

РАННЕЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СОДЕРЖАНИЯ МОЛОЧНОГО ЖИРА У ГОЛШТИНСКОГО СКОТА НА ОСНОВЕ СОПРЯЖЁННОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ С ЛИНЕЙНЫМИ ПРИЗНАКАМИ

В.В. Гарт, С.Г. Куликова, К.Н. Нарожных, Е.В. Камалдинов

ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ, Новосибирск, Россия

E-mail: gvlvl@yandex.ru

Для цитирования: Раннее прогнозирование содержания молочного жира у голштинского скота на основе сопряжённой изменчивости с линейными признаками / В.В. Гарт, С.Г. Куликова, К.Н. Нарожных, Е.В. Камалдинов // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2024. – № 4(73). – С. 168–176. – DOI: 10.31677/2072-6724-2024-73-4-168-176.

Ключевые слова: голштинская порода, первотёлки, экстерьер, линейная оценка, продуктивность, молочный жир, корреляция, Западная Сибирь, комплекс линейных признаков, регрессионная модель.

Реферат. Изучалась взаимосвязь восемнадцати линейных признаков экстерьера первотёлок высокопродуктивной субпопуляции голштинского скота ($n = 1243$) с содержанием молочного жира за 305 дней (коровы с укороченной лактацией были исключены из выборки) лактации при помощи рангового коэффициента корреляции Спирмена. Для получения высшего ранга животными с желательным баллом производили корректировку их балльной оценки. Представлена таблица преобразования оценок линейных признаков в зависимости от оптимального балла, принятого в исследуемом хозяйстве. Связь между содержанием молочного жира и отдельными признаками была разнонаправленной и варьировалась в абсолютном значении от 0,060 до 0,154. Приведен алгоритм формирования и корректировки комплексов линейных признаков и расчета суммарного балла. Сопряженность содержания молочного жира и суммарного балла комплекса из десяти линейных признаков, включающего длину передних долей вымени, борозду вымени, высоту прикрепления задних долей вымени, ширину задних долей вымени, длину крестца, ширину таза, крепость телосложения, обмускуленность, рост, длину сосков, составила 0,286. Подробно проанализированы приведенные графики первоначального и откорректированного комплексов, имеющих наибольшую сопряженность с содержанием молочного жира. Предложена оптимальная регрессионная модель для раннего прогнозирования содержания молочного жира на основе зависимости его содержания от комплекса линейных признаков. Точность аппроксимации R^2 модели характеризовалась как высокая и составила 0,9831.

Работа выполнена по теме государственного задания № FESF-2023-0016.

EARLY PREDICTION OF MILK FAT CONTENT IN HOLSTEIN CATTLE BASED ON CORRELATED VARIABILITY WITH LINEAR TRAITS

V.V. Gart, S.G. Kulikova, K.N. Narozhnykh, E.V. Kamaldinov

Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russian Federation

E-mail: gvlvl@yandex.ru

Keywords: Holstein breed, first-calf heifers, conformation linear assessment, productivity, milk fat, correlation, Western Siberia, complex of linear traits, regression model.

Abstract. The relationship between eighteen conformation linear traits of first-calf heifers of a highly productive subpopulation of Holstein cattle ($n=1243$) with the milk fat content for 305 days of lactation (cows with shortened lactation were excluded from the sample) was studied using Spearman's rank correlation coefficient. To obtain the highest rank for animals with the optimal score, their score was adjusted. A table is presented for the transformation of estimates of linear traits depending on the optimal score adopted in the investigated farm. The correlation between the milk fat content and individual traits was multidirectional and varied in absolute terms from 0.060 to 0.154. An algorithm for the formation and correction of complexes of linear traits and the calculation of the total score is given. The conjugation of the milk fat content and the total score of the complex of ten linear traits, including: the length of the front udder, median suspensory, rear attachment height, rear attachment width, loin strength, pin width, chest width, muscularity, stature, teat length (as defined by ICAR standards) was 0.286. The given graphs of the initial and corrected complexes that have the greatest conjugation with the content of milk fat are analyzed in detail. An optimal regression model for early prediction of milk fat content based on its dependence on a set of linear traits is proposed. The approximation accuracy R^2 of the model was characterized as high and amounted to 0.9831.

В селекции на улучшение молочных качеств крупного рогатого скота молочного направления, разводимого в определенных условиях, важным является раннее прогнозирование продуктивности как будущих потомков, так и уже полученного молодняка. Так, кроме традиционных методов подбора родительских пар появилась возможность анализа популяций животных разных стран и даже кластеров стран для приобретения у них и использования в селекции генетического материала с целью корректировки недостатков или придания новых качеств будущему потомству [1–3].

Экстерьер сельскохозяйственных животных является одним из показателей будущего здоровья, что, в свою очередь, отражается на продуктивных и репродуктивных способностях. Поэтому оценка экстерьера – это важный этап в цепочке показателей, определяющих племенную ценность животных [3–5], в том числе и при конструировании общих селекционных индексов [6, 7].

Анализ взаимозависимости экстерьерных признаков и молочной продуктивности вызывает значительный научный интерес у ученых разных стран [8–13].

Установленные исследователями статистически достоверные коэффициенты корреляции между содержанием молочного жира и признаками экстерьера могли быть разной направленности и варьировались в абсолютном значении от 0,02 до 0,24 [10, 11, 14].

Проведенное учеными разных стран изучение на большом поголовье связи между молочной продуктивностью и экстерьерными показателями показало, что при установленных различиях

между популяциями значение коэффициентов корреляции остается низким [15, 16].

Различные подходы к исследованию экстерьерных особенностей имеют важное значение как для оценки племенных качеств животных [17, 18], так и для раннего прогнозирования продуктивности [19, 20].

Цель исследования – поиск оптимальной модели раннего прогнозирования молочной продуктивности на основе сопряженной изменчивости комплексов линейных признаков с содержанием молочного жира в высокопродуктивном стаде голштинского скота.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

У 1243 первотелок голштинской породы высокопродуктивной субпопуляции Западной Сибири определяли 18 признаков линейной оценки экстерьера и количество молочного жира (МЖ) за 305 дней первой лактации (коровы с укороченной лактацией были исключены из выборки) [18].

Для оценки связи линейных признаков с МЖ использовали ранговый коэффициент корреляции Спирмена (КС).

При характеристике животного по признакам линейной оценки экстерьера лучшим считается особь, имеющая не самый высокий, а рекомендуемый балл [18]. При ранжировании во время вычисления КС такое животное должно получить наивысшую оценку. Поэтому нами производилась корректировка оценочных значений линейных признаков для получения животными с оптимальным баллом наивысшего ранга (табл. 1).

Таблица 1

Преобразование оценки линейных признаков для расчета коэффициента корреляции Спирмена
Transformation of the evaluation of linear traits for calculation of the Spearman's rank correlation coefficient

Признак	Оптимальный балл для исследуемой субпопуляции [18]	Оценка в баллах								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
		Преобразованная оценка								
Положение таза, обмускуленность, постановка задних ног (вид сбоку), расположение передних сосков, длина сосков	5	1	2	3	4	5	4	3	2	1
Угол копыта	6–7	1	2	3	4	5	6	6	5	4
Положение дна вымени	7	1	2	3	4	5	6	7	6	5
Глубина туловища, крепость телосложения	7–8	1	2	3	4	5	6	7	7	6
Ширина таза	8	1	2	3	4	5	6	7	8	7
Рост, молочный тип, высота прикрепления задних долей вымени, борозда вымени, длина крестца, ширина задних долей, длина передних долей вымени, прикрепление передних долей вымени	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9

Для изучения суммарного влияния нескольких линейных признаков на МЖ формировали из них комплексы. Признаки линейной оценки экстерьера ранжировали по величине КС (табл. 2). К преобразованным баллам линейного показателя с наибольшим КС прибавляли значения следующего за ним признака. То же повторяли с остальными признаками в порядке убывания КС. Каждый раз определяли КС полученной суммы с МЖ. Если значение КС было меньше нуля, то положительное значение его преобразованных баллов меняли на отрицательное.

Тесноту связи признаков оценивали по шкале Чеддока.

При построении графиков зависимости МЖ от суммарного балла комплекса признаков из анализа исключали крайние варианты, в которые вошли данные менее десяти животных.

Статистическую обработку данных выполняли с использованием LibreOffice Calc и языка статистического программирования R.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

КС между содержанием МЖ за 305 дней первой лактации и признаками линейной оценки экстерьера голштинских коров приведены в табл. 2. Статистически достоверные коэффициенты корреляции МЖ наблюдались с линейными признаками (пять из которых характеризуют вымя, три – туловище) и варьировались от 0,060 до 0,154, что указывает на слабую связь как поло-

жительного, так и отрицательного направления. Результаты наших исследований согласуются с данными авторов, изучавших на больших популяциях взаимосвязь МЖ с показателями линейной оценки экстерьера [10, 11, 14].

Линейные признаки играют хотя и немаловажную, но не основную роль в повышении молочной продуктивности по сравнению с таким, как скорость, обмена веществ, соотношение соединительной и железистой тканей вымени и др. Но их роль возрастает при достижении определенного порога продуктивности. Так, например, при селекции на увеличение роста, ширины таза и длины крестца увеличивается пространство для более объемного вымени, что дает возможность высокопродуктивному животному накапливать больше молока между доениями без негативных последствий для здоровья.

Прямого влияния выраженности линейных признаков туловища на МЖ нет. КС констатирует лишь результат взаимосвязанных процессов развития определенных признаков экстерьера и продуктивности, обусловленных наследственностью и влиянием окружающей среды.

Воздействие двух последних факторов в большинстве случаев затрагивает сразу несколько признаков. Если в такой блок входит и признак продуктивности, то логично предположить, что сопряженность с ним целого комплекса из остальных признаков может быть сильнее, чем с каждым в отдельности. Это показали исследования связи удоя и линейных показателей экстерьера [21].

Таблица 2

Коэффициенты ранговой корреляции линейных признаков экстерьера с содержанием молочного жира первотелок за 305 дней лактации
Rank correlation coefficients of conformation linear traits with milk fat content of the first-calf heifers for 305 days of lactation

Линейный признак	r_s	s_r	α
1	2	3	4
Длина передних долей вымени	0,154	0,0261	***
Борозда вымени	0,143	0,0263	***
Ширина задних долей вымени	0,140	0,0263	***
Высота прикрепления задних долей вымени	0,118	0,0266	***
Длина крестца	-0,093	0,0297	**
Ширина таза	0,082	0,0272	**
Обмускуленность	0,067	0,0274	*
Длина сосков	0,060	0,0275	*
Крепость телосложения	0,044	0,0277	
Постановка задних ног (вид сбоку)	0,041	0,0278	

1	2	3	4
Глубина туловища	0,041	0,0278	
Положение таза	-0,035	0,0289	
Прикрепление передних долей вымени	0,022	0,0280	
Рост	0,015	0,0282	
Угол копыта	0,005	0,0283	
Молочные формы	-0,005	0,0284	
Положение дна вымени	0,003	0,0283	
Расположение передних сосков	0,001	0,0283	

Примечание: * $\alpha < 0,05$, ** $\alpha < 0,01$, *** $\alpha < 0,001$.

Для составления начальных вариантов комплексов выполнили ранжирование линейных признаков в зависимости от абсолютного значения КС (см. табл. 2). Используя порядок номеров

линейных признаков, составили комплексы и рассчитали КС между МЖ и каждым комплексом, которые представлены на рис. 1. Все полученные КС были статистически достоверны ($\alpha < 0,001$).

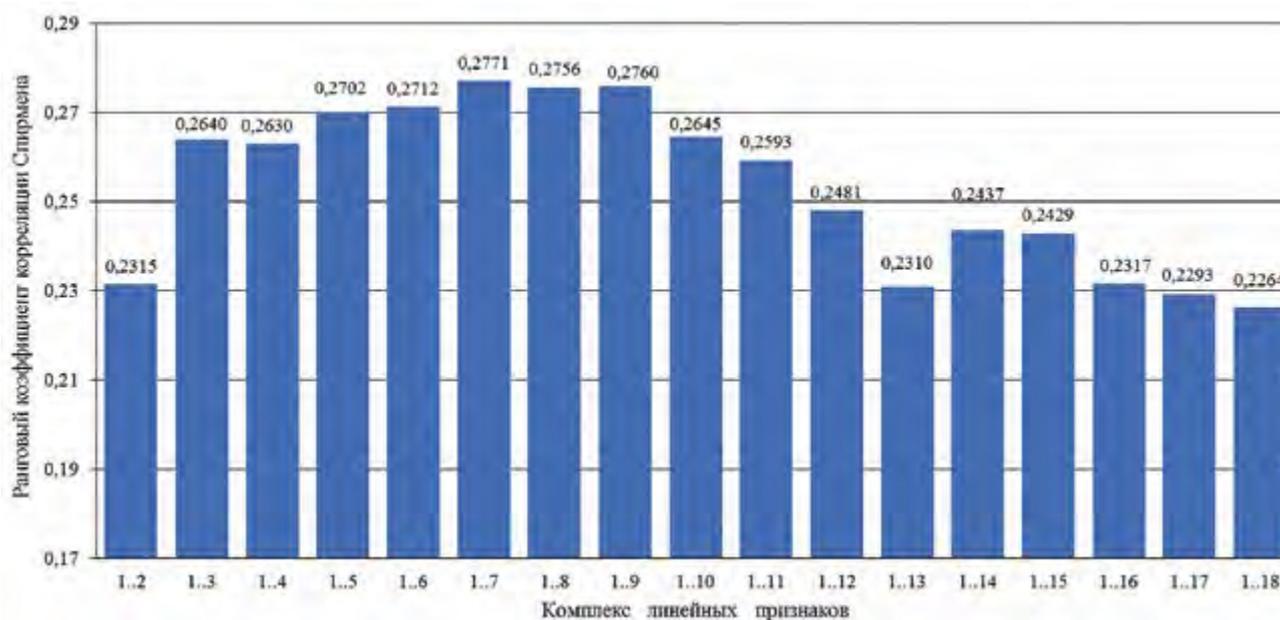


Рис. 1. Значения коэффициентов ранговой корреляции содержания молочного жира и комплекса при разном количестве входящих в него линейных признаков

Values of the range correlation coefficients of milk fat content and complex with different number of linear traits

Наибольшее значение коэффициента корреляции с МЖ имел комплекс 1..7, в котором суммировались преобразованные баллы следующих линейных признаков: длина передних долей вымени (ДПД), борозда вымени (БВ), ширина задних долей вымени (ШЗД), высота прикрепления задних долей вымени (ВЗД), длина крестца (ДК), ширина таза (ШТ), обмускуленность (ОБМ). Поскольку КС между длиной крестца и МЖ был отрицательный, то и знак оценки менялся на противоположный, т.е. преобразованные баллы за длину крестца вычитались. Таким образом,

формирование общего балла комплекса 1..7 (КБ) можно выразить формулой

$$КБ_{1..7} = + ДПД + БВ + ШЗД + ВЗД - ДК + ШТ + ОБМ.$$

Величина КС комплекса 1..7 с МЖ составила 0,2771, что в 1,8 раза больше самого высокого аналогичного показателя между отдельным признаком линейной оценки (длиной передних долей вымени) и МЖ (см. табл. 1).

На рис. 2 отображена зависимость МЖ от суммарного балла комплекса 1..7 (черная линия). Линия тренда (красным цветом) описывается

полиномом третьей степени, $y = -0,0269x^3 + 2,8969x^2 - 97,996x + 1425,8$.

Коэффициент достоверности аппроксимации тренда с графиком R^2 составил 0,9341, что можно расценивать как удовлетворительную точность

аппроксимации. Лучшим для прогнозирования МЖ является отрезок от 31 до 37 баллов (7 пунктов шкалы), на котором наблюдалось наибольшее совпадение линий.

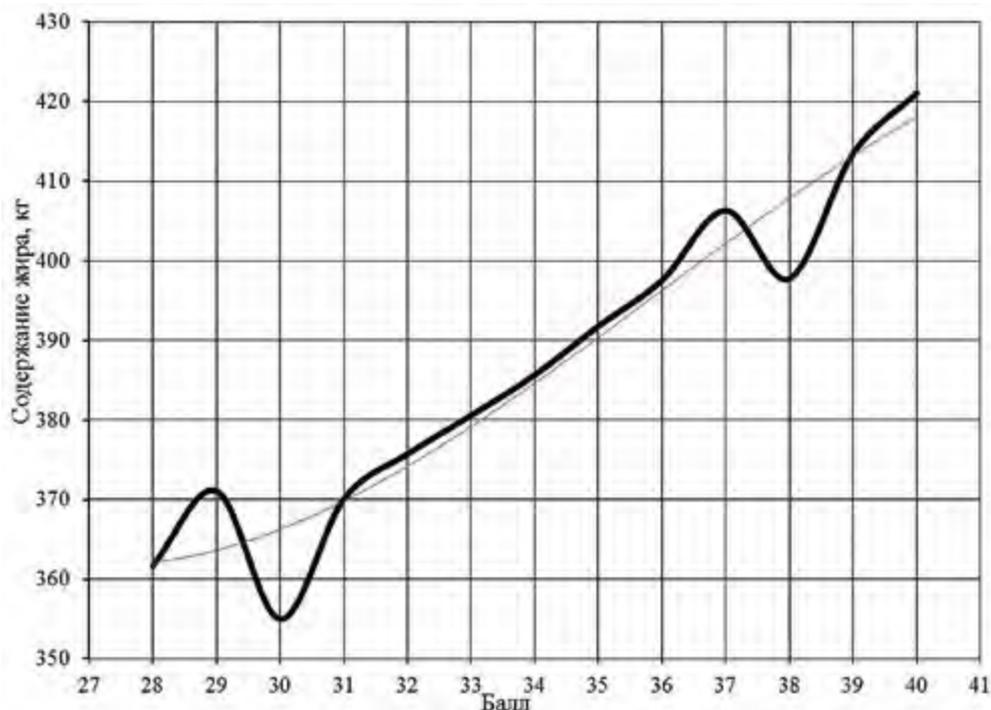


Рис. 2. Зависимость содержания молочного жира от суммарного балла комплекса линейных признаков 1..7
Dependence of milk fat content on the total score of the linear trait complex 1..7

Анализируя столбчатую диаграмму (см. рис. 1) можно отметить, что с увеличением количества признаков в комплексе постоянного возрастания КС до максимального, а потом такого же снижения не наблюдалось. Присутствовали комплексы (1..4, 1..9 и 1..14), которые не соответствовали тренду. Это означает, что преобразованные баллы признаков «Крепость телосложения» и «Рост», не вошедшие в комплекс с наибольшим КС, потенциально способны повысить КС при

включении их в комплекс. Для этого их нужно поменять в иерархии местами с другими линейными признаками, имеющими больший ранг. Результаты изменения порядка линейных признаков для формирования комплексов приведены в табл. 3. Так, «Крепость телосложения» переместилась на 7-е место, «Рост» – на 9-е. В целях соответствия тренду признак «Ширина задних конечностей» занял 3-е место.

Таблица 3

Измененный порядок линейных признаков для составления комплексов
The modified order of linear traits for the compilation of complexes

Показатель	Комплекс признаков
1	2
Длина передних долей вымени	
Борозда вымени	1..2
Высота прикрепления задних долей вымени	1..3
Ширина задних долей вымени	1..4
Длина крестца	1..5
Ширина таза	1..6

1	2
Крепость телосложения	1..7
Обмускуленность	1..8
Рост	1..9
Длина сосков	1..10
Глубина туловища	1..11
Постановка задних ног (вид сбоку)	1..12
Положение таза	1..13
Прикрепление передних долей вымени	1..14
Угол копыта	1..15
Молочные формы	1..16
Положение дна вымени	1..17
Расположение передних сосков	1..18

Результат перемещений изменил картину зависимости величины КС от количества линейных признаков, входящих в комплекс (рис. 3). Так, лучшим стал комплекс 1..10, максимальный КС которого превысил предыдущий (см. рис. 1) и составил 0,2855. Это в 1,85 раза больше КС между длиной передних долей вымени и МЖ

(см. табл. 1). В этот комплекс, кроме вышеописанных признаков, дополнительно вошли «Крепость телосложения» (КТ), «Рост» (Р) и «Длина сосков» (ДС). Формула расчета комплексного балла приобрела следующий вид:

$$КБ_{1..10} = ДПД + БВ + ВЗД + ШЗД - ДК + ШТ + КТ + ОБМ + Р + ДС.$$

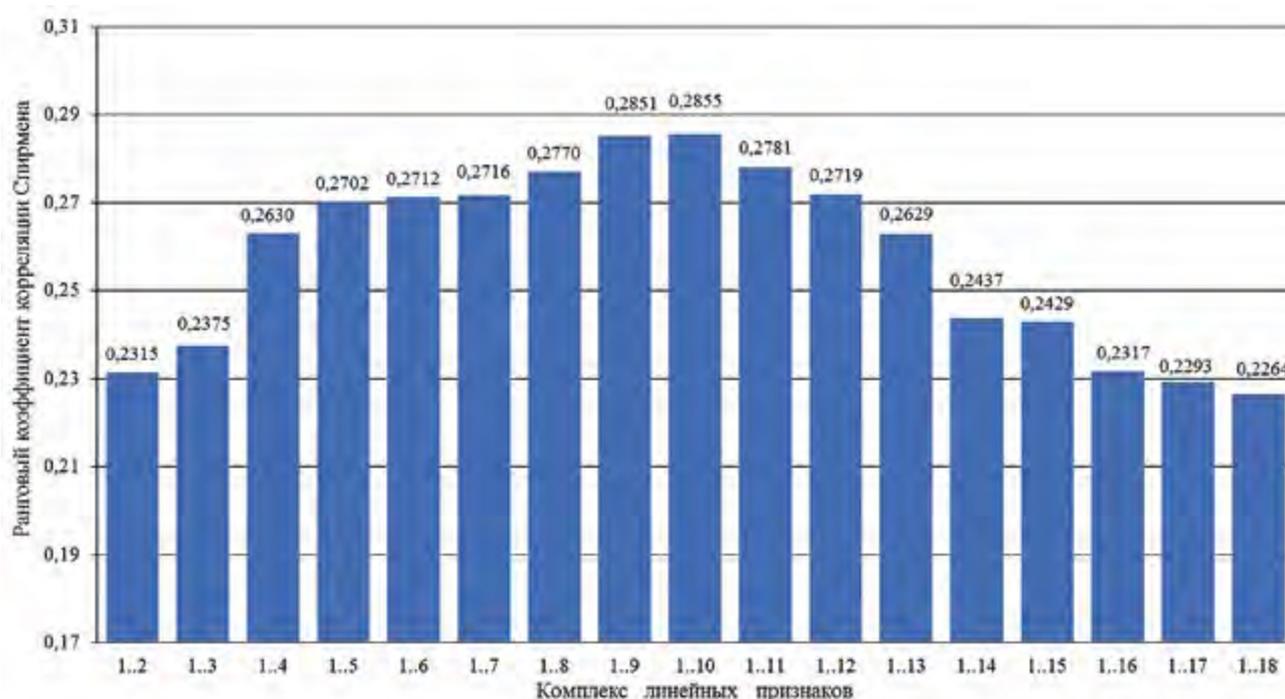


Рис. 3. Значения коэффициентов ранговой корреляции молочного жира и комплекса после изменения иерархии линейных признаков

Values of the rank correlation coefficients of the milk fat and complex after the change of the hierarchy of linear traits

Изменился и график (рис. 4) зависимости МЖ от суммарного балла комплекса 1..10 (черная линия). Он стал более выровненным по сравнению с изображенным на рис. 1, а также значитель-

но больше совпадает с линией тренда (красная линия), которая представляет собой полином третьей степени,

$$y = 0,0501x^3 - 7,9071x^2 + 420,68x - 7154,1.$$

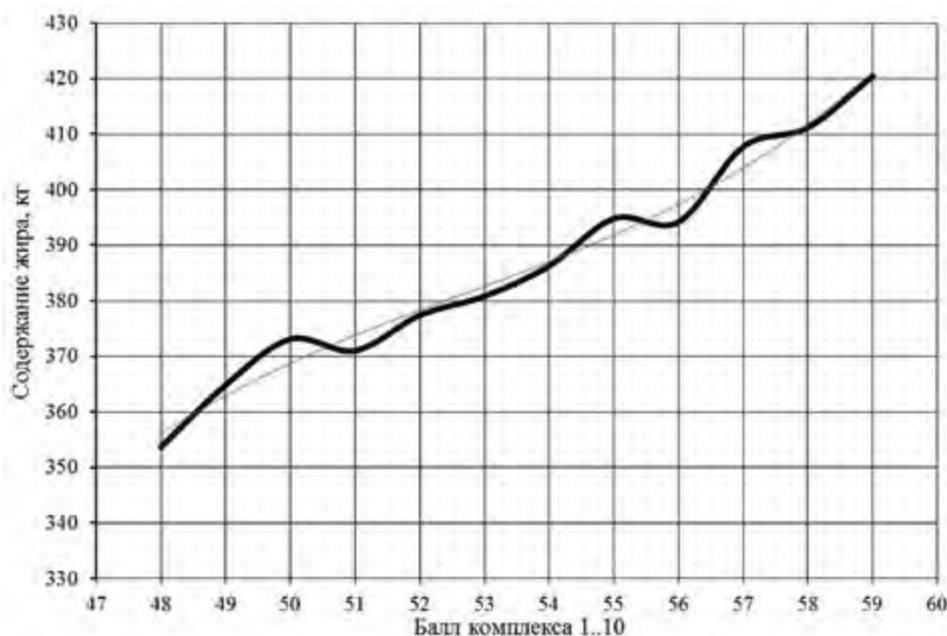


Рис. 4. Зависимость содержания молочного жира от суммарного балла комплекса линейных признаков 1..10
Dependence of milk fat content on the total score of the linear trait complex 1..10

Возросло значение R^2 , которое составило 0,9831, что говорит об изменении точности аппроксимации с удовлетворительной до высокой, т.е. эта модель лучше описывает зависимость по сравнению с приведенной выше.

Увеличился и диапазон прогнозирования МЖ, который теперь распространился на всю шкалу и составил 12 пунктов (от 48 до 59 баллов). Анализируя выявленную зависимость (см. рис. 4), можно определить, что при увеличении суммарного балла комплекса 1..10 на единицу МЖ возрастает в среднем на 6 кг.

ВЫВОДЫ

1. Определена разнонаправленная слабая корреляционная связь показателей линейной оценки экстерьера (длина передних долей вымени, борозда вымени, ширина задних долей вымени, высота прикрепления задних долей вымени, длина крестца, ширина таза, обмускуленность, длина сосков) с содержанием молочного жира

у коров первой лактации за 305 дней. Диапазон абсолютных значений коэффициентов ранговой корреляции варьировался от 0,060 до 0,154.

2. Установлено, что для прогнозной модели целесообразно использовать сумму преобразованных оценок комплекса линейных признаков, включающего: длину передних долей вымени, борозду вымени, высоту прикрепления задних долей вымени, ширину задних долей вымени, длину крестца, ширину таза, крепость телосложения, обмускуленность, рост, длину сосков. Значение коэффициента ранговой корреляции содержания молочного жира с таким комплексом было в 1,85 раза больше самого высокого аналогичного показателя с одиночным признаком (длина передних долей вымени).

3. Предложена оптимальная регрессионная модель ($y = 0,0501x^3 - 7,9071x^2 + 420,68x - 7154,1$) раннего прогнозирования содержания молочного жира на основе его зависимости от комплекса линейных признаков с высокой точностью аппроксимации ($R^2 = 0,9831$).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Научно-теоретическое обоснование системы совершенствования селекционно-племенной работы в молочном скотоводстве Новосибирской области* / О.В. Богданова, Е.В. Камалдинов, С.Г. Куликова [и др.] // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2023. – № 2 (67). – С. 148–155. – DOI: 10.31677/2072-6724-2023-67-2-148-155.
2. *Clustering of countries based on dairy productivity characteristics of Holstein cattle for breeding material selection* / A.F. Petrov, O.V. Bogdanova, K.N. Nrozhykh [et al.] // Veterinary World. – 2024. – Vol. 17, № 5. – P. 1108–1118. – DOI: 10.14202/vetworld.2024.1108-1118.

3. *Различия между странами по признакам линейной оценки экстерьера крупного рогатого скота голштинской породы / О.В. Богданова, В.В. Гарт, С.Г. Куликова [и др.] // Достижения науки и техники АПК. – 2023. – Т. 37, № 8. – С. 59–64. – DOI: 10.53859/02352451-2023-37-8-59.*
4. *A 100-Year Review: Identification and genetic selection of economically important traits in dairy cattle / F. Miglior, A. Fleming, F. Malchiodi [et al.] // J Dairy Sci. United States. – 2017. – Vol. 100, № 12. – P. 10251–10271. – DOI: 10.3168/jds.2017-12968.*
5. *The future of phenomics in dairy cattle breeding / J. Cole, S. Eaglen, C. Maltecca [et al.] // Animal Frontiers. – 2020. – Vol. 10, № 2. – P. 37–44. – DOI: 10.1093/af/vfaa007.*
6. *Романова Е.А., Тулинова О.В. Моделирование селекционного индекса для айрширской породы молочного скота с использованием экстерьерных показателей // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2021. – № 1(53). – С. 150–155. – DOI: 10.18286/1816-4501-2021-1-150-155.*
7. *Toghiani S., VanRaden P.M. National Index Correlations and Actual vs. Expected Use of Foreign Sires. Leeuwarden, The Netherlands, – 2021. – Vol. 56. – P. 52–59.*
8. *Genetic correlations among milk yield, morphology, performance test traits and somatic cells in dual-purpose Rendena breed / C. Sartori, N. Guzzo, S. Mazza [et al.] // Animal. – 2018. – Vol. 12, № 5. – P. 906–914. – DOI: 10.1017/S1751731117002543.*
9. *Dahiya S., Kumar S., Kumar M. Current status of research on linear type traits in Indian cattle and future strategies // Tropical Animal Health and Production. – 2020. – Vol. 52. – P. 2221–2232. – DOI: 10.1007/s11250-020-02302-w.*
10. *Латина М.Ю., Абрамова М.В. Динамика показателей экстерьера и молочной продуктивности в микропопуляции голштинского скота // Пермский аграрный вестник. – 2020. – № 3(31). – С. 94–102. – DOI: 10.24411/2307-2873-2020-10045.*
11. *Молочная продуктивность коров разных экстерьерно-конституциональных типов / С.Д. Батанов, И.А. Амерханов, И.А. Баранова [и др.] // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2021. – № 2. – С. 102–113. – DOI: 10.26897/0021-342X-2021-2-102-113.*
12. *Batanov S., Baranova I., Starostina O. Innovative methods in study of animal's conformation // Bulg. J. Agric. Sci. – 2020. – Vol. 26, № 6. – P. 1286–1291.*
13. *Антал Л. Информация о продуктивности голштинского скота в Венгрии в 2018 году // Молочное и мясное скотоводство. – 2019. – № 5. – С. 49–50.*
14. *Genetic and phenotypic correlations among feed efficiency, production and selected conformation traits in dairy cows / G. Manafiazar, L. Goonewardene, F. Miglior [et al.] // Animal. – 2016. – Vol. 10, № 3. – P. 381–389. – DOI: 10.1017/S1751731115002281.*
15. *Madrid S., Echeverri J. Association between conformation traits and productive performance in Holstein cows in the department of Antioquia, Colombia // Veterinaria y Zootecnia. – 2014. – Vol. 8, № 1. – P. 35–47.*
16. *Estimation of heritability and genetic correlations between milk yield and linear type traits in primiparous Holstein-Friesian cows / H. Ismael, D. Janković, D. Stanojević [et al.] // Revista Brasileira de Zootecnia. – 2021. – Vol. 50. – P. 1–10. – DOI: 10.37496/rbz5020200121.*
17. *Моделирование объема туловища по линейным признакам скота ирменского типа / А.Ф. Петров, Е.В. Камалдинов, О.Д. Панферова [и др.] // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2020. – Т. 50, № 6. – С. 106–114. – DOI: 10.26898/0370-8799-2020-6-12.*
18. *Характеристика линейного профиля первотелок голштинской породы разной продуктивности в условиях промышленного комплекса / В.В. Гарт, О.В. Ефремова, С.Г. Куликова [и др.] // Достижения науки и техники АПК. – 2024. – Т. 38, № 3. – С. 45–15. – DOI: 10.53859/02352451_2024_38_3_45.*
19. *Estimation of genetic parameters for conformation traits and milk production traits in Chinese Holsteins / X. Xue, H. Hu, J. Zhang [et al.] // Animals. – 2022. – Vol. 13, № 1. – P. 1–12. – DOI: 10.3390/ani13010100.*
20. *Prediction of Milk Productivity Based on Conformation Traits in Cows / K. Narozhnykh, E. Kamaldinov, O. Bogdanova [et al.] // International Journal of Chemical and Biochemical Sciences. – 2023. – Vol. 24, № 6. – P. 521–529.*
21. *Полиномиальная сопряженная изменчивость признаков линейной оценки экстерьера и удоя высокопродуктивного голштинского скота / В.В. Гарт, С.Г. Куликова, О.В. Богданова [и др.] // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2024. – № 5. – С. 86–100. – DOI: 10.26897/0021-342X-2024-5-86-100.*

REFERENCES

1. *Bogdanova O.V., Kamaldinov E.V., Kulikova S.G., Garth V.V., Petrov A.F., Narozhnykh K.N., Zhigulin T.A., Vestnik NGAU (Novosibirskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet), 2023, No. 2 (67), pp. 148–155, DOI: 10.31677/2072-6724-2023-67-2-148-155 (In Russ).*
2. *Petrov A.F., Bogdanova O.V., Narozhnykh K.N. [et al.], Clustering of countries based on dairy productivity characteristics of Holstein cattle for breeding material selection, Veterinary World, 2024, No. 5(17), pp. 1108–1118, DOI: 10.14202/vetworld.2024.1108-1118.*

3. Bogdanova O.V., Gart V.V., Kulikova S.G., Kamaldinov E.V., Amerhanov H.A., Narozhnyh K.N., Petrov A.F., Zhigulin T.A., Astaf'ev A.A., *Dostizhenija nauki i tehniki APK*, 2023, No. 8(37), pp. 59–64, DOI: 10.53859/02352451-2023-37-8-59 (In Russ).
4. Miglior F., Fleming A., Malchiodi F. [et al.], A 100-Year Review: Identification and genetic selection of economically important traits in dairy cattle, *J Dairy Sci. United States*, 2017, No. 12(100), pp. 10251–10271, DOI: 10.3168/jds.2017-12968.
5. Cole J., Eaglen S., Maltecca C. [et al.], The future of phenomics in dairy cattle breeding, *Animal Frontiers*, 2020, No. 2(10), pp. 37–44, DOI: 10.1093/af/vfaa007.
6. Romanova E.A., Tulinova O.V., *Vestnik Ul'janovskoj gosudarstvennoj sel'skhozjajstvennoj akademii*, 2021, No. 1(53), pp. 150–155, DOI: 10.18286/1816-4501-2021-1-150-155 (In Russ).
7. Toghiani S., VanRaden P.M., National Index Correlations and Actual vs. Expected Use of Foreign Sires. *Leeuwarden, The Netherlands*, 2021, Vol. 56, pp. 52–59.
8. Sartori C., Guzzo N., Mazza S. [et al.], Genetic correlations among milk yield, morphology, performance test traits and somatic cells in dual-purpose Rendena breed, *Animal*, 2018, No. 5(12), pp. 906–914, DOI: 10.1017/S1751731117002543.
9. Dahiya S., Kumar S., Kumar M., Current status of research on linear type traits in Indian cattle and future strategies, *Tropical Animal Health and Production*, 2020, Vol. 52, pp. 2221–2232, DOI: 10.1007/s11250-020-02302-w.
10. Lapina M.Ju., Abramova M.V., *Permskij agrarnyj vestnik*, 2020, No. 3(31), pp. 94–102, DOI: 10.24411/2307-2873-2020-10045 (In Russ).
11. Batanov S. D., Amerhanov I. A., Baranova I. A., Starostina O.S., Kertiev R.M., *Izvestija Timirjzevskoj sel'skhozjajstvennoj akademii*, 2021, No. 2, pp. 102–113, DOI: 10.26897/0021-342X-2021-2-102-113 (In Russ).
12. Batanov S., Baranova I., Starostina O., Innovative methods in study of animal's conformation, *Bulg. J. Agric. Sci.*, 2020, No. 6(26), pp. 1286–1291.
13. Antal, L., *Molochnoe i mjasnoe skotovodstvo*, 2019, No. 5. pp. 49–50 (In Russ).
14. Manafiazar G., Goonewardene L., Miglior F. [et al.], Genetic and phenotypic correlations among feed efficiency, production and selected conformation traits in dairy cows, *Animal*, 2016, No. 3(10), pp. 381–389, DOI: 10.1017/S1751731115002281.
15. Madrid S., Echeverri J., Association between conformation traits and productive performance in Holstein cows in the department of Antioquia, Colombia, *Veterinaria y Zootecnia*, 2014, No. 1(8), pp. 35–47.
16. Ismael H., Janković D., Stanojević D. [et al.], Estimation of heritability and genetic correlations between milk yield and linear type traits in primiparous Holstein-Friesian cows, *Revista Brasileira de Zootecnia*, 2021, Vol. 50, pp. 1–10, DOI: 10.37496/rbz5020200121.
17. Petrov A.F., Kamaldinov E.V., Panferova O.D., Efremova O.V., Rogozin V.A., *Sibirskij vestnik sel'skhozjajstvennoj nauki*, 2020, No. 6(50), pp. 106–114, DOI: 10.26898/0370-8799-2020-6-12 (In Russ).
18. Gart V.V., Efremova O.V., Kulikova S.G., Bogdanova O.V., Petrov A.F., Narozhnykh K.N., Norkina V.M., Kamaldinov E.V., *Dostizhenija nauki i tehniki APK*, 2024, No. 3(38), pp. 45–15, DOI: 10.53859/02352451_2024_38_3_45. (In Russ).
19. Xue X., Hu H., Zhang J. [et al.], Estimation of genetic parameters for conformation traits and milk production traits in Chinese Holsteins, *Animals*, 2022, No. 1(13), pp. 1–12, DOI:10.3390/ani13010100.
20. Narozhnykh K., Kamaldinov E., Bogdanova O. [et al.], Prediction of Milk Productivity Based on Conformation Traits in Cows, *International Journal of Chemical and Biochemical Sciences*, 2023, No. 6(24), pp. 521–529.
21. Gart V.V., Kulikova S.G., Bogdanova O.V., Norkina V.M., Kamaldinov E.V., Petrov A.F., *Izvestija Timirjzevskoj sel'skhozjajstvennoj akademii*, 2024, No. 5, pp. 86–100, DOI: 10.26897/0021-342X-2024-5-86-100 (In Russ).

Информация об авторах:

В.В. Гарт, доктор сельскохозяйственных наук
 С.Г. Куликова, доктор биологических наук
 К.Н. Нарожных, кандидат биологических наук
 Е.В. Камалдинов, доктор биологических наук

Contribution of the authors:

V.V. Gart, Doctor of Agricultural Sciences
 S.G. Kulikova, Doctor of Biological Sciences
 K.N. Narozhnykh, Candidate of Biological Sciences
 E.V. Kamaldinov, Doctor of Biological Sciences

Вклад авторов:

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.