УДК 619:617.3:575.22:636.2

ВИКОРИСТАННЯ АМЕРИКАНСЬКИХ СЕЛЕКЦІЙНИХ ІНДЕКСІВ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ЗАКРІПЛЕННЯ БУГАЇВ-ПЛІДНИКІВ ГОЛШТИНСЬКОЇ ПОРОДИ

ЧЕРНЯК НАТАЛІЯ
провідний науковий співробітник, кандидат с.-г. наук лабораторії розведення молочної худоби, Інститут розведення і генетики тварин імені М. В. Зубця НААН, Чубинське, Україна

ГОНЧАРУК ОКСАНА
науковий співробітник лабораторії розведення молочної худоби, Інститут розведення і генетики тварин імені М. В. Зубця НААН, Чубинське, Україна

ЧЕРНЯК БОГДАН
аспірант, Інститут розведення і генетики тварин імені М. В. Зубця НААН, Чубинське, Україна

СТАРОСТЕНКО ІРИНА
кандидат с.-г. наук, доцент кафедри генетики, розведення та селекції тварин, Білоцерківський національний аграрний університет, Біла Церква, Україна

ТИТАРЕНКО ІРИНА
кандидат с.-г. наук, доцент кафедри генетики, розведення та селекції тварин, Білоцерківський національний аграрний університет, Біла Церква, Україна

В умовах інтенсивних технологій виробництва молока перед галуззю молочного скотарства постають високі вимоги щодо здоров'я тварин, міцності конституції та технологічності у зв'язку з механізацією й повною автоматизацією виробничих процесів. Сучасні методи племінної роботи спрямовані на створення високопродуктивних тварин, добре пристосованих до ресурсозберігаючих технологій виробництва продукції, що передбачає об'єктивну оцінку їх племінних якостей та використання досягнень популяційної генетики. Якість використовуваних сьогодні в стаді бугаїв-плідників вказує на те, які корови будуть продукувати молоко за три роки. Підбір бугаїв для штучного осіменіння є найбільш ефективним і дешевим способом досягнення прогресу на шляху до визначеної генетичної мети.

При закріпленні бугаїв-плідників до маточного поголів'я стада необхідно дотримуватися таких основних принципів:

- використовувати на маточному поголів'ї лише бугаїв-плідників, внесених до *Каталогу бугаїв молочних та молочно-м'ясних порід для відтворення маточного поголів'я* та перевірених за якістю потомства;
- брати до уваги результати оцінки бугая за молочною продуктивністю, інтенсивністю молоковіддачі, легкістю отелень, темпераментом, кількістю соматичних клітин у молоці, фертильністю та тривалістю продуктивного використання його дочок;
- враховувати лінійну оцінку типу первісток. В ефективності використання молочної худоби екстер'єр відіграє ключову роль, оскільки гармонійно розвинені особини менш схильні до передчасного вибуття зі стада через недостатню адаптацію до умов інтенсивних технологій утримання та характеризуються вищим потенціалом молочної продуктивності. Оцінка екстер'єру, зокрема за результатами промірів окремих частин тіла, дає змогу отримати об'єктивну інформацію про будову тварин, визначити їхні переваги та недоліки у зв'язку з різними напрямами продуктивності [5].

Недопущення поширення генетичних дефектів. Нині у великої рогатої худоби зафіксовано понад 400 генетично обумовлених захворювань, які призводять до зниження плодючості, відтворювальної здатності, резистентності до інфекційних та несприятливих факторів, а відтак - до загального падіння рентабельності виробництва. Виявлення такого «генетичного вантажу» ускладнене тим, що тварина, яка успадкувала від одного з батьків лише один дефектний ген (гетерозигота), зазвичай зовні здорова і може демонструвати високі показники продуктивності. Проте при отриманні у спадок двох мутантних алелей (гомозигота) негативні симптоми проявляються у потомства. Більшість таких гомозиготних особин гине на ранніх етапах розвитку: у ембріональний період (5-20 діб після запліднення) або в перші місяці після народження. Гетерозиготні носії спадкових дефектів фенотипово не відрізняються від здорових тварин і можуть бути виявлені лише за допомогою молекулярно-генетичних методів аналізу.

Використовувати сексоване сім'я. В Україні ряд сільськогосподарських підприємств успішно застосовують сексовану сперму для осіменіння тварин. Найчастіше її використовують для телиць, оскільки вони демонструють вищий ступінь заплідненості порівняно з коровами.

Позитивні моменти при використанні сексованої сперми:

❖ Господарства, що займаються розведенням молочної худоби, можуть із високою точністю прогнозувати отримання телиць, підвищуючи тим самим ефективність управління стадом.

❖ Використання сексованої сперми сприяє підвищенню молочної продуктивності стада за значно коротший період.

❖ Є можливість самостійно нарощувати поголів'я за рахунок власного ремонту стада без необхідності завезення телиць і нетелей із інших господарств або з-за кордону, що особливо актуально в умовах високого попиту на ремонтне поголів'я в Україні.

❖ Використання сексованої сперми підвищує біобезпеку господарств, оскільки купівля нових нетелей може нести ризик занесення інфекційних захворювань.

❖ Оскільки телички мають меншу живу масу порівняно з бугайцями, застосування сперми, розділеної за статтю, зменшує ризик важких отелень і полегшує управління репродукцією.

❖ Плановане отримання потомства певної статі є додатковим джерелом економічного ефекту для господарства.

Таким чином, використання сексованої сперми є перспективною технологією, яка дозволяє не лише отримувати нащадків запланованої статі, але й ефективніше управляти відтворенням і ремонтом стада. Крім того, ця технологія сприяє підвищенню економічної ефективності господарства за рахунок отримання додаткових джерел доходу.

Використання сперма бугаїв з властивістю до передачі сильного імунітету. Immunity+ (I) – це інноваційна технологія у селекції великої рогатої худоби, яка дозволяє відбирати та використовувати сперму бугаїв із високим імунним індексом. Вона спрямована на підвищення імунної стійкості потомства, зменшення захворюваності та покращення продуктивності корів. Це відкриває нові можливості для селекції та поліпшення здоров'я стада за рахунок вибору бугаїв з високим імунним статусом [11,15].

Переваги використання бугаїв з високим індексом імунітету

➢ **Знижена частота захворювань у потомства:** Потомство таких плідників демонструє підвищену стійкість до інфекційних захворювань, зокрема маститу, кетозу, метриту та інших, що зменшує загальний рівень захворюваності у стаді.

➢ **Поліпшення загального здоров'я стада:** Тварини з високим індексом імунітету мають більшу здатність протидіяти патогенам, що знижує потребу в медичному втручанні та покращує загальний стан здоров'я стада.

➢ **Зменшення витрат на ветеринарні послуги:** Менша кількість захворювань у стаді знижує витрати на лікування та профілактичні заходи, що підвищує економічну ефективність тваринництва.

➢ **Покращена виживаність молодняку:** Телята від бугаїв з високим індексом імунітету мають вищу виживаність у ранньому віці, що позитивно впливає на продуктивність та відтворення стада.

➢ **Підвищення продуктивності:** Здоровий організм сприяє кращим показникам молочності, м'ясної продуктивності та росту тварин.

Геномна оцінка тварин

Геномна селекція забезпечує ранню оцінку та добір потенційних племінних тварин (бугайців і теличок) за прогнозованими показниками економічно важливих ознак, що сприяє прискоренню генетичного прогресу порід шляхом розширення спектра селекційних ознак і скорочення генераційного інтервалу [8, 9, 13]. Завдяки геномній оцінці селекціонери можуть визначати племінні якості тварин на ранніх етапах розвитку, що дозволяє оперативно приймати рішення щодо їхнього подальшого використання у селекційній програмі. Це, у свою чергу, сприяє зменшенню селекційного інтервалу та підвищенню ефективності племінної роботи [14, 20]. Результати геномної оцінки дозволяють на ранніх етапах вирощування телички отримати детальну інформацію про її генетичний профіль. Оцінка включає Індекс імунітету, ключові показники здоров'я, тривалість продуктивного життя, ознаки екстер'єру, рівень молочної продуктивності, відтворювальні здібності, а також виявлення можливих генетичних дефектів.

Elevate® — це геномна програма компанії Semex (Semex Solutions), яка надає повний інструментарій для керування геномною інформацією в стаді [10].

Програма Elevate від компанії Semex призначена для оперативного отримання геномної інформації про самок, що забезпечує прискорення генетичного прогресу в стаді, підвищення точності добору, своєчасне виявлення помилок у родоводах та ефективний контроль рівня інбридингу. Система дає змогу швидко ідентифікувати найбільш цінних тварин шляхом спрощеної процедури геномного тестування, результати якого автоматично інтегруються з додатком Semex Solutions. Це забезпечує користувачеві доступ до повної селекційної інформації у режимі реального часу.



АМЕРИКАНСЬКІ СЕЛЕКЦІЙНІ ВЕЛИЧИНИ

Американські селекційні індекси є інтегральними показниками, які поєднують у собі результати оцінки за великою кількістю окремих ознак - продуктивності, фертильності, довговічності, здоров'я, екстер'єру та ефективності використання кормів. Основна мета використання таких індексів -підвищення генетичного прогресу шляхом одночасного врахування комплексу економічно важливих ознак відповідно до їхньої реальної вартості в умовах сучасного молочного виробництва [2, 21].

Система американських індексів є динамічною: економічні ваги ознак переглядаються кожні п'ять років залежно від змін ринку молока, вартості кормів та ветеринарних витрат. Це забезпечує постійну актуальність результатів генетичної оцінки і високу точність добору бугаїв-плідників.

Найбільш поширеними в міжнародній практиці є такі індекси:

- TPI (Total Performance Index) – загальний індекс продуктивності,
- NM$ (Net Merit Dollars) – індекс чистої прибутковості,
- CM$ (Cheese Merit Dollars) – індекс для господарств, орієнтованих на виробництво сиру,
- FM$ (Fluid Merit Dollars) – індекс для виробників рідкого молока,
- DWP$ (Dairy Wellness Profit Index) – індекс прибутковості з урахуванням здоров'я тварин.

Усі ці індекси побудовані за єдиним принципом - економічного моделювання життєвого прибутку корови, що дозволяє враховувати взаємозв'язок між продуктивністю, довговічністю та здоров'ям.

TPI (Total Performance Index) - це комплексний селекційний індекс, який поєднує в собі ознаки молочної продуктивності, здоров'я, довговічності, фертильності та інших економічно важливих характеристик. Часто використовується у США (аналогічно TPI від Holstein Association). В індексі TPI - питома вага займає 46% продуктивності (молочний жир і білок по 19% та кормова ефективність 8%), тип - 26%, здоров'я та фертильність - 28%.

GTPI (Genomic Total Performance Index), Holstein Association USA, April 2025 [6].

NM$ (Net Merit Dollars, чиста рентабельність)

Індекс NM$ (Net Merit Dollars) є одним із найпоширеніших та економічно обґрунтованих селекційних індексів США, розробленим фахівцями USDA та Council on Dairy Cattle Breeding (CDCB). Його метою є оцінка очікуваного чистого прибутку від потомства тварини протягом усього життя корови порівняно із середнім по популяції.

Net Merit є інтегральним показником, який поєднує продуктивні, відтворювальні та функціональні ознаки, відображаючи їхній економічний внесок у прибутковість молочного виробництва.

В Net Merit індексі: продуктивність займає 54,8%, тип - 12,7%, здоров'я та фертильність - 32,5%.

CM$ (Cheese Merit Dollars)

Індекс CM$ (Cheese Merit Dollars) розроблено фахівцями Ради з оцінки великої рогатої худоби США (Council on Dairy Cattle Breeding, CDCB**)** з метою підвищення економічної ефективності молочного виробництва в господарствах, орієнтованих на переробку молока на сир. На відміну від універсальних індексів (TPI, NM$), CM$ акцентує увагу на таких генетичних ознаках, що забезпечують вищий вихід і якість сиру, тобто має виражену галузеву спрямованість.

Основу індексу становлять племінні величини за вмістом білка і жиру в молоці, оскільки саме ці компоненти визначають його технологічну придатність для сироваріння та економічну цінність. При цьому вміст білка має вищу вагу, ніж жиру, що відповідає структурі сировини, необхідної для виробництва твердих сирів.

До складу індексу також входять такі селекційні показники:

PL (Productive Life) - тривалість господарського використання;

DPR (Daughter Pregnancy Rate) - фертильність дочок;
SCS (Somatic Cell Score) - стійкість до маститу;
HLIV (Heifer Livability) - виживаність телиць;
FSAV (Feed Saved) - ефективність використання кормів;
здоров'я корів (Health Traits) - включає показники резистентності до кетозу, кульгавості, затримки посліду тощо.

Індекс CM$ виражається у доларах США і показує очікуваний додатковий економічний прибуток від потомства певного бугая порівняно із середнім по популяції. Застосування цього індексу дає можливість спрямовувати селекцію на підвищення частки білка і жиру в молоці, одночасно зберігаючи баланс між продуктивністю, здоров'ям і відтворювальними якостями.

Таким чином, використання індексу CM$ у системі підбору бугаїв-плідників сприяє підвищенню генетичного потенціалу стада за ознаками білковомолочної продуктивності та забезпечує оптимізацію селекційного напряму відповідно до потреб сироварної промисловості.

DWP$ (Dairy Wellness Profit Dollars)

Індекс DWP$ (Dairy Wellness Profit Dollars) запроваджено компанією Zoetis як розширену версію економічного індексу NM$, з акцентом на здоров'я, стійкість до хвороб та добробут тварин. Його основне призначення - оцінка очікуваного економічного прибутку від потомства з урахуванням генетичної схильності до найпоширеніших захворювань, що безпосередньо впливають на продуктивність і тривалість господарського використання корів.

До складу DWP$ входять як базові економічні показники, так і розширений блок індексів здоров'я:

базові показники: молочна продуктивність, фертильність, довговічність;
показники здоров'я (Wellness Traits): Mastitis - схильність до маститу, Lameness - кульгавість, Metritis - метрит, Ketosis - кетоз, Retained Placenta - затримка посліду, Displaced Abomasum - зміщення сичуга.

Індекс DWP$ виражається у доларах США і показує очікувану різницю в прибутку між потомством оцінюваного бугая та середнім рівнем популяції. Застосування цього показника у доборі бугаїв-плідників дозволяє підвищувати генетичну стійкість до хвороб, зменшувати ветеринарні витрати та водночас зберігати високий рівень продуктивності і репродуктивних якостей. Таким чином, DWP$ є комплексним селекційним інструментом, що поєднує економічну доцільність, здоров'я та добробут тварин, забезпечуючи генетичне вдосконалення стада в умовах інтенсивного молочного виробництва.

FM$ (Fluid Merit Dollars)

Індекс FM$ (Fluid Merit Dollars) розроблено Радою з оцінки великої рогатої худоби США (Council on Dairy Cattle Breeding, CDCB) для господарств, орієнтованих на виробництво рідкого молока, яке реалізується безпосередньо для споживання або подальшої переробки у свіжі молочні продукти.

Основна мета індексу - генетична оптимізація продуктивності корів із акцентом на збільшення об'єму молока при збереженні задовільного вмісту жиру та білка. На відміну від індексів CM$ і NM$, які враховують економічну ефективність переробки на сир чи загальну прибутковість, FM$ фокусується на ринкових умовах реалізації рідкого молока, де головним є кількість продукції, а не концентрація сухих речовин.

Індекс FM$ виражається у доларах США та відображає очікуваний додатковий прибуток від потомства оцінюваного бугая порівняно із середнім по популяції, за умови, що молоко реалізується як рідке (fluid milk). Застосування FM$ у селекційній практиці дає змогу: підвищувати генетичний потенціал стада за надоєм, зберігати задовільні показники відтворення і здоров'я, орієнтувати добір бугаїв-плідників на економічну ефективність виробництва рідкого молока відповідно до потреб конкретного типу господарства.

Ознаки молочної продуктивності

В США базовий показник молочної продуктивності голштинської породи становить: надій - 13073 кг, жир – 3,89 %, білок – 3,13 % .

PTA (Predicted Transmitting Ability) - це базове поняття у селекції, яке відображає очікувану половину генетичної цінності тварини, здатну передаватися її потомству. Іншими словами, PTA характеризує середній внесок батька або матері у формування певної ознаки у нащадків і використовується як основа для розрахунку селекційних індексів (TPI, NM$, LPI, JPI тощо).

Ознаки продуктивності (Production traits, PTA)

PTA Milk - прогнозована здатність до передачі надою молока потомству (кг або lb).

PTA Fat (kg, lb, %) - прогнозована здатність до передачі кількості та відсотка жиру в молоці потомству.

PTA Protein (kg, lb, %) - прогнозована здатність до передачі кількості та відсотка білка в молоці потомству.

Feed Saved (FSAV) - показник економії кормів, який враховується у деяких селекційних індексах (наприклад, NM$).

Кормова ефективність $ = продуктивність $ + індекс маси тіла $ + дельта по споживанню корму $ = (0,0025 молоко) + (1,86 х жир) + (1,75 х білок) + (0,13х заощаджені корми) [6].

Ознаки тілобудови

Ознаки тілобудови відображають розвиток та пропорційність основних частин тіла великої рогатої худоби й мають важливе значення для оцінки типу, довговічності та адаптивності тварин. Вони характеризують силу конституції, розвиток тулуба, гармонійність будови й безпосередньо впливають на рівень продуктивності, здатність до споживання корму, відтворну здатність та загальну життєздатність.

Ознаки типу (Conformation traits, PTA):

PTAT (Predicted Transmitting Ability for Type) - загальний тип.

Ріст/Stature

Ширина грудей/Chest Width

Глибина тулуба/Body Depth

Кутастість/Angularity

Нахил заду/ Rump Angle

Ширина заду/Rump Width

Кут тазових кінцівок/Rump Legs Angle

Постава тазових кінцівок/Rear Legs Set

Кут ратиць/Hoof Angle

Переднє прикріплення вим'я/Fore Udder Attachment

Заднє прикріплення вим'я/Rear Udder Attachment

Центральна зв'язка/Central Ligament

Глибина вим'я/Udder Depth

Розміщення передніх дійок/Front Teat Placement

Розміщення задніх дійок/Rear Teat Placement

Довжина дійок/Teat Length

Ознаки здоров'я і фертильності тварин

Ознаки здоров'я і фертильності (Health & Fertility traits, PTA) є ключовими складовими сучасних програм селекції великої рогатої худоби, оскільки визначають функціональну довговічність, відтворну здатність і загальний економічний ефект від використання тварин. На відміну від традиційного добору лише за продуктивністю, сучасні селекційні стратегії спрямовані на формування генетично стійких до захворювань і репродуктивно надійних корів, здатних підтримувати високий рівень молочної продуктивності протягом тривалого періоду.

Продуктивне життя (з англ. Productive Life, PL) - це селекційний індекс, що показує очікувану кількість додаткових місяців продуктивного використання корови в стаді у порівнянні із середнім рівнем по породі. Тривалість продуктивного життя є однією з ключових

економічно важливих ознак у молочному скотарстві, яка відображає комплексну характеристику здоров'я, стійкості до хвороб, фертильності та продуктивності тварин. Генетичне поліпшення цієї ознаки є пріоритетним завданням селекційних програм.

Приклад інтерпретації:

Якщо PL = +3,8, це означає, що дочки такого бугая в середньому залишаються в стаді на 3,8 місяця довше, ніж середньостатистичні корови породи.

Якщо PL = -1,2, це свідчить про скорочення тривалості утримання у стаді, що зазвичай зумовлено проблемами зі здоров'ям або репродуктивною здатністю.

Somatic Cell Score (SCS) – прогнозована здатність до передачі рівня соматичних клітин, що відображає резистентність до маститу потомству.

Fertility Index (FI) (індекс фертильності) - це комплексний селекційний показник, що узагальнює репродуктивні характеристики корів, і застосовується для оцінки племінної цінності бугаїв-плідників Council on Dairy Cattle Breeding (CDCB).

Індекс фертильності об'єднує кілька ключових ознак, що відображають як фізіологічну, так і клінічну ефективність репродуктивної системи корів [10].

Основні складові індексу:

✅ Тривалість сервіс-періоду - період від отелення до успішного запліднення.

✅ Кількість осіменінь на одну тільність - середнє число інсемінацій, необхідних для настання тільності.

✅ Відсоток тільностей після першого осіменіння - показник фертильності самок.

✅ Інтервал між отеленнями - чим коротший, тим краща фертильність.

✅ Частота репродуктивних розладів - таких як кісти яєчників, метрити, ендометрити, затримка посліду тощо.

Індекс Фертильності (FI)=(0,7×DPR)+(0,1×CCR)+(0,1×HCR)+(0,1×EFC), де:

DPR (Daughter Pregnancy Rate) - темп запліднення дочок,

CCR (Cow Conception Rate) - заплідненість корів,

HCR (Heifer Conception Rate) - заплідненість телиць,

EFC (Early First Calving) - вік першого отелення .

Ця формула підкреслює, що найбільший внесок у Індекс Фертильності має DPR (70%), а інші показники враховуються з меншими вагами по 10% кожен. Такий підхід дає змогу комплексно оцінити репродуктивну здатність тварини, беручи до уваги різні аспекти фертильності.

Приклад інтерпретації:

Якщо у бугая індекс фертильності = +2,5, це означає, що його дочки мають кращу фертильність, ніж середньопопуляційний рівень.

Значення < 0 свідчить про погану репродуктивну ефективність дочок.

• ***Daughter Pregnancy Rate*** (DPR) - темп запліднення дочок, тобто ймовірність, що неплідна телиця або корова завагітніє впродовж одного естрального циклу (21 дня).

Приклад інтерпретації:

DPR = +1,0 означає, що дочки цього бугая мають на 1% вищу ймовірність завагітніти протягом кожного 21-денного періоду, порівняно з середнім показником по популяції. Цей показник є ключовим при оцінці репродуктивної ефективності потомства, особливо в умовах інтенсивного молочного виробництва, де скорочення сервіс-періоду є критичним.

Кожен додатковий відсоток у значенні DPR (Daughter Pregnancy Rate) приблизно дорівнює скороченню сервіс-періоду на 4 дні.

Приклад інтерпретації:

Якщо у бугая DPR = +2,0, то його дочки в середньому матимуть сервіс-період на 8 днів коротший, ніж у тварин від бугая з DPR = 0,0.

Heifer Conception Rate (HCR) – заплідненість телиць, яка відображає ймовірність успішного запліднення телиці при першому штучному осіменінні. Вимірюється у відсотках

або стандартних одиницях (залежно від системи оцінки), і чим вище значення HCR, тим краща репродуктивна здатність телиць, народжених від конкретного бугая.

Приклад інтерпретації:

Якщо HCR = +1,5 - це означає, що телиці цього бугая мають на 1,5% вищу ймовірність завагітніти при першому осіменінні, порівняно з середньою популяцією.

Cow Conception Rate (CCR) - результативність осіменіння корів. Це показник, що відображає ймовірність успішного запліднення корів з першої спроби. Іншими словами, це частка корів, які завагітніли після першого осіменіння в конкретному періоді.

формула для розрахунку CCR (Cow Conception Rate):

$$CCR = \frac{\text{кількість корів, які завагітніли після першого осіменіння}}{\text{загальна кількість корів, які були осіменені вперше}} \times 100\%$$

Calving Ability / Calving Traits (CA, DCE, SCE, DSB) - легкість отелення та мертвонародження

Індекс ознак отелення (IOO) є комплексним показником, який відображає загальний стан репродуктивної функції у потомства бугая-плідника через оцінку легкості отелень і частоти мертвороджень як у самих телят, так і у їхніх матерів - дочок цього бугая.

Індекс враховує два ключові аспекти:

Легкість отелення - визначає, наскільки природним і без ускладнень відбувається розродження. Чим нижчий відсоток ускладнених отелень, тим кращі генетичні передумови для здорового розмноження.

Частота мертвонароджень - є важливим показником здоров'я і життєздатності потомства, а також якості репродуктивної функції тварин.

Загальний індекс об'єднує ці показники як для потомства безпосередньо від бугая, так і для дочок, що дозволяє комплексно оцінити спадковий вплив плідника на репродуктивні результати стада.

Індекс ознак отелення [6]:

$$CA\$ = -4\times(SCE-2{,}2) - 3\times(DCE-2{,}7) - 4\times(SSB-5{,}6) - 8\times(DSB-6{,}6),$$ де:

SCE (Sire Calving Ease) - легкість отелення від бугая

DCE (Daughter Calving Ease) - легкість отелення доньок

SSB (Service-Sire Stillbirth) - мертвонароджувані від бугая

DSB (Daughter Stillbirth) - мертвонароджувані у доньок

Livability (LIV) - показник, що характеризує ймовірність виживання та збереження корів у стаді після кожної лактації**.** Вищі значення LIV свідчать про менший ризик вибракування тварини з причин захворювань, травм або низької продуктивності. Цей індекс відображає економічну цінність тварини через подовження терміну її використання, зменшення витрат на ремонт стада та підвищення загальної ефективності молочного виробництва. У стаді із середнім значенням LIV +3,0 % корови мають вищу ймовірність залишатися після завершення лактації. Наприклад, якщо у господарстві 100 корів, це може означати, що на кожні 100 тварин на 3–4 корови менше вибраковується щороку. Відповідно, зменшуються витрати на закупівлю ремонтних телиць.

Heifer Livability (HLIV) - показник, що відображає ймовірність збереження телиць до першого отелення**.** Вищі значення HLIV свідчать про зменшення ризику загибелі або вибракування телиць у період вирощування, що має важливе значення для зниження економічних втрат та підвищення ефективності відтворення стада. Якщо середній показник HLIV у стаді становить +2,0 %, то на кожні 100 вирощуваних телиць додатково виживають 2-3 тварини, які успішно досягають першого отелення. Це напряму впливає на стабільність відтворення стада та зниження витрат на вирощування "зайвих" телиць. Тобто на практиці вищі значення LIV і HLIV означають менше втрат тварин та більш ефективне використання генетичного потенціалу.

Health Traits Index (HTH) - комплекс ознак здоров'я (включає мастити, кетоз, затримку плаценти тощо).

Індекс ознак здоров'я (Health Trait Index, HTH) є зваженим показником, що оцінює загальний генетичний потенціал тварини за низкою функціональних ознак здоров'я, пов'язаних із поширеними захворюваннями у молочних корів. Формула індексу враховує вплив кожного захворювання з урахуванням їхньої вагомості та економічної значущості [6]:

Індекс ознак здоров'я = (0,34 х гіпокальцемія) + (1.97 х зміщення сичуга) + (0,28 х кетоз) + (1,50 х мастит) + (1,12 х метрит) + (0,68 х затримка посліду)

Де кожен показник - це генетична оцінка тварини за схильністю до відповідного захворювання, представлені в одиницях PTA (predicted transmitting ability) або інших стандартизованих величинах.

Цей індекс дозволяє:

- Комплексно оцінити спадкову схильність до основних хвороб, що негативно впливають на продуктивність і здоров'я корів.
- Відрізнити тварин із кращими генетичними показниками за функціональним здоров'ям.
- Використовувати у селекційних програмах для підвищення стійкості стада до захворювань, що забезпечує економічну ефективність та покращення добробуту тварин.

Таким чином, індекс ознак здоров'я є важливим інструментом збалансованої селекції, що враховує не лише продуктивність, а й функціональні характеристики, необхідні для сталого розвитку молочного тваринництва.

Age at First Calving (AFC / Early First Calving, EFC) - показник, що характеризує прогнозовану здатність тварини передавати потомству вік настання першого отелення**.** Менший вік першого отелення вважається економічно вигідним, оскільки скорочує період вирощування ремонтних телиць, знижує витрати на утримання до початку продуктивного використання та прискорює окупність інвестицій.

Δ споживання корму (Feed Saved, Delta Feed Intake) - селекційний показник, що відображає економічну ефективність використання кормів [12].

- Він характеризує генетичну здатність тварини споживати менше корму без зниження продуктивності.
- Розраховується як різниця між очікуваним (модельованим з урахуванням рівня молочної продуктивності, живої маси та фізіологічного стану) і фактичним споживанням корму.
- Позитивні значення свідчать про те, що тварина потребує меншої кількості корму для досягнення такого ж рівня продуктивності, як середньостатистичні аналоги.
- Вищий показник означає більшу економічну вигоду, адже зменшуються витрати на корми при збереженні продуктивності та життєздатності тварин.

Таким чином, включення цього показника до селекційних карток бугаїв дозволяє відбирати тварин із кращою кормовою ефективністю, що має важливе економічне та екологічне значення у молочному скотарстві.

Методика розрахунку Δ споживання корму (Feed Saved, Delta Feed Intake):

Прогнозоване споживання корму. Розраховується за математичними моделями з урахуванням живої маси, рівня надоїв, вмісту жиру та білка в молоці, а також стадії лактації.

Фактичне споживання корму. Визначається шляхом точного вимірювання кількості корму, спожитого коровами в контрольованих умовах (наприклад, у дослідних стадах з автоматизованим обліком корму).

Обчислення різниці. Показник Δ споживання корму визначають як різницю між прогнозованим і фактичним значенням. Якщо фактичне споживання є нижчим за очікуване, це свідчить про кращу кормову ефективність тварини.

У США під час геномної оцінки показник Feed Saved виражається в умовних одиницях, які відображають очікувану економію корму за рік.

Наприклад, значення +200 означає, що дочки такого бугая споживатимуть приблизно на 200 фунтів (≈90 кг) сухої речовини корму менше щорічно при збереженні того ж рівня молочної продуктивності.

Вищі позитивні значення сигналізують про кращу кормову ефективність та нижчі витрати на годівлю, тоді як від'ємні – про більшу потребу в кормах для підтримки продуктивності.

Показник конверсії корму (Feed Conversion Ratio, FCR)

Конверсія корму (FCR) - це індикатор ефективності використання корму тваринами для утворення продукції (молока, м'яса, приросту живої маси). Він відображає кількість корму, необхідну для отримання 1 кг продукції.

Формула розрахунку:

FCR=Отримана продукція (кг)/Спожитий корм (кг)

- Низький FCR → висока ефективність (наприклад, 1,2 кг корму на 1 кг молока).
- Високий FCR → низька ефективність (наприклад, 2,5 кг корму на 1 кг молока).

Таким чином, чим нижчий показник FCR, тим економічно вигідніше використовується корм, що є важливим як з точки зору собівартості виробництва, так і екологічної сталості.

Конверсія корму у великої рогатої худоби (ВРХ)

- **Молочне скотарство.** Показник FCR відображає кількість корму, необхідну для виробництва 1 кг молока.
- **М'ясне скотарство.** FCR характеризує кількість корму, витраченого на отримання 1 кг приросту живої маси.

Середні орієнтовні значення FCR для ВРХ:

- *Молочна худоба:* 0,8–1,5 кг корму на 1 кг молока, залежно від породи, раціону та фізіологічного стану тварин.
- *М'ясна худоба (відгодівля):* 6–8 кг корму на 1 кг приросту живої маси.

ГЕНЕТИЧНІ КОДИ

Генетичні коди - це система умовних цифрових або буквено-цифрових позначень, що використовується для ідентифікації генотипів тварин за окремими спадковими ознаками або групами алелей. Вони дозволяють швидко та однозначно відобразити генетичну інформацію, пов'язану з продуктивністю, здоров'ям, відтворенням, кольором масті, наявністю рогів, типом β-казеїну, статусом носійства рецесивних генів тощо.

РО (Polled, комолий) - це позначення спадкової ознаки безрогості (комолості) у великої рогатої худоби.

Ген комолості домінантний, тому вже гетерозиготні тварини (Pp) народжуються без рогів. Гомозиготи (PP) - також комолі, але мають вищу ймовірність передати ознаку потомству.

Використання комолих бугаїв у селекції дозволяє уникати деформування та стресу від видалення рогів у телят, що покращує добробут тварин.

РС (Polled Carrier, підтверджена гетерозиготна комолість) - це позначення тварини, яка є носієм одного алеля комолості (Pp).

Основні характеристики носія гена комолості (гетерозигота, Pp):

Фенотип: тварина є безрогою, як і гомозиготні комолі (PP).

Передача ознаки: у потомстві ген комолості передається приблизно у 50 % випадків (точна частка залежить від генотипу партнера).

Схрещування Pp × Pp (гетерозигота × гетерозигота):

25 % - гомозиготні комолі (PP),

50 % - гетерозиготні комолі (Pp),

25 % - рогаті (pp).

Таким чином, РС - це підтверджений носій комолості, але не гарантія, що все потомство буде безрогим.

РР- підтверджено гомозиготну комолість.

Тварина повністю безрога. Має два алелі гена комолості (PP). Усе потомство буде безрогим, незалежно від генотипу партнера. Використання таких бугаїв у селекції є найбільш надійним способом швидкого поширення комолості в популяції.

RC (Red Carrier) - носій рецесивного гена червоної масті.

Такі тварини зовні чорні (black & white), але мають один алель рецесивного гена червоної масті (Rr). При схрещуванні з іншим носієм (RC) або червоною твариною (rr), у потомстві можливе народження червоних телят (rr).

DR (Dominant Red) - носій домінантного гена червоної масті.

На відміну від RC (recessive red carrier), де червоний колір проявляється тільки при rr, тут достатньо одного алеля DR, щоб тварина мала червону масть. Отже, навіть при схрещуванні з чорно-білою твариною, потомство з DR-алелем буде червоне.

Небажані рецесивні гени і гаплотипи, коди підтвердження/відсутності

BY (Brachyspina) - це аутосомно-рецесивний летальний генетичний дефект великої рогатої худоби, уперше ідентифікований у породи голштин. Захворювання зумовлене делецією в гені FANCI, що призводить до порушення процесів клітинного поділу та розвитку ембріона.

Телята-гомозиготи (BYS) характеризуються такими проявами:

- значно вкорочений хребет (брахіспінія), зменшена довжина тіла;
- деформації скелета та внутрішніх органів (особливо серця й нирок);
- зменшена маса тіла при народженні (до 40–50 % від норми);
- більшість плодів загинається внутрішньоутробно або народжується мертвонародженими;
- вагітність часто закінчується резорбцією або абортом.

Телята-гетерозиготи (BYC) клінічно здорові, але є носіями мутації та можуть передавати її потомству.

Коди для племінного обліку:

BYF - не носій (free),

BYC - носій (carrier),

BYS - гомозигота (affected).

Наслідки для селекції: спаровування двох носіїв (BYC × BYC) призводить у середньому до 25 % нежиттєздатного потомства, тому необхідний контроль генотипів при підборі бугаїв і корів.

TY - це позначення тварини, яка несе нормальні алелі і не є носієм рецесивного гена Brachyspina (BY).

BL (BLAD -Bovine Leukocyte Adhesion Deficiency) - дефіцит адгезії лейкоцитів у великої рогатої худоби.

Телята-гомозиготи (BLS) мають:

- дефіцит адгезії лейкоцитів → клітини не здатні мігрувати до місць інфекцій;
- різке зниження імунітету, схильність до пневмоній, стоматитів, сепсису;
- загибель у перші тижні або місяці життя.

Телята-гетерозиготи (BLC) клінічно здорові, але передають мутантний алель потомству.

Коди: BLF - не носій; BLC - носій; BLS - гомозигота.

Селекційне значення: необхідно уникати спаровування двох носіїв (BLC×BLC).

TL - тварина вільна від BLAD (Bovine Leukocyte Adhesion Deficiency).

Тварина здорова, не передає дефект потомству.

CV (CVM - Complex Vertebral Malformation) - комплексна хребтова мальформація.

Телята-гомозиготи (CVS):

- мають аномалії розвитку хребта та скелета, викривлення шийних і грудних хребців;
- часто викидні або мертвонароджені;
- зменшена маса тіла, деформації кінцівок і внутрішніх органів.

Гетерозиготи (CVC) - клінічно здорові носії.

Коди: CVF - не носій; CVC - носій; CVS - гомозигота.

TV - тварина вільна від CVM (Complex Vertebral Malformation).

DP (DUMPS – Deficiency of Uridine Monophosphate Synthase) – дефіцит уридинмонофосфатсинтетази.

Гомозиготи (DPS):

- не здатні до нормального синтезу ДНК;
- загибель ембріона на ранніх стадіях (звичайно до 40-го дня);
- проявляється як низький рівень заплідненості та ранні ембріональні втрати.

Гетерозиготи (DPC): клінічно здорові, але передають мутацію.

Коди: DPF - не носій; DPC - носій; DPS - гомозигота.

TD - тварина вільна від DUMPS (Deficiency of Uridine Monophosphate Synthase).

MF (Mulefoot / Syndactyly) або **синдактилія** - це рецесивний генетичний дефект, що зустрічається у великої рогатої худоби, переважно голштинської породи. Зумовлений мутацією в гені LRP4, який бере участь у розвитку кінцівок під час ембріогенезу.

Телята-гомозиготи (MFS):

- мають зрощення двох середніх пальців копита, що призводить до формування суцільного копита, подібного до ослиного (звідси назва Mulefoot);
- можливі викривлення кінцівок, деформації копитець, ускладнення руху;
- іноді супроводжується іншими аномаліями скелета або суглобів.

Телята-гетерозиготи (MFC): клінічно здорові, але є носіями дефектного алеля.

Генетичні коди: MFF - не носій (free), MFC - носій (carrier), MFS - гомозигота (affected).

TM - тварина вільна від MF (Mulefoot / Syndactyly).

HCD (Cholesterol Deficiency) - це аутосомно-рецесивний генетичний дефект, виявлений у голштинської породи великої рогатої худоби. Викликаний мутацією в гені APOB (apolipoprotein B), який відповідає за синтез і транспорт ліпопротеїнів у крові.

Телята-гомозиготи (HCDH):

- мають знижений рівень холестерину в сироватці крові;
- спостерігаються затримка росту, слабкість, діарея, дегідратація, іноді гіпоглікемія;
- часто гинуть у перші дні або тижні життя через порушення обміну жирів і енергетичного метаболізму.

Телята-гетерозиготи (HCDC): клінічно здорові, але є носіями дефектного алеля; у фенотипі не проявляється, проте можуть передавати мутацію потомству.

Генетичні коди: HCDF - не носій (free), HCDC - носій (carrier), HCDH - гомозигота (affected).

ГАПЛОТИПИ

У сучасній селекції великої рогатої худоби інформація про гаплотипи має важливе практичне значення, оскільки деякі з них асоційовані з летальними або сублетальними мутаціями, які негативно впливають на життєздатність ембріонів, фертильність, здоров'я та продуктивність тварин. Виявлення таких гаплотипів за допомогою геномних технологій дає змогу уникати парування носіїв однакових рецесивних варіантів, що суттєво знижує ризик втрат потомства і підвищує ефективність відтворення.

HH1, HH2, HH3 - ці гаплотипи були серед перших виявлених як рецесивні летальні та асоційовані з ембріональною смертністю (пренатальною), оскільки у нащадків від гетерозиготних сполук відсутні гомозиготні носії.

HH3 - міссенс-мутація в гені SMC2, що знаходиться на хромосомі BTA8, змінює амінокислоту в критичному NTPase-домені структури; гомозиготні ембріони гинуть до 60 днів вагітності.

HH4, HH5, HH6 - пов'язані з холестероловою недостатністю (Cholesterol Deficiency - CDH): вставлення ендогенного ретровірусу (ERV-LTR) в ген APOB, що призводить до його втрати функції і хронічної нестачі холестеролу з високою смертністю потомства.

HH1-HH6 та інші гаплотипи Holstein Haplotypes:
HH1 (АРАФ1) - дефект гена APAF1, рання ембріональна смертність.
HH2 (GART) - летальний алель, втрати ембріонів.
HH3 (SMC2) - ембріональна смертність.
HH4 (MSH4) - порушення мейозу, рання ембріональна загибель.
HH5 (TUBD1) - вади розвитку ембріонів, низька виживаність.
HH6 - також пов'язаний з ембріональною смертністю.

HMWC - це гаплотип, пов'язаний із Muscle Weakness / м'язовою слабкістю у голштинській породі.

Генетичні коди:
HMWF - не носій (free),
HMWC - носій (carrier),
HMWA - гомозигота (affected).

Висновок щодо селекційної безпеки: Неконтрольоване використання бугаїв-плідників зарубіжного походження у місцевих стадах може призвести до накопичення рецесивних генетичних дефектів і зниження життєздатності потомства. Для стабільного розвитку молочного скотарства в Україні необхідно дотримуватись міжнародних стандартів ICAR: вести племінний облік згідно правил ICAR; підтверджувати відсутність генетичних аномалій у тварин та їх біологічному матеріалі (спермі, ембріонах); використовувати тільки тестованих тварин, вільних від відомих дефектів. Тільки такі заходи дозволять зупинити накопичення негативного генетичного вантажу і підвищити ефективність молочного виробництва.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Holstein Association USA. *Total Performance Index (TPI) formula and updates.* Brattleboro, VT, USA, 2025. URL: https://www.holsteinusa.com/genetic_evaluations.
2. Council on Dairy Cattle Breeding (CDCB). *Lifetime Net Merit (NM$) Index: 2021 Revision.* Bowie, MD, 2021. DOI: 10.3168/jds.2021-20567.
3. Cole J. B., VanRaden P. M., et al. *Net merit as a measure of lifetime profit: 2021 revision. Journal of Dairy Science.* 2021. Vol. 104, Iss. 12. P. 12217–12231. DOI: 10.3168/jds.2021-20567.
4. ICAR. *Guidelines for International Genetic Evaluations in Dairy Cattle.* Rome: International Committee for Animal Recording, 2024. URL: https://www.icar.org.
5. INTERBULL Centre. *International genetic evaluations: Procedures and standards.* Uppsala, Sweden, 2023. URL: https://interbull.org/ib/geforms
6. Holstein Association USA. (April 2025). Genetic Evaluations: TPI formula and trait weightings. Brattleboro, VT, USA. Available at: https://www.holsteinusa.com.
7. Paul M. VanRaden, Sajjad Toghiani, Bailey L. Basiel, John B. Cole. (2025). Net merit as a measure of lifetime profit: 2025 revision. *Animal Genomics and Improvement Laboratory, Agricultural Research Service,* USDA, Beltsville, MD 20705-2350 301-504-8334, 01-25.
8. Hidalgo J., Lourenco D., Tsuruta S., Masuda Y., Breen V., Hawken R., Bermann M., Misztal I. (2021). Investigating the persistence of accuracy of genomic predictions over time in broilers. *J. Anim. Sci.,* 99 (2021), Article skab239. https://doi.org/10.1093/jas/skab239
9. Scott B.A., Haile-Mariam M., Cocks B.G., Pryce J.E. (2021). How genomic selection has increased rates of genetic gain and inbreeding in the Australian national herd, genomic information nucleus, and bulls. J. Dairy Sci., 104 (2021), 11832-11849. https://doi.org/10.3168/jds.2021-20326.
10. Semex. Elevate® [Електронний ресурс] // Semex Solutions. – 2025. – Режим доступу: https://www.semex.com.
11. Semex. Immunity+® [Електронний ресурс] // Semex Solutions. – 2025. – Режим доступу: https://www.semex.com/immunityplus.

12. Semex. Methane Efficiency Index [Електронний ресурс] // Semex Solutions. – 2025. – Режим доступу: https://www.semex.com/methane.
13. Semex Solutions. Genetic Management Tools [Електронний ресурс] – 2025. – Режим доступу: https://www.semex.com.
14. Berry, D. P., Wall, E., & Pryce, J. E. (2014). Genetics and genomics of reproductive performance in dairy and beef cattle. *Animal*, 8(s1), 105-121. https://doi.org/10.1017/S1751731114000745
15. Mallard A., Cartwright S., Emam M., Fleming R., Gallo N., Hodgins D., Marlene P. (2014) Genetic Selection of Cattle for Improved Immunity and Health. WCDS Advances in Dairy Technology. 26, 247 – 257.
16. Shook, G. E. (2006). Genetic improvement of mastitis through selection on somatic cell count. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 22(3), 563-576. https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2006.07.001
17. Schenkel, F. S., Jamrozik, J., & Moore, R. K. (2008). Genetic parameters of female fertility traits in Canadian Holstein cattle. Journal of Dairy Science, 91(3), 1115-1121. https://doi.org/10.3168/jds.2007-0500
18. Tsuruta, S., Misztal, I., & Lawlor, T. J. (2005). Genetic correlations among production, body condition score, udder health, and fertility traits using a recursive model. *Journal of Dairy Science*, 88(7), 2860–2865. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)72966-8
19. Sewalem, A., Kistemaker, G. J., Miglior, F., & Van Doormaal, B. J. (2005). Genetic analysis of herd life in Canadian dairy cattle on a lactation basis using a Weibull proportional hazards model. *Journal of Dairy* Science, 88(10), 368–375. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)73136-2
20. VanRaden, P. M., Cole, J. B., Wiggans, G. R., & Tooker, M. E. (2018). Genomic evaluations with many traits and records. Journal of Dairy Science, 101(3), 2397-2413. https://doi.org/10.3168/jds.2017-13438
21. VanRaden, P. M., Cole, J. B., Neupane, M., Toghiani, S., Gaddis, K. L., Tempelman R. J. *Net Merit as a measure of lifetime profit: 2021 revision*. USDA / CDCB, May 2021.