * B5$	$= (15,252069 + 2,3103448 * C3) + (1,2310345 - 0,34482759 * C3) * C5$
66	Содержание аммиака, мг/м ³	$= (11,643793 - 1,9310345 * B3) + (1,2848276 - 0,27586207 * B3) * B5$	$= (9,2641279 + 1,6206897 * C3) + (1,2848276 - 0,27586207 * C3) * C5$
67	Скорость движения воздуха, м/с:	$= (0,1092069 + 0,031034483 * B3) + (0,01537931 + 0,006895517 * B3) * B5$	$= (0,15310345 - 0,034482759 * C3) + (0,010758621 + 0,013793103 * C3) * C5$
68	Относительная влажность внутреннего воздуха, %	$= 85,851724 - 7,2413793 * B3$	$= 78,32 + 4 * C3$
69	Бактериальная обсемененность воздуха, тыс. КОЕ/м ³		
70	общая	$= 1180,1572 - 244,41379 * B3$	$= 646,05172 + 552,75862 * C3$
71	группа стафилококков и стрептококков	$= 595,8469 - 170,96552 * B3$	$= 277,48138 + 304,2069 * C3$
72	группа кишечной палочки	$= 0,29241379 - 0,13793103 * B3$	$= 0,2 + 0 * C3$
73	7) Параметры микроклимата в секциях для содержания холостых и супоросных свиноматок в переходный период		
74	Секции для холостых свиноматок		
75	Температура внутреннего воздуха, °C:	$= (13,352069 + 2,3103448 * B3) + (0,29172414 + 0,75862069 * B3) * B5$	$= (14,322414 + 0,86206897 * C3) + (0,7537931 + 0,068965517 * C3) * C5$
76	Содержание аммиака, мг/м ³	$= (10,132069 - 1,6896552 * B3) + (1,2462069 - 0,068965517 * B3) * B5$	$= (7,4058621 + 2,3793103 * C3) + (1,4310345 - 0,34482759 * C3) * C5$
77	Скорость движения воздуха, м/с:	$= (0,14344828 + 0,017241379 * B3) + (0,02537931 + 0,0068965517 * B3) * B5$	$= (0,20582759 - 0,075862069 * C3) + (0,03 + 0 * C3) * C5$
78	Относительная влажность внутреннего воздуха, %	$= 76,310345 - 3,4482759 * B3$	$= 72,428966 + 2,3448276 * C3$

79	Бактериальная обсемененность воздуха, тыс. КОЕ/м ³		
80	общая	=845,13517-155,72414*B3	=588,6869+227,03448*C3
81	группа стафилококков и стрептококков	=434,37931-73,103448*B3	=402,08069-24,896552*C3
82	группа кишечной палочки	=0,43862069-0,20689655*B3	=0,43862069-0,20689655*C3
83	Секции для су-поросных свиноматок		
84	Температура внутреннего воздуха, "С:	=(14,929655+1,4482759*B3)+(1,8924138-0,13793103*B3)*B5	=(14,213448+2,5172414*C3)+(2,30582759-0,75862069*C3)*C5
85	Содержание аммиака, мг/м ³	=(11,255517-2,1724138*B3)+(1,7234483-0,48275862*B3)*B5	=(8,8296552+1,4482759*C3)+(1,0303448+0,55172414*C3)*C5
86	Скорость движения воздуха, м/с:	=(0,1442069+0,031034483*B3)+(0,07462069-0,0068965517*B3)*B5	=(0,19272414-0,04137931*C3)+(0,088482759-0,027586207*C3)*C5
87	Относительная влажность внутреннего воздуха, %	=72,693103-1,0344828*B3	=65,669655+9,4482759*C3
88	Бактериальная обсемененность воздуха, тыс. КОЕ/м ³		
89	общая	=586,41103-54,344828*B3	=314,8069+351,03448*C3
90	группа стафилококков и стрептококков	=642,34138-193,7931*B3	=472,16138+60,206897*C3
91	группа кишечной палочки	=0,29241379-0,13793103*B3	=0,29241379-0,13793103*C3
92	8) Продуктивность свиноматок в зимний период года		
93	Количество маток, поступающих на осеменение, голов	=30+0*B3	=30+0*C3
94	Пришло в охоту, голов	=23,613793+2,0689655*B3	=22,689655+3,4482759*C3
95	Пришло в охоту на 5-7-й день, голов	=14,613793+2,0689655*B3	=13,227586+4,137931*C3
96	Пришло в охоту на 5-7-й день, %	=62,197931+2,6896552*B3	=59,702759+6,4137931*C3

97	Оплодотворилось после первого осеменения, %	=79,887586+6,137931*B3	=81,227586+4,137931*C3
98	Повторно осеменилось, голов	=4,9241379-1,3796103*B3	=4,462069-0,68965517*C3
99	Опоросилось, голов	=23,613793+2,0689655*B3	=23,151724+2,7586207*C3
100	Оплодотворяемость по опоросу, %	=78,67931+6,8965517*B3	=77,108276+9,2413793*C3
101	9) Продуктивность свиноматок в переходный период года		
102	Количество маток, поступающих на осеменение, голов	=30+0*B3	=30+0*C3
103	Пришло в охоту, голов	=27,075862+1,3793103*B3	=27,075862+1,3793103*C3
104	Пришло в охоту на 5-7-й день, голов	=17,689655+3,4482759*B3	=18,613793+2,0689655*C3
105	Пришло в охоту на 5-7-й день, %	=65,901379+8,2068966*B3	=68,951034+3,6551724*C3
106	Оплодотворилось после первого осеменения, %	=88,537931+0,68965517*B3	=83,917241+7,5862069*C3
107	Повторно осеменилось, голов	=3+0*B3	=4,3862069-2,0689655*C3
108	Опоросилось, голов	=26,075862+1,3793103*B3	=26,537931+0,68965517*C3
109	Оплодотворяемость по опоросу, %	=86,904138+4,6205897*B3	=88,475172+2,2758621*C3
110	10) Изменение живой массы свиноматок в зимний период года		
111	Живая масса при постановке на осеменение, кг	=188,35655-3,5172414*B3	=187,24759-1,862069*C3
112	Живая масса при переводе в цех супоросных маток, кг	=195,74069-2,8965517*B3	=194,03103-0,34482759*C3
113	Живая масса при передаче в цех опоросов, кг	=235,37931-3,1034483*B3	=228,77172+6,7586207*C3

114	Оценка по упитанности, баллы	$=2,7+0*B3$	$=2,6075862+0,13793103*C3$
115	11) Многоплодие свиноматок в зимний период года		
116	Получено поросят голов, всего	$=11,315172+0,27586207*B3$	$=11,638621-0,20689655*C3$
117	деловых	$=9,9151724+0,27586207*B3$	$=10,192414-0,13793103*C3$
118	мертвых и слабых	$=1,4+0*B3$	$=1,4+0*C3$
119	Средний вес 1 поросенка при рождении, кг	$=1,2253793+0,0068965517*B3$	$=1,1837931+0,068965517*C3$
120	Масса гнезда, кг	$=12,222759+0,4137931*B3$	$=12,176552+0,48275862*C3$
121	12) Многоплодие свиноматок в переходный период года		
122	Получено поросят голов, всего	$=10,484138+0,62068966*B3$	$=10,530345+0,55172414*C3$
123	деловых	$=9,4303448+0,55172414*B3$	$=9,8+0*C3$
124	мертвых и слабых	$=1,0537931+0,068965517*B3$	$=0,73034483+0,55172414*C3$
125	Средний вес 1 поросенка при рождении, кг	$=1,2738621-0,020689655*B3$	$=1,2415172+0,027586207*C3$
126	Масса гнезда, кг	$=11,791724+0,75862069*B3$	$=12,068966+0,34482759*C3$
127	13) Затраты электрической энергии в зимний период в помещениях для содержания холостых свиноматок и свиноматок I периода супоросности в месяц		
128	Освещение, кВт/гол	$=-0,45703448+1,1448276*B3$	$=0,051241379+0,3862069*C3$
129	Вентиляция, кВт/гол	$=1,2911034-0,43448276*B3$	$=1,462069-0,68965517*C3$
130	Отопление, кВт/гол	$=5,9558621-2,6206897*B3$	$=6,1406897-2,8965517*C3$
131	Раздача корма, кВт/гол	$=3,2388276-1,4758621*B3$	$=2,25+0*C3$
132	Водопотребление, кВт/гол	$=0,77406897-0,28965517*B3$	$=0,82027586-0,35862069*C3$
133	Перекачивание навозных масс, кВт/гол	$=2,2752414-0,8137931*B3$	$=1,937931-0,31034483*C3$

134	Итого, кВт/гол	=СУММ(B128:B133)	=СУММ(C128:C133)
135	Тепловой энергии, Гкал	=0,073103448-0,034482759*B3	=0,073103448-0,034482759*C3
136	Дизельное топливо, л/гол.	=-2,7862759+4,1586207*B3	=0
137	14) Затраты электрической энергии в зимний период в помещениях для содержания свиноматок II периода супоросности в месяц		
138	Освещение, кВт/гол	=-0,25234483+1,0482759*B3	=0,46386207-0,020689655*C3
139	Вентиляция, кВт/гол	=1,3642069-0,46896552*B3	=1,5351724-0,72413793*C3
140	Отопление, кВт/гол	=4,7862069-2,0689655*B3	=4,9710345-2,3448276*C3
141	Раздача корма, кВт/гол	=3,2388276-1,4758621*B3	=2,25+0*C3
142	Водопотребление, кВт/гол	=0,77406897-0,28965517*B3	=0,57075862+0,013793103*C3
143	Перекачивание навозных масс, кВт/гол	=1,7635172-0,57241379*B3	=1,5324828-0,22758621*C3
144	Итого, кВт/гол	=СУММ(B138:B143)	=СУММ(C138:C143)
145	Тепловой энергии, Гкал	=0,058482759-0,027586207*B3	=0,058482759-0,027586207*C3
146	Дизельное топливо, л/гол.	=-2,7724138+4,137931*B3	=0
147	15) Затраты электрической и тепловой энергии в переходный период в помещениях для содержания холостых и условно супоросных свиноматок, а также свиноматок I периода супоросности, в месяц на 1 гол.		
148	Освещение, кВт/гол	=-0,25896552+0,65517241*B3	=-0,13882759+0,47586207*C3
149	Вентиляция, кВт/гол	=1,9343448-0,64827586*B3	=2,1931034-1,0344828*C3
150	Отопление, кВт/гол	=2,977931-1,3103448*B3	=3,0703448-1,4482759*C3

151	Раздача корма, кВт/гол	=3,2388276-1,4758621*В3	=2,25+0*С3
152	Водопотребление, кВт/гол	=0,77406897-0,28965517*В3	=0,57075862+0,013793103*С3
153	Перекачивание навозных масс, кВт/гол	=2,2752414-0,8137931*В3	=1,937931-0,31034483*С3
154	Итого, кВт/гол	=СУММ(В148:В153)	=СУММ(С148:С153)
155	Тепловой энергии, Гкал	=0,36551724-0,17241379*В3	=0,36551724-0,17241379*С3
156	Дизельное топливо, л/гол.	=-1,3954483+2,0827586*В3	0
157	16) Затраты электрической и тепловой энергии в переходный период года в помещениях для содержания свиноматок II периода супоросности, в месяц на 1 гол.		
158	Освещение, кВт/гол	=-0,142+0,6*В3	=0,26924138-0,013793103*С3
159	Вентиляция, кВт/гол	=2,0513103-0,70344828*В3	=2,310069-1,0896552*С3
160	Отопление, кВт/гол	=2,3931034-1,0344828*В3	=2,4855172-1,1724138*С3
161	Раздача корма, кВт/гол	=3,2388276-1,4758621*В3	=2,25+0*С3
162	Водопотребление, кВт/гол	=0,77406897-0,28965517*В3	=0,57075862+0,013793103*С3
163	Перекачивание навозных масс, кВт/гол	=1,7635172-0,57241379*В3	=1,5324028-0,22758621*С3
164	Итого, кВт/гол	=СУММ(В158:В163)	=СУММ(С158:С163)
165	Тепловой энергии, Гкал	=0,029241379-0,013793103*В3	=0,029241379-0,013793103*С3
166	Дизельное топливо, л/гол.	=-1,3862069+2,0689655*В3	0
167	17) Продолжительность холодного периода у подопытных свиноматок, дней/гол.		
168	Зимний период	=20,37931-3,1034483*В3	=22,273793-5,9310345*С3
169	Переходный период	=17,133793-3,9310345*В3	=16,57931-3,1034483*С3

170	18) Использование зданий для содержания свиноматок I периода супоросности		
171	Зимний период, к. дни	=1368,0207-26,896552*B3	=1401,2897-76,551724*C3
172	Зимний период, мес.	=1346,8138-57,931034*B3	=1330,1793-33,103448*C3
173	Переходный период, к.дни	=1,5231034-0,0344825759*B3	=1,5554483-0,082758621*C3
174	Переходный период, мес.	=1,4915862-0,062068966*B3	=1,4731034-0,034482759*C3
175	19) Затраты на одну свиноматку за период содержания в цехе холостых и супоросных свиноматок I периода, рублей		
176	Зимний период	=89644,407-2028,9655*B3	=91548,131-4870,3448*C3
177	Переходный период	=87791,041-3653,7931*B3	=86702,869-2029,6552*C3
178	20) Затраты на одного новорожденного делового поросенка, руб.		
179	Зимний период	=13469,883-347,58621*B3	=13113,628+184,13793*C3
180	Переходный период	=14117,931-710,34483*B3	=13642+0*C3
181	21) Индекс поросят, полученных при разных технологиях содержания свиноматок, деловых поросят на одну свиноматку, гол.		
182	Зимний период	=7,7531034+0,96551724*B3	=7,84455172+0,82758621*C3
183	Переходный период	=8,1068966+1,0344828*B3	=8,6613793+0,20689655*C3
184	22) Затраты на содержание свиноматок с учётом оплодотворяемости и выхода деловых поросят, руб./гол.		

185	Зимний период	=28309,393-2811,0345*ВЗ	=28292,297-2785,5172*СЗ
186	Переходный период	=26802,503-2854,4828*ВЗ	=25418,607-788,96552*СЗ

Компьютерная программа в полном объеме воспроизводит численные значения, представленные в первоисточниках [7, 8], из которых они были взяты. Это позволило одновременно проверять как правильность проведенных расчетов, так и установить пределы моделирования производственно-технологических параметров, чтобы они не вышли за логически определенные границы, установленные зоотехнической и зооигиенической наукой.

При проведении имитационного моделирования были установлены некоторые неточности в опубликованных материалах. Это указывает на то, что как новое строительство, так и любая модернизация (реконструкция) свиноводческих зданий связанная с решением теплотехнических задач, должно предшествовать математическое моделирование строительных, зооигиенических и зоотехнических трендов.

Заключение. Впервые на постсоветском пространстве разработана компьютерная программа для моделирования зооигиенических и строительно-физических параметров реконструированных зданий для содержания холостых и супоросных свиноматок.

Компьютерная программа, путем изменения теплотехнических параметров зданий для содержания холостых и супоросных свиноматок (коэффициента сопротивления теплопередаче наружных стен в пределах 0,67...2,12 м²*°С/Вт; температуры наружного воздуха (0...-24 °С); зооигиенических характеристик на высоте (0,5...1,5 м) в автоматическом режиме рассчитывает тепло-влажностный баланс, расход тепла, уровень продуктивности животных и экономическую эффективность повышение тепловой защиты зданий.

Использование компьютерной программы позволяет минимизировать трудозатраты на выявление основных трендом в уровне продуктивности животных и качестве условий их содержания в реконструированных помещениях.

Литература

1. СНБ 2.04.01-97. Строительная теплотехника. Строительные нормы Республики Беларусь. – Минск, 1998.
2. Теплотехнический расчет ограждающих конструкций зданий. – Минск : Минстройархитектуры РБ, 1996. – 67 с.
3. Панасевич, И. С. Теплотехнические расчеты. учебное пособие / И.С. Панасевич. – Горький : ГСХИ, 1983. – 74 с.
4. Методология оценки и моделирования комфортных условий содержания свиней: методические указания / С. И. Плященко, В. В. Соляник, В. И. Сапего, А. В. Соляник, Т. В. Соляник. – Минск, БГАТУ, 2003. – 196 с.
5. Соляник, А. В. Доказательная гигиена: производство, переработка и потребление

свинины : монография. Ч. 1 / А. В. Соляник, В. В. Соляник, С. В. Соляник. – Горки : Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2016. – 382 с.

6. Гигиена свиней: биотеплофизическая основа разработки специализированного программного обеспечения : монография / А. В. Соляник, В. В. Соляник, С. Е. Лещина, С. В. Соляник, В. А. Соляник, А. А. Соляник. – Горки: БГСХА, 2020. – 283 с

7. Рекомендации по сокращению расхода энергии на создание оптимального микроклимата в цехе содержания холостых и супоросных свиноматок. – Жодино, 2010. – 35 с.

8. Ходосовский, Д. Н. Теоретические основы и практические методы ведения адаптивного свиноводства : автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук / Д. Н. Ходосовский. – Жодино, 2012. – 45 с.

9. Соляник, В. В. Методика разработки математических функций от одной и двух переменных, для создания динамических моделей в области зоотехнии и зоогигиены / В. В. Соляник, С. В. Соляник // Зоотехническая наука Беларуси : сб. науч. тр. – Жодино, 2013. – Т. 48, ч. 2. – С. 232 - 245.

10. 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.

Поступила 15.03.2021 г.

УДК 636.4.22:628.8: 519.681.3

С. В. СОЛЯНИК, В. В. СОЛЯНИК

КОМПЬЮТЕРНАЯ ПРОГРАММА ДЛЯ РАСЧЁТА ЗООТЕХНИЧЕСКИХ И ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК РЕКОНСТРУИРОВАННЫХ ЗДАНИЙ ДЛЯ СОДЕРЖАНИЯ СВИНЕЙ НА ДОРАЩИВАНИИ И ОТКОРМЕ

*Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси
по животноводству, г. Жодино, Республика Беларусь*

Разработан цифровой двойник зоотехнических и теплотехнических характеристик реконструированных зданий для содержания свиней на доращивании и откорме. Использование компьютерной программы позволило опровергнуть утверждение исследователей, что для увеличения экономической эффективности при выращивании и откорме молодняка свиней необходимо проводить тепловую реабилитацию свиноводческих зданий при этом повышая коэффициент сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций: наружных стен выше $2,0 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$, а перекрытий – выше $2,5 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$. Имитационное моделирование теплотехнических и зоогигиенических характеристик дает возможность в автоматическом режиме рассчитать тепло-влажностный баланс зданий, расход тепла, уровень продуктивности молодняка свиней. Компьютерная программа минимизирует трудовые затраты на выявление основных трендов в уровне продуктивности животных и зоогигиеническом качестве условий содержания свиней на выращивании и откорме содержащихся в реконструированных помещениях.

Ключевые слова: зоотехния, поросята на доращивании, молодняк свиней на откорме, зоогигиена, строительная теплотехника, коэффициент сопротивления теплопередаче, имитационное моделирование