

УДК 636.2.053.082:330.4

Каратєєва О.І., кандидат с.-г. наук, доцент
Миколаївський національний аграрний університет
Поліщук Т.В., кандидат с.-г. наук, доцент
Вінницький національний аграрний університет

МОДЕЛЮВАННЯ ЖИВОЇ МАСИ ТЕЛИЦЬ ГОЛШТИНСЬКОЇ ПОРОДИ З ВИКОРИСТАННЯМ ГЕНЕТИКО-МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ Б. ГОМПЕРТЦА

У роботі висвітлено результати дослідження живої маси телиць голштинської породи різного походження та її генетико-математичне моделювання з використанням моделі Б. Гомпертца. Дана модель досить адекватно описує динаміку нарощування живої маси телиць і найбільш коректно характеризує їх живу вагу в період раннього онтогенезу – 3 місяці й у більш старшому віці – 9 місяців та після 18-місячного віку. У той же час, найбільші розбіжності фактичних значень живої маси з теоретичними відзначено при народженні та у віці шести та 12 місяців. Модель можна використовувати для опису особливостей росту та розвитку телиць і як своєрідний маркер у прогнозуванні молочної продуктивності.

Ключові слова: жива маса, модель Б. Гомпертца, голштинська порода, початковий темп росту, швидкість дозрівання, телиці

Рис. 3. Табл. 3. Літ. 11.

Постановка проблеми. Досягнення максимального рівня продуктивності тварин – процес тривалий і повністю ще не реалізований. Жива маса тварин серед господарсько корисних ознак представляє особливий інтерес у виробничому і науковому аспектах, оскільки дана ознака характеризує організм як єдине ціле і тісно пов'язана з багатьма властивостями тварин. Її кількісний показник характеризує сумарну величину маси всіх органів та інших компонентів тіла [3, 7].

Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання проблеми. Вікова мінливість живої маси показує індивідуальні особливості росту, скоростиглості, знаходиться в певному зв'язку з продуктивністю тварин. Але кінцева величина живої маси не має селекційного значення і для племінної роботи важливо передбачити оптимальну масу тварини, особливо у молочному скотарстві [2, 6, 8].

Останнім часом у тваринництві стало поширеним використання методики генетико-математичної оцінки й моделювання динамічних процесів організмів за допомогою різних рівнянь [1, 2, 4-7, 10, 11]. Це зумовлено можливістю передчасної оцінки генотипу з метою раннього прогнозування майбутньої продуктивності і прискоренням зміни поколінь.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. В скотарстві найчастіше використовуються логістичні функції опису та

прогнозування живої маси, але вони, на жаль, не повністю описують лінійний ріст тварин, не враховують реакцію організму на умови довілля, а їх графіки мають вигляд сигмоїдної кривої із чотирма ділянками, що ускладнює їх аналіз [2, 3, 5, 8, 9, 11].

Мета досліджень. Враховуючи все вище зазначене, нами було поставлено за мету проаналізувати живу масу корів залежно від їх походження та застосувати асиметричну функцію Б. Гомпертца, що дозволяє оцінити ефекти впливу на організм спадкових особливостей – темпів росту та розвитку організму, початкової живої маси тварини, та при цьому враховує дію довілля, середовища, поживних речовин та інше.

Матеріал і методика дослідження. Дослідження було проведено на базі ТОВ «Добробут» Миколаївського району Миколаївської області, на телицях голштинської породи різного походження ($n=80$ гол.) При народженні та у віці 3, 6, 9, 12, 15, 18 і 24 місяці, здійснювали рандомізування та оцінку груп тварин за їх живою масою. З метою генетико-математичного моделювання процесів росту та розвитку ремонтних телиць використали генетико-математичну модель Б. Гомпертца [2, 4, 10], яку розраховували за формулами:

$$W_t = W_0 \cdot \exp\left(\frac{A_0 \cdot (1 - e^{-\alpha t})}{\alpha}\right) \quad (1)$$

де – W_0 – жива маса при народженні;

A_0 – константа, що описує початковий темп росту;

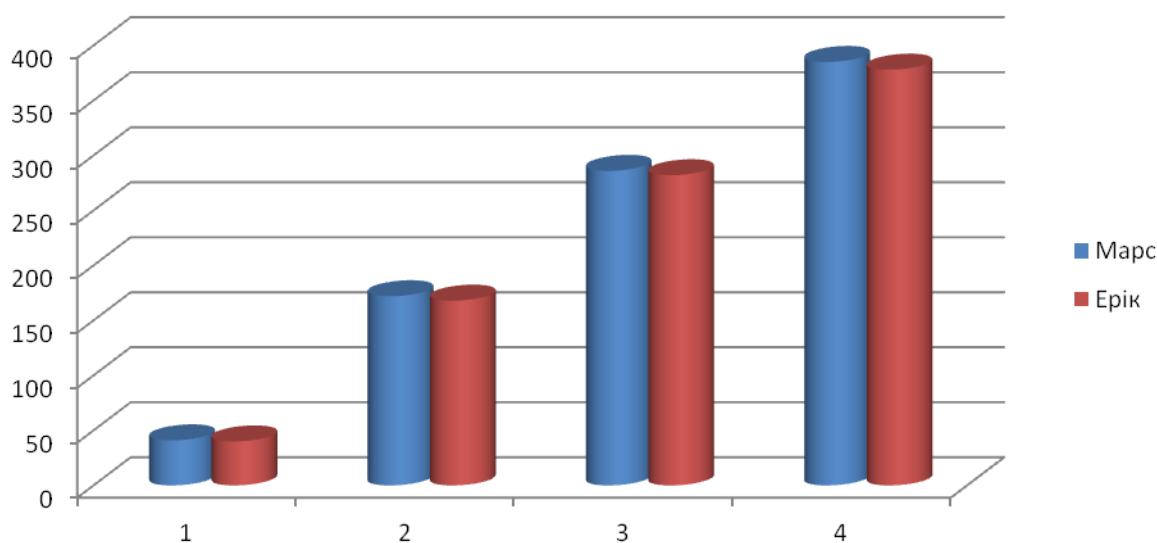
α – постійна, що характеризує швидкість дозрівання.

Максимально можлива маса організму (асимптота), тобто W_∞ , при використанні рівняння Б. Гомперца складатиме:

$$W_\infty = W_0 \cdot \exp\left(\frac{A_0}{\alpha}\right) \quad (2)$$

Результати досліджень та їх обговорення. Важливе значення у селекційно-племінній роботі має жива маса тварин при їх народженні оскільки вона позитивно корелює з надоями і є своєрідним маркером молочної продуктивності. Нашими дослідженнями встановлено, що жива маса при народженні суттєвої різниці не має, але все ж таки вищі її значення притаманні коровам бугая-плідника Марса – $41 \pm 0,2$ кг, що дорівнює живій масі корів контрольної групи, які в свою чергу перевищують за третім ступенем вірогідності дану господарсько корисну ознаку у дочок плідника Еріка на 2,5% ($40 \pm 0,2$ кг) (рис. 1).

Тенденція переваги корів-дочок бугая Марса зберігається і у подальшому; так, її рівень у шестимісячному віці становить $172 \pm 0,7$ кг з різницею від контрольної групи у 1 кг (табл. 1). В той час коли корови іншої дослідної групи поступаються контрольним тваринам на 1,78%, що становить 3 кг ($P > 0,99$).



1 – жива маса при народженні; 2 – жива маса у шість місяців; 3 – жива маса у 12 місяців; 4 – жива маса у 18 місяців

Рис. 1. Вплив бугай-плідників на живу масу корів голштинської породи

Аналогічна тенденція зберігається і у річному віці та у вісімнадцять місяців. А саме – корови групи плідника Еріка з високою вірогідністю поступаються як дочкам бугая Марса (1,42% та 1,85% відповідно), так і даним контрольної групи (на 1,77% та 1,03% відповідно).

Таблиця 1

Динаміка живої маси голштинських корів різного походження, кг

Бугай-плідник	n	Рівень розвитку ознаки та її мінливість й вірогідність				
		$\bar{X} \pm S_x$	σ	C_v	$d \pm Sd$	td
при народженні						
Марс	20	41±0,2	1,2	2,5	0	0
Ерік	20	40±0,2	1,1	3,2	1±0,22	4,54***
Контроль	60	41±0,1	1,3	2,3	×	×
шість місяців						
Марс	20	172±0,7	3,3	1,8	1±0,76	1,31
Ерік	20	168±0,8	4,1	2,1	3±0,85	3,53**
Контроль	60	171±0,3	3,6	2,7	×	×
дванадцять місяців						
Марс	20	286±0,6	3,4	1,0	1±0,72	1,39
Ерік	20	282±0,9	4,4	1,4	5±0,98	5,10***
Контроль	60	287±0,4	3,4	1,3	×	×
вісімнадцять місяців						
Марс	20	385±0,5	2,3	0,6	-4±0,54	7,415***
Ерік	20	378±0,8	3,2	0,9	3±0,82	3,66**
Контроль	60	381±0,2	2,4	0,5	×	×

Таким чином, встановлена чітка перевага за живою масою корів які є дочками бугая-плідника Марса, що може свідчити про його кращі спадкові характеристики відносно впливу на формування даної ознаки в його нащадків. Отримані дані можуть слугувати своєрідним маркером у прогнозуванні молочної продуктивності піддослідних груп корів в умовах даного господарства.

Чимало вчених [1-11] вказують на існування зв'язку між характером росту телиць та їх майбутньою молочною продуктивністю, пропонуючи різні методики оцінки цих процесів, встановлюючи впливові фактори та породні, конституціональні, вікові особливості, що впливають на ріст, розвиток та подальшу продуктивність. Це і викликало інтерес наших досліджень.

Проведене нами генетико-математичне моделювання живої маси телиць голштинської породи встановило, що модель Б. Гомпертца точніше характеризує живу масу протягом всього періоду вирощування у ровесниць батьком яких є бугай Марс. А найбільш коректно описує масу тіла цих телиць у віці трьох місяців – відхилення теоретичної від фактичної живої маси складає 14,04%, дев'яти місяців (11,8%) та 18- і 24 місячному віці – їх відхилення становить 13,5 та 13,7% відповідно (табл. 2).

Таблиця 2

Описове моделювання живої маси телиць голштинської породи різних бугаїв плідників

Вік телиць, місяців	Марс			Ерік		
	фактичні дані	теоретичні дані	відхилення, %	фактичні дані	теоретичні дані	відхилення, %
0	41,0	71,2	-30,2	40,0	70,0	-30,0
3	120,0	105,9	14,04	118,2	103,8	14,4
6	172,0	149,6	22,4	168,4	146,4	22,0
9	190,0	201,8	-11,8	184,5	197,6	-13,1
12	286,0	261,6	24,4	282,1	256,7	25,4
15	304,0	327,7	-23,7	300,7	322,5	-21,8
18	385,0	398,5	-13,5	378,3	393,7	-15,4
24	486,0	472,3	13,7	482,6	468,6	14,0

У той час коли найбільші розходження фактичної живої маси від теоретичної відмічаються при народженні – 30,2% та у віці 12-15 місяців – 24,4 та 23,7% відповідно (рис. 2). Аналіз описового моделювання живої маси телиць групи Еріка показав про подібний напрям відхилення фактичної живої маси від теоретичної відносно різних вікових періодів. Тобто, найвища детермінація відхилень спостерігається при народженні та у віці 6-, 12- та 15 місяців – 30,0-25,4%. У період три, дев'ять, п'ятнадцять та вісімнадцять місяців дана модель більш адекватно описує живу масу, а її розбіжності фактичної від теоретичної знаходяться на рівні 13,1-15,0% (рис. 3).

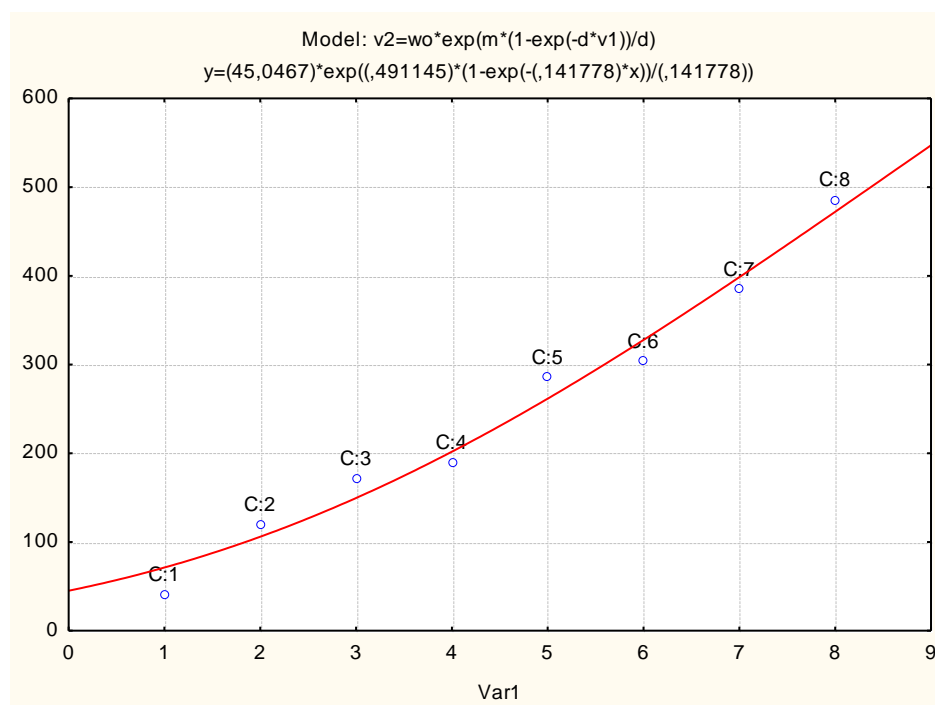


Рис. 2. Моделювання живої маси телиць групи бугая Марса за моделлю Б. Гомпертца

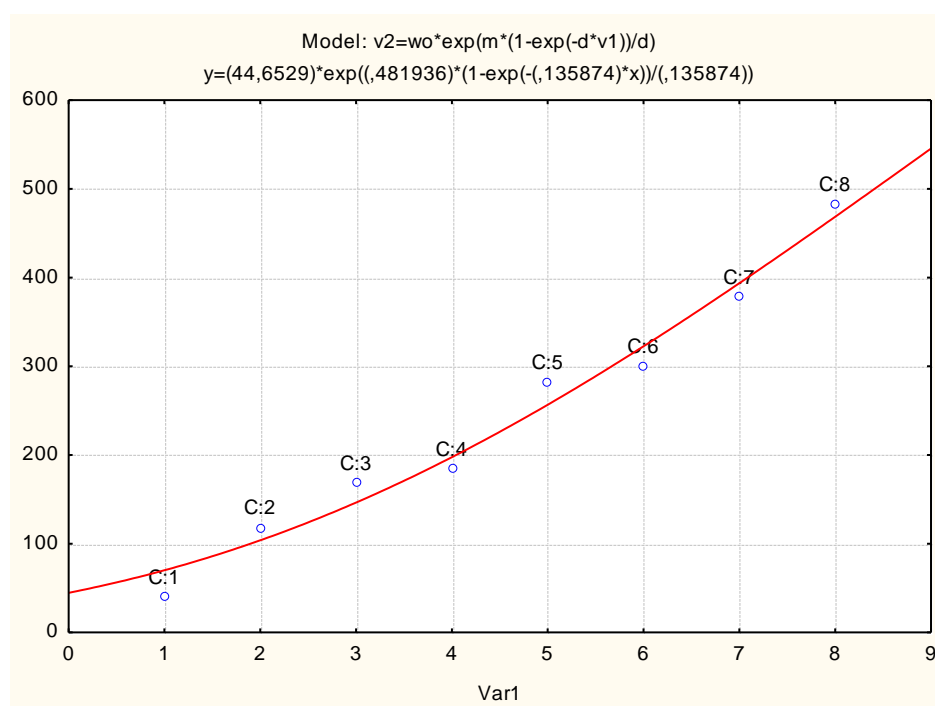


Рис. 3. Моделювання живої маси телиць групи бугая Еріка за моделлю Б. Гомпертца

Таким чином, проведено генетико-математичне моделювання живої маси телиць голштинської породи різного походження з використанням моделі Б. Гомпертца показало, що вона досить адекватно описує динаміку

нарощування живої маси телиць. У досліджених групах телиць модель Б. Гомпертца найбільш коректно характеризує їх живу в період раннього постнатального онтогенезу – 3 місяці та у більш старшому віці 9 місяців та після 18-місячного віку. У той же час, найбільші розбіжності фактичних значень живої маси з теоретичними відзначено при народженні та у віці шести та 12 місяців.

Аналізуючи основні константи функції Б. Гомпертца (табл. 3), можна відмітити, що для телиць групи Марса характерний більший початковий темп росту теоретичної кривої росту – $A_0=0,491$, порівняно з ровесницями дослідної групи Еріка.

Таблиця 3

Коефіцієнти ростових моделей телиць досліджуваних груп

Константи моделі	Бугай-плідник	
	Марс	Ерік
A_0	0,491	0,482
α	0,142	0,135
R^2	98,88	98,85

Аналогічна тенденція спостерігається і за швидкістю дозрівання, тобто вказані телиці мають перевагу над іншими ровесницями і їх жива маса наближається до свого максимально можливого показника – $\alpha=142$, а дещо менші темпи росту відмічаються в аналогів групи Еріка – 0,482 та 0,135 відповідно.

Апроксимація фактичних кривих теоретичними встановила, що дослідні телиці мають майже однакові значення коефіцієнтів детермінації в рамках використаної моделі і вказує на певну адекватність моделі, що дозволяє використовувати її для опису особливостей росту та розвитку телиць.

Висновки. 1. Встановлена чітка перевага за живою масою телиць які є дочками бугая-плідника Марса (41, 172, 286, 385 кг), що може свідчити про його кращі спадкові характеристики відносно впливу на формування даної ознаки у його нащадків.

2. Модель Б. Гомпертца досить адекватно описує динаміку нарощування живої маси телиць, що може слугувати своєрідним маркером у прогнозуванні молочної продуктивності піддослідних груп тварин.

3. Модель Б. Гомпертца найбільш коректно характеризує їх живу в період раннього постнатального онтогенезу – 3 місяці та у більш старшому віці: 9 місяців та після 18-місячного віку, а їх жива маса наближається до свого максимально можливого показника – $\alpha=142$.

4. Апроксимація фактичних кривих теоретичними встановила певну адекватність моделі, що дозволяє використовувати її для опису особливостей росту та розвитку телиць.

Список використаної літератури

1. Гиль М.И. Использование математических моделей для оценки лактационных кривых коров разных генотипов / М.И. Гиль // Научный вестник НАУ. – К., 2007. – Вып. 114. – С. 31-44.
2. Гиль М.И. Генетико-математическое моделирование количественных признаков у скотоводстве: обзор / М.И. Гиль, С.С. Крамаренко // Вестник СНАУ Серия: «Тваринництво». – Суми. – 2008. – Вып. 10(5). – С. 49-57.
3. Каратеева О.И. Математическое моделирование роста коров разных типов формирования организма та їх наступна молочна продуктивність / О.И. Каратеева // Научно-технический бюллетень Научно-исследовательского центра биобезопасности та экологического контроля ресурсов АПК. – Днепропетровск. – 2016. – Т.4. – № 1. – С. 98-101.
4. Каратеева О.И. Современные методы оценки живой массы телок с использованием математических моделей / О.И. Каратеева // Научный журнал «Вестник СНАУ» Серия : «Тваринництво». – Суми. – 2017. – Вып. 5(1) – С. 79-84.
5. Крамаренко С.С. Анализ особенностей формирования лактационных кривых коров червоноі степової породи на підставі моделі П. Вуда / С.С. Крамаренко, Н.П. Сученко // Вестник аграрной науки Причерномор'я. – МНАУ. – Николаев, 2009. – С. 222-228.
6. Сметана О.Ю. Описание лактационной динамики голштинских коров с использованием модели П. Вуда та Прасад-Синха / О.Ю. Сметана // Научный вестник Национального университета биоресурсов і природокористування України. Серия: Технология производства і переработки продукции скотоводства. – 2014. – Вып. 202. – С. 179-186.
7. Сметана О.Ю. Сравнение моделей П. Вуда і Дж. Хелдера для опису лактационной динамики голштинских коров / О.Ю. Сметана // Вестник аграрной науки Причерномор'я. – МНАУ. – Николаев, 2013. – Вып. 4 (76). – Т. 2. – Ч. 2. – С. 143-148.
8. Bertalanffy L.A quantitative theory of organic growth (inquiries on growth laws) / L.Bertalanffy // Human. Biol. – 1983. – V. 10. – P. 181-213.
9. Fitzhugh H.A. Systems analysis of sources of genetic and environmental variation in efficiency of beef production: heterosis and complementarity / H.A. Fitzhugh, C.R. Jr. Long, T.C. Cartwright // J. Anim. Sci. – 1975. – V. 40. – P. 421-423.
10. 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 / B. Gompertz // Phil. Trans. Roy. Soc. – 1925. – V. 182. – P. 513-585.
11. Prasad S. Mathematical formulation of lactation curve of dairy animals / S. Prasad, R. Singh // Indian Veterinary Medical Journal. – 2001. – № 25 (2). – P. 133-136.

References

1. Gill, M.I. (2007). Vykorystannya matematychnykh modeley dlya otsinky laktatsiynykh kryvykh koriv riznykh henotypiv [Use of mathematical models for estimating lactation curves of cows of different genotypes]. *Naukovyy visnyk NAU – Scientific herald of NAU*, 114, 31-44 [in Ukrainian].
 2. Gill, M.I., & Kramarenko, S.S. (2008)/ Genetiko-matematichne modelyuvannya kil'kisnih oznak u tvarinnictvi: oglyad [Genetic and mathematical modeling of quantitative traits in livestock production: review]. *Visnik SNAU – SNAU Bulletin*, 10(15), 49-57 [in Ukrainian].
 3. Karatyeyeva, O.I. (2016). Matematichne modelyuvannya rostu koriv riznih tipiv formuvannya organizmu ta ih nastupna molochna produktivnist' [Mathematical modeling of growth of cows of different types of organism formation and their subsequent milk production]. *Naukovo-tekhnichnij byuleten' Naukovo-doslidnogo centru*
-

- biobezpeki ta ekologichnogo kontrolyu resursiv APK – Scientific and technical bulletin of the Research Center for Biosafety and Environmental Control of Resources of the AIC, 1, 98-101 [in Ukrainian].*
4. Karatyeyeva, O.I. Suchasni metodi ocinki zhivoї masi telic' z vikoristannyam matematichnih modelej [Modern methods of estimating the live weight of heifers using mathematical models]. *Naukovij zhurnal «Visnyk SNAU» - Scientific journal "Visnyk SNAU"*, 5(1), 79-84 [in Ukrainian].
 5. Kramarenko, S.S. & Suchenko, N.P. Analiz osoblyvostey formuvannya laktatsiynykh kryvykh koriv chervonoyi stepovoyi porody na pidstavi modeli P. Vuda [Analysis of peculiarities of formation of lactation curves of red steppe breeds on the basis of P. Wood's model]. *Visnyk ahrarnoyi nauky Prychornomor'ya – Bulletin of the Agrarian Science of the Black Sea Region*, 222-228 [in Ukrainian].
 6. Smetana, O.Yu. (2014). Opys laktatsiynoyi dynamiky holshtyns'kykh koriv iz vykorystannyam modeley P. Vuda i Prasad-Synkha [Description of the lactation dynamics of Holstein cows using the model P. Wood and Prasad-Sinha]. *Naukovyy visnyk Natsional'noho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannya Ukrayiny – Scientific herald of the National University of Bioresources and Nature Management of Ukraine*, 202, 179-186 [in Ukrainian].
 7. Smetana, O.Yu. (2013). Porivnyannya modeley P. Vuda i Dzh. Neldera dlya opysu laktatsiynoyi dynamiky holshtyns'kykh koriv [Comparison of models P. Wood and J. Helder to describe the lactation dynamics of Holstein cows]. *Visnyk ahrarnoyi nauky Prychornomor'ya : Sil'skohospodars'ki nauky – Bulletin of the Agrarian Science of the Black Sea Region*, 4 (76), 143-148 [in Ukrainian].
 8. Bertalanffy L. A quantitative theory of organic growth (inquiries on growth laws) / L. Bertalanffy // *Human. Biol.* – 1983. – V. 10. – P. 181-213.
 9. Fitzhugh H.A. Systems analysis of sources of genetic and environmental variation in efficiency of beef production: heterosis and complementarity / H.A. Fitzhugh, C.R. Jr. Long, T.C. Cartwright // *J. Anim. Sci.* – 1975. – V. 40. – P. 421-423.
 10. 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 / B. Gompertz // *Phil. Trans. Roy. Soc.* – 1925. – V. 182. – P. 513-585.
 11. Prasad S. Mathematical formulation of lactation curve of dairy animals / S. Prasad, R. Singh // *Indian Veterinary Medical Journal.* – 2001. – № 25 (2). – P. 133-136.

АННОТАЦИЯ
МОДЕЛИРОВАНИЕ ЖИВОЙ МАССЫ ТЕЛОК ГОЛШТИНСКОЙ ПОРОДЫ С
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕНЕТИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ Б. ГОМПЕРТЦА

Каратеева О.И., кандидат с.-х. наук, доцент
Николаевский национальный аграрный университет
Полищук Т.В., кандидат с.-х. наук, доцент
Винницкий национальный аграрный университет

В работе освещены результаты исследования живой массы телок голштинской породы разного происхождения и ее генетико-математическое моделирование с использованием модели Б. Гомпертца. Данная модель достаточно адекватно описывает динамику наращивания живой массы телок и наиболее корректно характеризует её в период раннего онтогенеза – 3 месяца и в более старшем возрасте 9 месяцев и после 18-

месячного возраста. В то же время, наибольшие расхождения фактических значений живой массы с теоретическими отмечено при рождении и в возрасте шести и 12 месяцев. Модель можно использовать для описания особенностей роста и развития телок и как своеобразный маркер в прогнозировании молочной продуктивности.

Ключевые слова: живая масса, модель Б. Гомпертца, голштинская порода, начальный темп роста, скорость созревания, телки

Рис. 3. Табл. 3. Лит. 11.

ANNOTATION

MODELING OF LIVE WEIGHT OF HEIFERS OF HOLSTEIN BREED BY USING B.GOMPERTZ' GENETIC AND MATHEMATICAL MODEL

Karateeva O.I., Candidate of Agricultural Science, Associate Professor
Mykolayiv National Agrarian University

Polishchuk T.V., Candidate of Agricultural Science, Associate Professor
Vinnytsia National Agrarian University

The paper highlights the results of the study of the live weight of heifers of Holstein breed of different origins and its genetic and mathematical modeling by using B.Gompertz' model. This model adequately describes the dynamics of heifers' weight gain and the most correctly characterizes their live weight in the period of early ontogenesis – 3 months, at an older age – 9 months and after the age of 18 months. At the same time, the biggest differences between the actual live weight values and the theoretical ones were noted at birth and at the age of six and 12 months. The model can be used to describe the characteristics of heifers' growth and development, and as a unique marker in predicting the milk productivity.

The study was conducted on the basis of Ltd. "Dobrobut" of the Mykolayiv district, Mykolayiv region, on the heifers of Holstein breed of different origins ($n=80$ heads). The groups of animals were randomized and evaluated according to the live weight at birth and at the age of 3, 6, 9, 12, 15, 18 and 24 months.

The research has established a clear preference of the live weight in the heifers-daughters of the bull-bearer Mars (41, 172, 286, 385 kg), which may indicate its better hereditary characteristics regarding the effect on the formation of this feature in its descendants. The B.Gompertz' model adequately describes the dynamics of heifers' weight gain, which can be served as a unique marker in predicting the milk productivity of the experimental groups of animals. This model characterizes them the most correctly in the period of early postnatal ontogenesis – 3 months, at an older age: 9 months and after the age of 18 months. Their live weight is approaching its maximum possible index – $\alpha=142$. The approximation of the actual curves by the theoretical ones has established a certain adequacy of the model, which allows using it to describe the characteristics of heifers' growth and development.

Our research has found that the live weight at birth does not have a significant difference, but the cows of the bull-bearer Mars have its higher value of 41 ± 0.2 kg. It is equal to the live weight of the control group cows, which in turn exceed the third degree of probability of this economically useful feature in the daughters of the bull-bearer Eric by 2.5% (40 ± 0.2 kg).

The tendency of the predominance of cows-daughters of the bull Mars remains in the future. Thus, its level at the age of six months is 172 ± 0.7 kg, with the difference of 1 kg from the control group.

Key words: live weight, B.Gompertz' model, Holstein breed, initial rate of growth, maturation rate, heifers

Fig. 3. Tab. 3. Lit. 11.

Інформація про авторів

КАРАТЕЄВА Олена Іванівна, кандидат сільськогосподарських наук, доцент, доцент кафедри генетики, годівлі тварин та біотехнологій Миколаївського національного аграрного університету (54020, м. Миколаїв, вул. Георгія Гонгадзе, 9 ; e-mail: karateeva1207@gmail.com)

ПОЛИЩУК Тетяна Володимирівна, кандидат сільськогосподарських наук, доцент, доцент кафедри розведення сільськогосподарських тварин і зоогієни Вінницького національного аграрного університету (21008, м. Вінниця, вул. Сонячна, 3; e-mail: polischyk19@gmail.com)

КАРАТЕЄВА Елена Ивановна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент кафедры генетики, кормления животных и биотехнологии Николаевского национального аграрного университета (54020, г. Николаев, ул. Георгия Гонгадзе, 9 ; e-mail: karateeva1207@gmail.com)

ПОЛИЩУК Татьяна Владимировна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент кафедры разведения сельскохозяйственных животных и зоогиены Винницкого национального аграрного университета (21008, г. Винница, ул. Солнечная, 3; e-mail: polischyk19@gmail.com)

KARATEEVA Elena, Candidate of Agricultural Science, Associate Professor of the Department of genetics, animal nutrition and biotechnology, Mykolayiv National Agrarian University (54020, Nikolaev, Str. Georgiy Gongadze, 9; e-mail: karateeva1207@gmail.com)

POLISHCHUK Tatyana, Candidate of Agricultural Science, Associate Professor of the Department of farm animals breeding and zoohygiene (21008, Vinnytsia, 3, Soniachna Str.; e-mail: polischyk19@gmail.com)