

DOI: 10.32636/01308521.2021-(69)-15

УДК 636.598:082.2

**В. П. ХВОСТИК, доктор сільськогосподарських наук**

Інститут розведення і генетики тварин імені М. В. Зубця НААН

*с. Чубинське Бориспільського р-ну Київської обл.,*

*08321, e-mail: lab29@meta.ua*

## **МОДЕЛЮВАННЯ КОМПОНЕНТІВ КРИВИХ ЖИВОЇ МАСИ ГУСЕЙ**

У роботі наведено результати досліджень щодо застосування математичного моделювання полігенно зумовленої ознаки «жива маса» на широкому генетичному матеріалі гусей. Ним виступали вихідні родинні форми (велика сіра та рейнська породи) гусей, нащадки першого – третього покоління та створеної диморфної популяції. Живу масу визначали в добовому віці та впродовж 9 тижнів вирощування в гусей різних генотипів. Математичне моделювання живої маси птиці здійснювали з використанням моделей Б. Гомпертца, Т. Бріджеса та Ф. Річардса. Проведено порівняння фактично одержаних значень живої маси птиці з теоретично розрахованими за цими моделями з вирахуванням відхилень у відсотках. З отриманих даних можна дійти висновку, що використані в наших дослідженнях математичні моделі дають змогу досить адекватно провести опис динаміки живої маси гусей різних генотипів протягом раннього періоду онтогенетичного розвитку. Середній відсоток відхилень фактичних значень живої маси з теоретично розрахованих за цими моделями був невисоким і становив 1,93–4,42%. Модель Б. Гомпертца дала змогу більш точно описати живу масу на пізніших стадіях розвитку (5–9-й тижні), ніж до цього періоду. Найбільш близьку відповідність емпіричних та розрахункових значень живої маси визначено в гусей другого покоління. Модель Т. Бріджеса також із високою точністю описала динаміку живої маси гусей – середній відсоток відхилень становив 3,65–4,42%. Починаючи з 6-го тижня відхилення фактичних даних від теоретичних значно менші (0,01–2,82%), ніж до цього періоду. Модель Ф. Річардса, як і попередні дві моделі, з досить високою точністю описувала живу масу гусей різних генотипів упродовж 9 тижнів вирощування. Середній відсоток відхилень фактичних даних живої маси від теоретичних становив 2,78–3,58%. Найбільший збіг фактичних показників живої маси з розрахованими виявлено в гусей першої генерації. Найбільш точний опис живої маси у великих сірих та рейнських гусей ця модель показала на 9-му тижні, у нащадків F<sub>1</sub>, F<sub>3</sub> та диморфних гусей – на 7-му тижні вирощування. Середній відсоток відхилень фактичних і розрахункових значень живої маси гусей різних генотипів не перевищував 5%, тому можна рекомендувати використання всіх застосованих у дослідженні математичних моделей для проведення опису динаміки живої маси цього виду водоплавної птиці.

**Ключові слова:** гуси, жива маса, опис, модель Б. Гомпертца, модель Т. Бріджеса, модель Ф. Річардса.

**Victor Khvostyk**

Institute of Animal Breeding and Genetics nd. a. M.V.Zubets of NAAS

**Simulation of the compositions of living mass of the geese**

The study presents the results of research on the application of mathematical modeling of polygenically determined trait "live weight" on a wide genetic material of the geese. They were the original family forms (Large Gray breed, Rhine breed) of the geese, descendants of the first and third generations and the created dimorphic population. Live weight was determined at the age of 24 hours and during 9 weeks of rearing in the geese of different genotypes. Mathematical modeling of the live weight of the birds was performed using models of B. Gompertz, T. Bridges and F. Richards. A comparison of the actually obtained values of the live weight of poultry with theoretically calculated according to these models, minus the deviations in percent. From the obtained data it can be concluded that the mathematical models used in our research allow to adequately describe the dynamics of the live weight of the geese of different genotypes during the early period of ontogenetic development. The average percentage of deviations of the actual values of the live weight with theoretically calculated according to these models was low and amounted to 1.93–4.42%. B. Gompertz's model makes it possible to more accurately describe live weight at later stages of development (5–9 weeks) than before this period. The closest correspondence of empirical and calculated values of the live weight was determined in the second generation geese. T. Bridges' model also describes with high accuracy the dynamics of the live weight of the geese – the average percentage of deviations was 3.65–4.42%. Starting from the 6th week, the deviations of the actual data from the theoretical ones are much smaller (0.01–2.82%) than before this period. F. Richards' model, like the previous two models, described with a high accuracy the live weight of the geese of different genotypes during 9 weeks of rearing. The average percentage deviation of the actual live weight data from the theoretical was 2.78–3.58%. The greatest coincidence of the actual indicators of the live weight with the calculated ones was found in the first generation of the geese. This model showed the most accurate description of the live weight in Large Gray and Rhine geese at the 9th week, in the offspring of F1, F3 and dimorphic geese – at the 7th week of rearing. The average percentage deviation of the actual and calculated values of live weight of geese of different genotypes did not exceed 5%, so we can recommend the use of all mathematical models used in the study to describe the dynamics of live weight of this species of waterfowl.

**Key words:** geese, live weight, description, model of B. Gompertz, model of T. Bridges, model of F. Richards.

**Вступ.** Статистичні математичні моделі, що використовуються для опису кривих росту та продуктивності птиці, потрібні для багатьох управлінських рішень, які необхідно прийняти для збільшення

виробництва продукції галузі [16]. Математичне моделювання та математична модель є системою математичних співвідношень – формул, функцій, рівнянь, систем рівнянь [15, 18, 27]. Правильно побудована модель і висновки, отримані на її підставі, дають змогу знизити енергетичні та економічні витрати на виробництво продукції [25].

У дослідженнях із птахівництва застосовували математичні моделі для вирішення різних питань, серед них прогнозування виробництва яєць, їх маси, швидкості росту та споживання корму [14, 23]. Дієвість математичних моделей було доведено при вивченні яєчної продуктивності птиці [19–22, 24]. У цих дослідженнях застосовували нелінійні й сегментовані поліноміальні моделі для опису несучості з плином часу. Вказані моделі надали можливість провести відбір більш продуктивної птиці та збільшити пік яйцекладки [28, 29, 30].

Поліпшення господарсько корисних ознак сільськогосподарської птиці значною мірою зумовлено розробленням теоретичних і практичних питань, спрямованих на вивчення закономірностей росту. Це дасть змогу проводити оцінювання особин у ранньому віці, скоротивши таким чином період зміни генерацій, й отримувати значний ефект селекції за рахунок більш високої селекційної цінності відібраних генотипів [5].

Серед методів оцінки продуктивності птиці значне місце посідають методи математичного моделювання, які надають можливість із високою точністю описувати та прогнозувати зміни, які відбуваються в організмі [11].

Поряд із вивченням фактичних значень живої маси, середньодобових та відносних приростів, алометричних показників росту й розвитку птиці останніми роками дослідники все частіше використовують математичні моделі різного типу, які дають змогу з високою точністю описувати та прогнозувати вікові зміни живої маси [1, 2, 6, 9, 10].

Рівняння росту, згладжуючи окремі відхилення, допомагають визначити загальну тенденцію вікових змін, характерних для певного об'єкта [5]. З'ясування такої тенденції або траєкторії росту надає гарну можливість із досить високою точністю прогнозувати вікові зміни живої маси [4].

Метою досліджень було проведення математичного моделювання полігенно зумовленої ознаки «жива маса» на широкому генетичному матеріалі, особливо новоствореному, яким у наших

дослідженнях слугували вихідні родинні форми гусей та нащадки першого – четвертого поколінь створеної диморфної популяції.

**Матеріали і методи.** Живу масу визначали в добовому віці та впродовж 9 тижнів вирощування в гусей вихідних батьківських форм (рейнська і велика сіра породи) та нащадків першого – четвертого поколінь (по 100 голів кожної групи) в процесі створення диморфної популяції [12].

Для опису живої маси птиці було використано рівняння Б. Гомпертца [17], функції Т. Бріджеса (модифікація I) [13] та Ф. Річардса [28].

**Результати та обговорення.** При вивченні онтогенетичних закономірностей росту сільськогосподарської птиці насамперед визначають її живу масу, середньодобові та відносні прирости, проміри статей тіла, індекси тілобудови [7–8]. Одним із методів аналізу росту, який останнім часом часто використовують дослідники, є опис та прогнозування цього складного процесу з використанням різноманітних математичних формул. Рівняння росту, згладжуючи окремі відхилення, дають змогу визначити загальну тенденцію вікових змін певного об'єкта. Визначення такої тенденції чи траєкторії росту надає можливість із досить високою точністю прогнозувати вікові зміни живої маси [3].

Актуальним постає питання застосування математичних моделей для опису й прогнозування живої маси на більш широкому генетичному матеріалі сільськогосподарської птиці, яким у наших дослідженнях слугували вихідні родинні форми та новостворені генотипи гусей.

Для опису живої маси гусей різних генотипових груп було використано моделі Б. Гомпертца, Т. Бріджеса, Ф. Річардса. Проведено порівняння фактично одержаних значень живої маси птиці з теоретично розрахованими за цими моделями з вирахуванням відхилень у відсотках (табл. 1–6).

З отриманих даних можна зробити висновок, що використані в наших дослідженнях математичні моделі дають змогу досить адекватно провести опис динаміки живої маси гусей різних генотипів протягом раннього періоду онтогенетичного розвитку. Середній відсоток відхилень фактичних значень живої маси від теоретично розрахованих за цими моделями був невисоким – 1,93–4,42%.

За використання моделі Б. Гомпертца в птиці всіх досліджених груп найбільшу розбіжність фактичних даних живої маси з розрахованими визначено на 1-му тижні життя (–6,37...–14,12%).

## 1. Описове моделювання живої маси (г) гусей великої сірої породи

Вік гусей	Фактичні дані	Модель Б. Гомперца		Модель Т. Бріджеса		Модель Ф. Річардса	
		Теоретичні дані	Відхилення, %	Теоретичні дані	Відхилення, %	Теоретичні дані	Відхилення, %
Добові	89,88	89,88	0,00	89,88	0,00	89,88	0,00
1 тиждень	249,67	280,73	-12,44	225,87	9,53	241,54	3,26
2 тижні	635,59	636,10	-0,08	542,65	14,62	551,77	13,19
3 тижні	1132,40	1144,60	-1,08	1064,33	6,01	1057,50	6,61
4 тижні	1660,27	1745,37	-5,13	1726,20	-3,97	1712,61	-3,15
5 тижнів	2305,29	2363,11	-2,51	2408,69	-4,49	2401,65	-4,18
6 тижнів	3077,03	2937,62	4,53	3010,03	2,18	3012,79	2,09
7 тижнів	3447,47	3434,58	0,37	3482,11	-1,00	3489,75	-1,23
8 тижнів	3889,17	3842,58	1,20	3823,16	1,70	3830,09	1,52
9 тижнів	4082,05	4165,19	-2,04	4055,36	0,65	4058,84	0,57
$\bar{X}$	×	×	2,94	×	4,42	×	3,58

2. Описове моделювання живої маси (г) гусей рейнської породи

Вік гусей	Модель Б. Гомперта		Модель Т. Бріджеса		Модель Ф. Річардса		
	Фактичні дані	Теоретичні дані	Відхилення, %	Теоретичні дані	Відхилення, %	Теоретичні дані	Відхилення, %
Добові	86,73	86,73	0,00	86,73	0,00	86,73	0,00
1 тиждень	247,47	277,12	-11,98	229,89	7,10	242,26	2,11
2 тижні	639,13	631,38	1,21	552,85	13,50	558,43	12,63
3 тижні	1115,19	1131,90	-1,50	1066,97	4,32	1059,97	4,95
4 тижні	1664,74	1712,06	-2,84	1698,64	-2,04	1687,95	-1,39
5 тижнів	2185,79	2295,69	-5,03	2333,80	-6,77	2329,27	-6,56
6 тижнів	2967,97	2826,32	4,77	2884,14	2,82	2887,10	2,72
7 тижнів	3331,15	3275,20	1,68	3312,35	0,56	3318,55	0,38
8 тижнів	3658,93	3635,95	0,63	3620,98	1,04	3626,22	0,89
9 тижнів	3831,32	3915,50	-2,20	3831,72	-0,01	3834,11	-0,07
$\bar{X}$	×	×	3,18	×	3,82	×	3,17

3. Описове моделювання живої маси (г) гусей F<sub>1</sub>

Вік гусей	Фактичні дані	Модель Б. Гомперца		Модель Т. Бріджеса		Модель Ф. Річардса	
		Теоретичні дані	Відхилення, %	Теоретичні дані	Відхилення, %	Теоретичні дані	Відхилення, %
Добові	84,89	84,89	0,00	84,89	0,00	84,89	0,00
1 тиждень	231,31	263,97	-14,12	210,16	9,14	226,72	1,98
2 тижні	582,95	601,19	-3,13	508,32	12,80	519,81	10,83
3 тижні	1075,90	1092,35	-1,53	1011,61	5,98	1006,87	6,42
4 тижні	1658,68	1684,74	-1,57	1666,35	-0,46	1652,89	0,35
5 тижнів	2273,25	2307,04	-1,49	2356,72	-3,67	2348,43	-3,31
6 тижнів	2922,75	2898,06	0,84	2976,22	-1,83	2977,71	-1,88
7 тижнів	3486,50	3419,59	1,92	3469,49	0,49	3476,41	0,29
8 тижнів	3886,05	3855,80	0,78	3829,63	1,45	3836,15	1,28
9 тижнів	4141,07	4206,74	-1,59	4076,70	1,55	4079,77	1,48
$\bar{X}$	x	x	2,70	x	3,74	x	2,78

4. Описове моделювання живомаси (Г) гусей Г<sub>2</sub>

Вік гусей	Модель Б. Гомперца		Модель Т. Бріджеса		Модель Ф. Річардса	
	Фактичні дані	Теоретичні дані	Теоретичні дані	Відхилення, %	Теоретичні дані	Відхилення, %
Добові	75,01	75,01	75,01	0,00	75,01	0,00
1 тиждень	226,38	240,80	206,37	8,84	215,89	4,63
2 тижні	567,49	554,20	498,32	12,19	503,01	11,36
3 тижні	1018,16	1005,48	961,85	5,53	957,23	5,98
4 тижні	1490,72	1539,08	1535,31	-2,99	1527,47	-2,47
5 тижнів	2050,38	2086,37	2121,18	-3,45	2117,31	-3,26
6 тижнів	2653,92	2593,10	2640,49	0,51	2642,04	0,45
7 тижнів	3039,37	3029,02	3055,80	-0,54	3060,03	-0,68
8 тижнів	3408,08	3384,77	3364,41	1,28	3368,19	1,17
9 тижнів	3626,13	3664,33	3582,08	1,21	3583,78	1,17
$\bar{X}$	×	×	×	3,65	×	3,12



5. Описове моделювання живої маси (Г) гусей F<sub>3</sub>

Вік гусей	Фактичні дані	Модель Б. Гомпертца		Модель Т. Бріджеса		Модель Ф. Річардса	
		Теоретичні дані	Відхилення, %	Теоретичні дані	Відхилення, %	Теоретичні дані	Відхилення, %
Добові	88,58	88,58	0,00	88,58	0,00	88,58	0,00
1 тиждень	250,94	268,45	-6,98	239,77	4,45	247,38	1,42
2 тижні	625,62	592,64	5,27	550,77	11,96	553,07	11,60
3 тижні	1104,83	1043,41	5,56	1016,04	8,04	1010,72	8,52
4 тижні	1503,31	1562,85	-3,96	1568,15	-4,31	1561,03	-3,84
5 тижнів	2011,40	2085,68	-3,69	2118,38	-5,32	2115,05	-5,15
6 тижнів	2615,08	2563,09	1,99	2600,76	0,55	2602,12	0,50
7 тижнів	3001,24	2969,64	1,05	2986,35	0,50	2990,18	0,37
8 тижнів	3327,05	3298,93	0,85	3274,95	1,57	3278,72	1,45
9 тижнів	3514,58	3556,25	-1,19	3481,10	0,95	3483,38	0,89
$\bar{X}$	×	×	3,05	×	3,77	×	3,37

№6. Описове моделювання живої маси (г) гусей диморфної популяції

Вік гусей	Фактичні дані	Модель Б. Гомперца		Модель Т. Бріджеса		Модель Ф. Річардса	
		Теоретичні дані	Відхилення, %	Теоретичні дані	Відхилення, %	Теоретичні дані	Відхилення, %
Добові	87,92	87,92	0,00	87,92	0,00	87,92	0,00
1 тиждень	241,22	265,40	-10,02	224,07	7,11	235,78	2,26
2 тижні	609,70	588,62	3,46	522,92	14,23	528,43	13,33
3 тижні	1078,70	1045,32	3,09	994,41	7,81	987,94	8,41
4 тижні	1513,12	1581,51	-4,52	1577,04	-4,22	1566,16	-3,51
5 тижнів	2075,92	2131,69	-2,69	2172,07	-4,63	2166,29	-4,35
6 тижнів	2705,53	2643,63	2,29	2698,65	0,25	2700,32	0,19
7 тижнів	3127,84	3087,42	1,29	3118,28	0,31	3124,06	0,12
8 тижнів	3479,09	3452,92	0,75	3428,36	1,46	3434,14	1,29
9 тижнів	3690,00	3743,00	-1,44	3645,45	1,21	3648,94	1,11
$\bar{X}$	×	×	2,96	×	4,12	×	3,46

Водночас найбільш близький збіг фактичних і теоретичних значень живої маси в гусей більшості досліджених груп визначено на 8-му тижні життя, у птиці  $F_2$  – на 7-му. У великих сірих гусей мінімальна відмінність ( $-0,08\%$ ) фактичної живої маси від розрахованої за моделлю виявлена на 2-му тижні.

Модель Б. Гомпертца дала змогу більш точно описувати живу масу на більш пізніх стадіях розвитку (5–9-й тижні), ніж до цього періоду. Взагалі, за цією моделлю середній відсоток відхилень фактичних значень живої маси від теоретично розрахованих у гусей досліджених груп перебував на рівні 1,93–3,18%. Найбільш близьку відповідність емпіричних та розрахункових значень живої маси визначено в гусей другого покоління.

Модель Т. Бріджеса також із високою точністю описала динаміку живої маси гусей – середній відсоток відхилень становив 3,65–4,42%. Більш значне відхилення теоретично очікуваних та емпіричних значень живої маси визначено на 2-му тижні життя гусенят (11,96–14,62%). Починаючи з 6-го тижня відхилення фактичних даних від теоретичних значно менші (0,01–2,82%), ніж до цього періоду.

Модель Ф. Річардса, як і попередні дві моделі, з досить високою точністю описувала живу масу гусей різних генотипів упродовж 9 тижнів вирощування. Середній відсоток відхилень фактичних даних живої маси від теоретичних становив 2,78–3,58%. Найбільший збіг фактичних показників живої маси з розрахованими виявлено в гусей першої генерації.

Як і за моделлю Т. Бріджеса, найбільший відсоток відхилень фактичної живої маси від теоретичної визначено на 2-му тижні життя. Найбільш точний опис живої маси у великих сірих та рейнських гусей ця модель виявила на 9-му тижні, у нащадків  $F_1$ ,  $F_3$  та диморфних гусей – на 7-му тижні вирощування.

Аналіз параметрів функції Б. Гомпертца (табл. 7) засвідчив, що найбільший початковий темп зростання теоретичної кривої характерний для гусей рейнської породи і нащадків  $F_2$ . Швидкість дозрівання практично однакова між групами, хоча великі сірі гуси, птиця першого покоління та диморфні гуси трохи поступалися за цим показником птиці інших груп.

При моделюванні за Т. Бріджесом експоненційна швидкість зростання кривої більша в гусей рейнської породи, нащадків  $F_2$ – $F_3$ , у свою чергу, значення кінетичної швидкості мають протилежну тенденцію розподілу. Коефіцієнти рівняння Ф. Річардса найменші в

птиці  $F_3$  і  $F_2$ , дещо більші в гусей рейнської породи і диморфної популяції та найбільші в особин великої сірої породи й потомків першого покоління. Під час оцінювання апроксимації фактичних кривих теоретичними виявлено, що потомки першого й другого поколінь мають найвищі значення коефіцієнтів детермінації в межах усіх використаних моделей.

### 7. Коефіцієнти ростових моделей гусей досліджуваних генотипів

Порода, покоління, популяція	Модель Б. Гомпертца			Модель Т. Бріджеса			Модель Ф. Річардса		
	$A_0$	$A$	$R^2$	$\mu$	$\alpha$	$R^2$	$\mu$	$\alpha$	$R^2$
Велика сіра	1,34	0,33	99,80	0,27	1,20	99,81	0,35	0,50	99,83
Рейнська біла	1,37	0,34	99,87	0,29	1,17	99,77	0,30	0,49	99,79
$F_1$	1,33	0,32	99,97	0,26	1,21	99,87	0,36	0,50	99,89
$F_2$	1,37	0,34	99,97	0,29	1,14	99,88	0,24	0,46	99,89
$F_3$	1,31	0,34	99,93	0,31	1,11	99,77	0,21	0,44	99,78
Диморфна	1,30	0,33	99,86	0,28	1,16	99,80	0,30	0,47	99,82

**Висновки.** Використання математичних моделей Б. Гомпертца, Т. Бріджеса, Ф. Річардса дало змогу з достатньо високою точністю провести опис живої маси гусей різних генотипів протягом перших 9 тижнів життя, хоча є принципові відмінності результатів описового моделювання. Зокрема, функція Б. Гомпертца переоцінює живу масу гусей великої сірої, рейнської порід та гібридів першого покоління до 5-го тижня, причому найбільше відхилення відмічене в 1-й тиждень життя. Загалом найменші відхилення характерні для гібридів першої та другої генерацій, що підтверджується найвищим коефіцієнтом детермінації – 99,97%. Рівняння Т. Бріджеса і Ф. Річардса мають схожі тенденції коливань теоретичних значень живої маси відносно фактичних даних, хоча відхилення з використанням функції Ф. Річардса є меншими, а коефіцієнт апроксимації – більшим. Також вказані моделі суттєво недооцінюють живу масу в перші 3 тижні (особливо за 2-й) та переоцінюють її з 4 по 5-й. Теоретична крива живої маси найтісніше наближається до фактичної в гібридів першого і другого поколінь.

Оскільки середній відсоток відхилень фактичних і розрахункових значень живої маси гусей різних генотипів не перевищував 5%, можна рекомендувати всі використані в дослідженні математичні моделі для проведення опису динаміки живої маси цього виду водоплавної птиці.

**Список використаної літератури**

1. Ведмеденко О. В., Карпенко О. В. Моделювання і прогнозування живої маси курей коричневих кросів яєчного напрямку продуктивності. *Таврійський наук. вісник*. 2012. Вип. 78. Ч. 2. Т. 1. С. 24–27.
2. Григоренко В. В., Щербина О. В. Математичний підхід в оцінці продуктивних якостей птиці. *Актуальні питання сучасної науки* : матеріали конф. (м. Івано-Франківськ, 7–8 липня 2017 р.). Івано-Франківськ, 2017. С. 98–100.
3. Коваленко В. П., Болелая С. Ю. Селекционная модель прогнозирования мясной продуктивности птицы. *Цитология и генетика*. 1998. Т. 32. № 4. С. 55–59.
4. Коваленко В. П., Нежлукченко Т. І., Плоткін С. Я. Сучасні методи оцінки і прогнозування закономірностей онтогенезу тварин і птиці. *Вісник аграрної науки*. 2008. № 2. С. 40–45.
5. Коваленко І. І. Використання математичних моделей для оцінки параметрів росту птиці різних класів розподілу. *Таврійський наук. вісник*. 2003. Вип. 22. С. 96–99.
6. Кучер Е. А., Пасечник М. В. Математическое моделирование динамики роста и продуктивности кур кроссов «Хайсекс браун» и «Ломанн браун». *Технологический аудит и резервы производства*. 2016. № 4/2 (30). С. 38–44.
7. Пустова Н. В. Ріст і розвиток птиці яєчних кросів різної селекції. *Зб. наук. пр. ПДАТУ. Сер.: Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва*. 2010. Вип. 18. С. 168–171.
8. Сметанська І. Вплив ехінацеї блідої на ріст та розвиток перепелів. *Тваринництво України*. 2011. № 9. С. 28–30.
9. Степаненко Н. В. Дослідження показників ефективності виробництва яєць за допомогою математичних методів та моделей. *Таврійський наук. вісник. Сер.: Економіка*. 2020. Вип. 2. С. 303–312.
10. Степаненко Н. В. Математичні методи, моделі та інформаційні технології в економіці. *Бізнес-навігатор*. 2018. Вип. 4 (47). С. 189–194.

**References**

1. Vedmedenko O. V., Karpenko O. V. Modeling and forecasting of live weight of hens of brown crosses of the egg direction of productivity. *Taurian Scientific Bulletin*. 2012. Issue 78. Part 2. Vol. 1. P. 24–27.
2. Grigorenko V. V., Shcherbina O. V. Mathematical approach in the assessment of productive qualities of poultry. *Current issues of modern science* : conference proceedings (Ivano-Frankivsk, July 7–8, 2017). Ivano-Frankivsk, 2017. P. 98–100.
3. Kovalenko V. P., Bolelaya S. Yu. Selection model for forecasting poultry meat productivity. *Cytology and genetics*. 1998. Vol. 32. No. 4. P. 55–59.
4. Kovalenko V. P., Nezhlukchenko T. I., Plotkin S. Y. Modern methods of estimation and forecasting of laws of ontogenesis of the animals and birds. *Bulletin of Agricultural Science*. 2008. No. 2. P. 40–45.
5. Kovalenko I. I. The use of mathematical models to estimate the growth parameters of poultry of different classes of distribution. *Taurian Scientific Bulletin*. 2003. Issue 22. P. 96–99.
6. Kucher E. A., Pasechnik M. V. Mathematical modeling of growth dynamics and productivity of the hens of the crosses "Haysex Brown" and "Lohmann Brown". *Technological audit and production reserves*. 2016. No. 4/2 (30). P. 38–44.
7. Pustova N. V. Growth and development of the poultry egg crosses of different selection. *Collection of scientific works of PDATU. Series "Technology of production and processing of livestock products"*. 2010. Issue 18. P. 168–171.
8. Smetanska I. Influence of the Echinacea pale on the growth and development of the quails. *Livestock of Ukraine*. 2011. No. 9. P. 28–30.
9. Stepanenko N. V. Mathematical methods, models and information technologies in economics. *Business navigator*. 2018. Issue 4 (47). P. 189–194.
10. Stepanenko N. V. Research of indicators of efficiency of production of

11. Ткаченко Р. П., Рибаченко А. В. Математична модель виробництва яєць на промисловій основі. *Наук. записки КНТУ*. 2011. Вип. 11. Ч. III. С. 133–138.
12. Хвостик В. П., Бондаренко Ю. В. Методические подходы к выведению аутосексных гусей. *Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства*. Горки, 2018. Вып. 21. Ч. 1. С. 110–116.
13. Bridges T. C., Turner L. W., Smith E. M. A mathematical procedure for estimating animal growth and body composition. *Trans. ASAE*. 1986. Vol. 29. No. 5. P. 1342–1347.
14. Faridi A., Mottaghtalab M., Rezaee F. Narushin-Takma models as flexible alternatives for describing economic traits in broiler breeder flocks. *Poultry Sci*. 2011. Vol. 90. P. 507–515.
15. Ferreira N. T., Nilva K., Sakomura N. K. Modelling the egg components and laying patterns of broiler breeder hens. *Animal Production Science*. 2015. Vol. 78. № 10. P. 342–360.
16. Ganesan R., Dhanavanthan P., Sreenivasaiah P. V. Comparative study of non-linear models for describing poultry egg production in Puducherry. *Current Biotica*. 2011. Vol. 5. № 3. P. 289–298.
17. Gompertz B. On the nature of the function expressive of the law of human mortality, and a new mode of determining the value of live contingencies. *Phil. Trans. Roy. Soc.* 1825. Vol. 182. P. 513–585.
18. Gous R. M. Simulation modeling for predicting responses in broiler breeder and laying hens. 2012. *XXIV World's Poultry Congress, Brazil, 2012*. P. 1–8.
19. Javid I., Sohail H. K., Nasir M. Effects of egg size (weight) and age on hatching performance and chick quality of broiler breeder. *J. Appl. Anim. Res.* 2016. Vol. 44. P. 354–364.
20. Leksrisompong N., Romero-Sanchez H., Oviedo-Rondón E. O. Effects of feeder space allocations during rearing, female strain, and feed increase rate from photo stimulation to peak egg production on broiler breeder female performance. *Poultry Sci*. 2014. Vol. 93. P. 1045–1052.
- eggs by means of mathematical methods and models. *Taurian Scientific Bulletin*. Series: Economics. 2020. Issue 2. P. 303–312.
11. Tkachenko R. P., Rybachenko A. V. Mathematical model of egg production on an industrial basis. *Scientific notes of KNTU*. 2011. Issue 11. Part III. P. 133–138.
12. Khvostik V. P., Bondarenko Yu. V. Methodical approaches to breeding of autosexual geese. *Actual problems of intensive development of animal husbandry*. 2018. Issue 21. Part 1. P. 110–116.
13. Bridges T. C., Turner L. W., Smith E. M. A mathematical procedure for estimating animal growth and body composition. *Trans. ASAE*. 1986. Vol. 29. No. 5. P. 1342–1347.
14. Faridi A., Mottaghtalab M., Rezaee F. Narushin-Takma models as flexible alternatives for describing economic traits in broiler breeder flocks. *Poultry Sci*. 2011. Vol. 90. P. 507–515.
15. Ferreira N. T., Nilva K., Sakomura N. K. Modelling the egg components and laying patterns of broiler breeder hens. *Animal Production Science*. 2015. Vol. 78. № 10. P. 342–360.
16. Ganesan R., Dhanavanthan P., Sreenivasaiah P. V. Comparative study of non-linear models for describing poultry egg production in Puducherry. *Current Biotica*. 2011. Vol. 5. № 3. P. 289–298.
17. Gompertz B. On the nature of the function expressive of the law of human mortality, and a new mode of determining the value of live contingencies. *Phil. Trans. Roy. Soc.* 1825. Vol. 182. P. 513–585.
18. Gous R. M. Simulation modeling for predicting responses in broiler breeder and laying hens. 2012. *XXIV World's Poultry Congress, Brazil, 2012*. P. 1–8.
19. Javid I., Sohail H. K., Nasir M. Effects of egg size (weight) and age on hatching performance and chick quality of broiler breeder. *J. Appl. Anim. Res.* 2016. Vol. 44. P. 354–364.
20. Leksrisompong N., Romero-Sanchez H., Oviedo-Rondón E. O. Effects of feeder space allocations during rearing,

21. Narinc D., Karaman E., Aksoy T. Investigation of nonlinear models to describe long-term egg production in Japanese quail. *Poultry Sci.* 2013. Vol. 92. P. 1676–1682.
22. Narinc D., Karaman E., Firat Z. M. Comparison of non-linear growth models to describe the growth in Japanese quail. *J. Anim. Vet. Adv.* 2011. Vol. 14. P. 1961–1966.
23. Narinc D., Uckardes F., Aslan E. Egg production curve analysis in poultry science. *World Poultry Sci. J.* 2014. Vol. 70. P. 817–828.
24. Nonis M. K., Gous R. M. Modelling changes in the components of eggs from broiler breeders over time. *Br. Poultry Sci.* 2013. Vol. 54. P. 603–610.
25. Otwinowska-Mindur A., Gumułka M., Kania-Gierdziewicz J. Mathematical models for egg production in broiler breeder hens. *Ann. Anim. Sci.* 2016. Vol. 16. № 4. P. 1185–1198.
26. Richards F. J. A flexible growth function for empirical use. *Journal of experimental Botany.* 1959. Vol. 10. P. 290–300.
27. Savegnago R. P., Cruz V. A. R., Ramos S. B. Egg production curve fitting using nonlinear models for selected and nonselected lines of White Leghorn hens. *Poultry Science.* 2012. Vol. 91. No. 11. P. 2977–2987.
28. Tumova E., Gous R. M., Tyler N. Effect of hen age, environmental temperature, and oviposition time on egg shell quality and egg shell and serum mineral contents in laying and broiler breeder hens. *Czech J. Anim. Sci.* 2014. Vol. 59. P. 435–443.
29. Wencsek E., Kałużna I., Koźlecka M. Performance assessment of the utilitarian and breeding values of meat-type hens. The results of the assessment of the utilitarian value of poultry in 2014 (in Polish). *The National Poultry Council – Chamber of Commerce, Warsaw 2015.* P. 1243–1387.
30. Wolc A., Graczyk M., Settar P. Modified Wilmlink curve for egg production analysis in layers. *XXVII International Poultry Science Symposium PB WPSA “Science to practice – practice to science”, Bydgoszcz, Poland, 2015.* P. 56.
- female strain, and feed increase rate from photo stimulation to peak egg production on broiler breeder female performance. *Poultry Sci.* 2014. Vol. 93. P. 1045–1052.
21. Narinc D., Karaman E., Aksoy T. Investigation of nonlinear models to describe long-term egg production in Japanese quail. *Poultry Sci.* 2013. Vol. 92. P. 1676–1682.
22. Narinc D., Karaman E., Firat Z. M. Comparison of non-linear growth models to describe the growth in Japanese quail. *J. Anim. Vet. Adv.* 2011. Vol. 14. P. 1961–1966.
23. Narinc D., Uckardes F., Aslan E. Egg production curve analysis in poultry science. *World Poultry Sci. J.* 2014. Vol. 70. P. 817–828.
24. Nonis M. K., Gous R. M. Modelling changes in the components of eggs from broiler breeders over time. *Br. Poultry Sci.* 2013. Vol. 54. P. 603–610.
25. Otwinowska-Mindur A., Gumułka M., Kania-Gierdziewicz J. Mathematical models for egg production in broiler breeder hens. *Ann. Anim. Sci.* 2016. Vol. 16. № 4. P. 1185–1198.
26. Richards F. J. A flexible growth function for empirical use. *Journal of experimental Botany.* 1959. Vol. 10. P. 290–300.
27. Savegnago R. P., Cruz V. A. R., Ramos S. B. Egg production curve fitting using nonlinear models for selected and nonselected lines of White Leghorn hens. *Poultry Science.* 2012. Vol. 91. No. 11. P. 2977–2987.
28. Tumova E., Gous R. M., Tyler N. Effect of hen age, environmental temperature, and oviposition time on egg shell quality and egg shell and serum mineral contents in laying and broiler breeder hens. *Czech J. Anim. Sci.* 2014. Vol. 59. P. 435–443.
29. Wencsek E., Kałużna I., Koźlecka M. Performance assessment of the utilitarian and breeding values of meat-type hens. The results of the assessment of the utilitarian value of poultry in 2014 (in Polish). *The National Poultry Council –*

*Chamber of Commerce, Warsaw 2015.*  
P. 1243–1387.

30. Wolc A., Graczyk M., Settar P.  
Modified Wilink curve for egg  
production analysis in layers. *XXVII  
International Poultry Science Symposium  
PB WPSA "Science to practice – practice  
to science", Bydgoszcz, Poland, 2015.*  
P. 56.

Отримано 01.02.2021