

МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІКИ РОСТУ М'ЯСО-ЯЄЧНИХ КУРЕЙ

У роботі наведено результати досліджень щодо застосування математичного моделювання полігенно зумовленої ознаки «жива маса» на широкому генетичному матеріалі курей. Ним виступали вихідні родинні форми м'ясо-яєчних курей вітчизняної селекції, нащадки першого-другого поколінь та поліпшеної синтетичної популяції. Живу масу курей визначали в добовому та 2-, 4-, 6-, 8-, 10-тижневому віці. Для прогнозування живої маси птиці використано моделі Б. Гомпертца, Т. Бріджеса та Ф. Річардса. Порівнювалися фактичні значення живої маси з прогнозованими і вираховувалися відхилення між ними у відсотках. Прогнозування живої маси здійснювали у 8- та 10-тижневому віці курей, виходячи з фактичних значень за перші 6 тижнів вирощування.

При використанні моделі Б. Гомпертца у м'ясо-яєчних курей F_{10} локальної субпопуляції «К», нащадків F_1 відмічено завищення живої маси у віці 8 та 10 тижнів. Найбільший відсоток перевищення прогнозованих значень над фактичними встановлено у «росівських» курей групи «К-2». У птиці інших досліджених груп ця модель також дещо завищувала значення живої маси у 8-тижневому віці (на 3,79–9,62%). Проте у віці 10 тижнів ця модель, навпаки, значно занижувала прогнозовану живу масу – на 11,27–17,88%. Загалом за моделлю Б. Гомпертца середній відсоток відхилення фактично отриманих показників живої маси і теоретично розрахованих у курей досліджених груп перебував на рівні 3,60–7,93%. Найбільш подібну відповідність емпіричних та прогнозованих значень живої маси відмічено в м'ясо-яєчних курей покращеної субпопуляції «К-5».

За моделлю Т. Бріджеса в більшості досліджених груп курей у 8-тижневому віці відмічається завищення живої маси на 1,84–12,13%, особливо в м'ясо-яєчних курей F_{10} субпопуляції «К» та потомків F_1 групи «К-2». У птиці груп «К-32» і «К-5» ця модель, навпаки, трохи занижила значення живої маси – на 1,50–3,02%. У віці 10 тижнів модель Т. Бріджеса в курей усіх груп занижує живу масу у межах 1,58–20,40%, особливо в м'ясо-яєчних курей F_{11} та нащадків F_2 . Загалом середній відсоток відхилень фактично отриманих показників живої маси і теоретично розрахованих за цією моделлю становив 2,81–7,15%. У м'ясо-яєчних курей F_{10} вихідної материнської форми, нащадків

F₁ та групи «К-5» середній відсоток відхилень не перевищував 5,0%, що свідчить про високу відповідність фактичних показників живої маси теоретично розрахованим.

Модель Ф. Річардса, як і попередні моделі, у курей більшості груп завищувала прогнозовані показники живої маси у віці 8 тижнів у межах 2,86–15,96%. У птиці груп «К-32» і «К-5», навпаки, ця модель трохи знизила значення живої маси – відповідно, на 2,71 і 3,17%. Модель Ф. Річардса в курей груп «К» (F₁₀), «К-2» та «К-5» дещо завищувала значення живої маси у 10-тижневому віці – на 0,44–4,30%. У той же час у птиці інших груп вона, навпаки, занижувала живу масу в цьому віці на 0,63–17,28%, особливо у птиці груп «К» (F₁₁) і «К-32». Середній відсоток відхилень емпіричних значень з розрахованими за цією моделлю становив 2,44–6,36%. Найбільший збіг фактичних показників із розрахованими виявлено в нащадків F₁ групи «К-1». Коефіцієнти детермінації в межах використаних моделей при прогнозуванні живої маси були високими, з максимальними значеннями в курей синтетичної групи «К-5».

Ключові слова: м'ясо-яєчні кури, жива маса, прогноз, модель Б. Гомпертца, модель Т. Бріджеса, модель Ф. Річардса.

Victor Khvostyk

Sumy National Agrarian University

Simulation of growth dynamics of meat and egg chickens

The paper presents the results of research on the application of mathematical modeling of polygenically determined trait "live weight" on a wide range of genetic material of chickens. They were the original related forms of meat and egg chickens of domestic selection, descendants of the first and second generations and the improved synthetic population. Live weight of chickens was determined at the daily and 2-, 4-, 6-, 8-, 10-week-old age. Models of B. Gompertz, T. Bridges and F. Richards were used to predict the live weight of birds. The actual values of live weight were compared with the predicted ones and the deviations between them in percent were calculated. Live weight prediction was performed at 8 and 10 weeks of age in chickens based on actual values for the first 6 weeks of rearing. When using the model of B. Gompertz in meat and egg hens F₁₀ local subpopulation "K", the offspring of F₁ showed an overestimation of live weight at the age of 8 and 10 weeks. The highest percentage of exceeding the predicted values over the actual ones was found in "Ross" chickens of the "K-2" group. In birds of other studied groups, this model also slightly overestimated the value of live weight at 8 weeks of age (by 3.79–9.62%). However, at the age of 10 weeks, this model, on the contrary, significantly underestimated the predicted live weight by 11.27–17.88%. In general, according to the model of B. Gompertz, the average percentage deviation of the actually obtained indicators of live weight and theoretically calculated in chickens of the studied groups was at the level of 3.60–7.93%. The most similar correspondence between empirical and predicted values of live weight was observed in meat and egg hens of the improved subpopulation "K-5". According to the model of T. Bridges, in

most of the studied groups of chickens at 8 weeks of age there is an overestimation of live weight by 1.84–12.13%, especially in meat and egg chickens F_{10} subpopulation "K" and descendants of F_1 group "K-2". In birds of groups "K-32" and "K-5", this model, on the contrary, slightly underestimated the value of live weight – by 1.50–3.02%. At the age of 10 weeks, T. Bridges' model in hens of all groups underestimates the live weight in the range of 1.58–20.40%, especially in meat-and-egg hens F_{11} and offspring F_2 . In general, the average percentage of deviations of the actually obtained indicators of live weight and theoretically calculated according to this model was 2.81–7.15%. In meat-egg hens F_{10} of the original maternal form, offspring of F_1 and group "K-5" the average percentage of deviations did not exceed 5.0%, which indicates a good correspondence of the actual live weight with the theoretically calculated. F. Richards' model, like previous models, in chickens of most groups overestimated the predicted live weight at the age of 8 weeks - in the range of 2.86–15.96%. Whereas, in birds of groups "K-32" and "K-5", on the contrary, this model slightly reduced the value of live weight – respectively by 2.71% and 3.17%. F. Richards' model in chickens of groups "K" (F_{10}), "K-2" and "K-5" slightly overestimated the value of live weight at 10 weeks of age – by 0.44–4.30%. At the same time, in birds of other groups, on the contrary, it underestimated the live weight at this age by 0.63–17.28%, especially in birds of groups "K" (F_{11}) and "K-32". The average percentage of deviations of empirical values calculated by this model was 2.44–6.36%. The greatest coincidence of the actual indicators with the calculated ones was found in the descendants of F_1 group "K-1". The coefficients of determination in the models used in the prediction of live weight were high, with maximum values in chickens of the synthetic group "K-5".

Keywords: meat and egg hens, live weight, forecast, B. Gompertz model, T. Bridges model, F. Richards model.

Вступ. Швидкість росту й розвитку сільськогосподарської птиці тісно пов'язана з її господарсько корисними та племінними якостями. Ріст і розвиток являють собою складний єдиний процес, котрий залежить від спадковості організму та умов вирощування птиці. Кількісні та якісні зміни в організмі протягом життя відбуваються з різною інтенсивністю. Це обумовлено безперервністю росту й розвитку його частин в окремі періоди життя. Ріст відбувається в результаті збільшення числа клітин, маси й розмірів організму загалом або окремих його частин. Одночасно з ростом змінюється та ускладнюється будова клітин, утворюються нові тканини й органи, тобто відбуваються якісні зміни організму, або його розвиток [2].

Для удосконалення селекційних програм у птахівництві важливого значення набуває розроблення критеріїв оцінювання закономірності росту молодяку та дорослої птиці з метою прогнозування в наступних поколіннях і для корекції системи

виращування, зокрема, використання обмеженої годівлі ремонтного молодняку, що має важливе народногосподарське значення. Для вирішення цих питань пропонується застосовувати два підходи: вивчення онтогенетичних змін живої маси птиці шляхом удосконалення показників, що характеризують інтенсивність росту й формування особин, та використання математичних моделей для опису й прогнозування живої маси [5, 10].

Математичне моделювання ґрунтується на вивченні об'єктів, явищ, процесів за допомогою різноманітних моделей, які виступають особливою системою математичних співвідношень [16, 18, 28]. Висновки, отримані за використання правильно визначеної моделі, дають змогу знизити енергетичні та економічні витрати на виробництво продукції [26].

Удосконалення методів і прийомів оцінювання росту живої маси та мірних ознак організмів тварин і птиці ведеться в різних напрямках. Одним із них є математичне моделювання кривих росту птиці для їх опису та прогнозування майбутньої яєчної та м'ясної продуктивності [15, 19, 20, 22, 23, 24]. Цей підхід найбільш інформативний, тому що вибір адекватної моделі дає змогу з високою точністю описувати теоретично розрахованими даними експериментально отримані показники [25, 29, 30], проводити оцінювання особин у ранньому віці, скоротивши період зміни генерацій, отримуючи ефект селекції внаслідок більш високої племінної цінності відібраних генотипів [4].

Для виявлення загальних закономірностей росту запропоновано низку методів, при цьому особливого значення набувають математичні моделі для опису та прогнозування продуктивності тварин. Досить докладні дослідження з моделювання росту проведено в птахівництві, де розроблено експоненційну модель, яка адекватно описує криві росту птиці [2, 3, 6, 8, 9, 11].

Метою досліджень було провести математичне моделювання полігенно зумовленої ознаки «жива маса» в м'ясо-яєчних курей різного генетичного походження, отриманих під час досліду з вивчення ефективності схрещування півнів імпортованих м'ясних кросів із м'ясо-яєчними самками вітчизняної селекції.

Матеріали і методи. За схрещування півнів м'ясних кросів «Кобб-500» та «Росс-308» з м'ясо-яєчними курми отримано нащадків першої генерації (F_1), відповідно, груп «К-1» та «К-2». За зворотного схрещування переряних півнів кросів «Кобб-500» та «Росс-308» з молодими гібридними курми F_1 груп «К-1» і «К-2» одержано гібриди другого покоління (F_2), відповідно, груп «К-51» та «К-32». Крім цього,

ISSN 0130-8521. Передгірне та гірське землеробство і тваринництво. 2022. Вип. 72 (1)
гібриди F₁ груп «К-1» і «К-2» розводилися «у собі», внаслідок чого отримали їхніх нащадків F₂ груп «К-11» та «К-22». Шляхом об'єднання курей F₂ різних генотипових груп створено гетерогенну синтетичну популяцію «К-5» [1].

Живу масу курей визначали в добовому та 2-, 4-, 6-, 8-, 10-тижневому віці (по 100 голів кожної групи). Для прогнозування живої маси птиці використано рівняння Б. Гомпертца [17], функції Т. Бріджеса (модифікація I) [13] та Ф. Річардса [27].

Результати та обговорення. При вивченні закономірностей росту сільськогосподарської птиці насамперед визначають її живу масу, середньодобові та відносні прирости, проміри статей тіла, індекси тілобудови [7, 12, 14, 21]. Рівняння росту, згладжуючи окремі відхилення, дають змогу визначити загальну тенденцію вікових змін певного об'єкта. Визначення такої тенденції, чи траєкторії росту, дає можливість із досить високою точністю прогнозувати вікові зміни живої маси [4].

Актуальним постає питання застосування математичних моделей для опису й прогнозування живої маси на більш широкому генетичному матеріалі сільськогосподарської птиці, яким виступають у наших дослідженнях м'ясо-яєчні кури різного генетичного походження.

З використанням математичних моделей Б. Гомпертца, Т. Бріджеса та Ф. Річардса проведено прогнозування живої маси курей досліджених груп протягом раннього онтогенезу (табл. 1–9). Порівнювалися фактичні значення живої маси з прогнозованими й вираховувалися відхилення між ними у відсотках. Прогнозування живої маси здійснювали у 8- та 10-тижневому віці курей, виходячи з фактичних значень за перші 6 тижнів вирощування.

При використанні моделі Б. Гомпертца у м'ясо-яєчних курей F₁₀ локальної субпопуляції «К», нащадків F₁ відмічено завищення живої маси у віці 8 та 10 тижнів. Найбільший відсоток перевищення прогнозованих значень над фактичними встановлено в «росівських» курей групи «К-2». У птиці інших досліджених груп ця модель також дещо завищувала значення живої маси у 8-тижневому віці (на 3,79–9,62%). Проте у віці 10 тижнів ця модель, навпаки, значно занижувала прогнозовану живу масу – на 11,27–17,88%.

Загалом за моделлю Б. Гомпертца, середній відсоток відхилення фактично отриманих показників живої маси й теоретично розрахованих у курей досліджених груп перебував на рівні 3,60–7,93%. Найбільш подібну відповідність емпіричних та прогнозованих

ISSN 0130-8521. Передгірне та гірське землеробство і тваринництво. 2022. Вип. 72 (1)
 значень живої маси відмічено в м'ясо-яєчних курей покрашеної субпопуляції «К-5».

1. Прогнозування живої маси (г) курей субпопуляції «К» (F₁₀)

Вік курей	Фактичні дані	Модель Б. Гомпертца		Модель Т. Бріджеса		Модель Ф. Річардса	
		Теоретичні дані	Відхилення, %	Теоретичні дані	Відхилення, %	Теоретичні дані	Відхилення, %
Фактичні							
Добові	41,02	41,02	0,00	41,02	0,00	41,02	0,00
2 тижні	118,84	123,40	-3,83	113,35	4,62	119,57	-0,61
4 тижні	303,59	301,44	0,71	307,16	-1,18	303,26	0,11
6 тижнів	621,60	564,00	9,27	620,46	0,18	621,67	-0,1
Прогнозовані							
8 тижнів	859,31	961,28	-11,87	963,51	-12,13	996,42	-15,96
10 тижнів	1292,04	1482,16	-14,71	1243,68	3,74	1297,77	-0,44
\bar{X}	×	×	6,73	×	3,64	×	2,86
R ² , %	×	98,98		98,90		98,94	

2. Прогнозування живої маси (г) курей F₁ групи «К-1»

Вік курей	Фактичні дані	Модель Б. Гомпертца		Модель Т. Бріджеса		Модель Ф. Річардса	
		Теоретичні дані	Відхилення, %	Теоретичні дані	Відхилення, %	Теоретичні дані	Відхилення, %
Фактичні							
Добові	40,53	40,53	0,00	40,53	0,00	40,53	0,00
2 тижні	149,65	145,50	2,77	134,49	10,13	139,86	6,54
4 тижні	379,20	381,11	-0,50	389,19	-2,63	383,92	-1,24
6 тижнів	787,56	777,50	1,28	784,18	0,43	786,37	0,15
Прогнозовані							
8 тижнів	1147,03	1244,13	-8,47	1188,15	-3,58	1216,81	-6,08
10 тижнів	1546,32	1823,85	-17,95	1495,93	3,26	1536,61	0,63
\bar{X}	×	×	5,16	×	3,34	×	2,44
R ² , %	×	99,27		99,75		99,77	

3. Прогнозування живої маси (г) курей F1 групи «К-2»

Вік курей	Фактичні дані	Модель Б. Гомпертца		Модель Т. Бріджеса		Модель Ф. Річардса	
		Теоретичні дані	Відхилення, %	Теоретичні дані	Відхилення, %	Теоретичні дані	Відхилення, %
Фактичні							
Добові	42,31	42,31	0,00	42,31	0,00	42,31	0,00
2 тижні	125,68	129,34	-2,91	121,77	3,11	129,34	-2,91
4 тижні	341,68	340,04	0,48	344,15	-0,72	340,04	0,48
6 тижнів	707,73	674,00	4,77	706,94	0,11	708,09	-0,05
Прогнозовані							
8 тижнів	984,29	1108,26	-12,60	1096,06	-11,36	1130,6	-14,86
10 тижнів	1423,93	1707,65	-19,92	1401,47	1,58	1454,5	-2,15
\bar{X}	×	×	6,78	×	2,81	×	3,41
$R^2, \%$	×	98,98		99,25		99,22	

4. Прогнозування живої маси (г) курей субпопуляції «К» (F11)

Вік курей	Фактичні дані	Модель Б. Гомпертца		Модель Т. Бріджеса		Модель Ф. Річардса	
		Теоретичні дані	Відхилення, %	Теоретичні дані	Відхилення, %	Теоретичні дані	Відхилення, %
Фактичні							
Добові	37,97	37,97	0,00	37,97	0,00	37,97	0,00
2 тижні	169,01	155,60	7,93	156,70	7,28	149,30	11,66
4 тижні	318,00	324,00	-1,89	324,60	-2,08	324,80	-2,14
6 тижнів	568,59	562,76	1,02	562,39	1,09	562,76	1,02
Прогнозовані							
8 тижнів	864,00	898,01	-3,94	860,60	0,39	888,70	-2,86
10 тижнів	1536,60	1265,93	17,61	1223,10	20,40	1303,20	15,19
\bar{X}	×	×	5,40	×	5,21	×	5,48
$R^2, \%$	×	97,73		97,75		98,42	

5. Прогнозування живої маси (г) курей F₂ групи «К-11»

Вік курей	Фактичні дані	Модель Б. Гомпертца		Модель Т. Бріджеса		Модель Ф. Річардса	
		Теоретичні дані	Відхилення, %	Теоретичні дані	Відхилення, %	Теоретичні дані	Відхилення, %
Фактичні							
Добові	38,33	38,33	0,00	38,33	0,00	38,33	0,00
2 тижні	179,19	151,90	15,23	155,40	13,28	151,90	15,23
4 тижні	302,88	301,00	0,62	303,20	-0,11	311,00	-2,68
6 тижнів	590,32	591,30	-0,17	569,50	3,53	581,32	1,53
Прогнозовані							
8 тижнів	901,55	967,66	-7,33	894,40	0,79	991,00	-9,92
10 тижнів	1622,34	1433,29	11,65	1304,10	19,62	1500,20	7,53
\bar{X}	×	×	5,83	×	6,22	×	6,15
R ² , %	×	98,46		98,14		98,81	

6. Прогнозування живої маси (г) курей F₂ групи «К-22»

Вік курей	Фактичні дані	Модель Б. Гомпертца		Модель Т. Бріджеса		Модель Ф. Річардса	
		Теоретичні дані	Відхилення, %	Теоретичні дані	Відхилення, %	Теоретичні дані	Відхилення, %
Фактичні							
Добові	39,18	39,18	0,00	39,18	0,00	39,18	0,00
2 тижні	175,61	161,30	8,15	157,50	10,31	141,28	19,55
4 тижні	299,73	301,40	-0,56	305,90	-2,06	307,70	-2,66
6 тижнів	576,75	568,37	1,45	556,60	3,49	578,40	-0,29
Прогнозовані							
8 тижнів	874,92	959,04	-9,62	891,00	-1,84	901,70	-3,06
10 тижнів	1562,15	1357,03	13,13	1260,10	19,34	1405,30	10,04
\bar{X}	×	×	5,48	×	6,17	×	5,93
R ² , %	×	97,85		97,75		99,15	

7. Прогнозування живої маси (г) курей F_{зв} групи «К-51»

Вік курей	Фактичні дані	Модель Б. Гомпертца		Модель Т. Бріджеса		Модель Ф. Річардса	
		Теоретичні дані	Відхилення, %	Теоретичні дані	Відхилення, %	Теоретичні дані	Відхилення, %
Фактичні							
Добові	40,07	40,07	0,00	40,07	0,00	40,07	0,00
2 тижні	174,68	150,80	13,67	154,10	11,78	148,80	14,82
4 тижні	286,95	284,50	0,85	300,10	-4,58	304,50	-6,12
6 тижнів	593,94	596,20	-0,38	582,74	1,89	586,25	1,30
Прогнозовані							
8 тижнів	954,50	1010,61	-5,88	975,80	-2,23	998,00	-4,56
10 тижнів	1650,59	1464,60	11,27	1352,80	18,04	1493,20	9,54
\bar{X}	×	×	5,34	×	6,42	×	6,05
$R^2, \%$	×	98,70		97,91		99,12	

8. Прогнозування живої маси (г) курей F_{зв} групи «К-32»

Вік курей	Фактичні дані	Модель Б. Гомпертца		Модель Т. Бріджеса		Модель Ф. Річардса	
		Теоретичні дані	Відхилення, %	Теоретичні дані	Відхилення, %	Теоретичні дані	Відхилення, %
Фактичні							
Добові	41,29	41,29	0,00	41,29	0,00	41,29	0,00
2 тижні	194,98	160,19	17,84	163,78	16,00	170,20	12,71
4 тижні	316,35	337,00	-6,53	327,70	3,59	327,60	-3,56
6 тижнів	582,32	591,20	-1,52	560,50	3,75	571,21	1,91
Прогнозовані							
8 тижнів	936,34	971,86	-3,79	922,30	1,50	911,00	2,71
10 тижнів	1651,26	1356,04	17,88	1352,80	18,07	1366,00	17,28
\bar{X}	×	×	7,93	×	7,15	×	6,36
$R^2, \%$	×	97,45		98,49		98,78	

9. Прогнозування живої маси (г) курей групи «К-5»

Вік курей	Фактичні дані	Модель Б. Гомпертца		Модель Т. Бріджеса		Модель Ф. Річардса	
		Теоретичні дані	Відхилення, %	Теоретичні дані	Відхилення, %	Теоретичні дані	Відхилення, %
Фактичні							
Добові	39,78	39,78	0,00	39,78	0,00	39,78	0,00
2 тижні	194,71	211,98	-8,87	209,16	-7,42	210,08	-7,89
4 тижні	554,75	544,86	1,78	541,50	2,39	542,19	2,26
6 тижнів	925,40	928,13	-0,30	931,10	-0,62	930,40	-0,54
Прогнозовані							
8 тижнів	1306,80	1253,50	4,08	1267,32	3,02	1265,35	3,17
10 тижнів	1589,60	1485,12	6,57	1509,95	5,01	1657,90	-4,30
\bar{X}	×	×	3,60	×	3,08	×	3,03
R^2 , %	×	99,91		99,91		99,91	

За моделлю Т. Бріджеса, у більшості досліджених груп курей у 8-тижневому віці відмічається завищення живої маси на 1,84–12,13%, особливо в м'ясо-яєчних курей F_{10} субпопуляції «К» та потомків F_1 групи «К-2». У птиці груп «К-32» і «К-5» ця модель, навпаки, трохи занизила значення живої маси – на 1,50–3,02%.

У віці 10 тижнів модель Т. Бріджеса в курей усіх груп занижує живу масу в межах 1,58–20,40%, особливо в м'ясо-яєчних курей F_{11} та нащадків F_2 . Загалом середній відсоток відхилень фактично отриманих показників живої маси й теоретично розрахованих за цією моделлю становив 2,81–7,15%. Найбільш точну відповідність фактичної живої маси з прогнозованою відмічено в особин F_1 групи «К-2».

У м'ясо-яєчних курей F_{10} вихідної материнської форми, нащадків F_1 та групи «К-5» середній відсоток відхилень не перевищував 5,0%, що свідчить про високу відповідність фактичних показників живої маси теоретично розрахованим.

Модель Ф. Річардса, як і попередні моделі, у курей більшості груп завищувала прогнозовані показники живої маси у віці 8 тижнів – у межах 2,86–15,96%. У птиці груп «К-32» і «К-5», навпаки, ця модель трохи знизилася значення живої маси – відповідно, на 2,71 і 3,17%.

У курей груп «К» (F_{10}), «К-2» та «К-5» модель Ф. Річардса дещо завищувала значення живої маси в 10-тижневому віці – на 0,44–4,30%.

Водночас у птиці інших груп вона, навпаки, занижувала живу масу в цьому віці на 0,63–17,28%, особливо в птиці груп «К» (F_{11}) і «К-32».

Середній відсоток відхилень емпіричних значень з розрахованими за цією моделлю становив 2,44–6,36%. Найбільший збіг фактичних показників із розрахованими виявлено в нащадків F_1 групи «К-1». Як і за моделлю Т. Бріджеса, середній відсоток відхилень не перевищував 5,0% у курей вихідної материнської форми F_{10} та їхніх потомків F_1 .

Серед дослідженої птиці в курей групи «К-32» за всіма трьома використаними моделями встановлено найбільший відсоток відхилень фактичних та прогнозованих значень живої маси – 6,36–7,93%.

Коефіцієнти детермінації в межах використаних моделей при прогнозуванні живої маси були високими, з максимальними значеннями в курей синтетичної групи «К-5».

Висновки. Використання математичних моделей Б. Гомпертца, Т. Бріджеса, Ф. Річардса дало змогу з достатньо високою точністю провести прогнозування живої маси м'ясо-яєчних курей різних генотипів. При використанні моделі Б. Гомпертца в м'ясо-яєчних курей відмічено завищення живої маси у 8-тижневому віці. Проте у віці 10 тижнів ця модель, навпаки, значно занижувала прогнозовану живу масу – на 11,27–17,88%. Середній відсоток відхилення фактично отриманих показників живої маси й теоретично розрахованих у курей досліджених груп перебував на рівні 3,60–7,93%. Найбільш подібну відповідність емпіричних та прогнозованих значень живої маси відмічено в м'ясо-яєчних курей покращеної субпопуляції «К-5». За моделлю Т. Бріджеса, у більшості досліджених груп курей у 8-тижневому віці відмічається завищення живої маси на 1,84–12,13%. У віці 10 тижнів модель Т. Бріджеса у курей усіх груп занижує живу масу в межах 1,58–20,40%. Загалом середній відсоток відхилень фактично отриманих показників живої маси й теоретично розрахованих за цією моделлю становив 2,81–7,15%. У м'ясо-яєчних курей F_{10} вихідної материнської форми, нащадків F_1 та групи «К-5» середній відсоток відхилень не перевищував 5,0%, що свідчить про високу відповідність фактичних показників живої маси теоретично розрахованим. Модель Ф. Річардса у курей більшості досліджених груп завищувала прогнозовані показники живої маси у віці 8 тижнів у межах 2,86–15,96%, а в 10 тижнів, навпаки, занижувала (на 0,63–17,28%).

Список використаних джерел

1. Бондаренко Ю. В., Хвостик В. П. Покращення продуктивності м'ясо-яєчних курей вітчизняної селекції. *Вісник СНАУ. Серія: Тваринництво*. 2020. Вип. 2 (41). С. 29–32.
2. Ведмеденко О. В., Карпенко О. В. Моделювання і прогнозування живої маси курей коричневих кросів яєчного напрямку продуктивності. *Таврійський науковий вісник*. 2012. Вип. 78. Ч. 2. Т. 1. С. 24–27.
3. Григоренко В. В., Щербина О. В. Математичний підхід в оцінці продуктивних якостей птиці. *Актуальні питання сучасної науки* : матеріали конфер. (м. Івано-Франківськ, 7–8 липня 2017 р.). Івано-Франківськ, 2017. С. 98–100.
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 науковий вісник*. 2003. Вип. 22. С. 96–99.
6. Лецишин І. С., Кирилів Я. І. Забійні якості молодняка качок пекінської породи та кросу Черрі-Веллі при вирощуванні з використанням БАД Активіо. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2021. Вип. 69. Ч. 2. С. 165–179. DOI: 10.32636/01308521.2021-(69)-2-11.
7. Панькова С. М., Гавілей О. В., Полякова Л. Л. Вплив живої маси та її однорідності до початку фотостимуляції на рівень яєчної продуктивності курей. *Вісник аграрної науки*. 2022. № 1. С. 33–40. DOI: 10.31073/agrovisnyk202210-05.
8. Степаненко Н. В. Дослідження показників ефективності виробництва яєць за допомогою математичних методів та моделей. *Таврійський науковий вісник. Серія: Економіка*. 2020. Вип. 2. С. 303–312.
9. Степаненко Н. В. Математичні методи, моделі та інформаційні технології

References

1. Bondarenko Yu. V., Khvostik V. P. Improving the productivity of meat and egg chickens of domestic selection. *Visnyk SNAU. Seria: Tvarynnytstvo*. 2020. Is. 2 (41). P. 29–32.
2. Vedmedenko O. V., Karpenko O. V. Modeling and forecasting of live weight of hens of brown crosses of the egg direction of productivity. *Tavriyskiy naukoviy visnyk*. 2012. Is. 78. Part 2. Vol. 1. P. 24–27.
3. 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.
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. *Visnyk agrarnoyi nauky*. 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. *Tavriyskiy naukoviy visnyk*. 2003. Is. 22. P. 96–99.
6. Leshchyslyn I. S., Kyrlyiv Ya. I. The indicators of meat productivity of the ducklings of the Beijing and Cherry Valley crosses during growing with the use of Activio supplement. *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynnytstvo*. 2021. Is. 69 (2). P. 165–179. DOI: 10.32636/01308521.2021-(69)-2-11.
7. Pankova S. M., Havilei O. V., Poliakova L. L. Influence of live weight and its homogeneity before the beginning of photostimulation on the level of egg productivity of hens. *Visnyk agrarnoyi nauky*. 2022. No. 1. P. 33–40. DOI: 10.31073/agrovisnyk202210-05.
8. Stepanenko N. V. Research of indicators of efficiency of production of eggs by means of mathematical methods and models. *Tavriyskiy naukoviy visnyk. Seria: Ekonomika*. 2020. Is. 2. P. 303–312.
9. Stepanenko N. V. Mathematical methods, models and information

в економіці. *Бізнес-навігатор*. 2018. Вип. 4 (47). С. 189–194.

10. Степаненко Н. В. Моделювання і прогнозування живої маси птиці яєчних кросів. *Таврійський науковий вісник*. 2002. Вип. 21. С. 220–224.

11. Ткаченко Р. П., Рибаченко А. В. Математична модель виробництва яєць на промисловій основі. *Наукові записки КНТУ*. 2011. Вип. 11. Ч. III. С. 133–138.

12. Щербина О. В. Ефективність диференційного утримання птиці в умовах півдня України. *Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету*. 2017. № 1 (43). С. 111–117.

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. Edeh H. O., Osita C. O., Nwoga C. C. The effect of bodyweight variation on laying performances of Shaver brown hen in humid tropical environment. *Nigerian J. Anim. Sci.* 2020. Vol. 22. Is. 1. P. 83–90.

15. 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.

16. 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.

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

technologies in economics. *Biznes-navigator*. 2018. Is. 4 (47). P. 189–194.

10. Stepanenko N. V. Modeling and forecasting of live weight of poultry egg crosses. *Tavriiyskiy naukoviy visnyk*. 2002. Is. 21. P. 220–224.

11. Tkachenko R. P., Rybachenko A. V. Mathematical model of egg production on an industrial basis. *Naukovi zapysky KNTU*. 2011. Is. 11. Part III. P. 133–138.

12. Scherbina O. V. Effectively of differential keeping of poultry in the conditions of southern Ukraine. *Visnik Dnipropetrovskogo derzhavnogo agrarno-ekonomichnogo universitetu*. 2017. No. 1 (43). P. 111–117.

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. Edeh H. O., Osita C. O., Nwoga C. C. The effect of bodyweight variation on laying performances of Shaver brown hen in humid tropical environment. *Nigerian J. Anim. Sci.* 2020. Vol. 22. Is. 1. P. 83–90.

15. 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.

16. 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. No. 10. P. 342–360.

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.
21. Milisits G., Szentirmai E., Donko T. Effect of initial body weight and body composition of Tetra SL laying hens on the changes in their liveweight, body fat content, egg production and egg composition during the first egg-laying period. *Acta Agraria Kaposvariensis.* 2016. Vol. 20. Is. 1. P. 27–35.
22. 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.
23. 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.
24. Narinc D., Uckardes F., Aslan E. Egg production curve analysis in poultry science. *World Poultry Sci. J.* 2014. Vol. 70. P. 817–828.
25. 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.
26. Otwinowska-Mindur A., Gumulka M., Kania-Gierdziewicz J. Mathematical models for egg production in broiler breeder hens. *Ann. Anim. Sci.* 2016. Vol. 16. No. 4. P. 1185–1198. DOI: 10.1515/aoas-2016-0037.
27. Richards F. J. A flexible growth function for empirical use. *Journal of experimental Botany.* 1959. Vol. 10. P. 290–300.
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.
- 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.
21. Milisits G., Szentirmai E., Donko T. Effect of initial body weight and body composition of Tetra SL laying hens on the changes in their liveweight, body fat content, egg production and egg composition during the first egg-laying period. *Acta Agraria Kaposvariensis.* 2016. Vol. 20. Is. 1. P. 27–35.
22. 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.
23. 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.
24. Narinc D., Uckardes F., Aslan E. Egg production curve analysis in poultry science. *World Poultry Sci. J.* 2014. Vol. 70. P. 817–828.
25. 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.
26. Otwinowska-Mindur A., Gumulka M., Kania-Gierdziewicz J. Mathematical models for egg production in broiler breeder hens. *Ann. Anim. Sci.* 2016. Vol. 16. No. 4. P. 1185–1198. DOI: 10.1515/aoas-2016-0037.
27. Richards F. J. A flexible growth function for empirical use. *Journal of experimental Botany.* 1959. Vol. 10. P. 290–300.
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

29. Wencek 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.

breeder hens. *Czech J. Anim. Sci.* 2014. Vol. 59. P. 435–443.

29. Wencek 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.

Отримано: 10 березня 2022 р.
Погоджено до друку: 8 вересня 2022 р.