

УДК 636.4:628.8:519.2

В.В. СОЛЯНИК<sup>1</sup>, С.В. СОЛЯНИК<sup>2</sup>

**МЕТОДОЛОГИЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ УРОВНЯ  
ПРОДУКТИВНОСТИ СВИНЕЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ  
ВЛИЯНИЯ ОСНОВНЫХ МИКРОКЛИМАТИЧЕСКИХ  
ФАКТОРОВ**

<sup>1</sup>РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук  
Беларуси по животноводству»

<sup>2</sup>УО «Гродненский государственный аграрный университет»

**Введение.** В научных публикациях, касающихся влияния микроклиматических факторов на продуктивность животных, обычно анализируется лишь один из них (преимущественно температура воздуха в помещении) или, в крайнем случае, два: температура воздуха и относительная влажность, температура воздуха и скорость его движения. Однако хорошо известно, что в реальных производственных условиях действует комплекс факторов и провести эксперимент с четким вычленением действия того или иного фактора, а тем более их комплекса, не представляется возможным. Первичные данные влияния различных гигиенических факторов выясняют при проведении экспериментов в климатических камерах. Получаемые в таких экспериментах результаты, безусловно, очень важны, однако они малоприменимы для практического использования.

Это связано с тем, что вариабельность показателей микроклимата в производственных помещениях животноводческих объектов (ферм, комплексов) оказывает влияние на конкретную половозрастную группу животных в течение не только суток (24 часа), но и недель, и месяцев, т. е. всего времени нахождения поголовья в этих зданиях.

На параметры микроклимата внутри помещения, через теплотехнические характеристики ограждающих конструкций, оказывают непосредственное влияние колебания климатических характеристик за его пределами: температура и влажность воздуха, скорость ветра и др.

На фоне продуктивного действия рациона кормления на животных оказывают постоянное влияние суточные колебания параметров мик-

роклимата. Как результат – кормовые и зооигиенические факторы формируют тот или иной уровень продуктивности. При этом нельзя забывать об материально-экономических затратах, направляемых на поддержания стабильных параметров микроклимата в помещении, а также о зооигиенически оптимальном течении физиологических процессов адаптации и закаливания организма животных, повышения естественной резистентности организма, сохранности и продуктивности поголовья.

Ученым в различных отраслях науки хорошо известен так называемый закон ограничивающего (лимитирующего) фактора, или закон минимума Либиха, являющийся одним из фундаментальных законов в биологии и экологии, гласящий, что наиболее значим для организма тот фактор, который более всего отклоняется от оптимального его значения. Поэтому во время прогнозирования экологических условий или выполнения экспертиз очень важно определить слабое звено в жизни живых организмов. Именно от этого, минимально представленного в данный конкретный момент экологического фактора зависит выживание организма. В другие отрезки времени ограничивающим могут быть другие факторы, например, максимальные. В течение жизни особи видов встречаются с самыми разными ограничениями своей жизнедеятельности [1].

Закон лимитирующего фактора учитывается в практике сельского хозяйства. Немецкий химик Юстус фон Либих (1803-1873 гг.) установил, что продуктивность культурных растений, в первую очередь, зависит от того питательного вещества (минерального элемента), который представлен в почве наиболее слабо. Например, если фосфора в почве лишь 20 % от необходимой нормы, а кальция – 50 % от нормы, то ограничивающим фактором будет недостаток фосфора и поэтому необходимо в первую очередь внести в почву именно фосфорсодержащие удобрения. По имени ученого названо образное представление этого закона – так называемая «бочка Либиха». Суть модели состоит в том, что вода при наполнении бочки начинает переливаться через наименьшую доску в бочке и длина остальных досок уже не имеет значения [2].

На наш взгляд, целесообразно проанализировать имеющиеся первичные данные по влиянию микроклиматических факторов на продуктивность свиней и разработать математическую модель, адекватно отражающую их комплексное влияние. Использование этой модели и проведение вычислительного эксперимента позволит определить границы влияния, как каждого фактора, так и комплекса микроклиматических параметров на зоотехнические показатели продуктивности, а затем оценить экономическую эффективность, т. е. прибыльность производ-

ства продукции, от поддержания параметров характеризующих комфортность условий содержания.

**Материал и методика исследований.** Объектом исследования была модель формирования продуктивности животных и влияние на нее различных факторов. Предметом исследования был программно-математический алгоритм, позволяющий определить суммарное влияние температуры, влажности воздуха, скорости его движения и загазованности воздуха на уровень продуктивности свиней.

**Результаты эксперимента и их обсуждение.** Исследователи (ученые в области технических наук) указывают, что ими разработана модель продуктивности свиней в зависимости от такого параметра микроклимата, как температура, и она представляет собой зависимость вида  $P = P_n \cdot (1 - 0,003 \cdot (T - T_{opt})^2)$ , где  $P$  – продуктивность животных, г/сутки;  $P_n$  – номинальная продуктивность животных, зависящая от уровня кормления, г/сутки;  $T$  – температура в помещении, °С;  $T_{opt}$  – оптимальная температура, °С. Оптимальная, по максимуму продуктивности, температура зависит от массы животного:  $T_{opt} = 22 - 0,009 \cdot (M - 45)$ , где  $M$  – масса животного, кг [3].

Для проведения расчета по вышеуказанной зависимости можно предложить следующую программу влияния температуры воздуха в помещении на продуктивность свиней (таблица 1):

Таблица 1 – Программа влияния температуры воздуха в помещении на продуктивность свиней

	А	В
1	Живая масса животного, кг	75
2	Номинальная продуктивность животных, зависящая от вида животных и уровня кормления, г/сут	576
3	Температура в помещении, °С	22
4	Продуктивность животных (среднесуточный прирост), г	$= B2 \cdot (1 - 0,003 \cdot (B3 - (22 - 0,009 \cdot (B1 - 45)))^2)$

Как видно, основным лимитирующим фактором для максимальной продуктивности свиней исследователи установили температуру 22 °С, а живая масса поросенка 45 кг. Эта температура характерна для помещений, в которых на полностью решетчатых полах содержится молодняк свиней на откорме, причем исключительно мясных пород. Использование предлагаемой формулы для других половозрастных групп свиней неэффективно, а, по сути, полученные результаты вводят в заблуждение зоотехнических работников и ученых в области зоогигиены.

ны.

С зооигиенической точки зрения комфортной температурой для свиней, т. е. когда при других зоотехнических факторах (порода, уровень и качество кормления и др.) животные дают максимальную продуктивность, служит не конкретная температура, а диапазон температур. В зависимости от половозрастной группы диапазон температур различен, например, для поросят-сосунов – 28-34 °С, для выбракованных свиноматок на откорме – 10-16 °С и др.

Для определения диапазона оптимальной зооигиенической температуры для свиней, конкретной живой массы (от 2 до 300 кг), от которых планируется получать максимальную продуктивность и сохранность поголовья, мы предлагаем следующую формулу:  $T_d = (21,101076 - 0,044950236 * ЖМ + 52,088036 / ЖМ^2) \pm 1$ , где  $T_d$  – диапазон температуры окружающей среды, °С; ЖМ – живая масса, кг.

Для определения зоотехнических показателей продуктивности различных половозрастных групп свиней, в зависимости от влияния основных микроклиматических факторов, нами разработана исходная матрица (таблица 2).

Таблица 2 – Матрица определения зоотехнических показателей продуктивности свиней, в зависимости от влияния основных показателя микроклимата помещений

Зооигиенические параметры	Соотношение температуры помещения и температуры комфортной зоны		
	$t_{\text{помещ}} < t_{\text{КОМФОРТ\_MIN}}$	$t_{\text{помещ}} = t_{\text{КОМФОРТ}}$	$t_{\text{помещ}} > t_{\text{КОМФОРТ\_MAX}}$
	Уровень продуктивности (УП):		
1	2	3	4
Температура помещения (Т)	0,7	1	0,7
<i>НИЖЕ зооигиенических требований</i>			
Относительная влажность воздуха (ОтВл)	0,95	0,95	0,95
Скорость движения воздуха (Ск)	0,95	0,95	0,8
Концентрация углекислого газа (CO <sub>2</sub> )	1	1	1
Концентрация аммиака (NH <sub>3</sub> )	1	1	1

## Продолжение таблицы 2

1	2	3	4
<i>ВЫШЕ зоогиgienических требо- ваний</i>			
Относительная влажность воздуха (ОтВл)	0,85	0,95	1,05
Скорость движения воздуха (Ск)	0,8	1,0	1,15
Концентрация углекислого газа (СО <sub>2</sub> )	0,85	0,9	0,9
Концентрация аммиака (NH <sub>3</sub> )	0,85	0,9	0,9

Примечание: а)  $t_{\text{помещ}}$  – фактическая температура помещения; б)  $t_{\text{комфорт}}$  – зона (диапазон) зоогиgienического комфорта; в) < – ниже нижней границы комфортной зоны, на 10-20%; д) > – выше высшей границы комфортной зоны, на 10-20%; е) уровень продуктивности животных в комфортных условиях равен 1.

Методика разработки информационной матрицы продуктивности заключается в установлении фиксированного (максимального) уровня продуктивности (УП) зоотехнического параметра животного, например, среднесуточного прироста, в зависимости от действия какого-либо фактора (Ф). При этом УП зоотехнического параметра принимается за единицу, если фактор (его влияние) отсутствует или находится в допустимых (комфортных, оптимальных) пределах.

В основу методики взят принцип «слабого звена» (закон ограничивающего (лимитирующего) фактора), то есть продуктивность животного никогда не будет выше минимального УП определенным конкретным фактором. Поэтому, если пять фактора дают уровень продуктивности, каждый в отдельности – 0,95; 1,0; 0,82; 0,7; 0,8, то суммарное действие факторов будет всегда менее 0,7.

Например, действие фактора № 1 приводит к тому, что уровень продуктивности составляет 0,95 от среднего зоотехнического уровня, т. е. действие  $\Phi_1=0,95\text{УП}_{\Phi_1}$ . При действии нескольких факторов, от значения минимального (максимального) фактора отнимается сумма уровней продуктивности каждого последующего фактора, которая делится на число этих факторов, увеличенное на 1, так как в расчет берется и лимитирующий параметр.

Например, действуют четыре фактора:  $\Phi_1$ ,  $\Phi_2$ ,  $\Phi_3$ ,  $\Phi_4$ , то итоговый уровень продуктивности ( $\text{УП}_{\text{итог}}$ ) вычисляется по следующей формуле  $\text{УП}_{\text{итог}} = \text{УП}_{\text{оптим}} * ([\text{МИН} (\Phi_1) \text{ или } \text{МАКС} (\Phi_1)] - (((1 - \text{УП}_{\Phi_2}) + (1 - \text{УП}_{\Phi_3}) + (1 - \text{УП}_{\Phi_4}) + (1 - \text{УП}_{\Phi_4})) / (N_{\Phi_2+\Phi_4} + 1)))$ . Параметр  $\text{УП}_{\text{оптим}}$  – это уровень продуктивности животных, находящихся в зоогиgienически комфортных условиях содержания.

Используя функции MS Excel, получаем следующие формулы для расчета:

$$УП_{итог} = УП_{ОПТИМ} * (МИН ( ) - (((1 - УП_{Ф2}) + (1 - УП_{Ф3}) + (1 - УП_{Ф4}) + (1 - УП_{Ф4})) / (СЧЕТ_{(Ф2+Ф4)+1})));$$

$$УП_{итог} = УП_{ОПТИМ} * (МАКС ( ) - (((1 - УП_{Ф2}) + (1 - УП_{Ф3}) + (1 - УП_{Ф4}) + (1 - УП_{Ф4})) / (СЧЕТ_{(Ф2+Ф4)+1}))).$$

Чтобы избежать появления накапливающейся математической погрешности при использовании вышеуказанных формул необходимо избегать включения в расчет факторов, не влияющих на уровень продуктивности, т. е.  $\Phi_1 = 1 - УП_{\Phi_1}$  ( $УП = 1$ ), так как само наличие таких факторов учитывается при их количественном подсчете ( $N$ ,  $СЧЕТ$  и др.).

Ограничивающим микроклиматическим фактором, влияющим на продуктивность животных, является температура воздуха в помещении. С зоогигиенической точки зрения, при оценке действия микроклиматических параметров необходимо помнить, что при высоких температурах скорость движения воздуха должна быть выше зоотехнически установленных норм, а относительная влажность воздуха – несколько меньше принятых нормативов.

На основе матрицы первичных уровней продуктивности и разработанных нами формул написана компьютерная программа влияния на продуктивность животных, как отдельных микроклиматических факторов, так и их суммы. Использование компьютерной программы позволило смоделировать уровень среднесуточных приростов свиней в зависимости от влияния параметров воздуха помещения (таблица 3).

Таблица 3 – Уровень среднесуточного прироста свиней в зависимости от соответствия микроклиматических показателей зоогигиеническим нормам комфорта

Показатель продуктивности:	Среднесуточный прирост, г		
Уровень продуктивности при комфортных условиях содержания, г	800		
Зоогигиенические параметры	Соотношение температуры помещения и температуры комфортной зоны		
	$t_{помещ} < t_{КОМФОРТ\_М}$ IN	$t_{помещ} = t_{комфорт}$	$t_{помещ} > t_{КОМФОРТ\_МАХ}$
1	2	3	4
<i>НИЖЕ зоогигиенических требований</i>			
T+ОтВл	540	780	540
T+Ск	540	780	480
T+CO <sub>2</sub>	560	800	560

Продолжение таблицы 5

1	2	3	4
T+NH <sub>3</sub>	560	800	560
T+ОтВл+Ск	533	773	493
T+ОтВл+Ск+CO <sub>2</sub>	540	780	510
T+ОтВл+Ск+NH <sub>3</sub>	540	780	510
T+ОтВл+Ск+CO <sub>2</sub> +NH <sub>3</sub>	544	784	520
<i>ВЫШЕ зоогигиенических требо-</i>			
<i>ваний</i>			
T+ОтВл	500	780	580
T+Ск	480	800	620
T+CO <sub>2</sub>	500	760	520
T+NH <sub>3</sub>	500	760	520
T+ОтВл+Ск	467	787	613
T+ОтВл+Ск+CO <sub>2</sub>	460	770	580
T+ОтВл+Ск+NH <sub>3</sub>	460	770	580
T+ОтВл+Ск+CO <sub>2</sub> +NH <sub>3</sub>	456	760	560

Как видно из приведенных данных, разработанная нами модель вполне адекватно характеризует процесс формирования продуктивности свиней. В частности, при высокой температуре в помещении и низкой скорости движения воздуха происходит снижение продуктивности животных, причем больше чем при температурах ниже зоогигиенического оптимума.

Так как отсутствие CO<sub>2</sub> и NH<sub>3</sub> в расчете «НИЖЕ зоогигиенической нормы» не оказывает влияние на уровень продуктивности животных, то и анализировать цифры соответствующие вариантам T+ОтВл+Ск+CO<sub>2</sub>, T+ОтВл+Ск+NH<sub>3</sub>, T+ОтВл+Ск+CO<sub>2</sub>+NH<sub>3</sub> нецелесообразно по причинам, указанным при описании механизма появления накапливающейся математической погрешности. В нашем случае эта погрешность для суммы факторов T+ОтВл+Ск+CO<sub>2</sub> и T+ОтВл+Ск+NH<sub>3</sub> составляет 1,4-0,9-3,4 %, а для факторов T+ОтВл+Ск+CO<sub>2</sub>+NH<sub>3</sub>, в сравнении с уровнем продуктивности под действием факторов T+ОтВл+Ск, – 2,0-1,4-3,4 %.

Представленные результаты работы компьютерной программы подтверждают факт того, что для получения максимальной продуктивности животных необходимо в реальных условиях животноводческого объекта (здания, ферма, комплекс) надлежащим образом выполнять зоогигиенические требования к микроклимату помещений, в которых находятся животные. Причем не только с целью получения максимального прироста, но и с точки зрения гуманного отношения к животным, ведь их нельзя содержать в антисанитарных антигигиениче-

ских условиях.

Хорошо известно, что на продуктивность животных, кроме условий содержания (теплотехническая характеристика ограждающих конструкций, оптимальная работа систем микроклимата, навозоудаления, кормораздачи и пр.), значительное влияние оказывают: уровень и качество кормления, породная принадлежность животных, возраст и пол свиней и т. д.

Правильность выбранного алгоритма расчетов подтверждается и показателями работы свиноводческих предприятий Республики Беларусь. В 2000 г. нормативными документами для свиней на откорме установлен уровень продуктивного действия комбикормов, позволяющий иметь среднесуточный прирост 800-850 г [4]. Фактически, на чуть более 100 свинокомплексах Беларуси в 2005 г. среднесуточный прирост свиней на выращивании и откорме в среднем составил 491 г (с колебанием от 282 г до 662 г) [5], в 2009 г, соответственно, 535 г (232-675 г) [6], в 2012 г. – 574 г (376-721 г.) [7]. Если вычленить среднесуточные приросты исключительно за период откорма, без учета доращивания, то они увеличатся на 8-20 % [8]. Но в любом случае, во многих свинокомплексах, где не проведена надлежащая реконструкция производственных помещений, в которых содержатся животные, уровень продуктивности свиней более чем на 50 % зависит от надлежащего выполнения зооигиенических нормативов, в том числе и по параметрам микроклимата.

Безусловно, использование предлагаемой нами компьютерной программы не может стопроцентно гарантировать получение аналогичных результатов продуктивности животных в условия производства. Однако она представляет собой принципиально новый методологический подход, который можно постоянно улучшать, осуществляя более тщательный сбор первичной производственной информации, и не только по итоговым показателям продуктивности животных, но и по суточной (недельной, месячной) динамике основных микроклиматических параметров помещений, в которых находится поголовье. Использование разработанной нами компьютерной программы дает возможность в экспресс-режиме определять критические точки при производстве свинины [9].

Предлагаемые подходы при создании модели определения продуктивности свиней, в зависимости от уровня комфортности окружающей среды, можно применить и при разработке модели влияния различных комбинаций биологически активных веществ, применяемых в виде добавок в кормлении животных, определять динамику расхода кормов на единицу продукции и др. [10].

**Заключение.** Разработана методология экспресс-прогнозирования

уровня продуктивности свиней в зависимости от влияния основных микроклиматических факторов. Использование предлагаемой матрицы, алгоритма и компьютерной программы, выполненной в MS Excel, позволяет определить численные значения продуктивности свиней при различной вариабельности микроклиматических характеристик воздуха помещений.

#### Литература

1. Закон ограничивающего фактора социализации // Википедия : свободная энциклопедия [Электрон. ресурс]. – Режим доступа : // [http://ru.wikipedia.org/wiki/Закон\\_ограничивающего\\_фактора](http://ru.wikipedia.org/wiki/Закон_ограничивающего_фактора)
2. Бродский, А. К. Краткий курс общей экологии : учебное пособие для ВУЗов / А. К. Бродский. – СПб : ДЕАН, 2000. – 224 с.
3. Гируцкий, И. И. Информационное обеспечение технологических процессов промышленного свиноводства / И. И. Гируцкий, Н. В. Гуцо, В. А. Павловский // Агропанорама. – 2002. - № 2. – С. 29-32.
4. Республиканский классификатор сырья, нормы его ввода в комбикорма и основные показатели качества сырья и комбикормов. – Минск : ПК ООО «ПолиБиг», 2000. – 49 с.
5. Итоги работы свиноводческих комплексов за 2005 год // Белорусская нива. – 2006. – 28 февр. – С. 4.
6. Итоги работы свиноводческих комплексов за 2009 год // Белорусская нива. – 2010. – 16 февр. – С. 5.
7. Итоги работы комплексов по выращиванию и откорму свиней за 2012 год // Белорусская нива. – 2013. – 15 февр. – С. 5.
8. Соляник, В. В. Методология моделирования производственных процессов на основе технологических и биологических среднесуточных приростов молодняка свиней / В. В. Соляник // Зоотехническая наука Беларуси : сб. науч. тр. – Жодино, 2012. – Т. 47, ч. 1. – С. 293-306.
9. Соляник, А. В. Теоретическая и практическая разработка специализированного программного обеспечения для свиноводства : монография / А. В. Соляник, В. В. Соляник, С. В. Соляник. – Горки : УО «БГСХА», 2012. – 324 с.
10. Соляник, А. В. Зооигиенические и технологические особенности функционирования свиноводства : монография / А. В. Соляник, В. В. Соляник. – Горки : УО «БГСХА», 2010. – 220 с.

Поступила 6.03.2013 г.