

Об утверждении методик оценки племенной ценности сельскохозяйственных животных в государствах – членах Евразийского экономического союза

Решение Коллегии Евразийской экономической комиссии от 24 ноября 2020 года № 149.

В целях реализации подпункта 12 пункта 7 статьи 95 Договора о Евразийском экономическом союзе от 29 мая 2014 года и в соответствии с частью второй статьи 3 Соглашения о мерах, направленных на унификацию проведения селекционно-племенной работы с сельскохозяйственными животными в рамках Евразийского экономического союза, от 25 октября 2019 года (далее – Соглашение) Коллегия Евразийской экономической комиссии **решила:**

1. Утвердить прилагаемые:

Методику оценки племенной ценности крупного рогатого скота молочного направления продуктивности;

Методику оценки племенной ценности крупного рогатого скота мясного направления продуктивности;

Методику оценки племенной ценности свиней.

2. В целях ведения реестров учета племенных животных государств – членов Евразийского экономического союза (далее – реестры, государства-члены) и перерасчета значений племенной ценности крупного рогатого скота молочного и мясного направления продуктивности и свиней (далее – животные), включенных в реестры, в соответствии с методиками, утвержденными настоящим Решением (далее – методики), а также в целях внедрения методик в процессы производства племенной продукции установить переходный период до 31 декабря 2024 г. включительно.

Сноска. Пункт 2 с изменением, внесенным решением Коллегии Евразийской экономической комиссии от 28.03.2023 № 39 (вступает в силу по истечении 30 календарных дней с даты его официального опубликования).

3. Установить, что:

а) значения племенной ценности животных, включенных в реестры до даты вступления настоящего Решения в силу, пересчитываются уполномоченными органами (операторами) государств-членов, ответственными за ведение реестров, до окончания переходного периода в соответствии с методиками;

б) учет продуктивных показателей, оценка селекционируемых признаков, расчет значений племенной ценности животных, вновь включаемых в реестры, во время переходного периода допускается осуществлять в соответствии с законодательством государств-членов. При этом значения племенной ценности таких животных,

рассчитанные в соответствии с законодательством государств-членов, должны быть пересчитаны уполномоченными органами (операторами) государств-членов, ответственными за ведение реестров, в соответствии с методиками до окончания переходного периода;

в) при отсутствии возможности осуществить перерасчет значений племенной ценности животных, указанных в подпунктах "а" и "б" настоящего пункта, допускается использование таких животных в процессе воспроизводства с оценкой племенной ценности, полученной ранее в соответствии с законодательством государств-членов. При этом значения оценки племенной ценности, не пересчитанные в соответствии с методиками, не учитываются в расчете значений племенной ценности животных, рожденных после завершения переходного периода;

г) племенная ценность животных, включаемых в реестры по истечении переходного периода, оценивается в соответствии с методиками.

4. Настоящее Решение вступает в силу по истечении 30 календарных дней с даты его официального опубликования, но не ранее даты вступления в силу Соглашения.

*Председатель Коллегии
Евразийской экономической комиссии*

М. Мясникович

УТВЕРЖДЕНА
Решением Коллегии
Евразийской экономической
комиссии
от 24 ноября 2020 г. № 149

МЕТОДИКА

оценки племенной ценности крупного рогатого скота молочного направления продуктивности

I. Общие положения

1. Настоящая Методика разработана в целях реализации подпункта 12 пункта 7 статьи 95 Договора о Евразийском экономическом союзе от 29 мая 2014 года, в соответствии со статьей 3 Соглашения о мерах, направленных на унификацию проведения селекционно-племенной работы с сельскохозяйственными животными в рамках Евразийского экономического союза, от 25 октября 2019 года и устанавливает порядок оценки, определения продуктивности и расчета племенной ценности крупного рогатого скота молочного направления продуктивности, за исключением малочисленных (генофондных) пород.

Сноска. Пункт 1 с изменением, внесенным решением Коллегии Евразийской экономической комиссии от 22.08.2023 № 125 (вступает в силу по истечении 30 календарных дней с даты его официального опубликования).

2. Настоящая Методика предназначена для применения на территориях государств – членов Евразийского экономического союза (далее – государства-члены) в

племенных организациях, хозяйствах, осуществляющих выращивание и (или) реализацию племенного крупного рогатого скота молочного направления продуктивности, а также в сервисных организациях, информационно-аналитических, селекционных, селекционно-генетических центрах, союзах, ассоциациях (палатах), научных организациях, осуществляющих деятельность в области племенного молочного скотоводства.

3. Оценке племенной ценности подлежат ремонтный молодняк, нетели, коровы и быки молочного направления продуктивности, зарегистрированные в качестве племенных животных в соответствии с законодательством государств-членов.

Сноска. Пункт 3 с изменением, внесенным решением Коллегии Евразийской экономической комиссии от 22.08.2023 № 125 (вступает в силу по истечении 30 календарных дней с даты его официального опубликования).

4. Сведения о результатах оценки племенной ценности животных в соответствии с настоящей Методикой вносятся в реестр учета племенных животных (племенную книгу) государства-члена и в племенные свидетельства (паспорта, сертификаты).

5. Для целей настоящей Методики используются понятия, которые означают следующее:

"база данных" – структурированный набор данных о племенных животных, вовлеченных в селекционный процесс;

"биометрическая модель животного" (animal model, AM) – математическая форма описания взаимосвязи наблюдаемых фенотипических характеристик животного и влияния на них внешних факторов наряду с происхождением;

"индекс племенной ценности" – результат прогноза племенной ценности животного по комплексу селекционируемых признаков согласно их значимости для селекции;

"комплексный селекционный индекс" – индекс, включающий в себя частные селекционные индексы с весовыми коэффициентами согласно целям селекции;

"малочисленная (генофондная) порода" – группа редко встречающихся животных определенной породы, отличающихся генетико-селекционными особенностями и находящихся под угрозой исчезновения;

"наилучший линейный несмещенный прогноз" (best linear unbiased prediction, BLUP) – статистический метод прогнозирования племенной ценности животного по селекционируемому признаку на основе биометрической модели животного линейного типа;

"племенная ценность" (estimated breeding value, EBV) – прогнозируемая племенная ценность животного по конкретному селекционируемому признаку, рассчитанная на основе метода BLUP AM;

"племенное животное" – сельскохозяйственное животное, используемое для разведения, зарегистрированное в реестре учета племенных животных в порядке, установленном законодательством государства-члена в области племенного

животноводства, и имеющее в случае его реализации племенное свидетельство (паспорт, сертификат);

"племенное свидетельство (паспорт, сертификат)" – документ установленного образца, подтверждающий происхождение, племенную ценность и иные качества племенного животного (племенного стада);

"реестр учета племенных животных" – база данных, которая содержит сведения о племенных животных и племенных стадах и ведется в государстве-члене;

"селекционируемые признаки" – количественные и качественные показатели животных, по которым проводится целенаправленная селекция;

"сельскохозяйственные животные" – животные, разводимые в целях получения животноводческой продукции;

"частный селекционный индекс" – значение племенной ценности, выраженное в долях стандартного отклонения конкретного селекционируемого признака.

Сноска. Пункт 5 с изменением, внесенным решением Коллегии Евразийской экономической комиссии от 22.08.2023 № 125 (вступает в силу по истечении 30 календарных дней с даты его официального опубликования).

I¹. Оценка племенной ценности ремонтного молодняка и нетелей молочного направления продуктивности

Сноска. Методика дополнена разделом I¹ в соответствии с решением Коллегии Евразийской экономической комиссии от 22.08.2023 № 125 (вступает в силу по истечении 30 календарных дней с даты его официального опубликования).

5¹. Племенная ценность (EBV) ремонтного молодняка и нетелей по конкретному селекционируемому признаку определяется на основании данных родителей с учетом всех родственных связей по формуле:

$$EBV_{п} = 0,5 * EBV_{о} + 0,5 * EBV_{м},$$

где:

EBV_п – прогнозируемая племенная (генетическая) ценность потомка по селекционируемому признаку;

EBV_о – племенная (генетическая) ценность отца по селекционируемому признаку;

EBV_м – племенная (генетическая) ценность матери по селекционируемому признаку;

0,5 – весовой коэффициент.

II. Оценка племенной ценности коров и быков молочного направления продуктивности

6. Племенная ценность коров и быков молочного направления продуктивности определяется по селекционируемым признакам молочной продуктивности, оценка которых проводится согласно приложению № 1, по селекционируемым признакам экстерьера, оценка которых проводится согласно приложению № 1, по селекционируемым признакам воспроизводительной способности, оценка которых проводится согласно приложению № 1 и по селекционируемым признакам здоровья вымени, оценка которых проводится согласно приложению № 1 и рассчитывается:

а) у коров – по окончании лактации;

б) у быков – при наличии данных о продуктивности дочерей за 305 дней лактации.

Сноска. Пункт 6 с изменением, внесенным решением Коллегии Евразийской экономической комиссии от 22.08.2023 № 125 (вступает в силу по истечении 30 календарных дней с даты его официального опубликования).

7. Сведения о племенной ценности быка публикуются при появлении информации об окончании лактации у дочерей (с указанием количества его дочерей, стад, в которых они находятся, степени достоверности (надежности оценки)). Сведения о степени достоверности (надежности оценки) публикуются по каждому признаку отдельно. Племенная ценность коров и быков молочного направления продуктивности пересчитывается не реже 1 раза в год.

Сноска. Пункт 7 с изменением, внесенным решением Коллегии Евразийской экономической комиссии от 22.08.2023 № 125 (вступает в силу по истечении 30 календарных дней с даты его официального опубликования).

8. Исключен решением Коллегии Евразийской экономической комиссии от 22.08.2023 № 125 (вступает в силу по истечении 30 календарных дней с даты его официального опубликования).

9. Расчет племенной ценности (EBV) коров и быков молочного направления продуктивности проводится на основе метода BLUP AM согласно приложению № 2.

10. Комплексный селекционный индекс (определяемый согласно приложению № 3) и частные селекционные индексы рассчитываются с учетом:

а) племенной ценности (EBV) по селекционируемым признакам;

б) весовых коэффициентов по селекционируемым признакам в соответствии с методиками, применяемыми в селекционно-племенной работе в государствах-членах;

в) информации о среднепопуляционных значениях и среднеквадратичных отклонениях селекционных показателей, размещенной на сайтах уполномоченных органов государств-членов в области племенного животноводства.

Сноска. Пункт 10 с изменениями, внесенными решением Коллегии Евразийской экономической комиссии от 22.08.2023 № 125 (вступает в силу по истечении 30 календарных дней с даты его официального опубликования).

11. Результаты расчета племенной ценности (EBV) коров и быков молочного направления продуктивности вносятся в реестр учета племенных животных (

племенную книгу) государства-члена, племенные свидетельства (паспорта, сертификаты).

ПРИЛОЖЕНИЕ № 1
к Методике оценки
племенной ценности
крупного рогатого скота
молочного направления
продуктивности

ОЦЕНКА

коров по молочной продуктивности

1. При определении молочной продуктивности коров учитываются следующие селекционируемые признаки:

количество надоенного молока, кг;

количество молочного жира и белка, кг;

содержание массовой доли жира и белка в молоке, %.

Оценка уровня продуктивности коров и качества молока за лактацию или другой период производится путем обобщения результатов регулярно проводимых контрольных доек.

Сноска. Пункт 1 – в редакции решения Коллегии Евразийской экономической комиссии от 22.08.2023 № 125 (вступает в силу по истечении 30 календарных дней с даты его официального опубликования).

2. Контрольная дойка осуществляется сотрудниками, ответственными за проведение данного селекционного мероприятия.

3. Контрольная дойка проводится в течение суток одновременно у всех животных, содержащихся в одном помещении, за исключением сухостойных коров и новотельных коров до вечера 4-го дня после отела.

4. Качественный анализ контрольной пробы молока должен проводиться только в лаборатории по определению качества молока, аккредитованной в порядке, установленном законодательством государства – члена Евразийского экономического союза.

5. Днем начала лактации считается следующий день после отела. Окончанием лактации считается начало сухостойного периода. При отсутствии сухостойного периода у коровы днем окончания лактации считается день перед следующим отелом.

6. Для определения количества надоенного молока используются технические средства: весы с погрешностью взвешивания не более 0,1 кг, мерные емкости, молокомеры и электронные автоматические приборы.

7. Технические средства, используемые для определения количества надоенного молока, подвергаются проверке на точность показаний в порядке, установленном законодательством государства – члена Евразийского экономического союза.

8. Количество надоенного молока за контрольные сутки определяется путем сложения всех удоев, последовательно полученных в течение суток контрольного доения, с точностью до 0,1 кг. Удой за контрольный период рассчитывается с точностью до 1 кг.

9. Расчет количества соматических клеток, молока, молочного жира и молочного белка за лактацию производится в соответствии с методиками, рекомендованными Международным комитетом по учету животных (ICAR).

Сноска. Пункт 9 с изменением, внесенным решением Коллегии Евразийской экономической комиссии от 22.08.2023 № 125 (вступает в силу по истечении 30 календарных дней с даты его официального опубликования).

10. Средний процент молочного жира и молочного белка за лактацию определяется путем деления количества однопроцентного молока на удой за соответствующую лактацию.

11. Массовая доля молочного жира и молочного белка за контрольные сутки и контрольный период определяется соответственно с точностью до 0,01 процента.

12. Количество молочного жира и молочного белка рассчитывается соответственно с точностью до 0,1 кг.

13. При расчете племенной ценности коров по молочной продуктивности используются данные за 305 дней лактации.

ПРИЛОЖЕНИЕ № 1¹
к Методике оценки
племенной ценности крупного
рогатого скота молочного
направления продуктивности

ОЦЕНКА

коров по признакам экстерьера

Сноска. Методика дополнена приложением № 1¹ в соответствии с решением Коллегии Евразийской экономической комиссии от 22.08.2023 № 125 (вступает в силу по истечении 30 календарных дней с даты его официального опубликования).

В систему оценки телосложения дочерей быков включены 18 селекционируемых признаков линейных промеров экстерьера коров. Для оценки линейных промеров экстерьера коров применяется 9-балльная шкала, которая должна охватывать биологический диапазон развития селекционируемых признаков в оцениваемой популяции животных.



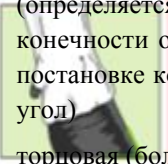





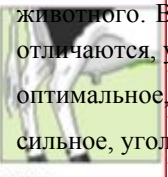


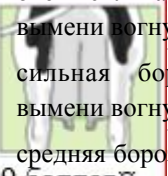
Шкала оценки

селекционируемых признаков экстерьера коров (дочерей быков)

--	--

		1. Тип телосложения (оценивается угол наклона ребер и расстояние между ними)	
		очень сухой тип, плоские кости	9
		молочный тип, выражен треугольник, ребра плоские, хорошо просматриваются, диагональные	8
		средние показатели выраженности признаков	5 – 7
		ребра плохо просматриваются, округлые, их угол наклона близок к прямому	3 – 4
		мясной тип, кости округлые, выражена обмускуленность, холка и ребра не просматриваются	1 – 2
		2. Ширина груди (оценивается расстояние между внутренними поверхностями верхней части передних ног)	
		очень широкая и сильная	9
		широкая и сильная	7
		средняя	5
		узкая	3
		очень узкая и слабая	1
		3. Рост (измеряется от спины (между маклоками) до пола, результаты учитываются в баллах и сантиметрах)	
		очень высокая	9
		высокая	7
		средняя	5
		низкая	3
		очень низкая	1
		4. Глубина туловища (оценивается в области последнего ребра по расстоянию от верхней части спины до самой низкой точки живота)	
		очень глубокое	9
		глубокое	7
		среднее	5
		мелкое	3
		очень мелкое	1
		5. Положение таза (оценивается наклон воображаемой линии, соединяющей маклок и седалищный бугор, горизонтальное положение таза оценивается тремя баллами)	
		свислый зад (10 см и более)	9
		скошенный крестец (7 – 8 см)	7

			средний и идеальный наклон (3 – 4 см)	5
			ровный, нет угла наклона (0 см)	3
			угол обратный, приподнятый зад	1
1 балл	5 баллов	9 баллов		
6. Ширина таза (оценивается расстояние между наиболее выступающими назад точками седалищных бугров)				
			очень широкий	9
			широкий	7
1 балл			средней ширины	5 баллов
			узкий	3
			очень узкий	1
7. Постановка задних ног (вид сбоку) (оценивается степень изгиба задних конечностей в области скакательного сустава)				
			очень сабlistые, угол менее 134 °	9
			сабlistые (серповидные)	7
1 балл			идеальный изгиб, угол 147 °	5
5 баллов			малый изгиб	3
			9 баллов	
			слоновая постановка, угол более 160 °	1
8. Постановка задних ног (вид сзади) (оценивается степень сближенности скакательных суставов)				
			прямая	9
			имеется очень малый разворот	7
1 балл			имеется малый разворот	5
5 баллов			имеется средний разворот	3
			9 баллов	
			большой разворот скакательного сустава внутрь	1
9. Качество костяка (оценивается строение костей задних конечностей при осмотре сзади и сбоку)				
			конечности плоские, скакательный сустав сухой	9
			сухой скакательный сустав	7
1 балл			скакательный сустав средней толщины	5
5 баллов			9 баллов	
			утолщенный скакательный сустав	3
			конечности цилиндрические, сильно утолщенный скакательный сустав	1
10. Угол копыта				

			<p>(определяется углом, образованным передней стенкой копыта задней конечности относительно плоскости пола. При наличии различий в постановке копыт оцениваются оба и принимается к оценке средний угол)</p>
1-балл	5-баллов	9-баллов	торцовая (более 50°) 9
			оптимальная (45°), высота пятки более 2 см 6
			ниже оптимальной (40°) 5
			плоская (35°) 3
			острая (менее 30°) 1
			<p>11. Глубина вымени (оценивается расстояние между нижней точкой дна вымени и воображаемой горизонтальной линией, проведенной на уровне середины скакательного сустава)</p>
1-балл	5-баллов	9-баллов	очень высокое (мелкое) 9
			высокое 7
			оптимальная глубина вымени 5
			на уровне скакательных суставов 3
			глубокое, ниже скакательного сустава 1
			<p>12. Прикрепление передних долей вымени (оценивается угол соединения передних долей вымени с животом животного. В случае если оценка признака с левой и правой сторон отличаются, учитывается худшая оценка)</p>
1-балл	5-баллов	9-баллов	оптимальное, угол более 170° 9
			сильное, угол 150° и более 7
			среднее, угол около 130° 5
			слабое, угол 110° 3
			очень слабое, угол 90° и менее 1
			<p>13. Центральная связка вымени (оценивается глубина борозды, образованной центральной поддерживающей связкой между задними четвертями вымени)</p>
1-балл	5-баллов	9-баллов	очень сильная борозда, основание вымени вогнутое 9
			сильная борозда, основание вымени вогнуто 7
			средняя борозда – слабо выражена, основание вымени вогнуто 5
			слабая борозда, основание вымени выпуклое 3
			очень слабая борозда, основание вымени выпуклое 1
			<p>14. Высота прикрепления задних долей вымени (оценивается расстояние между нижним краем вульвы и верхней секреторной частью вымени)</p>

	очень высокое прикрепление	9
	высокое прикрепление	7
	прикрепление средней высоты	5
	низкое прикрепление	3
	очень низкое прикрепление	1
<p>15. Ширина задних долей вымени (оценивается по расстоянию между верхними точками прикрепления железистой ткани задних долей вымени к внутренней стороне бедер животного)</p>		
	очень широкие – в форме прямоугольника	9
	широкие	7
	средней ширины – форме трапеции	5
	малой ширины	3
	очень малой ширины – в форме треугольника	1
<p>16. Расположение передних сосков (оценивается расположение передних сосков по отношению к середине соответствующей четверти вымени)</p>		
	крайне близкое	9
	слегка сближенное	7
	сосок расположен по центру	5
	слегка расширенное	3
	очень широкое	1
<p>17. Расположение задних сосков (при осмотре коровы сзади определяется расположение задних сосков по отношению к середине соответствующей четверти вымени)</p>		
	узкое (внутри)	9
	слегка сближенное	7
	по центру	5
	слегка расширенное	3
	очень широкое (наружу)	1
<p>18. Длина передних сосков (если длина передних сосков разная, учитывается среднее значение)</p>		
	очень длинный	9
	длинный	7
	оптимальный	5
	короткий	3
	очень короткий	1

ОЦЕНКА

коров и телок по признакам воспроизводительной способности

Сноска. Методика дополнена приложением № 1² в соответствии с решением Коллегии Евразийской экономической комиссии от 22.08.2023 № 125 (вступает в силу по истечении 30 календарных дней с даты его официального опубликования).

1. К признакам, характеризующим воспроизводительную способность телок и коров, относятся следующие селекционируемые признаки:

а) количество осеменений, приходящихся на одно плодотворное осеменение;

б) количество дней между отелом и первым осеменением;

в) продолжительность сервис-периода (количество дней между отелом и плодотворным осеменением);

г) возраст первого плодотворного осеменения телок (в днях);

д) межотельный период для коров (в днях);

е) легкость отела.

2. Количество осеменений, приходящихся на одно плодотворное осеменение, рассчитывается по методике, применяемой в селекционно-племенной работе в государстве – члене Евразийского экономического союза.

3. Оценка коров по легкости отела проводится по шкале по среднему значению (по всем отелам). Признак "легкость отела" является оценкой и коров, и дочерей быков.

Шкала оценки легкости отела коров

Балл (код)	Характеристика легкости отела	Описание
1	Самостоятельный отел	корова (первотелка) отелилась без посторонней помощи
2	Легкое родовспоможение	без применения специализированного инструмента
3	Тяжелый отел	с применением специализированного инструмента
4	Неправильное предлежание плода	требуется помощь при отеле
5	Хирургическое вмешательство	требуется хирургическое вмешательство

ОЦЕНКА

коров по признакам здоровья вымени

Сноска. Методика дополнена приложением № 1³ в соответствии с решением Коллегии Евразийской экономической комиссии от 22.08.2023 № 125 (вступает в силу по истечении 30 календарных дней с даты его официального опубликования).

1. Селекционируемым признаком здоровья вымени коров является содержание соматических клеток.

2. Для определения содержания соматических клеток применяется одна из следующих формул:

$$ССК = \log_2 \left(\frac{КСК}{100000} \right) + 3,$$

где:

ССК – содержание соматических клеток, выраженное в баллах;

КСК – количество соматических клеток в 1 мл молока, рассчитанное в лаборатории по определению качества молока, аккредитованной в порядке, установленном законодательством государства – члена Евразийского экономического союза;

\log_2 – логарифм по основанию два;

100000 и 3 – коэффициенты уравнения;

КСК =

$$\frac{\sum(U_m \times КСК_m)}{\sum U_m},$$

где:

КСК – количество соматических клеток за лактацию, тыс./см³;

U_m – ежемесячные удои коровы, кг;

КСК_m – количество соматических клеток в индивидуальной пробе, измеряемой ежемесячно, на основании контрольных доек, тыс./см³."

11. В приложении № 2 к указанной Методике:

а) пункт 4 изложить в следующей редакции:

"4. Для расчета прогнозных значений племенной ценности коров и быков молочного направления продуктивности по разработанным оптимальным статистическим моделям применяется метод BLUP AM.

Векторная форма уравнения BLUP имеет вид:

$$y = Xb + Za + e,$$

где:

$y = n \times 1$ – вектор наблюдений (оценок) (n – число записей);

$b = p \times 1$ – вектор фиксированных эффектов (p – число уровней фиксированных эффектов);

$a = q \times 1$ – вектор случайных эффектов пробандов (q – число уровней случайных эффектов);

$e = n \times 1$ – вектор случайных эффектов;

X – матрица порядка $n \times p$, которая связывает оценку животных с фиксированными эффектами;

Z – матрица порядка $n \times q$, которая связывает оценку животных со случайными эффектами.

Матрицы X и Z называются матрицами случаев. Предполагается, что математическое ожидание (E) переменных:

$$E(y) = Xb,$$

$$E(a) = E(e) = 0.$$

Главная цель уравнения смешанной линейной модели – предсказать линейную функцию a и b (EBV) относительно y .

Необходимо решить уравнения смешанной линейной модели (ММЕ) для вычисления значений b (фиксированных эффектов) и предсказать решения для значений a (случайных эффектов). Формула для биометрической модели животного (АМ) в матричном виде имеет вид:

$$\begin{bmatrix} X'X & X'Z \\ Z'X & Z'Z + A^{-1}\alpha \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{b} \\ \hat{a} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X'y \\ Z'y \end{bmatrix}$$

Коэффициент α рассчитывается по формуле:

$$\alpha = \frac{\sigma_e^2}{\sigma_a^2} = \frac{1-h^2}{h^2},$$

отсюда искомые коэффициенты равны:

$$\begin{bmatrix} \hat{b} \\ \hat{a} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X'X & X'Z \\ Z'X & Z'Z + A^{-1}\alpha \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} X'y \\ Z'y \end{bmatrix}$$

Таким образом, b – лучшая линейная оценка фиксированных эффектов модели; a – лучший линейный несмещенный прогноз (BLUP) племенной ценности (EBV) животного.";

б) пункт 6 изложить в следующей редакции:

"6. Для прогнозирования племенной ценности используются обратная матрица родства A^{-1} , метод расчета A^{-1} без применения матрицы A , без учета инбридинга.

При этом a_i представляет собой диагональный элемент матрицы D^{-1} для i -го животного. Диагональные элементы D^{-1} равны: 2 – если известны оба родителя, 4/3 – если известен один родитель, 1 – если ни один родитель не известен.

Первоначально элементы матрицы родства A^{-1} задаются нулями и применяются следующие правила.

Если известны оба родителя i -го животного, добавляются:

a_i – к элементу (i, i) ;

– $a_i/2$ – к элементам (s, i) , (i, s) , (d, i) и (i, d) ;

$a_i/4$ – к элементам (s, s) , (s, d) , (d, s) и (d, d) .

Если известен один из родителей i -го животного, добавляются:

a_i – к элементу (i, i) ;

– $a_i/2$ – к элементам (s, i) и (i, s) ;

$a_i/4$ – к элементу (s, s) .

Если неизвестны оба родителя, добавляется a_i к элементу (i, i) .

При применении метода BLUP AM смешанной модели (ММЕ) вида

$$\begin{bmatrix} X'X & X'Z \\ Z'X & Z'Z + A^{-1}\alpha \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{b} \\ \hat{a} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X'y \\ Z'y \end{bmatrix}$$

матрица коэффициентов имеет вид

$$\begin{bmatrix} C_{11} & C_{12} \\ C_{21} & C_{22} \end{bmatrix}$$

При этом обобщенная обратная матрица коэффициентов имеет вид

$$\begin{bmatrix} C^{11} & C^{12} \\ C^{21} & C^{22} \end{bmatrix} \gg$$

РАСЧЕТ

племенной ценности коров и быков молочного направления продуктивности на основе метода BLUP AM

1. Племенная ценность (EBV) коров и быков по молочной продуктивности рассчитывается на основе метода BLUP AM.

2. Расчет комплексных селекционных индексов племенной ценности коров и быков молочного направления продуктивности на основе метода BLUP AM состоит из следующих этапов:

а) разработка оптимальных статистических моделей, значимо описывающих развитие селекционируемых признаков в оцениваемой популяции;

б) расчет селекционно-генетических параметров оцениваемой популяции по оптимальным статистическим моделям (наследуемость, изменчивость (вариансы));

в) расчет прогнозных значений племенной ценности (EBV) на основе метода BLUP AM, надежности (точности) прогноза (REL, r^2) и стандартизация прогнозных значений племенной ценности;

г) разработка комплексных селекционных индексов племенной ценности коров и быков молочного направления продуктивности на основе теории селекционного индекса и их расчет.

3. Для разработки статистических моделей развития селекционируемых признаков в популяции используются модели смешанного типа:

$$y_{ij} = h_i + a_{ij} + e_{ij},$$

где:

y_{ij} – показатель признака j-го животного в i-х условиях среды;

h_i – эффекты условий среды (фиксированные);

a_{ij} – аддитивный генетический эффект j-го животного в i-х условиях среды (племенная ценность, EBV) (рандомизированный);

e_{ij} – эффект не учтенных в модели факторов (рандомизированный).

Для выбора оптимальной статистической модели используются информационный критерий Акаике (AIC) и Байесовский информационный критерий (BIC).

При использовании информационного критерия Акаике (AIC) выбирается модель, минимизирующая значение статистики:

$$AIC = \ln s^2 + (2 / n) \times r,$$

где:

s^2 – остаточная сумма квадратов, деленная на количество наблюдений;

n – число наблюдений;

r – число оцененных параметров модели.

Байесовский информационный критерий (BIC) рассчитывается по формуле:

$$BIC = \ln s^2 + (\ln n/n) \times r .$$

Лучшая статистическая модель соответствует минимальному значению критерия.

4. Для расчета прогнозных значений племенной ценности коров и быков молочного направления продуктивности по разработанным оптимальным статистическим моделям применяется метод BLUP AM.

Скалярная форма уравнения BLUP имеет вид:

$$y = Xb + Za + e,$$

где:

$y = n \times 1$ – вектор наблюдений (оценок) (n – число записей);

$b = p \times 1$ – вектор фиксированных эффектов (p – число уровней фиксированных эффектов);

$a = q \times 1$ – вектор случайных эффектов пробандов (q – число уровней случайных эффектов);

$e = n \times 1$ – вектор случайных эффектов;

X – матрица порядка $n \times p$, которая связывает оценку животных с фиксированными эффектами;

Z – матрица порядка $n \times q$, которая связывает оценку животных со случайными эффектами.

Матрицы X и Z называются матрицами случаев. Предполагается, что математическое ожидание (E) переменных:

$$E(y) = Xb;$$

$$E(a) = E(e) = 0.$$

Главная цель уравнения смешанной линейной модели – предсказать линейную функцию a и b (EBV) от y .

Для вычисления a и b необходимо решить уравнения смешанной линейной модели (ММЕ) для вычисления значений b (фиксированных эффектов) и предсказать решения для значений a (случайных эффектов). Формула для биометрической модели животного (AM) в матричном виде имеет вид:

$$\begin{bmatrix} X'XX'Z \\ Z'XZ'Z+A^{-1}a \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{b} \\ \hat{a} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X'y \\ Z'y \end{bmatrix}$$

Коэффициент a рассчитывается по формуле:

$$\alpha = \frac{\sigma_e^2}{\sigma_a^2} = \frac{1-h^2}{h^2}$$

отсюда искомые коэффициенты равны:

$$\begin{bmatrix} \hat{b} \\ \hat{a} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X'XX'Z \\ Z'XZ'Z+A^{-1}a \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} X'y \\ Z'y \end{bmatrix}$$

Таким образом,

\hat{b}

– лучшая линейная оценка фиксированных эффектов модели;

\hat{a}

– лучший линейный несмещенный прогноз (BLUP) племенной ценности (EBV) животного.

5. Матрица аддитивных генетических связей (A), соответствующая матрице числителей коэффициентов родства, рассчитывается по следующему рекурсивному алгоритму:

а) животные в родословной кодируются от 1 до n (n – число животных) и упорядочиваются таким образом, что родители предшествуют потомкам.

Если оба родителя (s и d) животного i известны, используются формулы:

$$a_{ji} = a_{ij} = 0,5 (a_{js} + a_{jd});$$

$$j = 1 \text{ до } (i - 1);$$

$$a_{ii} = 1 + 0,5 (a_{sd}).$$

Если только один из родителей (s) известен и предполагается, что он не связан родством с другим, используются формулы:

$$a_{ji} = a_{ij} = 0,5 (a_{js});$$

$$j = 1 \text{ до } (i - 1);$$

$$a_{ii} = 1.$$

Если оба родителя неизвестны, используются формулы:

$$a_{ji} = a_{ij} = 0;$$

$$j = 1 \text{ до } (i - 1);$$

$$a_{ii} = 1;$$

б) произведение матрицы A и аддитивной генетической вариации

$$\sigma_a^2$$

дает описание вариационно-ковариационной структуры аддитивных генетических ценностей оцениваемых животных.

6. Для прогнозирования племенной ценности используются обратная матрица родства A^{-1} , метод расчета A^{-1} без применения матрицы A .

Первоначально элементы матрицы родства A^{-1} задаются нулями, и применяются следующие правила.

Диагональные элементы задаются как 2, или 4/3, или 1 для животных с двумя известными, одним известным и с неизвестными родителями соответственно.

Если известны оба родителя i -го животного, добавляются:

- a_i – к элементу (i, i) ;
- $-a_i/2$ – к элементам (s, i) , (i, s) , (d, i) и (i, d) ;
- $a_i/4$ – к элементам (s, s) , (s, d) , (d, s) и (d, d) .

Если известен один из родителей i -го животного, добавляются:

- a_i – к элементу (i, i) ;
- $-a_i/2$ – к элементам (s, i) и (i, s) ;
- $a_i/4$ – к элементу (s, s) .

Если неизвестны оба родителя, добавляется a_i к элементу (i, i) .

При применении метода BLUP AM смешанной модели (ММЕ) вида

$$\begin{bmatrix} X'XX'Z \\ Z'XZ'Z+A^{-1}a \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{b} \\ \hat{a} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X'y \\ Z'y \end{bmatrix}$$

матрица коэффициентов имеет вид

$$\begin{bmatrix} C_{11} & C_{12} \\ C_{21} & C_{22} \end{bmatrix}$$

При этом обобщенная обратная матрица коэффициентов имеет вид

$$\begin{bmatrix} C_{11} & C_{12} \\ C_{21} & C_{22} \end{bmatrix}$$

7. Варiances ошибки прогноза (доля аддитивной генетической варiances, не учитываемая прогнозом) (prediction error variance, PEV) рассчитываются по формуле:

$$PEV = \text{var}(a - \hat{a}) = C^{22} s_e^2 = (1 - r^2) s_a^2,$$

где:

PEV – доля аддитивной генетической вариации, не учитываемая прогнозом;

r^2 – квадрат коэффициента корреляции между истинными и прогнозируемыми оценками племенной ценности.

Для расчета PEV необходимы диагональные элементы матрицы коэффициентов уравнений животных.

8. Точность прогноза (r) – корреляция между истинными и прогнозируемыми оценками племенной ценности. Однако при оценке точность обычно выражается как надежность – квадрат коэффициента корреляции между истинными и прогнозируемыми оценками племенной ценности (r^2). Для расчета r или r^2 требуются диагональные элементы инвертированной смешанной модели (ММЕ).

Корень квадратный из PEV дает стандартную ошибку прогноза (standard error prediction, SEP):

$$SEP = \sqrt{PEV} = \sigma_a \sqrt{1 - r^2}$$

9. Для снижения ошибки прогноза необходимо использовать такие доступные методы, которые максимизируют r при имеющемся количестве информации.

Надежность оценки (reliability, REL) рассчитывается по формуле:

$$REL = r^2 = 1 - \frac{PEV_i}{\sigma_a^2}$$

ПРИЛОЖЕНИЕ № 3
к Методике оценки
племенной ценности крупного
рогатого скота молочного
направления продуктивности

РАСЧЕТ

комплексного селекционного индекса

Сноска. Методика дополнена приложением 3 в соответствии с решением Коллегии Евразийской экономической комиссии от 22.08.2023 № 125 (вступает в силу по истечении 30 календарных дней с даты его официального опубликования).

Комплексный селекционный индекс включает в себя информацию о племенной ценности (u) по нескольким селекционируемым признакам (i).

Племенная ценность (u) – это лучший линейный несмещенный прогноз (BLUP) племенной ценности (EBV) животного.

Рассчитанное числовое значение индекса (I_i) для каждого животного используется в селекции как основа для ранжирования животных. Конструирование селекционных индексов базируется на оценках племенной ценности (EBV).

Индекс (I_i) рассчитывается по следующим формулам:

$$\begin{aligned} I_1 &= k_{11}EBV_1 + k_{12}EBV_2 + \dots + k_{1i}EBV_i, \\ I_2 &= k_{21}EBV_1 + k_{22}EBV_2 + \dots + k_{2i}EBV_i. \end{aligned}$$

$$I_i = k_{i1}EBV_1 + k_{i2}EBV_2 + \dots + k_{ii}EBV_i,$$

где EBV_1 , EBV_2 , EBV_i – наилучший линейный несмещенный прогноз племенной ценности животного по селектируемому признаку, входящему в индекс.

Значения k_{11} , k_{12} , k_{1i} , k_{22} , k_{2i} , k_{ii} определяются на основе следующей системы уравнений:

$$\begin{bmatrix} k_{11} \\ k_{12} \\ k_{1i} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sigma_{EBV_1}^2 & \sigma_{EBV_1EBV_2} & \sigma_{EBV_1EBV_i} \\ \sigma_{EBV_1EBV_2} & \sigma_{EBV_2}^2 & \sigma_{EBV_2EBV_i} \\ \sigma_{EBV_1EBV_i} & \sigma_{EBV_2EBV_i} & \sigma_{EBV_i}^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \sigma_{G_1EBV_1} \\ \sigma_{G_1EBV_2} \\ \sigma_{G_1EBV_i} \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} k_{21} \\ k_{22} \\ k_{2i} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sigma_{EBV_1}^2 & \sigma_{EBV_1EBV_2} & \sigma_{EBV_1EBV_i} \\ \sigma_{EBV_1EBV_2} & \sigma_{EBV_2}^2 & \sigma_{EBV_2EBV_i} \\ \sigma_{EBV_1EBV_i} & \sigma_{EBV_2EBV_i} & \sigma_{EBV_i}^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \sigma_{G_2EBV_1} \\ \sigma_{G_2EBV_2} \\ \sigma_{G_2EBV_i} \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} k_{i1} \\ k_{i2} \\ k_{ii} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sigma_{EBV_1}^2 & \sigma_{EBV_1EBV_2} & \sigma_{EBV_1EBV_i} \\ \sigma_{EBV_1EBV_2} & \sigma_{EBV_2}^2 & \sigma_{EBV_2EBV_i} \\ \sigma_{EBV_1EBV_i} & \sigma_{EBV_2EBV_i} & \sigma_{EBV_i}^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \sigma_{G_iEBV_1} \\ \sigma_{G_iEBV_2} \\ \sigma_{G_iEBV_i} \end{bmatrix},$$

где:

$$\sigma_{EBV_1}^2, \sigma_{EBV_2}^2, \sigma_{EBV_i}^2$$

– дисперсии прогноза племенной ценности по признакам 1, 2 и i ;

$$\sigma_{EBV_1EBV_2}$$

– коварианса между прогнозом племенной ценности по признакам 1 и 2;

$$\sigma_{G_1 EBV_2}$$

– коварианса между генотипом животного по признаку 1 и прогнозом племенной ценности по признаку 2;

$$\sigma_{G_2 EBV_1}$$

– коварианса между генотипом животного по признаку 2 и прогнозом племенной ценности по признаку 1;

$$\sigma_{G_1 EBV_1}$$

– коварианса между генотипом животного по признаку 1 и прогнозом племенной ценности;

$$\sigma_{G_2 EBV_2}$$

– коварианса между генотипом животного по признаку 2 и прогнозом племенной ценности;

$$\sigma_{EBV_1 EBV_i}$$

– коварианса между прогнозом племенной ценности по признакам 1 и i ;

$$\sigma_{G_1 EBV_i}$$

– коварианса между генотипом животного по признаку 1 и прогнозом племенной ценности по признаку i ;

$$\sigma_{EBV_2 EBV_i}$$

– коварианса между прогнозом племенной ценности по признакам 2 и i ;

$$\sigma_{G_2 EBV_i}$$

– коварианса между генотипом животного по признаку 2 и прогнозом племенной ценности по признаку i ;

$$\sigma_{G_i EBV_i}$$

– коварианса между генотипом животного по признаку i и прогнозом племенной ценности по признаку i .

В теоретическом аспекте построение комплексного индекса выглядит следующим образом:

$$I = \sum_{h=1}^L k_h u^{(h)},$$

где

$$k_h$$

весовой коэффициент h -го признака.

Весовые коэффициенты рассчитываются по формулам:

$$\begin{aligned} k_1 &= B(1,1) + B(2,1) + \dots + B(L, 1), \\ k_2 &= B(1,2) + B(2,2) + \dots + B(L, 2), \\ &\dots \\ k_L &= B(1, L) + B(2, L) + \dots + B(L, L). \end{aligned}$$

В указанных формулах матрица B составлена из векторов $b(h)$:

$$B = [b^{(1)} \ b^{(2)} \ \dots \ b^{(L)}],$$

которые находятся для каждого признака из решения уравнения:

$$Vb^{(h)} = \text{cov}(y * u^{(h)}),$$

где:

$$u^{(h)}$$

– оценка наилучшего линейного несмещенного прогноза для каждого h -го признака;

y – вектор значения признака, а

$$a \cdot V = \text{cov}(y^{(h)} \cdot y^{(p)})$$

– матрица коварианс между h -м и p -м признаками.

УТВЕРЖДЕНА
Решением Коллегии
Евразийской экономической
комиссии
от 24 ноября 2020 г. № 149

МЕТОДИКА

оценки племенной ценности крупного рогатого скота мясного направления продуктивности

I. Общие положения

1. Настоящая Методика разработана в целях реализации подпункта 12 пункта 7 статьи 95 Договора о Евразийском экономическом союзе от 29 мая 2014 года, в соответствии со статьей 3 Соглашения о мерах, направленных на унификацию проведения селекционно-племенной работы с сельскохозяйственными животными в рамках Евразийского экономического союза, от 25 октября 2019 года и устанавливает порядок оценки, определения продуктивности и расчета племенной ценности крупного рогатого скота мясного направления продуктивности.

2. Настоящая Методика предназначена для применения на территориях государств – членов Евразийского экономического союза (далее – государства-члены) в племенных организациях, хозяйствах, осуществляющих выращивание и (или) реализацию племенного крупного рогатого скота мясного направления продуктивности, а также в сервисных организациях, информационно-аналитических, селекционных, селекционно-генетических центрах, союзах, ассоциациях (палатах), научных организациях, осуществляющих деятельность в области племенного мясного скотоводства.

3. Оценке племенной ценности животных подлежат особи всех половозрастных групп крупного рогатого скота мясного направления продуктивности (в том числе телки и ремонтные бычки, коровы, быки-производители), зарегистрированные в качестве племенных животных в соответствии с законодательством государств-членов.

4. Сведения о результатах оценки племенной ценности животных в соответствии с настоящей Методикой вносятся в реестр учета племенных животных (племенную книгу) государства-члена и в племенные свидетельства (паспорта, сертификаты).

5. Для целей настоящей Методики используются понятия, которые означают следующее:

"база данных" – структурированный набор данных о племенных животных, вовлеченных в селекционный процесс;

"биометрическая модель животного" (animal model, AM) – математическая форма описания взаимосвязи наблюдаемых фенотипических характеристик животного и влияния на них внешних факторов наряду с происхождением;

"наилучший линейный несмещенный прогноз" (best linear unbiased prediction, BLUP) – статистический метод прогнозирования племенной ценности животного по селекционируемому признаку на основе биометрической модели животного линейного типа;

"племенная ценность" (estimated breeding value, EBV) – прогнозируемая племенная ценность животного по конкретному селекционируемому признаку, рассчитанная методом BLUP AM;

"племенное животное" – сельскохозяйственное животное, используемое для разведения, зарегистрированное в реестре учета племенных животных в порядке, установленном законодательством государства-члена в области племенного

животноводства, и имеющее в случае его реализации племенное свидетельство (паспорт, сертификат);

"племенное свидетельство (паспорт, сертификат)" – документ установленного образца, подтверждающий происхождение, племенную ценность и иные качества племенного животного (племенного стада);

"продуктивность" – совокупность хозяйственно полезных признаков племенного животного, включая качество получаемой от него продукции;

"реестр учета племенных животных" – база данных, которая содержит сведения о племенных животных и племенных стадах и ведется в государстве-члене;

"селекционируемые признаки" – количественные и качественные показатели животных, по которым проводится целенаправленная селекция;

"селекционно-племенная работа" – комплекс мероприятий, направленных на совершенствование племенных и продуктивных качеств сельскохозяйственных животных;

"сельскохозяйственные животные" – животные, разводимые в целях получения животноводческой продукции;

"частный селекционный индекс" – значение племенной ценности, выраженное в долях стандартного отклонения конкретного селекционируемого признака.

II. Оценка племенной ценности телок, ремонтных бычков, коров и бычков-производителей мясного направления продуктивности

6. Племенная ценность телок, ремонтных бычков (далее – молодняк), коров и бычков-производителей мясного направления продуктивности определяется:

а) у молодняка – по фактической живой массе при рождении и скорректированной на 205 дней (в соответствии с пунктом 8 настоящей Методики) и 365 дней (в соответствии с пунктом 9 настоящей Методики);

б) у коров – по скорректированной живой массе на 365 дней, легкости отела, молочности;

в) у бычков-производителей – по легкости отела дочерей, молочности дочерей, фактической живой массе потомков при рождении, скорректированной на 205 дней и 365 дней.

7. Информация о племенной ценности рассчитывается и публикуется не реже 1 раза в год.

8. Скорректированная живая масса при отъеме животного в возрасте 205 дней рассчитывается по формуле:

$$СМ_{205} = \frac{M_o - M_p}{B_m} \times 205$$

где:

СМ_о – скорректированная живая масса при отъеме (кг);

М_о – фактическая живая масса при отъеме (кг);

М_р – фактическая живая масса при рождении (кг);

В_м – возраст животного на момент отъема (дней).

9. Скорректированная на 365 дней (в диапазоне 300 – 430 дней) живая масса рассчитывается по формуле:

$$СМ_{г} = \frac{М_{г} - М_{о}}{В_{г} - В_{м}} \cdot 160 + СМ_{о}$$

где:

СМ_г – скорректированная живая масса в годовалом возрасте (кг);

М_г – фактическая живая масса в годовалом возрасте (кг);

М_о – фактическая живая масса при отъеме (кг);

В_г – возраст животного при взвешивании в годовалом возрасте (дней);

В_м – возраст животного при взвешивании на момент отъема (дней);

160 – числовой показатель разницы между 365 днями (годовалый возраст) и 205 днями (скорректированная живая масса при отъеме);

СМ_о – скорректированная живая масса при отъеме (кг).

10. Расчет племенной ценности молодняка по фактической живой массе при рождении, скорректированной на 205 дней и 365 дней, а также коров и быков-производителей проводится на основе метода BLUP AM согласно приложению № 1.

11. Оценка коров по легкости отела проводится по шкале согласно приложению № 2 по среднему значению (по всем отелам).

12. Оценка коров по молочности проводится по весу потомка при отъеме в пересчете на 205 дней по среднему значению (по всем отелам).

13. Частные селекционные индексы рассчитываются на основании племенной ценности (EBV) по фактической живой массе при рождении, скорректированной на 205 дней и 365 дней, по легкости отела, молочности.

Комплексный селекционный индекс рассчитывается на основании частных селекционных индексов с учетом их весовых коэффициентов в соответствии с методиками, применяемыми в государствах-членах при проведении селекционно-племенной работы.

14. Результаты расчета племенной ценности (EBV) крупного рогатого скота мясного направления продуктивности вносятся в реестр учета племенных животных (племенную книгу) государства-члена, племенные свидетельства (паспорта, сертификаты).

Информация о среднепопуляционных значениях и среднеквадратичных отклонениях селекционных показателей размещается на официальных сайтах уполномоченных органов государств-членов в области племенного животноводства в информационно-телекоммуникационной сети "Интернет".

ПРИЛОЖЕНИЕ № 1
к Методике оценки
племенной ценности
крупного
рогатого скота мясного
направления продуктивности

РАСЧЕТ

племенной ценности крупного рогатого скота мясного направления продуктивности на основе метода BLUP AM

1. Племенная ценность (EBV) крупного рогатого скота мясного направления продуктивности определяется по живой массе при рождении, на 205-й день, на 365-й день, по легкости отела, молочности и рассчитывается на основе метода BLUP AM.

2. Расчет комплексных селекционных индексов племенной ценности крупного рогатого скота мясного направления продуктивности на основе метода BLUP AM состоит из следующих этапов:

а) разработка оптимальных статистических моделей, значимо описывающих развитие селекционируемых признаков в оцениваемой популяции;

б) расчет селекционно-генетических параметров оцениваемой популяции по оптимальным статистическим моделям (наследуемость, изменчивость (вариансы));

в) расчет прогнозных значений племенной ценности (EBV) на основе метода BLUP AM, надежности (точности) прогноза (REL, r^2) и стандартизация прогнозных значений племенной ценности;

г) разработка комплексных селекционных индексов племенной ценности крупного рогатого скота мясного направления продуктивности на основе теории селекционного индекса и их расчет.

3. Для разработки статистических моделей развития селекционируемых признаков в популяции используются модели смешанного типа:

$$y_{ij} = h_i + a_{ij} + e_{ij},$$

где:

y_{ij} – показатель признака j -го животного в i -х условиях среды;

h_i – эффекты условий среды (фиксированные);

a_{ij} – аддитивный генетический эффект j -го животного в i -х условиях среды (племенная ценность, EBV) (рандомизированный);

e_{ij} – эффект не учтенных в модели факторов (рандомизированный).

Для выбора оптимальной статистической модели используются информационный критерий Акаике (AIC) и Байесовский информационный критерий (BIC).

При использовании информационного критерия Акаике (AIC) выбирается модель, минимизирующая значение статистики:

$$AIC = \ln s^2 + (2 / n) \times r,$$

где:

s^2 – остаточная сумма квадратов, деленная на количество наблюдений;

n – число наблюдений;

r – число оцененных параметров модели.

Байесовский информационный критерий (BIC) рассчитывается по формуле:

$$BIC = \ln s^2 + (\ln n / n) \times r.$$

Лучшая статистическая модель соответствует минимальному значению критерия.

4. Для расчета прогнозных значений племенной ценности крупного рогатого скота мясного направления продуктивности по разработанным оптимальным статистическим моделям применяется метод BLUP AM.

Скалярная форма уравнения BLUP имеет вид:

$$y = Xb + Za + e,$$

где:

$y = n \times 1$ – вектор наблюдений (оценок) (n – число записей);

$b = p \times 1$ – вектор фиксированных эффектов (p – число уровней фиксированных эффектов);

$a = q \times 1$ – вектор случайных эффектов пробанда (q – число уровней случайных эффектов);

$e = n \times 1$ – вектор случайных эффектов;

X – матрица порядка $n \times p$, которая связывает оценку животных с фиксированными эффектами;

Z – матрица порядка $n \times q$, которая связывает оценку животных со случайными эффектами.

Матрицы X и Z называются матрицами случаев. Предполагается, что математическое ожидание (E) переменных:

$$E(y) = Xb;$$

$$E(a) = E(e) = 0.$$

Главная цель уравнения смешанной линейной модели – предсказать линейную функцию a и b (EBV) от y .

Для вычисления a и b необходимо решить уравнения смешанной линейной модели (ММЕ) для вычисления значений b (фиксированных эффектов) и предсказать решения для значений a (случайных эффектов). Формула для биометрической модели животного (AM) в матричном виде имеет вид:

$$\begin{bmatrix} X'XX'Z \\ Z'XZ'Z+A^{-1}a \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{b} \\ \hat{a} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X'y \\ Z'y \end{bmatrix}$$

Коэффициент a рассчитывается по формуле:

$$\alpha = \frac{\sigma_e^2}{\sigma_a^2} = \frac{1-h^2}{h^2}$$

отсюда искомые коэффициенты равны:

$$\begin{bmatrix} \hat{b} \\ \hat{a} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X'XX'Z \\ Z'XZ'Z+A^{-1}a \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} X'y \\ Z'y \end{bmatrix}$$

Таким образом,

\hat{b}

– лучшая линейная оценка фиксированных эффектов модели,

\hat{a}

– лучший линейный несмещенный прогноз (BLUP) племенной ценности (EBV) животного.

5. Матрица аддитивных генетических связей (A), соответствующая матрице числителей коэффициентов родства, рассчитывается по следующему рекурсивному алгоритму:

а) животные в родословной кодируются от 1 до n (n – число животных) и упорядочиваются таким образом, что родители предшествуют потомкам.

Если оба родителя (s и d) животного i известны:

$$a_{ji} = a_{ij} = 0,5 (a_{js} + a_{jd});$$

$$j = 1 \text{ до } (i - 1);$$

$$a_{ii} = 1 + 0,5 (a_{sd}).$$

Если только один из родителей (s) известен и предполагается, что он не связан родством с другим:

$$a_{ji} = a_{ij} = 0,5 (a_{js});$$

$$j = 1 \text{ до } (i - 1);$$

$$a_{ii} = 1.$$

Если оба родителя неизвестны:

$$a_{ji} = a_{ij} = 0;$$

$$j = 1 \text{ до } (i - 1);$$

$$a_{ii} = 1;$$

б) произведение матрицы A и аддитивной генетической варiances s_a^2 дает описание вариационно-ковариационной структуры аддитивных генетических ценностей оцениваемых животных;

в) для прогнозирования племенной ценности используются обратная матрица родства A^{-1} , метод расчета A^{-1} (без применения матрицы A).

Первоначально элементы матрицы родства A^{-1} задаются нулями, и применяются следующие правила.

Диагональные элементы задаются как 2, или 4/3, или 1 для животных с двумя известными, одним известным и с неизвестными родителями соответственно.

Если известны оба родителя i-го животного, добавляются:

a_i – к элементу (i, i);

– $a_i/2$ – к элементам (s, i), (i, s), (d, i) и (i, d);

$a_i/4$ – к элементам (s, s), (s, d), (d, s) и (d, d).

Если известен один из родителей i-го животного, добавляются:

a_i – к элементу (i, i);

– $a_i/2$ – к элементам (s, i) и (i, s);

$a_i/4$ – к элементу (s, s).

Если неизвестны оба родителя, добавляется a_i к элементу (i, i).

При применении метода BLUP AM смешанной модели (ММЕ) вида

$$\begin{bmatrix} X'XX'Z \\ Z'XZ'Z+A^{-1}a \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{b} \\ \hat{a} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X'y \\ Z'y \end{bmatrix}$$

матрица коэффициентов имеет вид:

$$\begin{bmatrix} C_{11} & C_{12} \\ C_{21} & C_{22} \end{bmatrix}$$

При этом обобщенная обратная матрица коэффициентов имеет вид:

$$\begin{bmatrix} C_{11} & C_{12} \\ C_{21} & C_{22} \end{bmatrix}$$

Варiances ошибки прогноза (доля аддитивной генетической варiances, не учитываемая прогнозом) (prediction error variance, PEV) рассчитываются по формуле:

$$PEV = \text{var} (a - \hat{a}) = C^{22} s_e^2 = (1 - r^2) s_a^2,$$

где:

PEV – доля аддитивной генетической вариации, не учитываемая прогнозом;

r^2 – квадрат коэффициента корреляции между истинными и прогнозируемыми оценками племенной ценности.

Для расчета PEV необходимы диагональные элементы матрицы коэффициентов уравнений животных.

Точность прогноза (r) – корреляция между истинными и прогнозируемыми оценками племенной ценности. Однако при оценке точность обычно выражается как надежность – квадрат коэффициента корреляции между истинными и прогнозируемыми оценками племенной ценности (r^2). Для расчета r или r^2 требуются диагональные элементы инвертированной смешанной модели (ММЕ).

Корень квадратный из PEV дает стандартную ошибку прогноза (standard error prediction, SEP):

$$SEP = \sqrt{PEV} = \sigma_a \sqrt{1 - r^2}$$

Для снижения ошибки прогноза необходимо использовать такие доступные методы, которые максимизируют r при имеющемся количестве информации.

Надежность оценки (reliability, REL) рассчитывается по формуле:

$$REL = r^2 = 1 - \frac{PEV_i}{\sigma_a^2}$$

ПРИЛОЖЕНИЕ № 2
к Методике оценки
племенной ценности
крупного рогатого скота
мясного направления
продуктивности

ШКАЛА

оценки легкости отела коров

Балл (код)	Характеристика легкости отела	Описание
1	Самостоятельный отел	корова (первотелка) отелилась без посторонней помощи
2	Легкое родовспоможение	без применения специализированного инструмента

3	Тяжелый отел	с применением специализированного инструмента
4	Неправильное предлежание плода	требуется помощь при отеле
5	Хирургическое вмешательство	требуется хирургическое вмешательство

УТВЕРЖДЕНА
Решением Коллегии
Евразийской экономической
комиссии
от 24 ноября 2020 г. № 149

МЕТОДИКА

оценки племенной ценности свиней

I. Общие положения

1. Настоящая Методика разработана в целях реализации подпункта 12 пункта 7 статьи 95 Договора о Евразийском экономическом союзе от 29 мая 2014 года, в соответствии со статьей 3 Соглашения о мерах, направленных на унификацию проведения селекционно-племенной работы с сельскохозяйственными животными в рамках Евразийского экономического союза, от 25 октября 2019 года и устанавливает порядок оценки, определения продуктивности и расчета племенной ценности свиней.

2. Настоящая Методика предназначена для применения на территориях государств – членов Евразийского экономического союза (далее – государства-члены) в племенных организациях, хозяйствах, осуществляющих выращивание и (или) реализацию племенных свиней, а также в сервисных организациях, информационно-аналитических, селекционных, селекционно-генетических центрах, союзах, ассоциациях (палатах), научных организациях, осуществляющих деятельность в области племенного свиноводства.

3. Оценке племенной ценности подлежат особи всех половозрастных групп свиней (в том числе ремонтные свинки и хрячки, свиноматки, хрячки), зарегистрированные в качестве племенных животных в соответствии с законодательством государств-членов.

4. Результаты оценки племенной ценности свиней в соответствии с настоящей Методикой вносятся в реестр учета племенных животных (племенную книгу) государства-члена, племенные свидетельства (паспорта, сертификаты).

5. Для целей настоящей Методики используются понятия, которые означают следующее:

"база данных" – структурированный набор данных о племенных животных, вовлеченных в селекционный процесс;

"биометрическая модель животного" (animal model, AM) – математическая форма описания взаимосвязи наблюдаемых фенотипических характеристик животного и влияния на них внешних факторов наряду с происхождением;

"выращивание" – период содержания животных от перевода в группу ремонтного молодняка до проведения оценки собственной продуктивности и развития;

"доращивание" – период содержания поросят с даты отъема от подсосных свиноматок до перевода их в группу ремонтного молодняка или на откорм;

"индексная оценка" – метод определения племенной ценности животного по комплексу селекционируемых признаков согласно их значимости для селекции;

"комплексный селекционный индекс" – индекс, включающий в себя частные селекционные индексы с весовыми коэффициентами согласно целям селекции;

"линейная оценка экстерьера" – метод экспертной оценки статей экстерьера животных с помощью количественной шкалы;

"матрица" – математический объект, записываемый в виде прямоугольной таблицы элементов чисел, представляющей собой совокупность строк и столбцов, на пересечении которых находятся ее элементы. Количество строк и столбцов задает размер матрицы;

"наилучший линейный несмещенный прогноз" (best linear unbiased prediction, BLUP) – статистический метод прогнозирования племенной ценности животного по селекционируемому признаку на основе биометрической модели животного линейного типа;

"обратная матрица" – матрица A^{-1} , при умножении на которую исходная матрица A дает в результате единичную матрицу (матрицу, все диагональные элементы которой равны 1);

"племенная ценность" (estimated breeding value, EBV) – прогнозируемая племенная ценность животного по конкретному селекционируемому признаку, рассчитанная на основе метода BLUP AM;

"племенное животное" – сельскохозяйственное животное, используемое для разведения, зарегистрированное в реестре учета племенных животных (в племенной книге) в порядке, установленном законодательством государства-члена в области племенного животноводства, и имеющее в случае его реализации племенное свидетельство (паспорт, сертификат);

"племенное свидетельство (паспорт, сертификат)" – документ установленного образца, подтверждающий происхождение, племенную ценность и иные качества племенного животного (племенного стада);

"племенное стадо" – группа племенных животных определенного вида и породы, используемых в селекционных целях;

"популяция" – совокупность особей животных определенного вида, в пределах которой происходит размножение;

"порода" – группа животных общего происхождения, созданная человеком, обладающая генетически обусловленными биологическими и морфологическими хозяйственно полезными свойствами, специфичными для данной группы животных, позволяющими отличить ее от других пород этого вида и устойчиво передающимися по наследству;

"продуктивность" – совокупность хозяйственно полезных признаков племенного животного, включая качество получаемой от него продукции;

"реестр учета племенных животных" – база данных, которая содержит сведения о племенных животных и племенных стадах и ведется в государстве-члене;

"селекционируемые признаки" – количественные и качественные показатели животных, по которым проводится целенаправленная селекция;

"селекционно-племенная работа" – комплекс мероприятий, направленных на совершенствование племенных и продуктивных качеств сельскохозяйственных животных;

"сельскохозяйственные животные" – животные, разводимые в целях получения животноводческой продукции;

"статистическая модель" – математическая форма описания взаимосвязи фенотипических характеристик животного и факторов паратипического и генетического влияния на них;

"частный селекционный индекс" – значение племенной ценности, выраженное в долях стандартного отклонения конкретного селекционируемого признака;

"экстерьер животного" – внешний вид животного, его наружные формы в целом, а также внешние особенности и развитость статей, характеризующие тип телосложения.

II. Основные требования к определению племенной ценности свиней

6. Племенная ценность свиней оценивается по комплексу признаков на основе метода BLUP AM, расчет селекционных индексов проводится согласно теории селекционного индекса на основе экономических весов признаков.

7. Для применения метода BLUP обязательным является наличие достоверной базы данных.

8. При расчете индексов племенной ценности свиней на основе метода BLUP для каждой особи осуществляется расчет селекционного индекса с учетом следующих факторов:

а) информация обо всех внесенных в базу данных родственниках животного (родителях, прародителях, боковых родственниках, потомках) с учетом степени родства, что расширяет сведения о его генетической ценности;

б) отклонения в показателях продуктивности животного, которые корректируются в зависимости от влияния условий среды;

в) продуктивность, переданная потомству и скорректированная по уровню спаривания;

г) генетическая и фенотипическая корреляция между признаками (учет генетической конкуренции, уровня спаривания). Показатели племенной ценности корректируются по отношению друг к другу. В биометрической модели животного учитывается корреляция между ними (например, между скоростью роста и толщиной шпика). При этом племенная ценность по каждому критерию умножается на степень ее достоверности.

III. Оценка племенной ценности ремонтных свинок и хрячков

9. Первый отбор поросят для целей селекции проводится по результатам визуальной оценки в день отъема от свиноматки (при переводе на доращивание) с учетом индексов племенной ценности матери и отца и их продуктивности. Индекс родословной рассчитывается по формуле:

$$I_p = (I_o + I_m) \times 0,5,$$

где:

I_p – индекс родословной;

I_o – селекционный индекс отца (рассчитанный согласно разделу VI настоящей Методики);

I_m – селекционный индекс матери (рассчитанный согласно разделу VI настоящей Методики).

Поросята должны быть здоровы, без каких-либо пороков, хорошо развиты. К отбору не допускаются животные с количеством сосков менее 12 (6/6).

10. При переводе на выращивание (в группу ремонтного молодняка) ремонтный молодняк подлежит индивидуальному взвешиванию, сведения о результатах взвешиваний вносятся в базу данных.

11. Молодняк в конце периода выращивания периодически взвешивается и осматривается, при этом особое внимание уделяется наличию пороков экстерьера. При достижении веса 90 – 110 кг весь ремонтный молодняк оценивается по показателям собственной продуктивности, указанным в пункте 13 настоящей Методики. Сведения о результатах взвешиваний и измерений вносятся в базу данных.

12. По результатам оценки фенотипических показателей собственной продуктивности, индексной оценки и линейной оценки экстерьера для ремонта собственного стада отбираются свинки и хрячки, показавшие лучший результат.

Остальное поголовье (за исключением животных больных, с пороками, отстающих в росте и развитии) реализуется.

13. К показателям собственной продуктивности молодняка относятся следующие селекционируемые признаки:

- а) возраст достижения живой массы 100 кг (дней);
- б) среднесуточный прирост живой массы от рождения до достижения живой массы 100 кг (г);
- в) среднесуточный прирост живой массы на выращивании (г);
- г) затраты корма на 1 кг прироста живой массы от 30 до 100 кг (кг) – для хозяйств, оснащенных станциями контрольного выращивания;
- д) длина туловища (см);
- е) толщина шпика (мм);
- ж) высота (глубина) длиннейшей мышцы спины (мм).

14. Пересчет фактических показателей собственной продуктивности на 100 кг осуществляется при достижении живой массы 90 – 110 кг. При живой массе менее 90 и более 110 кг пересчет не производится и измерения не используются в расчете племенной ценности.

15. Для определения возраста достижения живой массы 100 кг осуществляется взвешивание свиней на весах с пределом взвешивания до 500 кг и погрешностью взвешивания не более 0,5 кг.

16. Возраст достижения живой массы 100 кг рассчитывается по формуле:

где:

X – возраст достижения живой массы 100 кг (дней);

V – фактический возраст в день последнего взвешивания (дней);

M – фактическая живая масса животного в день последнего взвешивания (кг);

P – среднесуточный прирост живой массы на выращивании (кг).

Полученный результат округляется до целого числа.

17. Среднесуточный прирост живой массы от рождения до достижения живой массы 100 кг определяется у ремонтного молодняка (свинок и хрячков) путем периодического взвешивания животных до достижения живой массы 90 – 110 кг и рассчитывается по формуле:

$$C = (m_2 \div n) \times 1000,$$

где:

C – среднесуточный прирост живой массы от рождения до достижения живой массы 100 кг (г);

m_2 – живая масса животного при последнем взвешивании (кг) (от 90 до 110 кг);

n – возраст животного при последнем взвешивании (дней);

1000 – коэффициент пересчета в граммы.

18. Среднесуточный прирост живой массы на выращивании с точностью до грамма рассчитывается по формуле:

$$\Pi = (m_2 - m_1) / (n_2 - n_1)$$

где:

Π – среднесуточный прирост живой массы на выращивании (г);

m_2 – живая масса животного в день проведения оценки (от 90 до 110 кг) (кг);

m_1 – живая масса животного в начале постановки на выращивание (кг);

n_2 – возраст животного в день проведения оценки (от 90 до 110 кг) (дней);

n_1 – возраст животного в начале постановки на выращивание (дней).

19. Затраты корма на 1 кг прироста живой массы от 30 до 100 кг определяются от первого до предпоследнего дня контроля путем ежедневного взвешивания сухого корма, предназначенного для кормления животных в период контроля, на весах с пределом взвешивания до 10 кг и погрешностью взвешивания не более 0,05 кг. Кормление животных осуществляется не реже 2 раз в сутки, при этом не допускаются остатки и потери корма.

20. Затраты корма на 1 кг прироста живой массы за период контроля рассчитываются по формуле:

$$X_2 = K / X_1,$$

где:

X_2 – затраты корма на 1 кг прироста живой массы от 30 до 100 кг (кг);

K – масса съеденного сухого корма за период контроля (кг);

X_1 – прирост живой массы за период контроля (кг).

Полученный результат фиксируется с точностью до 0,01 кг.

21. Длина туловища измеряется по средней линии спины от затылочного гребня до корня хвоста с помощью стальной мерной ленты с ценой деления 1 см.

22. Длина туловища рассчитывается с учетом поправочного коэффициента на 1 кг живой массы, уменьшающего или увеличивающего фактическую длину туловища в зависимости от отклонения фактической живой массы от стандартной величины 100 кг, по формуле:

$$D_{100} = D_{\Phi} + 0,35 \times (100 - M),$$

где:

D_{100} – длина туловища (см);

D_{Φ} – фактическая длина туловища (см);

M – фактическая живая масса животного в день последнего взвешивания (кг);

0,35 – поправочный коэффициент.

23. Толщина шпика определяется на живых свиньях с помощью прибора ультразвукового исследования мясных качеств свиней с погрешностью не более 1 мм (Piglog-105 или аналог) в 2 точках (P_1, P_2) по схеме согласно приложению № 1.

24. Толщина шпика в точках P_1 и P_2 рассчитывается с учетом поправочного коэффициента на 1 кг живой массы, уменьшающего или увеличивающего фактическую толщину шпика в зависимости от отклонения фактической живой массы от стандартной величины 100 кг, по формуле:

$$T_{P_1, P_2} = T_{\Phi P_1, P_2} + 0,15 \times (100 - M),$$

где:

T_{P_1, P_2} – толщина шпика в точках P_1 и P_2 (мм);

$T_{\Phi P_1, P_2}$ – фактическая толщина шпика в точках P_1 и P_2 (мм);

M – фактическая живая масса животного в день последнего взвешивания (кг);

0,15 – поправочный коэффициент.

25. Высота (глубина) длиннейшей мышцы спины определяется на живых свиньях с помощью прибора ультразвукового исследования мясных качеств свиней с погрешностью не более 1 мм (Piglog-105 или аналог) в точке P_2 , предусмотренной приложением № 1 к настоящей Методике.

26. Высота (глубина) длиннейшей мышцы спины рассчитывается с учетом поправочного коэффициента на 1 кг живой массы, уменьшающего или увеличивающего фактическую высоту (глубину) длиннейшей мышцы спины в зависимости от отклонения фактической живой массы от стандартной величины 100 кг, по формуле:

$$B = B_{\Phi} + 0,25 \times (100 - M),$$

где:

B – высота (глубина) длиннейшей мышцы спины (мм);

B_{Φ} – фактическая высота (глубина) длиннейшей мышцы спины (мм);

M – фактическая живая масса животного в день последнего взвешивания (кг);

0,25 – поправочный коэффициент.

27. Экстерьер ремонтных свинок и хрячков оценивается визуально. Животные, имеющие кратерные соски, менее 12 (6/6) сосков, пороки (сильную искривленность передних ног, резкий перехват за лопатками или в пояснице, провислую спину, мопсовидность, криворылость, неправильный прикус), оценке не подлежат и выбраковываются из стада.

28. С учетом сведений, содержащихся в базе данных, рассчитываются прогноз племенной ценности (EBV) ремонтных свинок и хрячков на основе метода BLUP AM и комплексные селекционные индексы согласно разделу VI настоящей Методики.

IV. Оценка племенной ценности свиноматок

29. Свиноматки оцениваются по:

- а) собственной продуктивности (оценка, полученная на стадии ремонтной свинки согласно разделу III настоящей Методики);
- б) воспроизводительным качествам.

30. Воспроизводительные качества проверяемых свиноматок оцениваются по первому опоросу, а основных – в среднем по всем опоросам (включая первый) по следующим показателям:

- а) многоплодие (голов);
- б) количество поросят при отъеме (голов);
- в) масса гнезда при отъеме в 30 дней (кг).

31. Многоплодие определяется количеством родившихся живых поросят (в том числе слабых).

32. Масса гнезда при отъеме в 30 дней определяется путем корректировки фактической массы гнезда на 21-й – 45-й день после опороса (в зависимости от используемой технологии) с применением поправочных коэффициентов согласно приложению № 2 и фиксируется с точностью до 1 кг.

33. С учетом сведений, содержащихся в базе данных, рассчитываются прогноз племенной ценности (EBV) свиноматок на основе метода BLUP AM и комплексные селекционные индексы согласно разделу VI настоящей Методики.

V. Оценка племенной ценности хрячков

34. Хрячки оцениваются по:

- а) собственной продуктивности (оценка, полученная на стадии ремонтного хрячка согласно разделу III настоящей Методики);
- б) воспроизводительным качествам (оценка, полученная на основе данных о всех женских родственниках (матери, сестрах, дочерях), определенных согласно разделу IV настоящей Методики);
- в) оплодотворяющей способности.

35. Оплодотворяющая способность хряка рассчитывается по формуле:

$$OC_x = \frac{O_{п} + A + B}{O_c}$$

где:

ОСх – оплодотворяющая способность хряка;

Оп – количество опоросов свиноматок, осемененных хряком (спермопродукцией хряка);

А – количество абортос свиноматок, осемененных хряком (спермопродукцией хряка);

В – количество свиноматок, осемененных хряком (спермопродукцией хряка), выбракованных во второй период супоросности;

Ос – количество свиноматок, осемененных хряком (спермопродукцией хряка).

36. С учетом сведений, содержащихся в базе данных, рассчитываются прогноз племенной ценности (EBV) хряков на основе метода BLUP AM и комплексные селекционные индексы согласно разделу VI настоящей Методики.

VI. Расчет прогноза племенной ценности свиней на основе метода BLUP AM и комплексных селекционных индексов

37. Расчет комплексных селекционных индексов на основе метода BLUP AM состоит из следующих этапов:

а) разработка оптимальных статистических моделей, значимо описывающих развитие селекционируемых признаков в оцениваемой популяции;

б) расчет селекционно-генетических параметров оцениваемой популяции по оптимальным статистическим моделям (наследуемость, изменчивость (вариансы));

в) расчет прогнозных значений племенной ценности (EBV) свиней на основе метода BLUP AM, определение надежности (точности) прогноза (REL , r^2) и стандартизация прогнозных значений племенной ценности;

г) разработка комплексных селекционных индексов на основе теории селекционного индекса, их расчет и стандартизация.

38. Для разработки статистических моделей развития селекционируемых признаков в популяции используются модели смешанного типа:

$$y_{ij} = h_i + a_{ij} + e_{ij},$$

где:

y_{ij} – показатель признака j -го животного в i -х условиях среды;

h_i – эффекты условий среды (фиксированные);

a_{ij} – аддитивный генетический эффект j -го животного в i -х условиях среды (племенная ценность, EBV) (рандомизированный);

e_{ij} – эффект не учтенных в модели факторов (рандомизированный).

39. Для выбора оптимальной статистической модели используются информационный критерий Акаике (AIC) и Байесовский информационный критерий (BIC).

При использовании информационного критерия Акаике (AIC) выбирается модель, минимизирующая значение статистики:

$$AIC = \ln s^2 + (2 / n) \times r,$$

где:

s^2 – остаточная сумма квадратов, деленная на количество наблюдений;

n – число наблюдений;

r – число оцененных параметров модели.

Байесовский информационный критерий (BIC) рассчитывается по формуле:

$$BIC = \ln s^2 + (\ln n / n) \times r.$$

Лучшая статистическая модель соответствует минимальному значению критерия.

40. Коэффициенты наследуемости селекционируемых признаков в оцениваемой популяции рассчитываются с помощью дисперсионного анализа по формуле:

$$OC_x = \frac{O_{п} + A + B}{O_{с}}$$

где:

h^2 – коэффициент наследуемости селекционируемого признака;

s_a^2 – дисперсия (варианса), обусловленная генотипом животного;

s_e^2 – дисперсия (варианса), обусловленная неучтенными (случайными) эффектами.

Дисперсия (вариансы) рассчитывается методом ограниченного максимального правдоподобия (restricted maximum likelihood, REML).

41. Для расчета прогнозных значений племенной ценности свиней по разработанным оптимальным статистическим моделям применяется метод BLUP AM. Скалярная форма уравнения BLUP имеет вид:

$$y = Xb + Za + e,$$

где:

y – вектор наблюдений (оценок), $y = n \times 1$ (n – число записей);

b – вектор фиксированных эффектов, $b = p \times 1$ (p – число уровней фиксированных эффектов);

a – вектор случайных эффектов пробанда, $a = q \times 1$ (q – число уровней случайных эффектов);

e – вектор случайных эффектов, $e = n \times 1$ (n – число записей);

X – матрица порядка $n \times p$, которая связывает оценку животных с фиксированными эффектами;

Z – матрица порядка $n \times q$, которая связывает оценку животных со случайными эффектами.

42. Матрицы X и Z называются матрицами случаев, предполагается, что математическое ожидание (E) переменных имеет вид:

$$E(y) = Xb; E(a) = E(e) = 0.$$

Главная цель уравнения смешанной линейной модели – предсказать линейную функцию b и a (EBV) от y .

43. Для вычисления a и b необходимо решить уравнения смешанной линейной модели (ММЕ) для вычисления значений b (фиксированных эффектов) и предсказать решения для значений a (случайных эффектов). Формула для биометрической модели животного (АМ) в матричном виде имеет вид:

$$\begin{bmatrix} X'XX'Z \\ Z'XZ'Z+A^{-1}a \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{b} \\ \hat{a} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X'y \\ Z'y \end{bmatrix}$$

44. В свиноводстве прогноз племенной ценности производится по признакам собственной продуктивности, поэтому коэффициент a рассчитывается по формуле:

$$\alpha = \frac{\sigma_e^2}{\sigma_a^2} = \frac{1 - h^2}{h^2}.$$

Отсюда искомые коэффициенты равны:

$$\begin{bmatrix} \hat{b} \\ \hat{a} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X'XX'Z \\ Z'XZ'Z+A^{-1}a \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} X'y \\ Z'y \end{bmatrix}$$

Таким образом,

\hat{b}

– лучшая линейная оценка фиксированных факторов модели,

\hat{a}

– наилучший несмещенный прогноз племенной ценности (EBV) животного.

45. Матрица аддитивных генетических связей (A), соответствующая матрице числителей коэффициентов родства, рассчитывается по следующему рекурсивному алгоритму:

а) животные в родословной кодируются от 1 до n (n – число животных) и упорядочиваются таким образом, что родители предшествуют потомкам.

Если оба родителя (s и d) i -го животного известны, используются формулы:

$$a_{ji} = a_{ij} = 0,5 (a_{js} + a_{jd}),$$

$$j = 1 \text{ до } (i - 1),$$

$$a_{ii} = 1 + 0,5 (a_{sd}).$$

Если только один из родителей (s) известен и не связан родством с другим, используются формулы:

$$a_{ji} = a_{ij} = 0,5 (a_{js}),$$

$$j = 1 \text{ до } (i - 1),$$

$$a_{ii} = 1.$$

Если оба родителя неизвестны, используются формулы:

$$a_{ji} = a_{ij} = 0,$$

$$j = 1 \text{ до } (i - 1),$$

$$a_{ii} = 1;$$

б) произведение матрицы аддитивных генетических связей (A)

и аддитивной генетической дисперсии (σ_a^2) дает описание вариационно-ковариационной структуры аддитивных генетических ценностей оцениваемых животных;

в) для прогнозирования племенной ценности используются обратная матрица родства A^{-1} , метод расчета A^{-1} (без применения матрицы аддитивных генетических связей A).

Первоначально элементы матрицы родства A^{-1} задаются нулями, и применяются следующие правила.

Диагональные элементы задаются как 2, или 4/3, или 1 для животных с 2 известными, 1 известным и с неизвестными родителями соответственно.

Если известны оба родителя i-го животного, добавляются:

$$a_i \text{ — к элементу } (i, i);$$

$$- a_i/2 \text{ — к элементам } (s, i), (i, s), (d, i) \text{ и } (i, d);$$

$$a_i/4 \text{ — к элементам } (s, s), (s, d), (d, s) \text{ и } (d, d).$$

Если известен один из родителей i-го животного, добавляются:

$$a_i \text{ — к элементу } (i, i);$$

$$- a_i/2 \text{ — к элементам } (s, i) \text{ и } (i, s);$$

$$a_i/4 \text{ — к элементу } (s, s).$$

Если неизвестны оба родителя, добавляется a_i к элементу (i, i).

При применении скалярной формы уравнения BLUP AM смешанной модели (ММЕ) вида

$$\begin{bmatrix} X'XX'Z \\ Z'XZ'Z+A^{-1}a \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{b} \\ \hat{a} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X'y \\ Z'y \end{bmatrix}$$

матрица коэффициентов имеет вид:

$$\begin{bmatrix} C_{11} & C_{12} \\ C_{21} & C_{22} \end{bmatrix}$$

При этом обобщенная обратная матрица коэффициентов имеет вид:

$$\begin{bmatrix} C_{11} & C_{12} \\ C_{21} & C_{22} \end{bmatrix}$$

г) дисперсия ошибки прогноза (доля аддитивной генетической дисперсии, не учитываемая прогнозом) (prediction error variance, PEV) рассчитывается по формуле:

$$PEV = \text{var}(a - \hat{a}) = C^{22} s_e^2 = (1 - r^2) s_a^2,$$

где:

PEV – доля аддитивной генетической дисперсии, не учитываемая прогнозом;

r^2 – квадрат коэффициента корреляции между истинными и прогнозируемыми оценками племенной ценности.

Точность прогноза (r) – корреляция между истинными и прогнозируемыми оценками племенной ценности. Однако при оценке точность обычно выражается как надежность – квадрат коэффициента корреляции между истинными и прогнозируемыми оценками племенной ценности (r^2). Для расчета r или r^2 требуются диагональные элементы инвертированной смешанной модели (ММЕ).

Корень квадратный из PEV дает стандартную ошибку прогноза (standard error prediction, SEP):

$$SEP = \sqrt{PEV} = \sigma_a \sqrt{1 - r^2}$$

Для снижения ошибки прогноза необходимо использовать доступные методы, которые максимизируют r при имеющемся количестве информации.

Надежность оценки для животного (reliability, REL) рассчитывается по формуле:

$$REL = r^2 = 1 - \frac{PEV_i}{\sigma_a^2}.$$

46. Для того чтобы значения племенной ценности по селекционируемым признакам можно было легче интерпретировать, проводится их стандартизация.

47. Среднее значение племенной ценности всех животных в оцениваемой популяции принимается за 100, а значение стандартного отклонения приравнивается к

12. Полученное значение является стандартизированной племенной ценностью животного (ПЦ, частный селекционный индекс), рассчитываемой по формуле:

$$\text{ПЦ} = \frac{\text{EBV}}{\sigma_{\text{EBV}}} \times 12 + 100$$

где:

EBV – прогнозируемое значение племенной ценности селекционируемого признака, полученное на основе метода BLUP AM;

σ_{EBV} – стандартное отклонение значения прогнозируемой племенной ценности селекционируемого признака, полученного на основе метода BLUP AM;

12 – коэффициент, определяющий одну двенадцатую часть стандартного отклонения как 1 балл;

100 – коэффициент, определяющий уровень среднего значения.

Альтернативным методом стандартизации значений племенной ценности свиней по количественным селекционируемым признакам является спектральный метод. Стандартизация таких значений с использованием спектрального метода осуществляется в порядке согласно приложению № 3. Данный метод позволяет с помощью компактной записи (спектральной оценки) в деталях продемонстрировать прогнозируемую племенную ценность животного по каждому оцениваемому признаку.

48. Из стандартизированных значений племенной ценности для каждого селекционируемого признака с учетом весовых коэффициентов формируется комплексный селекционный индекс животного на основе метода BLUP AM по формуле

:

$$И = K_1 \times \text{ПЦ}_1 + K_2 \times \text{ПЦ}_2 + \dots + K_n \times \text{ПЦ}_n,$$

где:

И – комплексный селекционный индекс;

K_1 – весовой коэффициент первого селекционируемого признака;

ПЦ_1 – частный селекционный индекс первого селекционируемого признака;

K_n – весовой коэффициент последнего селекционируемого признака;

ПЦ_n – частный селекционный индекс последнего селекционируемого признака;

n – количество селекционируемых признаков.

49. Расчет весовых коэффициентов селекционируемых признаков осуществляется согласно приложению № 4.

50. Стандартизация значений комплексных селекционных индексов (ИС) осуществляется по формуле:

$$ИС = \frac{(P_{и} - \bar{P}_{и})}{\sigma_{и}} \times 12 + 100$$

где:

ИС стандартизованный комплексный селекционный индекс;

$P_{и}$ – значение комплексного селекционного индекса оцениваемого животного;

$\bar{P}_{и}$

– среднее значение комплексного селекционного индекса в оцениваемой популяции;

$\sigma_{и}$ – стандартное отклонение комплексного селекционного индекса в оцениваемой популяции;

12 – коэффициент, определяющий одну двенадцатую часть стандартного отклонения как 1 балл;

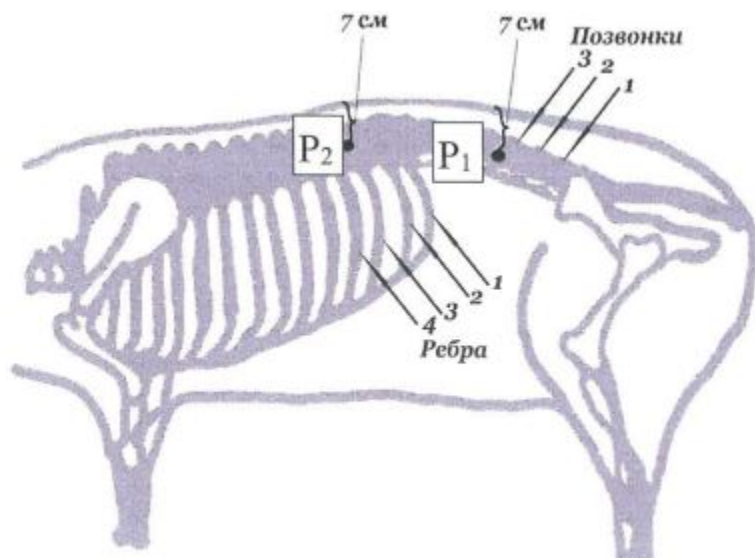
100 – коэффициент, определяющий уровень среднего значения.

51. В случае использования животного из другой популяции значение его племенной ценности приравнивается к среднему значению популяции, равному 100, а значения специфической племенной ценности будут равны нулю до тех пор, пока в данной популяции от него не будет получено потомство и определена продуктивность этого потомства.

ПРИЛОЖЕНИЕ № 1
к Методике оценки
племенной ценности свиней

АНАТОМИЧЕСКАЯ СХЕМА

расположения точек для ультразвукового измерения толщины шпика и высоты (глубины) длиннейшей мышцы спины



P_1 – точка находится между третьим и четвертым позвонками (с дорсальной стороны туловища) поясничного отдела позвоночника в 7 см от средней линии спины. В данной точке измеряют только толщину шпика.

P_2 – точка находится на уровне третьего-четвертого ребра (с дорсальной стороны туловища) в 7 см от средней линии спины. В данной точке последовательно измеряют толщину шпика и высоту (глубину) длиннейшей мышцы спины.

ПРИЛОЖЕНИЕ № 2
к Методике оценки
племенной ценности свиней

ПОПРАВочНЫЕ КОЭФФИЦИЕНТЫ

для перерасчета массы гнезда при отъеме на массу гнезда в 30 дней

Возраст при взвешивании, дней	Коэффициент	Возраст при взвешивании, дней	Коэффициент	Возраст при взвешивании, дней	Коэффициент
21	1,47	35	0,86	49	0,54
22	1,40	36	0,82	50	0,52
23	1,32	37	0,79	51	0,51
24	1,26	38	0,76	52	0,50
25	1,20	39	0,73	53	0,48
26	1,15	40	0,70	54	0,47
27	1,14	41	0,68	55	0,46
28	1,07	42	0,66	56	0,45
29	1,04	43	0,64	57	0,44
30	1,00	44	0,62	58	0,42
31	0,97	45	0,60	59	0,41
32	0,94	46	0,58	60	0,40
33	0,91	47	0,57	61	0,39
34	0,88	48	0,55	62	0,38

ПРИЛОЖЕНИЕ № 3
к Методике оценки
племенной ценности свиней

ПОРЯДОК

стандартизации значений племенной ценности свиней по количественным селекционируемым признакам с использованием спектрального метода

При стандартизации значений племенной ценности (EBV) свиней по количественным селекционируемым признакам с использованием спектрального метода племенная ценность (EBV), выражаемая в фактических единицах измерения

селекционируемого признака, переводится в безразмерные единицы и выражается в баллах от 0 до 9, что позволяет сравнивать племенную ценность свиней по различным селекционируемым признакам в единой системе отсчета.

Данный метод оценки предполагает линейную зависимость между племенной ценностью свиней и оцениваемым количественным селекционируемым признаком. Баллы рассчитываются с точностью, достаточной для их обратного пересчета в исходные значения племенной ценности (EBV) без потери точности, по формуле:

для прямого показателя селекционируемого признака свиней (при увеличении фактического значения которого племенная ценность животного увеличивается):

$$B = \frac{3}{\sigma} \times (P_n - \mu + \sigma);$$

для обратного показателя селекционируемого признака свиней (при увеличении фактического значения которого племенная ценность животного уменьшается):

$$B = -\frac{3}{\sigma} \times (P_o - \mu - \sigma),$$

где:

B – балл;

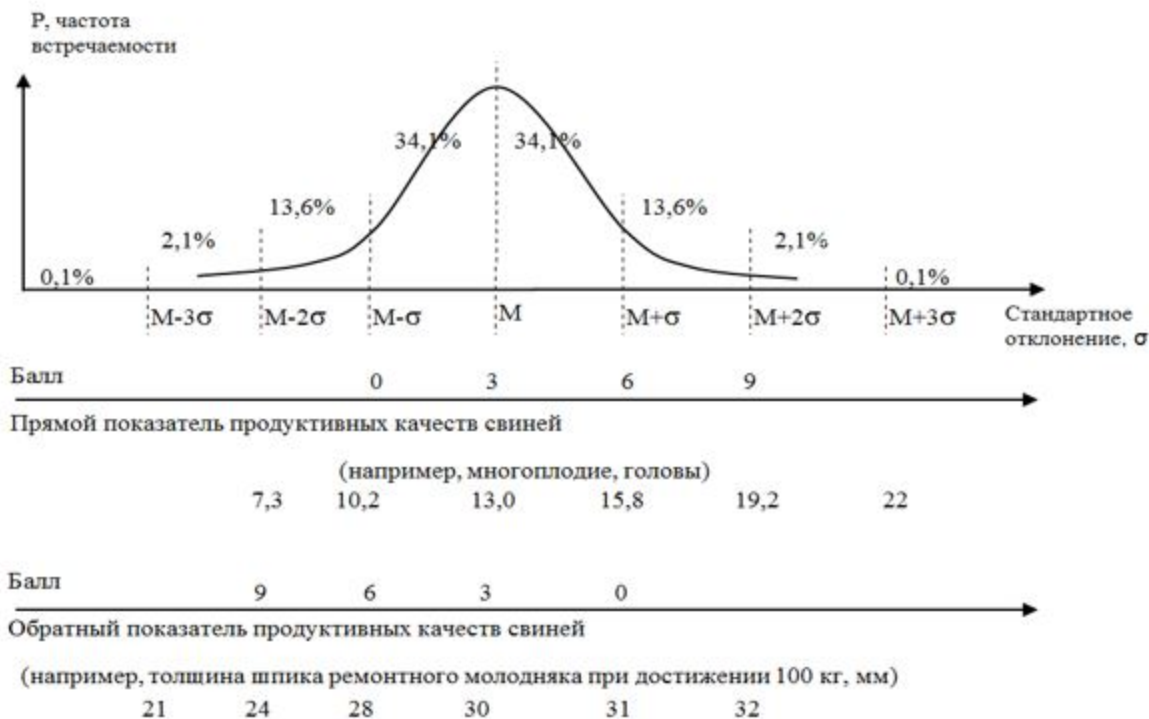
P_n – фактическое значение племенной ценности по прямому показателю селекционируемого признака свиней;

P_o – фактическое значение племенной ценности по обратному показателю селекционируемого признака свиней;

μ – среднее арифметическое значение;

σ – стандартное отклонение.

Максимальное значение племенной ценности по анализируемому селекционируемому признаку в данной системе нормирования соответствует 9 баллам, минимальное – 0 баллов, а среднеарифметическое значение () и стандартное отклонение () племенной ценности по селекционируемому признаку – 3 баллам. С учетом этого 9 баллам будет соответствовать значение племенной ценности, равное + 2, а 0 баллов – значение, равное – . Таким образом, за пределами + 2 располагается 2,1 % всех измерений анализируемого селекционируемого признака, относящихся к лучшим животным, оцененным по данному признаку, в то время как за пределами – располагается 15,8 % измерений, относящихся к худшим животным по данному признаку, как указано на рисунке.



Короткая оценочная запись, содержащая присвоенные баллы по каждому количественному селекционируемому признаку, округленные до целой части, в которой баллы за воспроизводительные показатели отделяются от баллов за мясооткормочные показатели двоеточием, называется спектральной оценкой животного. При этом рассчитанным значениям баллов меньше 0 соответствует балл, равный 0, а значениям больше 9 – балл, равный 9.

На основании точных (неокругленных) значений баллов по каждому количественному селекционируемому признаку рассчитываются комплексный балл за воспроизводительные показатели и комплексный балл за мясооткормочные показатели по формуле:

$$И = (K_1 \times B_1 + K_2 \times B_2 + \dots + K_n \times B_n) / (K_1 + K_2 + \dots + K_n),$$

где:

И – комплексный балл;

B_1 – балл за первый анализируемый селекционируемый признак;

B_n – балл за n-й анализируемый селекционируемый признак;

K_1 – весовой коэффициент первого анализируемого селекционируемого признака;

K_n – весовой коэффициент n-го анализируемого селекционируемого признака.

РАСЧЕТ

весовых коэффициентов селекционируемых признаков

1. Экономическая значимость (W_i) селекционируемых признаков, входящих в комплексный селекционный индекс, определяется с учетом суммы денежного выражения всех селекционируемых признаков при денежном выражении каждого из них ($V_1, V_2, V_3 \dots V_n$ – денежное выражение первого, второго, третьего... n-го признаков) и с учетом стандартного отклонения по селекционируемым признакам.

2. Экономическая значимость (W_i) по всем селекционируемым признакам рассчитывается по формуле:

$$W_i = \frac{V_i \times S_i}{\sum_{i=1}^n (V_i \times S_i)},$$

где:

W_i – экономическая значимость i-го признака;

V_i – денежное выражение i-го селекционируемого признака;

S_i – стандартное отклонение i-го селекционируемого признака;

n – количество селекционируемых признаков в комплексном селекционном индексе ;

i – порядковый номер селекционируемого признака в комплексном селекционном индексе.

3. Весовые коэффициенты селекционируемых признаков (K_i) комплексной оценки племенной ценности (всех половозрастных групп свиней) рассчитываются согласно теории селекционного индекса (в матричной форме):

$$Pb = Gw,$$

где:

P – матрица фенотипических корреляций (ковариаций) $m \times m$ селекционируемых признаков, входящих в комплексный селекционный индекс;

b – столбец вектора m весовых коэффициентов селекционируемых признаков (K_i) комплексного селекционного индекса;

G – матрица $m \times n$ генетических корреляций (ковариаций) по m селекционируемых признаков, входящих в комплексный индекс, и n селекционируемых признаков, входящих в агрегатный генотип (совокупность признаков, для которых рассчитаны весовые коэффициенты экономической значимости (идеальное с экономической точки зрения животное));

w – вектор целей разведения (весовых коэффициентов экономической значимости W_i) признаков в агрегатном генотипе.

Отсюда весовые коэффициенты селекционируемых признаков комплексных селекционных индексов равны:

$$b = P^{-1}Gw.$$

Элементы P и G находим:

s^2_p – фенотипическая дисперсия (диагональные элементы матрицы P);

$s_{mn} = r_{mn}s_m s_n$ – фенотипическая ковариация (внедиагональные элементы матрицы P)

;

$s^2_g = h^2 s^2_p$ – генетическая дисперсия (диагональные элементы матрицы G);

$s_{gmn} = r_{gmn} h_m h_n s_m s_n$ – генетическая ковариация (внедиагональные элементы матрицы G).

4. Весовые коэффициенты селекционируемых признаков (K_i) рассчитываются так, чтобы отбор индивидуумов по комплексному селекционному индексу (I) максимизировал ответ по агрегатному генотипу (W_i).