



**original article** | UDC 636.2.034: 612.664 | doi: 10.31210/visnyk2020.02.14

## APPLICATION OF LACTATION PERSISTENCY COEFFICIENT FOR CALCULATION OF FULL LACTATION (305 DAYS) USING SHORT LACTATION DATA

*M. A. Matvieiev*

ORCID  [0000-0002-0835-565](https://orcid.org/0000-0002-0835-565)

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, 19, Generala Rodimtseva str., Kyiv, 03041, Ukraine

E-mail: [mykhailylo\\_17@i.ua](mailto:mykhailylo_17@i.ua)

### How to Cite

*Matvieiev, M. A. (2020). Application of lactation persistency coefficient for calculation of full lactation (305 days) using short lactation data. Bulletin of Poltava State Agrarian Academy, (2), 119–126. doi: 10.31210/visnyk2020.02.14*

Early prediction of dairy cow productivity is necessary to select the most valuable individuals as early as possible and minimize the costs of maintaining and feeding low performing animals. In order to predict milk yield for full lactation, a method based on the application of lactation persistency coefficient for dairy cows of Holstein breed under the conditions of Ukrainian industrial farm was used. Also the feasibility of this method for early estimation of heifers with breeding purpose was carried out. Lactation persistency coefficient was calculated using 146 cows' productivity data. The evaluation of the efficiency of applying this coefficient was conducted on 19 cows with known full lactation. The predicted productivity results, calculated after each month of lactation, were compared with the actual data, obtained as a result of control milking. Comparisons were performed 1) to determine the accuracy of prediction method and 2) to evaluate the possibility of early selection of heifers based on the obtained prediction. To fulfill the first task, the comparisons of predicted values with actual data (Lac-T program data) using Lin's Concordance Correlation Coefficient ( $r_c$ ) were made. Lin's Concordance Correlation Coefficient was calculated using the MedCalc program mathematical tools. Spearman's rank correlation coefficient ( $r_s$ ) was used to fulfill the second task. Productivity prediction after the third control milking was the least accurate ( $r_c=0.7583$ ), and after the 7<sup>th</sup> month of lactation, the prediction was the most accurate ( $r_c=0.9915-0.9991$ ). The highest values of rank correlation coefficient were also obtained after the 7<sup>th</sup> month of lactation and up to the 9<sup>th</sup> month ( $r_s=0.92-0.94$ ). As a result of the calculations, it can be concluded that the proposed method can be applied after the 7<sup>th</sup> month of lactation (control milking). For further calculations, it is planned to expand the existing database of cow productivity and apply this method to other dairy cattle breeds.

**Key words:** cattle breeding, milk productivity, prediction, lactation persistency coefficient, Holstein breed.

## ЗАСТОСУВАННЯ КОЕФІЦІЕНТУ ПОСТІЙНОСТІ ЛАКТАЦІЇ ДЛЯ ПЕРЕРЕХУНКУ НЕЗАКІНЧЕНОЇ ЛАКТАЦІЇ НА ПОВНУ (305 ДНІВ)

*М. А. Матвієєв*

Національний університет біоресурсів і природокористування України, Київ, Україна

Ранній прогноз молочної продуктивності корів необхідний для відбору потрібних особин (селекція) і мінімізації витрат на утримання та годівлю низькопродуктивних тварин. З метою прогнозування надою молока за лактацію був використаний метод, який базується на застосуванні коефіцієнта постійності лактації для корів молочного напрямку продуктивності голштинської породи в умовах українського промислового господарства. Розрахунок коефіцієнту постійності лактації було здійснено ыз залученням даних продуктивності 146 корів. Оцінка ефективності застосування зазна-

ченого коефіцієнта проводилась на 19 коровах з відомою повною лактацією. Прогнозовані показники продуктивності, розраховані після кожного з оцінюваних місяців, порівнювалися з фактичними даними, отриманими в результаті контрольного доїння. Порівняння проводили 1) для визначення точності методу прогнозування та 2) для оцінки можливості раннього відбору телиць на основі отриманого прогнозу. Для реалізації першого завдання застосовували порівняння прогнозованих показників з фактичними (дані програми Lac-T) за допомогою коефіцієнта конкорданції Ліна (Lin's Concordance Correlation Coefficient,  $r_c$ ), який був розрахований з використанням математичного інструментарію програми MedCalc. Для виконання другої мети було використано коефіцієнт кореляції рангів Спірмена ( $r_s$ ). Прогнозування продуктивності після 3-го контрольного доїння виявилось найменш точним ( $r_c=0,7583$ ), а найточнішим було прогнозування після 7-го місяця лактації ( $r_c=0,9915-0,9991$ ). Найвищі значення коефіцієнту рангової кореляції також було отримано за результатами ранжування після 7-го місяця лактації і до 9-го ( $r_s=0,92-0,94$ ). У результаті розрахунків можна зробити висновок, що запропонований метод варто використовувати після 7-го місяця лактації (контрольного доїння). Для подальших розрахунків планується розширити наявну базу даних продуктивності корів і застосувати цей метод на інших породах молочної худоби.

**Ключові слова:** селекція КРС, молочна продуктивність, прогнозування, коефіцієнт постійності лактації, голштинська порода.

### ПРИМЕНЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ПОСТОЯНСТВА ЛАКТАЦИИ ДЛЯ ПЕРЕСЧЕТА НЕОКОНЧЕННОЕ ЛАКТАЦИИ НА ПОЛНУЮ (305 ДНЕЙ)

*М. А. Матвеев*

Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, Киев, Украина

С целью прогнозирования надоя молока за период лактации был применен метод, основанный на использовании коэффициента постоянства лактации для коров молочного направления продуктивности голштинской породы в условиях украинского промышленного хозяйства. В результате расчетов можно сделать вывод, что предложенный метод следует использовать после 7-го месяца лактации (контрольного доения). Для дальнейших исследований планируется расширить существующую базу данных продуктивности коров и применить этот метод на других породах молочного скота.

**Ключевые слова:** прогнозирование, молочная продуктивность, коэффициент постоянства лактации, голштинская порода, селекция.

#### Вступ

Велика рогата худоба є біологічним об'єктом і на її продуктивність можуть впливати багато факторів, серед яких є ті, які відносяться до генетичних (успадкованість ознак) та середовищних (рівень годівлі, умови утримання, сезон року).

З метою мінімізації виробничих витрат та, як наслідок, для досягнення кращих результатів виробництва у світовій практиці використовують різні методи раннього прогнозування молочної продуктивності корів.

У ранні роки незалежності України вчені працювали над питанням прогнозування майбутньої продуктивності корів у ранньому віці, і вони запатентували кілька способів прогнозування: 1) визначення вмісту колагену в пілярному шарі шкіри телиць і наявності кореляційного зв'язку з рівнем молочної продуктивності цих тварин у період лактації [5]; 2) прогнозування майбутньої продуктивності корів у ранньому віці (1,56 міс.) шляхом вимірювання характеру відповіді організму на холодний стрес [6]; 3) прогнозування молочної продуктивності корів, що включає оцінку ступеня вираженості реакції шляхом вимірювання товщини складки шкіри до і після введення алергену (гістамін) телицям 3-місячного віку [4] та багато іншого.

Важливого значення останнім часом набуває оцінка тварин за початковий період лактації, що обумовлено необхідністю прискорення зміни поколінь з метою підвищення ефекту селекції. Надій за лактацію залежить від двох факторів: максимального добового надоя, який корова дає в період роздою, та ступеню падіння надоя упродовж лактації [2].

Для прогнозування продуктивності корів використовуються різні математичні моделі. Одну з перших розробив Wilmlink [15]. Grzesiak W., Wójcik J., Binerowska B. [10], встановили, що різні регресійні моделі можуть бути корисними при практичній оцінці молочної продуктивності корів.

Учені довели, що штучні нейронні мережі є потужним інструментом для моделювання системи і можливість їх застосовувати у скотарстві для прогнозування молочної продуктивності [8, 9, 20]. Прогнози, які були здійснені нейронними мережами, були точнішими [9], ніж прогнозування за допомогою моделі Вуда [16].

Штучні нейронні мережі – сучасний математичний метод. Нейронні мережі мають такі властивості, як адаптивне навчання, самоорганізація, узагальнення, обчислення в реальному часі та стійкість до перебоїв. Основними сферами застосування нейронних мереж є апроксимація функцій, асоціативна пам'ять, стиснення даних, розпізнавання та класифікація, оптимізаційні задачі, керування складними процесами та прогнозування [1, 18].

Шведська компанія Arla Foods розробила метод прогнозування надоїв молока та викидів парникових газів, зокрема вуглекислого в атмосферу на основі штучного інтелекту [12]. Для таких прогнозів необхідні дані великих обсягів. У розрахунках ураховуються сезонні коливання, кількість фермерів, які переходять на виробництво іншого сорту молока, географічні особливості ферм-власників кооперативу, а також обсяг виробництва сировини кожною конкретною фермою на добу.

Для оцінки рівня лактаційної діяльності корів використовують лактаційні криві [17]. Лактаційна крива – це математична формула, що описує поведінку молочної продуктивності під час лактації [9]. Вона може бути гарним інструментом для моніторингу продуктивності корів, оскільки за її допомогою фермер може дізнаватися корисну для себе інформацію про тварину, а саме може контролювати годівлю, відтворення та здоров'я тварин стада. Для прогнозування продуктивності корів застосовуються й інші математичні моделі [19].

Однак у практичній роботі фермерам необхідно мати простий спосіб, який би забезпечував можливість проведення оцінювання тварин на основі даних продуктивності корів власного господарства без залучення додаткового обладнання.

*Метою* досліджень було спрогнозувати продуктивність тварин стада, використовуючи коефіцієнт постійності лактації. Для реалізації поставленої мети було виконано низку завдань: 1) розрахувати коефіцієнти постійності лактації; 2) спрогнозувати продуктивність тварин, використовуючи вищезгаданий коефіцієнт; 3) порівняти отримані результати з фактичними даними, використавши коефіцієнти кореляції рангової (Спірмена) та кореляції відповідності (Ліна).

### Матеріали та методи досліджень

Дослідження проводили на стаді дійних корів, які утримувалися в умовах кооперативної навчальної ферми сільськогосподарського підприємства «Молочарське» (с. Олександрівка Покровський р-н. Дніпропетровська обл.) впродовж 2012–2019 років.

Роботу проводили у два етапи. На першому етапі на основі результатів молочної продуктивності 146 корів під час щомісячного контрольного доїння було розраховано коефіцієнти постійності лактації цього стада.

Коефіцієнт постійності (персистентності) лактації (КПЛ) розраховували для кожного місяця за формулою [3]:

$$\text{КПЛ}_n = \frac{П_n}{П_{n-1}},$$

де  $\text{КПЛ}_n$  – коефіцієнт постійності лактації за  $n$ -ий місяць лактації;

$П_n$  – результати контрольного доїння за  $n$ -ий місяць лактації;

$П_{n-1}$  – результати контрольного доїння за попередній місяць лактації;

На другому етапі була проведена перевірка (верифікація) ефективності прогнозу шляхом порівняння результатів повної фактичної лактації 19 корів голштинської породи з даними прогнозу, зробленого із застосуванням розрахованих коефіцієнтів постійності лактації. Результати фактичної продуктивності відбиралися з бази даних програми управління стадом Лас-Т (Канада), яка використовується в умовах цієї ферми.

Для цього, застосовуючи отримані коефіцієнти, було прогнозовано молочну продуктивність дослідних корів за 305 днів лактації після 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 міс лактації). Після фактичного завершення повної лактації було проведено оцінку застосованого підходу для здійснення раннього прогнозування та проведення відбору тварин для селекційно-племінної роботи.

Для прогнозу молочної продуктивності за умовне/фактичне контрольне доїння отриманий показник постійності (персистентності) лактації множили на розрахований або фактичний добовий надій попереднього місяця:

$$M_n = M_{n-1} \times \text{КПЛ}_n,$$

де  $M_n$  – надій корови за  $n$ -ий місяць лактації (контрольне доїння);  
 КПЛ $_n$  – коефіцієнт постійності лактації за  $n$ -ий місяць;  
 $n$  – місяць лактації.

Для розрахунку молочної продуктивності за 305 днів лактації результати умовних/фактичних контрольних доїнь і результати, які отримані внаслідок прогнозування, перераховувалися за методикою інтервалів (Sargent, 1968) [13]:

$$MY = I_0 \times M_1 + I_1 \times \frac{(M_1 + M_2)}{2} + I_2 \times \frac{(M_2 + M_3)}{2} \dots I_{n-1} \times \frac{(M_{n-1} + M_n)}{2}$$

де  $M_1, M_2, M_3, \dots, M_{n-1}, M_n$  – добові надой за результатами контрольних доїнь, кг;  
 $I_0, I_1, I_2, \dots, I_{n-1}, I_n$  – інтервали між контрольними доїннями, днів.

Прогноз молочної продуктивності за 305 днів лактації було зроблено після 3, 4, 5, 6, 7, 8 та 9 місяців лактації.

Для встановлення зв'язку між ознаками, які не можуть бути точно визначені, а виражаються порядком місця, яке займає кожен член сукупно (вибірці), тобто місцем рангу у варіаційному ряді, розраховується коефіцієнт рангової кореляції за методикою Спірмена. Метод рангової кореляції Спірмена універсальний, оскільки дає змогу порівняти не індивідуальні ознаки (показники), а індивідуальні ієрархії, або профілі (ранги), що неможливо зробити, використовуючи інші статистичні методи, зокрема і лінійну кореляцію (коефіцієнт кореляції Пірсона) [14].

Коефіцієнт рангової кореляції за методикою Спірмена [14] підраховувався за формулою:

$$r_s = 1 - \frac{6 \times \sum(x - y)^2}{n \times (n^2 - 1)}$$

де  $r_s$  – коефіцієнту рангової кореляції;  
 $x$  та  $y$  – ранги по кожній ознаці;  
 $n$  – кількість членів сукупно.

Коефіцієнт конкорданції кореляції Ліна (ССС) – метод порівняння двох вимірювань однієї змінної. Його зазвичай використовують для порівняння наявного методу вимірювання певної величини і того, який запроваджується. Коефіцієнт конкорданції кореляції Ліна (Lin's Concordance Correlation Coefficient) [11] розраховували за формулою:

$$r_c = \frac{2rs_x s_y}{(x - y) + s_x^2 + s_y^2}$$

де  $r_c$  – коефіцієнт відповідності кореляції Ліна;  
 $r$  – коефіцієнт кореляції Пірсона;  
 $s_x, s_y$  – середні квадратичні відхилення змінних  $x$  та  $y$ ;  
 $\bar{x}, \bar{y}$  – середні значення змінних  $x$  та  $y$ .

Для розрахунків використовувалася програма MedCalc version 19.1.3 (Medcalc, Ostend, Belgium: <http://www.medcalc.org>).

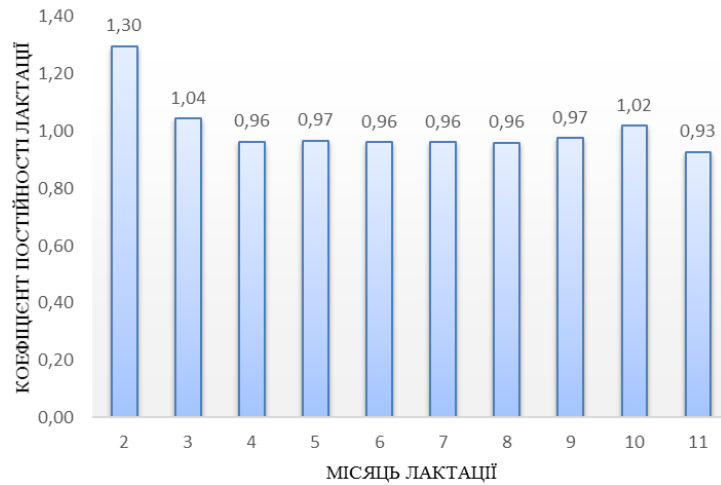
### Результати дослідження та їх обговорення

У результаті проведення досліджень за першим етапом на основі аналізу молочної продуктивності 146 голів було розраховано коефіцієнти постійності лактації (рис. 1). Як видно з рисунку найбільший ріст продуктивності спостерігається на 2 місяці лактації, а як наслідок і найбільший коефіцієнт постійності лактації, а найбільша продуктивність на третьому.

У результаті реалізації другого етапу було оцінено перебіг першої лактації у 19 корів на основі фактичних контрольних доїнь (табл. 1, рис. 2).

Як видно з таблиці, пік лактації, тобто найбільша середня продуктивність за місяць у корів першої лактації спостерігалася на 3 місяці і складала 781 кг з вмістом жиру 4,09 % білку 3,02 %, а найменша на 10 – 625 кг з вмістом жиру – 4,29 %, а білку 4,76 % (табл 1, рис. 1, 2).

## СІЛЬСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО. ТВАРИННИЦТВО

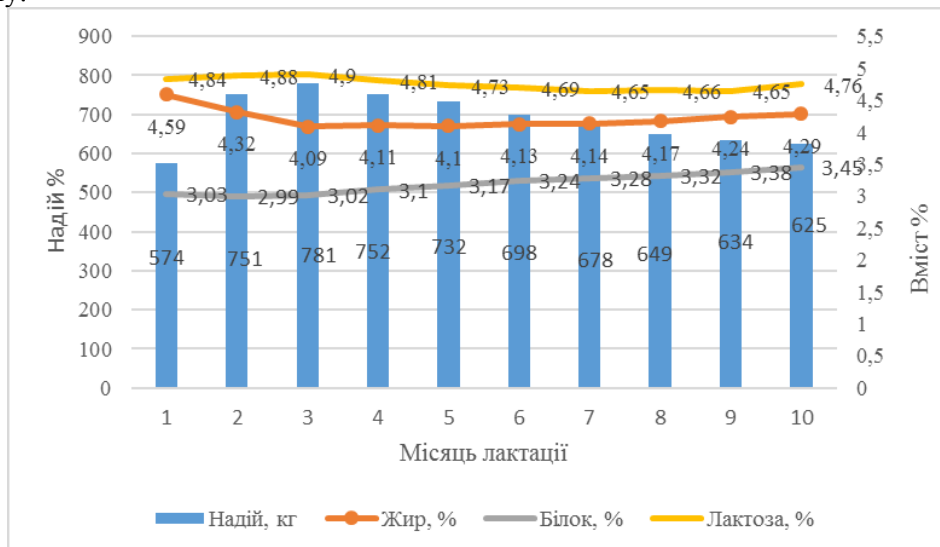


**Рис. 1. Коефіцієнт постійності лактації по першій лактації**

### 1. Середня фактична продуктивність корів першої лактації СП «Молочарське», n=19

Місяць лактації	Надій, кг	Вміст, %			SCC, тис/см <sup>3</sup>
		жиру	білку	лактози	
1	574	4,59	3,03	4,84	175
2	751	4,32	2,99	4,88	165
3	781	4,09	3,02	4,90	183
4	752	4,11	3,10	4,81	167
5	732	4,10	3,17	4,73	114
6	698	4,13	3,24	4,69	154
7	678	4,14	3,28	4,65	118
8	649	4,17	3,32	4,66	142
9	634	4,24	3,38	4,65	136
10	625	4,29	3,45	4,76	158

Варто зазначити, що найбільший вміст жиру в молоці спостерігався на 1 місяці лактації, а білку – на останньому.



**Рис. 2. Крива лактації (n=16)**

Використовуючи метод прогнозування продуктивності корів за допомогою коефіцієнтів постійності лактації, ми спрогнозували продуктивність вибраних корів після 3–9 контрольного доїння (табл. 2).

## СІЛЬСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО. ТВАРИННИЦТВО

### 2. Результати прогнозування продуктивності після різних місяців лактації

Робочий № корови	Прогнозований надій за 305 днів				Фактичний надій за 305 днів (Лас-Т)
	після 3 місяців лактації	після 7 місяців лактації	після 8 місяців лактації	після 9 місяців лактації	
0485	9047	9894	9869	9828	9882
0484	8419	9454	8646	8580	9293
0467	9697	9258	9415	9311	9372
0452	9281	8826	9127	9109	9374
0482	8375	8575	8847	8644	8662
3525	9278	8521	8398	8432	7663
0486	8342	8273	7927	7853	8263
0459	8410	8060	8166	7929	8290
3530	8103	8041	7573	7542	7933
4079	8254	7832	7595	7909	8312
4877	7890	7720	7940	7964	7409
0478	8039	7358	7506	7250	7401
0465	7916	7251	6487	6118	6539
0453	6625	7234	7197	7088	7275
0481	8630	7209	7591	7708	7588
4898	7029	7071	6905	6923	7157
0474	7062	7059	7178	6956	7013
3501	6770	6820	6965	7035	6991
0464	5959	6359	6271	6324	6508
<b>М</b>	8059	7938	7874	7816	7943
Різниця між фактичним показником продуктивності і прогнозом	116	-6	-70	-127	0

Шляхом математичних розрахунків з використанням коефіцієнтів постійності лактації наданий прогноз продуктивності корів за повну лактацію після різних її місяців. У результаті з'ясовано, що середні показники прогнозованої продуктивності корів після 3, 7, 8, 9 місяців та результати фактичної їх продуктивності різняться на 1,5, 0,1, 0,9 і 1,6 % відповідно. Як не парадоксально, найбільша різниця між середніми показниками продуктивності спостерігалася між найбільш раннім і найбільш пізнім прогнозами та фактичною продуктивністю. Найбільше наближення (прецизійність) результату прогнозування і фактичної продуктивності, було отримано після 7 місяця лактації (табл. 2).

Для селекційної роботи важливим є не лише фактична молочна продуктивність тієї чи тієї корови, а її цінність, обумовлена рангом тварин у стаді, визначена якомога раніше.

Тому у цій роботі було проведено аналіз збігу ранжування тварин на основі їх молочної продуктивності, зроблених за прогнозними (в 3–9 міс.) та фактичними результатами. Такий аналіз було зроблено із застосуванням методу рангової кореляції Спірмена (табл. 3).

### 3. Коефіцієнт рангової кореляції Спірмена ( $r_s$ ) між показником продуктивності у Лас-Т та продуктивністю після різних місяців лактації

Місяць лактації						
3	4	5	6	7	8	9
Коефіцієнт рангової кореляції Спірмена ( $r_s$ )						
0,84	0,69	0,78	0,84	0,92	0,94	0,93
P<0,0001	P<0,0001	P<0,0001	P<0,0001	P<0,0001	P<0,0001	P<0,0001

Проаналізувавши коефіцієнти кореляції рангів Спірмена, потрібно зазначити, що вони зростають з наближенням до кінця лактації. Так, найвищі їх значення отримано після 7-го місяця лактації і до 9-го ( $r_s=0,92-0,94$ ). Це пояснюється зростанням ефективності прогнозу, за яким ранжуються тварини,

зробленого на пізніх місяцях лактації порівняно з ранніми. Прогноз продуктивності, отриманий після 4-го місяця, має найменшу подібність рангів із результатами програми Лас-Т.

Для розрахунку Коефіцієнт конкорданції кореляції Ліна (ССС) було вибрано 19 корів зі стада, які мали різний вік, і відповідно і число, сезон та рік початку їх лактацій відрізнявся. Головними умовами їх вибору стала закінчена перша лактація і наявність даних про контрольні надої кожного місяця упродовж усієї лактації.

Результати підрахунку коефіцієнту конкорданції Ліна (табл. 4) показали, що оцінка продуктивності, зроблена за результатами контрольного доїння у 3 міс., була найбільш неточною  $r_c=0,7583$ , тоді як найточнішою була оцінка за результатами доїння в 7 місяців, що підтверджується результатами розрахунку кореляції рангів за Спірменом.

**4. Порівняння прогнозованих показників продуктивності тварин із фактичними з використанням коефіцієнту кореляції Ліна**

Порівнювані показники продуктивності	n	Коефіцієнт кореляції відповідності Ліна	Довірчий інтервал 95 %	Кореляція Пірсона («precision»)	Коефіцієнт поправки на зміщення $S_b$ («точність»)	P
3 міс – факт	19	0,7583	0,4775 до 0,8986	0,7638	0,9928	0,001
7 міс – факт	19	0,9372	0,8464 до 0,9751	0,9381	0,9991	0,001
8 міс – факт	19	0,9362	0,8435 до 0,9748	0,9389	0,9972	0,001
9 міс – факт	19	0,9328	0,8365 до 0,9732	0,9409	0,9915	0,001

**Висновки**

1. Коефіцієнт постійності лактації доцільно застосовувати для прогнозування надою корів за повну лактацію, починаючи з 7-го місяця (контрольного доїння). Цей метод дає змогу прогнозувати продуктивність корів після 7 місяця лактації з точністю 1,6 %

2. Запропонований метод прогнозування продуктивності за 305 днів лактації дозволяє здійснювати відбір телиць для подальшого розведення, починаючи з 7-го місяця лактації (коефіцієнт рангової кореляції з надоєм за повну лактацію становить  $r_s=0,92$ ).

*Перспективи подальших досліджень.* У подальших дослідженнях варто зосередити увагу на збільшенні кількості тварин у базі даних та проведенні постійних уточнювальних розрахунків. Також необхідно провести аналогічні дослідження з іншими породами ВРХ.

**References**

- Vernyhora, R. V., & Yelnykova, L. O. (2015). The possibility of using artificial neural networks when predicting train work train directions. *Transport Systems and Transportation Technologies*, (7), 15–19. doi: 10.15802/tstt2014/35983.
- Kovalenko, V. P., Bolila, S. Iu., & Plotkin, S. Ia. (1997). Porivnialna otsinka matematychnykh modelei prohnozuvannia molochnoi produktyvnosti. *Tavriiskyi Naukovyi Visnyk*, 2, 58–63 [In Ukrainian].
- Nekrasov, V., Sivkin, N. V., Golovin, A. V., Pervov, N. G., Anikin, A. S. & Chabaev, M. G. (2011). Lactation curve of cows as the tool of work with herd. *Dostizheniya Nauki i Tekhniki APK*, 11, 58–60 [In Ukrainian].
- Protsenko, M. Y. (2000). Patent Ukraine № 30068. Kyiv: "Ukrainskyi instytut promyslovoi vlasnosti" (Ukrpatent) [In Ukrainian].
- Fostyk, I. M. (1996). Patent Ukraine № 10535 Kyiv: "Ukrainskyi instytut promyslovoi vlasnosti" (Ukrpatent) [In Ukrainian].
- Shablia, V. P. (1992). Patent USSR № 1724138. Gosudarstvennyy komitet po izobreteniyam i otkrytiyam pri GKNT SSSR [In Russian].
- De Jager, D., & Kennedy, B. W. (1987). Genetic parameters of milk yield and composition and their relationships with alternative breeding goals. *Journal of Dairy Science*, 70 (6), 1258–1266. doi: 10.3168/jds.s0022-0302(87)80139-x.
- Gorgulu, O. (2012). Prediction of 305-day milk yield in Brown Swiss cattle using artificial neural networks. *South African Journal of Animal Science*, 42 (3). doi: 10.4314/sajas.v42i3.10.

9. Græsboell, K., Kirkeby, C., Nielsen, S. S., Halasa, T., Toft, N., & Christiansen, L. E. (2017). A robust statistical model to predict the future value of the milk production of dairy cows using herd recording data. *Frontiers in Veterinary Science*, 4, 1–9. doi: 10.3389/fvets.2017.00013.
10. Grzesiak, W., Błaszczuk, P., & Lacroix, R. (2006). Methods of predicting milk yield in dairy cows- Predictive capabilities of Wood's lactation curve and artificial neural networks (ANNs). *Computers and Electronics in Agriculture*, 54 (2), 69–83. doi: 10.1016/j.compag.2006.08.004.
11. Grzesiak, W., Wójcik, J., & Binerowska, B. (2003) Prediction of 305-day first lactation milk yield in cows with selected regression models. *Archiv Tierzucht*, 3, 215–226.
12. Kamilaris, A., & Prenafeta-Boldú, F. X. (2018). A review of the use of convolutional neural networks in agriculture. *The Journal of Agricultural Science*, 156 (3), 312–322. doi: 10.1017/s0021859618000436.
13. Kong, L., Li, J., Li, R., Zhao, X., Ma, Y., Sun, S., Huang, J., Ju, Z., Hou, M., Zhong, J. (2017). Estimation of 305-day milk yield from test-day records of Chinese Holstein cattle. *Journal of Applied Animal Research*, 46 (1), 791–797. doi: 10.1080/09712119.2017.1403918.
14. Lin, L. (2000). A note on the concordance correlation coefficient. *Biometrics*, 56, 324–325.
15. Arla Foods: New artificial intelligence tool predicts how much milk 1,5 million cows will produce. Arla Foods. Retrived from: <https://www.arla.com/company/news-and-press/2019/pressrelease/new-artificial-intelligence-tool-predicts-how-much-milk-15-million-cows-will-produce-2885091>.
16. Njubi, D. M., Wakhungu, J. W., & Badamana, M. S. (2009). Use of test-day records to predict first lactation 305-day milk yield using artificial neural network in Kenyan Holstein–Friesian dairy cows. *Tropical Animal Health and Production*, 42 (4), 639–644. doi: 10.1007/s11250-009-9468-7.
17. Sargent, F. D., Lytton, V. H., & Wall, O. G. (1968). Test interval method of calculating dairy herd improvement association records. *Journal of Dairy Science*, 51 (1), 170–179. doi: 10.3168/jds.s0022-0302(68)86943-7.
18. Wayne D. W. (1990). *Spearman rank correlation coefficient. Applied Nonparametric Statistics. – 2nd ed.* Boston: PWS-Kent.
19. Wilmink, J. B. (1987). Comparison of different methods of predicting 305-day milk yield using means calculated from within-herd lactation curves. *Livestock Production Science*, 17, 1–17. doi: 10.1016/0301-6226(87)90049-2.
20. Wood, P. D. P. (1967). Algebraic model of the lactation curve in cattle. *Nature*, 216 (5111), 164–165. doi: 10.1038/216164a0.

Стаття надійшла до редакції 06.04.2020 р.

**Бібліографічний опис для цитування:**

Матвєєв М. А. Застосування коефіцієнту постійності лактації для перерахунку незакінченої лактації на повну (305 днів). *Вісник ПДАА*. 2020. № 2. С. 119–126.

© Матвєєв Михайло Андрійович, 2020