

В.В. СОЛЯНИК¹, С.В. СОЛЯНИК²

**МЕТОДИКА РАЗРАБОТКИ МАТЕМАТИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ
ОТ ОДНОЙ И ДВУХ ПЕРЕМЕННЫХ ДЛЯ СОЗДАНИЯ
ДИНАМИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ В ОБЛАСТИ ЗООТЕХНИИ
И ЗООГИГИЕНЫ**

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

²УО «Гродненский Государственный аграрный университет»

Введение. Одним из важнейших факторов, стимулирующих развитие различных областей естественных наук, является внедрение в них математики. Еще К. Маркс отмечал, что использование математики – это показатель зрелости науки [1]. Современная биология использует математику уже около двух столетий, это связано с установлением кардинального факта, что многим биологическим явлениям свойственны статистические закономерности, которые обнаруживаются при изучении совокупностей (особенно это характерно для экологии, которая как раз и изучает совокупности – популяции, биоценозы, биогеоценозы, экосистемы и биосферу в целом) [2]. При этом идеализированные свойства исследуемых объектов либо формулируются в виде аксиом, либо перечисляются в определении соответствующих математических объектов. Затем по строгим правилам логического вывода из этих свойств выводятся другие истинные свойства (теоремы). Эта теория в совокупности образует математическую модель исследуемого объекта. Таким образом, первоначально, исходя из пространственных и количественных соотношений, математика получает более абстрактные соотношения, изучение которых также является предметом современной математики [3].

Более ста лет назад (в 1909 г.) это гениально предвидел профессор И.П. Павлов, сказав, что: « ...Вся жизнь от простейших до сложнейших организмов, включая, конечно, и человека, есть длинный ряд все усложняющихся до высочайшей степени уравниваний внешней среды. Придет время, пусть отдаленное, когда математический анализ, опираясь на естественнонаучный, охватит величественными формулами уравнений все эти уравнивания, включая в них, наконец, и самого себя» [4].

Накопление научных знаний в области зоотехнии и зоогигиены происходит в результате проведения экспериментальных исследова-

ний на животноводческих комплексах и фермах, в лабораториях и отделах научно-исследовательских учреждений. Процесс накопления знаний идет уже не одну сотню лет. Проведение различных опытов и экспериментов осуществляют преимущественно молодые ученые (аспиранты, магистранты, соискатели) в период их обучения в аспирантурах и магистратурах. На наш взгляд, в зоотехнии и зооигиене полвека назад зародилась проблема, когда проведением однофакторных экспериментов (организованных на методическом уровне, лежащем в основе дипломных работ выпускников вузов) продолжают заниматься кандидаты и доктора наук – научные работники научно-исследовательских лабораторий и отделов.

Это привело к тому, что в настоящее время имеется обширнейший экспериментальный материал по решению отдельных вопросов зоотехнии и зооигиены. Однако проведение экспериментальных исследований лишено системности, так как отсутствует классификация и структуризация полученных научных знаний. Главная проблема – это отсутствие глубоких теоретических предпосылок, которые бы позволяли моделировать комплексное течение тех или иных зоотехнических и зооигиенических процессов, прогнозировать получение результатов или хотя бы находить промежуточные значения в диапазоне имеющихся данных. Наличие теоретических подходов позволило бы в несколько раз сократить количество проводимых малоинформативных, материалоемких и трудозатратных экспериментов и при этом дало бы новые импульсы в реальном решении проблем животноводства, в развитии зоотехнии и зооигиены, как основ научного сопровождения этой подотрасли сельского хозяйства.

По общему правилу, фактическая продуктивность животных – это основной народнохозяйственный критерий эффективности проводимых научно-исследовательских работ в области животноводства. На наш взгляд, кандидатам и докторам наук в области зоотехнии и зооигиены необходимо изменить соотношение времени, затрачиваемого на получение новых научных знаний. Больше времени нужно уделять теоретической проработке вопроса, проведению вычислительных экспериментов, разработке моделей протекания того или иного технологического процесса и лишь после этого проводить натурный опыт, который подтвердит или опровергнет полученные теоретические данные.

Нельзя проводить за государственный счет научно-хозяйственные опыты ради самого процесса их проведения. Ведь порой, задолго до проведения натурального эксперимента, на основе данных научной литературы, можно с большой долей вероятности спрогнозировать, что влияние какого-либо фактора на 3-7 % изменит продуктивность животных, то есть на уровне статистической погрешности учетного мето-

да. Стоит ли в этом случае проводить широкомасштабные научно-практические эксперименты, финансово затратные биохимические, иммунобиологические, физиологические (обменные) и иные исследования, если в результате будет получено достоверное 5%-ное увеличение продуктивности, которое нивелируется при широкой производственной апробации или внедрении?

Уровень продуктивности опытной группы животных (20-30 голов) в размере $\pm 5-7\%$, по сравнению с контролем, это, по сути, «средняя температура по больнице в коридоре возможностей (вероятных значений)», и эти итоги работы не требуют глубокой научной интерпретации, если, конечно, это не фундаментальные исследования на уровне конкретного животного или его органа (клетки). Для прикладных поисковых исследований при многофакторных экспериментах отличия между опытной и контрольной группой должны быть достоверными и более весомыми, чтобы при широкой апробации тенденция увеличения продуктивности сохранилась, а не исчезла.

Целесообразно выделить значительный объем рабочего времени конкретного научного сотрудника для теоретической проработки вопросов использования зоотехнических и зооигиенических методов. Вероятно, результаты такого рода теоретических исследований должны быть оформлены в виде монографии или фундаментальных, комплексных обзорных статей, с конкретными математическими выкладками достижения того или иного прогноза, от применения той или иной методологии проведения эксперимента. В противном случае и дальше будут проводиться сотни и тысячи опытов, затрачиваться миллионы и миллиарды рублей государственных средств, а в итоге будет происходить лишь «накопление научных знаний», без всякого реально значимого результата для животноводства нашей страны. Повторимся: нельзя проводить эксперименты ради экспериментов, т. е. преследуя главный принцип: ученый должен быть в поле (на ферме и т.д.), а не в кабинете или библиотеке.

Безусловно, научный работник должен проводить эксперименты, но методология исследований должна иметь предварительный, тщательный математический расчет, а полученные результаты должны быть смоделированы и спрогнозированы, чтобы они имели действительно высокое научно-хозяйственное значение, а не только фиксировали факт нахождения ученого на ферме в течение определенного времени.

Использование математики в современной биологии, зоотехнии и зооигиении не ограничивается только статистическими методами, поэтому биометрия (или биоматематика, как ее иногда называют) шире, нежели биологическая статистика. Она использует также приемы и

методы из других областей математики: дифференциального и интегрального исчисления, теории чисел, математической алгебры и т. д. В различных областях биологии (генетика, эволюционное учение, селекция, физиология) уже ставится задача: выразить соответствующие биологические процессы или явления в математической форме, дать им строго математическое выражение [5].

Материал и методика исследований. Объектом исследования были программно-математические методы разработки аналитических функций от одной и двух переменных. Предметом исследования был программно-математический инструментарий, позволяющий специалисту в области зоотехнии и зооигиены самостоятельно разработать математические функции для технологических моделей.

Результаты эксперимента и их обсуждение. В Республике Беларусь более полувека функционируют животноводческие объекты мощностью в несколько тысяч, и даже десятков тысяч, тонн животноводческой продукции (молока, мяса и др.). Однако проведение экспериментов в области зоотехнии на соискание ученой степени в сельскохозяйственной отрасли науки, как и 30-40 лет назад, осуществляется по требованиям к узкоспециализированным биологическим исследованиям [6], по сути, на соискание ученой степени в биологической отрасли науки.

В настоящее время для кандидата (доктора) сельскохозяйственных наук, из-за высокой вариабельности конкретных производственных показателей, минимальным размером подопытной группы должны быть конкретные здания фермы, в которых находятся животные одной половозрастной группы и технологического статуса, или весь животноводческий объект (ферма, комплекс, фабрика и др.) в целом. При этом основным результирующим показателем должен быть валовой уровень продуктивности животных и экономическая эффективность производства, т. е. выращивания и откорма. Проведение физиологических и биохимических исследований на очень ограниченном поголовье (3-5 голов) – это задачи, решаемые преимущественно соискателями ученых степеней, магистрантами и аспирантами, биологической отрасли науки, а не сельскохозяйственной. Безусловно, чтобы организовывать опыты на уровне здания или фермы, необходимо предварительно на малых группах животных провести поисковые исследования, особенно в области кормления, но в любом случае целесообразно заблаговременно четко отработать методологию математического моделирования эксперимента.

При постановке и проведении как научно-хозяйственных опытов, так и лабораторных исследований, связанных с определением биохимических, иммунологических, физиологических и иных параметров

организма животных, а также при проведении зоотехнического анализа, в том числе и анализа кормов и кормовых средств, нужно минимизировать человеческий фактор и применять автоматизированные аналитические комплексы.

Для того чтобы определить насколько численная модель адекватно описывает протекание биологический (технологический) процесс, необходимо провести вычислительный эксперимент и полученные результаты сравнить с фактическими (натурными). Например, комиссионная апробация пакета компьютерных программ [7] показала, что с помощью входящих в него численных климатических, теплотехнических, биологических и иных моделей можно смоделировать конкретные значения температуры и загазованности воздуха, любого свиноводческого помещения, в котором содержатся животные, и при этом полученные результаты будут не более чем на $\pm 5\%$ отличаться от фактических зоогигиенических параметров в конкретный период времени (часы суток).

Используя программный продукт MATHEMATICA 5.1 (Wolfram Research. Inc.) [8, 9], нами разработана компьютерная программа для нахождения функции от двух переменных [10, 11]. При этом затраты времени на ввод информации и получения готового результата необходимо менее одной минуты. Работа с программой дает возможность достаточно оперативно, в течение часа, превратить десятки таблиц информации в функции от двух переменных. Однако для использования этой программы необходимо, во-первых, наличие на компьютере пользователя программного продукта MATHEMATICA 5.1, во-вторых, нужно затратить время на обучение пользователя для работы с конкретной программой.

Предлагаемый ниже подход по созданию формул от двух переменных, хотя и отличается трудоемкостью, так как превращение информации из таблицы в функцию от двух переменных занимает 15-30 минут, но все программные продукты (например, MS Excel, CurveExpert 1.4 и др. [12, 13, 14]) имеются на компьютерах подавляющего большинства пользователей или их можно бесплатно скачать из Интернета.

Краткое решение задачи разработки функции от двух переменных заключается в следующем. Вначале необходимо аппроксимировать по одной переменной имеющиеся табличные данные. При этом у всех аппроксимаций ставить одну функцию (обычно полином), а коэффициенты менять в зависимости от второй переменной. Затем аппроксимировать эти коэффициенты по второй переменной, и в итоге подставить эти аппроксимации в первую функцию и вывести формулу [15].

Предположим, необходимо определить в аналитическом виде функцию от одной переменной ($y=f(x)$) или от двух ($y=f(x,z)$), при этом:

y – количество сухого вещества на голову в сутки, кг; x – живая масса животного, кг; z – среднесуточный прирост за период откорма, г.

На первом этапе создаются функции от одной переменной:

$$y_{Xz1} = a_1 + b_1x + c_1x^2 + d_1x^3 + \dots$$

$$y_{Xz2} = a_2 + b_2x + c_2x^2 + d_2x^3 + \dots$$

$$y_{Xz1} = a_3 + b_3x + c_3x^2 + d_3x^3 + \dots$$

....

$$y_{Xzn} = a_n + b_nx + c_nx^2 + d_nx^3 + \dots$$

Функция y_{Xzn} – это формула от одной переменной, в данном случае количество сухого вещества на голову в сутки (y) в зависимости от живой массы (x) (40-110 кг), при конкретном значении второй переменной – среднесуточного прироста за период откорма (z), например, 550 г, 650 г, 800 г.

Затем проводится аппроксимация по второй переменной:

$$y_{za1\dots an} = a_{a1\dots an} + b_{a1\dots an} * z + c_{a1\dots an} * z^2 + d_{a1\dots an} * z^3 + \dots$$

$$y_{zb1\dots bn} = a_{b1\dots bn} + b_{a1\dots bn} * z + c_{b1\dots bn} * z^2 + d_{b1\dots bn} * z^3 + \dots$$

$$y_{zc1\dots cn} = a_{c1\dots cn} + b_{c1\dots cn} * z + c_{c1\dots cn} * z^2 + d_{c1\dots cn} * z^3 + \dots$$

$$y_{zd1\dots dn} = a_{d1\dots dn} + b_{d1\dots dn} * z + c_{d1\dots dn} * z^2 + d_{d1\dots dn} * z^3 + \dots$$

....

$$y_{zn1\dots nn} = a_{n1\dots nn} + b_{n1\dots nn} * z + c_{n1\dots nn} * z^2 + d_{n1\dots nn} * z^3 + \dots$$

В итоге полученные функции по второй переменной подставляются в функцию по первой переменной:

$$y_{xz} = (a_{a1\dots an} + b_{a1\dots an} * z + c_{a1\dots an} * z^2 + d_{a1\dots an} * z^3 \dots) + (a_{b1\dots bn} + b_{a1\dots bn} * z + c_{b1\dots bn} * z^2 + d_{b1\dots bn} * z^3 \dots) * x + (a_{c1\dots cn} + b_{c1\dots cn} * z + c_{c1\dots cn} * z^2 + d_{c1\dots cn} * z^3 \dots) * x^2 + (a_{d1\dots dn} + b_{d1\dots dn} * z + c_{d1\dots dn} * z^2 + d_{d1\dots dn} * z^3 \dots) * x^3 + \dots$$

Шаг 1. Прежде чем разрабатывать функции от одной или двух переменных необходимо, чтобы табличные данные были статистически достоверны. В противном случае, полученные формулы априори не будут надлежащим образом отражать технологические и биологические тенденции.

Для практической демонстрации методологии разработки функции от двух переменных нами выбраны численные параметры, характеризующие откормочный молодняк свиней, имеющий различный уровень среднесуточного прироста за период откорма (550-800 г): живая масса животных (кг), среднесуточный прирост при конкретной весовой кондиции (г), нормы потребления сухого вещества (кг) (таблица 1).

Таблица 1 – Нормы кормления растущих откармливаемых свиней при среднесуточном приросте за весь период откорма 550-800 г [16].

Показатели	Живая масса, кг							
	40	50	60	70	80	90	100	110
Среднесуточный прирост за период откорма, 500-550 г	Среднесуточный прирост, г							
	400	450	500	550	600	650	700	750
Сухое вещество, кг	1,58	1,82	1,99	2,22	2,45	2,68	2,92	3,14
Среднесуточный прирост за период откорма, 650-700 г	Среднесуточный прирост, г							
	550	600	650	700	750	800	800	750
Сухое вещество, кг	1,82	2,06	2,32	2,50	2,72	2,93	3,06	3,06
Среднесуточный прирост за период откорма, 800-850 г	Среднесуточный прирост, г							
	650	700	800	900	950	950	900	850
Сухое вещество, кг	1,87	2,11	2,45	2,73	2,92	3,05	3,08	3,12

Для наглядности из данных таблицы 1 сгруппировали табличный материал по потреблению сухого вещества (таблица 2) и среднесуточный прирост в зависимости от живой массы и среднесуточного прироста за период откорма (таблица 3), а также графическое представление этих данных (рисунки 1 и 2).

Таблица 2 – Норма потребления растущих откармливаемых свиней в сухом веществе в зависимости от живой массы (40-110 кг) и среднесуточного прироста за весь период откорма (550-800 г), кг

Живая масса, кг	Среднесуточный прирост, г		
	550	650	800
40	1,58	1,82	1,87
50	1,82	2,06	2,11
60	1,99	2,32	2,45
70	2,22	2,50	2,73
80	2,45	2,72	2,92
90	2,68	2,93	3,05
100	2,92	3,06	3,08
110	3,14	3,06	3,12

Таблица 3 – Среднесуточный прирост молодняка свиней на откорме в зависимости от их живой массы и планового среднесуточного прироста за период откорма, г

Живая масса, кг	Среднесуточный прирост, г		
	550	650	800
40	400	550	650
50	450	600	700
60	500	650	800
70	550	700	900
80	600	750	950
90	650	800	950
100	700	800	900
110	750	750	850

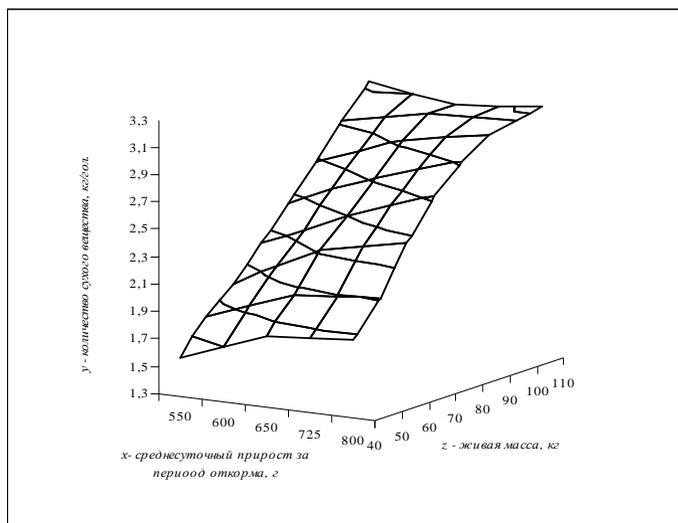


Рисунок 1 – Потребность в сухом веществе молодняка свиней на откорме в зависимости от живой массы животных и планируемого среднесуточного прироста в период откорма

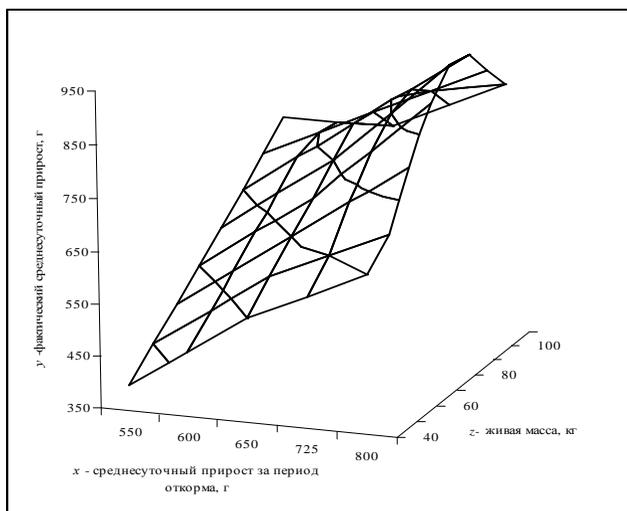


Рисунок 2 – Динамика среднесуточного прироста растущих откармливаемых свиней в зависимости от их живой массы в период откорма

Шаг 2. Для определения потребности в сухом веществе животных конкретной живой массы, в зависимости от среднесуточного прироста за период откорма, получены следующие функции от одной переменной. Для разработки этих функций использовали возможности компьютерной программы CurveExpert и электронных таблиц. Полученные следующие коэффициенты полинома 4-й степени.

Среднесуточный прирост за период откорма

550 г

650 г

800 г

4th Degree Polynomial Fit: $y=a+bx+cx^2+dx^3...$

Coefficient Data:

a = -0,4112771
 b = 0,0938261
 c = -0,0016402
 d = 0,0000157
 e = -5,30E-08

a = -1,2425703
 b = 0,1570437
 c = -0,0030404
 d = 0,0000301
 e = -1,11E-07

a = 4,86553571E+00
 b = -2,31510552E-01
 c = 5,78437500E-03
 d = -5,36174242E-05
 e = 1,71401515E-07

В ячейках C3, C4, C5 табличного процессора MS Excel, функции имеют следующий вид:

	A	B	C
1	Живая масса, кг		63
2			Потребность в сухом веществе, кг
3	Среднесуточный прирост за период откорма, г	550	= -0,411277056307+0,0938261183279*C1-0,00164015151519*C1^2+0,0000156565656569*C1^3-0,0000000530303030315*C1^4
4		650	=-1,24257034633+0,157043740982*C1-0,00304043560608*C1^2+0,0000300820707072*C1^3-0,000000110795454546*C1^4
5		800	=4,86553571438-0,231510551954*C1+0,00578437500012*C1^2-0,0000536174242435*C1^3+0,000000171401515155*C1^4

C1 – адрес ячейки в MS Excel, в которой указывается значение живой массы откормочника в кг.

В нашем примере, количество символов, в функциях от одной переменной, находится в пределах 107-110 знаков. Максимальная вместимость ячейки MS Excel составляет 1024 символов.

Шаг 3. Далее провели аппроксимацию коэффициентов a_n , b_n , c_n , d_n , e_n , по второй переменной, и получили следующее их значения:

Quadratic Fit: $y=a+bx+cx^2$

Coefficient Data:

a₁, a₂, a₃	b₁, b₂, b₃	c₁, c₂, c₃
a = 74,278932	a = -4,8621004	a = 0,1102154
b = -0,243674	b = 0,0161004	b = -0,0003636
c = 0,000196	c = -0,0000129	c = 2,91E-07
d₁, d₂, d₃	e₁, e₂, e₃	
a = -0,0010678	a = 3,78E-06	
b = 3,51E-06	b = -1,24E-08	
c = -2,81E-09	c = 9,84E-12	

Шаг 4. После получения значений коэффициентов по второй переменной необходимо подставить эти аппроксимации в первую функцию и вывести формулу, которую необходимо занести в ячейку MS Excel (в нашем случае ячейка B3):

	A	B
1	Среднесуточный прирост (550-800), г	581
2	Живая масса (40-110), кг	101
3	Норма потребления корма в сухом веществе, кг	=ОКРУГЛ((74,2789321686-0,24367437672*B1+0,000196134538933*B1^2)+(-4,86210040287+0,0161003594879*B1-0,0000128901527178*B1^2)*B2+(0,110215447333-0,00036361074*B1+0,000000291339866666*B1^2)*B2^2+(-0,00106777346667+0,000003514643*B1-0,00000002808673333*B1^2)*B2^3+(0,00000378098420447-0,000000123806410849*B1+9,83582840412E-12*B1^2)*B2^4;2)

Количество символов в функциях от двух переменных составляет 330 знаков.

Для определения среднесуточного прироста животного, при конкретной живой массе молодняка свиней на откорме, имеющим, ежедневный привес в период откорм от 550 до 800 г, функция имеет следующий вид (ячейка В3):

	А	В
1	Среднесуточный прирост (550-800), г	732
2	Живая масса (40-110), кг	47
3	Среднесуточный прирост, г	=ОКРУГЛ((37321,791-121,94893*В1+0,09900867*В1^2)+(-2557,3979+8,3243009*В1-0,0066643558*В1^2)*В2+(59,884025-0,19389393*В1+0,0001545707*В1^2)*В2^2+(-0,59124987+0,0019055552*В1-0,0000015101007*В1^2)*В2^3+(0,0021041439-0,0000067423544*В1+0,0000000053029707*В1^2)*В2^4;0)

Для оценки уровня различий между табличными данными и использованием полученных нами формул приведем результаты этого расчета (таблица 4) и сравнение с данными таблица 2.

Таблица 4 – Норма потребления растущих откармливаемых свиней в сухом веществе (расчетный вариант) и колебание исходных и рассчитанных параметров, %

Живая масса, кг	Среднесуточный прирост за период откорма, г					
	550		650		800	
	кг	%	кг	%	кг	%
40	1,58	0	1,82	0	1,87	0
50	1,81	0,5	2,08	-1	2,12	-0,5
60	2,01	-1	2,3	0,9	2,44	0,4
70	2,22	0	2,51	-0,4	2,73	0
80	2,44	0,4	2,72	0	2,94	-0,7
90	2,68	0	2,92	0,3	3,05	0
100	2,92	0	3,06	0	3,09	-0,3
110	3,14	0	3,06	0	3,13	-0,3

Как видно из таблицы 7, использование полученной математической зависимости позволяет получить результаты менее чем на ± 1 % отличающиеся от исходных табличных данных. По общему правилу, ошибки в 1,5-2 % находятся на уровне погрешности приборов учета. Поэтому можно говорить о том, что предлагаемые нами подходы к по-

лучению уравнений зависимостей от двух изменяющихся параметров и разработанные на их основе математические модели адекватно отражают биолого-технологические тренды.

Для облегчения процесса вычислений в электронных таблицах пользователь может использовать свои собственные функции. Разрабатывая свои формулы пользователю очень сложно их запомнить, особенно если они длинные, т. е. много символов. К тому же вводить вручную формулы каждый раз на новом рабочем листе – слишком трудоемкий процесс. Поэтому легче написать свою функцию, ввести формулу один раз в ячейку, присвоить функции соответствующее имя и в последующем, когда необходимо провести вычисление по ней, достаточно будет ввести название созданной пользователем функции, как любой другой функции Excel, и необходимые аргументы [16].

Использование разработанной пользователем функции, находящейся в одной из ячеек MS Excel, а также двух ячеек для изменяющихся переменных, позволяет полностью отказаться от хранения данных в виде таблиц, которые порой занимают десятки и сотни ячеек, и постоянно обращаться к ним для получения информации. Безусловно, созданные исследователем исходные таблицы необходимо сохранять как хранилище первичных данных. Но при наличии функций от двух переменных отпадает необходимость разрабатывать и поддерживать в надлежащем состоянии системы управления базами данных (СУБД). Это значительно экономит время доступа к данным, а также позволяет снижать нагрузку на оперативную память компьютера при обращении к базам данных, минимизировать производительность процессора и др.

Наличие функций от одной и двух переменных позволяет создавать расчетную цепочку этих функций, а в итоге можно получать динамическую модель, учитывающую влияние бесконечного количества факторов, главное, чтобы исследователь мог логически и квалифицированно соотнести их действие во времени и пространстве.

Объединение в комплексные системы функции, созданные пользователем и описывающие различные биологические и технологические тренды, позволяет проводить многофакторное моделирование тех или иных процессов. Численные методы позволяют создать цифровую основу зоотехнии и зооигиены, а точнее цифровые технологии, например, производства свинины.

Простым пользователям, да и научным сотрудникам, необходимо быть острожным, чтобы не попасть под влияние более продвинутых в науке и информационных системах людей, или просто чиновников от науки. Ведь хорошо известно: как только какой-либо человек понимает как выполнять ту или иную работу, например, как организовать и проводить научные эксперименты (опыты, исследования), осваивать

методики по выполнению морфологически, биохимических и иных исследований, писать компьютерные программы, то он находит любые возможности, чтобы заставить сделать это кого-нибудь другого.

Заключение. Разработана пошаговая методика создания математических функций от одной и двух переменных. Появилась существенное преимущество, когда любой зоотехник, зооигиенист или научный работник в области животноводства сможет, затратив некоторое время, превратить свои первичные табличные данные в формулы, которые позволяют осуществлять не только нахождение промежуточных значений, но и вплотную подойти к решению вопросов моделирования основных технологических процессов.

Литература

1. Маркс, К. Сочинения. Т. 20 : Анти-Дюринг. Диалектика природы / К. Маркс, Ф. Энгельс. – М. : Государственное издательство политической литературы, 1961. – 828 с.
2. Биостатист [Электрон. ресурс]. – 1 марта 2008. – Режим доступа : <http://letopisi.ru/index.php/Биостатист>
3. Математика // Википедия : свободная энциклопедия [Электрон. ресурс]. – 11 марта 2013. – Режим доступа : <http://ru.wikipedia.org/wiki/Математика>
4. Павлов, И. П. Естествознание и мозг / И. П. Павлов // Полное собрание сочинений / изд. второе, доп. – М.-Л. : Изд-во АН СССР, 1951. – Т. III, кн. первая. – С. 113-127.
5. Рокицкий, П. Ф. Биологическая статистика / П. Ф. Рокицкий. – Минск : Вышэйшая школа, 1967. – 326 с.
6. Овсянников, А. И. Основы опытного дела в животноводстве / А. И. Овсянников. – М. : Колос, 1976. – 304 с.
7. Методология оценки и моделирования комфортных условий содержания свиней : мет. указания / С. И. Плященко [и др.]. – Минск : БГАТУ, 2003. – 196 с.
8. Devis, B. Calculus and mathematica / B. Devis, J. Uhl. – Illinois : Matheverywhere, Inc, 1999. – 697 p.
9. Wofram, S. The mathematica book / S. Wofram. – Cambridge University Press, 1999. – 1315 p.
10. Соляник, А. В. Программно-математическая оптимизация рационов кормления и технологии выращивания свиней : моногр. / А. В. Соляник, В. В. Соляник. – Горки : БГСХА, 2007. – 160 с.
11. Соляник, А. В. Теоретическая и практическая разработка специализированного программного обеспечения для свиноводства : моногр. / А. В. Соляник, В. В. Соляник, С. В. Соляник. – Горки : БГСХА, 2012. – 324 с.
12. Балтнер, П. Использование Microsoft Excel-2000 / П. Балтнер, Л. Ульрих. – М. : Издательский дом "Вильямс", 2000. – 1024 с.
13. GraphExpert Professional Released [Electronic resource]. – 2013. – Mode of access : <http://www.curveexpert.net/curveexpert-basic/>
14. NTS Communications [Electronic resource]. – 2013. – Mode of access : www.ebicom.net/~dhyams/cvxpt.htm
15. Аппроксимация функции двух переменных // Powered by vBulletin® Version 3.8.7 PL3 [Электрон. ресурс]. – 2000-2013. – Режим доступа : <http://www.cyberforum.ru/numerical-methods/thread118510.html>
16. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных : справочное пособие / А. П. Калашникова [и др.]. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва, 2003. – 456 с.
17. Соляник, В. В. Программно-математический метод для аналитического описания биологических и технологических процессов в животноводстве / В. В. Соляник // Зоо-

УДК 636.4:628.8:519.2

В.В. СОЛЯНИК¹, С.В. СОЛЯНИК²

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

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

²УО «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-