

УДК 636.1.082.2:798.2

DOI: <https://doi.org/10.31073/abg.71.07>

## СЕЛЕКЦІЙНО-ГЕНЕТИЧНА ОЦІНКА СПОРТИВНОЇ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТІ КОНЕЙ У ТРИБОРСТВІ В УКРАЇНІ (2016–2025 РР.)

**Т. Є. ІЛЬНИЦЬКА, В. І. ЦУП***Тернопільська дослідна станція Інституту ветеринарної медицини НААН (Тернопіль, Україна)**<https://orcid.org/0000-0002-0969-9095> – Т. Є. Ільницька**<https://orcid.org/0009-0000-7327-5310> – В. І. Цуп**[ilnytskay@gmail.com](mailto:ilnytskay@gmail.com)*

*Стаття присвячена актуальному питанню розробки та впровадження сучасних методів оцінки спортивного потенціалу коней у триборстві, що є одним із найбільш складних видів кінного спорту. В умовах сучасної селекції виникає гостра потреба у переході від суб'єктивних критеріїв оцінки до математично обґрунтованих селекційних індексів, які б дозволяли нівелювати вплив випадкових факторів та об'єктивно оцінювати генетичний внесок батьківських ліній.*

*Об'єктом дослідження стала вибірка зі 166 коней різних статевих-вікових груп, що брали участь у національних та міжнародних змаганнях з триборства в Україні протягом 2016–2025 років. Інформаційною базою слугували офіційні технічні протоколи Всеукраїнської федерації кінного спорту (ВФКС). Для обробки масиву даних використано мову програмування Python 3.11 із застосуванням бібліотек Pandas, Scipy та Statsmodels.*

*У роботі вперше запропоновано та апробовано інтегральний індекс спортивної успішності (R-index). На відміну від традиційного ранжування за зайнятими місцями, розроблений індекс базується на медіані штрафних балів, отриманих за всіма фазами триборства (виїздка, польові випробування, конкур), середньому балі за виступ та логарифмічному множителю кількості стартів. Такий підхід дозволив забезпечити високу достовірність оцінки навіть для коней з невеликою кількістю виступів, мінімізуючи вплив варіативності складу учасників конкретного турніру.*

*У результаті дисперсійного аналізу (ANOVA) встановлено, що найвагомішим позагенетичним фактором успішності є кваліфікація вершника, частка впливу якої склала  $\eta^2 = 0,55$  ( $p < 0,001$ ). Це підкреслює складність селекції у триборстві, де фенотиповий прояв ознаки значною мірою залежить від взаємодії в системі «кінь-вершник».*

*Генеалогічний аналіз популяції дозволив виявити лінії, що характеризуються стабільно високим рівнем результативності. Найвищі значення R-index зафіксовано у представників лінії Ледікіллера (0,280), Еола T109 (0,210) та Піфагораса (0,185), що свідчить про їх високу селекційну цінність для вдосконалення української популяції спортивних коней.*

*Особливу увагу приділено генетичному впливу чистокровної верхової породи (ЧВП), яка традиційно вважається ключовою для триборства. Проведений регресійний аналіз спростував гіпотезу про пряму лінійну залежність успіху від зростання частки крові ЧВП. Встановлено, що оптимальні показники спортивної результативності демонструють тварини з рівнем кровності в діапазоні 25–50%. Подальше збільшення частки крові ЧВП призводить до зростання варіативності результатів, що може бути пов'язано з погіршенням показників у фазах виїздки та конкур.*

*На основі проведених досліджень сформульовано методичні рекомендації щодо використання R-index у практичній селекції. Доведено, що впровадження розробленого алгоритму в систему державного племінного обліку дозволить підвищити точність прогнозування спортивної цінності молодняку та оптимізувати добір батьківських пар. Перспективи подальших*

досліджень полягають в інтеграції розробленого індексу з даними лінійної оцінки екстер'єру для створення цілісної системи автоматизованого моніторингу селекційного процесу.

**Ключові слова:** конярство, триборство, селекційний індекс, R-index, генеалогічна лінія, чистокровна верхова порода, спадковість

## SELECTION AND GENETIC EVALUATION OF HORSE SPORT PERFORMANCE IN EVENTING IN UKRAINE (2016–2025)

**T. Y. Ilnytska, V. I. Tsup**

*Ternopil Experimental Station of the Institute of Veterinary Medicine of NAAS (Ternopil, Ukraine)*

*The article addresses the critical issue of developing and implementing modern methods for evaluating the sporting potential of eventing horses, which represents one of the most complex disciplines in equestrian sports. In the context of contemporary breeding, there is an urgent need to transition from subjective evaluation criteria to mathematically grounded selection indices that mitigate the influence of environmental factors and objectively assess the genetic contribution of parental lines.*

*The study is based on a sample of 166 horses of various age and sex groups that participated in national and international eventing competitions in Ukraine between 2016 and 2025. The official technical protocols of the Equestrian Federation of Ukraine (EFU) served as the primary data source. Data processing was conducted using the Python 3.11 programming language, utilizing the Pandas, SciPy, and Statsmodels libraries.*

*For the first time, an integrated Sporting Success Index (R-index) was proposed and validated. In contrast to traditional ranking based on competition placement, the developed index is calculated using the median of penalty points accrued across all phases of eventing (dressage, cross-country, and show jumping), the average performance score, and a logarithmic multiplier for the number of starts. This approach ensured high reliability of the evaluation even for horses with a limited number of appearances, minimizing the impact of variability in the quality of competitors in specific tournaments.*

*Analysis of variance (ANOVA) established that the most significant non-genetic factor influencing success is the rider's qualification, with an effect size of  $\eta^2 = 0.55$  ( $p < 0.001$ ). This underscores the complexity of selection in eventing, where the phenotypic expression of the trait heavily depends on the interaction within the "horse-rider" system.*

*Genealogical analysis of the population identified lines characterized by consistently high performance levels. The highest R-index values were recorded in representatives of the Ladylike (0.280), Eol T109 (0.210), and Pythagoras (0.185) lines, indicating their high selection value for improving the Ukrainian population of sport horses.*

*Special attention was paid to the genetic influence of the Thoroughbred (TB) breed, traditionally considered key for eventing. Regression analysis refuted the hypothesis of a direct linear relationship between success and an increase in the proportion of Thoroughbred blood. It was established that optimal sporting performance is demonstrated by animals with a bloodstock level within the range of 25–50%. A further increase in the proportion of TB blood leads to increased variability in results, potentially due to decreased performance in the dressage and show jumping phases.*

*Based on the research findings, methodological recommendations for the use of the R-index in practical selection were formulated. It is proven that implementing the developed algorithm into the state breeding records system will increase the accuracy of predicting the sporting value of youngstock and optimize the selection of parental pairs. Prospects for further research lie in integrating the developed index with linear conformation scoring data to create a comprehensive system for automated monitoring of the selection process.*

**Keywords:** horse breeding, eventing, selection index, R-index, genealogical line, Thoroughbred, heritability

**Вступ.** Кінне триборство є однією з найбільш складних і детермінованих генетичними факторами дисциплін кінного спорту. Специфіка триборства полягає у необхідності поєднання альтернативних якостей: гнучкості та врівноваженості для манежної їзди, витривалості для польових випробувань (кросу), а також координації та потужності стрибка для конкуру. У сучасній селекції спортивних коней оцінка за результативністю нащадків є ключовим інструментом відбору, що дозволяє об'єктивно оцінити племінну цінність жеребців-плідників (Bondarenko et al., 2017; Clayton, 2004; Postigo & Valera, 2016).

Питанням генетичної детермінації робочих якостей коней та аналізу породного складу сучасної популяції присвячені праці багатьох вчених. Науковці наголошують, що успішність у триборстві прямо корелює з часткою крові чистокровної верхової породи та лінійною належністю (Wallin & Strandberg, 2016; Walz et al., 2025). Останні досягнення у біомеханіці та аналізі спортивних результатів підкреслюють важливість вікових змін та генетичних факторів впливу (Hanak & Kovářová, 2019; Oliveira & Valera, 2020). Проте в умовах трансформації популяції коней в Україні протягом 2016–2025 рр. виникла потреба у перегляді генеалогічної структури та уточненні селекційних параметрів (Plytska & Bondarenko, 2020a; Plytska & Sydorenko, 2025).

Забезпечення генетичного прогресу у триборстві вимагає показників, здатних інтегрувати інформацію з усіх фаз дисципліни і водночас коректно враховувати частоту стартів та «чистоту» проходження дистанції (Plytska, 2018). Традиційні метрики (місце, сумарні штрафні бали, умовний «бал за змагання») істотно варіюють під впливом позагенетичних чинників і нерідко переоцінюють або недооцінюють селекційну цінність тварини за результатами окремих стартів. Це знижує точність добору плідників і маточного поголів'я та відтерміновує досягнення бажаного типу спортивної роботоzдатності.

Для оцінки спортивної роботоzдатності коней у наукових дослідженнях застосовувалися різні підходи, зокрема кар'єрний рейтинг (ICP), який ґрунтується на частці перемог у загальній кількості стартів (Tkachova & Bielikova, 2019). Разом із тим, у триборстві такий показник не завжди забезпечує об'єктивну оцінку спортивної цінності коня, оскільки не враховує чистоту проходження дистанції, стабільність виступів і кількість підтверджених результатів. У зв'язку з цим актуальним є застосування інтегрального показника, що поєднує результативність, якість виконання та досвід змагальної діяльності. Запропонований у цій роботі індекс спортивної успішності (R-index) агрегує середній рівень виступів, медіанний (типовий) рівень штрафів і інтенсивність використання коня, що зменшує вплив екстремальних значень та підвищує відтворюваність оцінок у селекційному процесі.

**Метою роботи** було провести комплексний аналіз спортивної результативності коней триборства в Україні протягом 2016–2025 рр., оцінити породну та лінійну структуру популяції, розрахувати індивідуальний індекс спортивної успішності та дослідити вплив батьківських ліній на спортивні показники із застосуванням інтегрального індексу спортивної успішності (R-index).

**Матеріали і методи досліджень.** Об'єктом дослідження слугувала вибірка коней ( $n = 166$ ), які брали участь у національних та міжнародних змаганнях із триборства в Україні протягом 2016–2025 рр. Інформаційною базою роботи стали офіційні технічні протоколи Всеукраїнської федерації кінного спорту (ВФКС) та дані ідентифікаційних паспортів тварин. Бали за змагання нараховувались за 20-бальною шкалою, яка враховує складність змагань, рівень вершника та зайняте місце (Plytska, 2021).

Для комплексної оцінки спортивної результативності коней у триборстві було розроблено та застосовано інтегральний показник – **індекс спортивної успішності (R-index)**.

$$R_i = \frac{\bar{B}_i}{\text{Med}(\text{III}_i) + 1} \times \ln(1 + N_i),$$

де:

$R_i$  – індекс спортивної успішності  $i$ -го коня;

$\bar{B}_i$  – середній бал за змагання;

$Med(Ш_i)$  – медіана штрафних балів за всі старти коня;

$N_i$  – кількість стартів коня у досліджуваному періоді.

Необхідність його використання зумовлена тим, що традиційні показники (зайняте місце, сума штрафних балів або бал за змагання) не завжди дозволяють об'єктивно порівнювати коней між собою, оскільки не враховують різну кількість стартів, стабільність виступів та ступінь «чистоти» проходження дистанції.

Використання **медіани штрафних балів** замість середнього значення дозволяє зменшити вплив поодиноких невдалих стартів і більш коректно характеризує типовий рівень «чистоти» проходження дистанції. Додавання одиниці до знаменника забезпечує можливість коректного розрахунку індексу для коней, які мали нульові штрафні бали в усіх стартах.

Логарифмічний множник  $\ln(1 + N_i)$  використано з метою урахування кількості стартів коня, водночас запобігаючи непропорційному зростанню значення індексу у тварин з великою кількістю виступів. Таким чином, індекс показує не лише частоту участі у змаганнях, а й стабільність високих результатів.

Використано кореляційно-регресійний аналіз (лінійна та квадратична моделі) для визначення оптимальної частки крові за чистокривною верховою породою. Застосовано метод найменших квадратів (OLS) з урахуванням фіксованих ефектів породи, статі, генеалогічної лінії та року народження. Групування коней за генеалогічними лініями та порівняння середніх значень R-index у бін-інтервалах кровності.

Статистичну обробку даних виконано в середовищі Python (версія 3.11) із використанням спеціалізованих бібліотек для аналізу даних. Через відхилення розподілу від нормального закону, достовірність міжгрупових різниць за генеалогічними лініями оцінювали за допомогою непараметричного критерію Краскела–Уолліса.

Оцінку впливу контрольованих факторів на спортивну успішність коней проводили методом ANOVA. Силу впливу якісних ознак (лінія, вершник) визначали за показником  $\eta^2$  (за Снедекором), а тісноту зв'язку між кількісними параметрами — за допомогою коефіцієнта детермінації  $R^2$ .

**Результати досліджень.** Для оцінки тенденцій розвитку триборства в Україні проаналізовано повний масив даних щодо участі коней у національних змаганнях за десятирічний період. Аналіз динаміки триборства в Україні за 2016–2025 рр. виявив період стабільного розвитку з піком у 2021 році (109 стартів). Повномасштабна війна у 2022 році спричинила різке скорочення активності до 44 виступів, проте вже у 2023–2024 рр. галузь продемонструвала адаптивність, відновивши показники до рівня 95–100 стартів. Попри незначне зниження активності у 2025 році (85 стартів), збереження регулярної змагальної практики в екстремальних умовах забезпечило репрезентативний масив даних для об'єктивної селекційно-генетичної оцінки популяції.

#### **Варіабельність традиційних показників спортивної продуктивності.**

Традиційні показники спортивної продуктивності, що включають бали за змагання, штрафні бали та зайняті місця, становлять первинну інформаційну основу для оцінки результативності коней у триборстві. Аналіз бази даних (690 стартів), виявив значну неоднорідність цих метрик (табл. 1), що відображає специфіку кожної фази випробувань.

Зокрема, загальний бал за змагання продемонстрував асиметричний розподіл ( $Cv = 45,4\%$ ), що вказує на суттєву залежність результату від умов конкретного старту та обмежує його порівняльну цінність у широкій вибірці.

Найбільш стабільним компонентом виявилася манежна їзда (виїздка), яка за відносно низької варіабельності ( $Cv = 20,0\%$ ) формує основну частку загальних штрафних балів. Це підкреслює селекційну значущість виїздки як індикатора спадково зумовлених якостей рухів та керованості. Показники кросу демонструють високу мінливість ( $Cv = 174,7\%$ ). Низька медіана (0,80) у поєднанні зі значними відхиленнями підтверджує, що основний вплив на варіативність мають критичні помилки на дистанції – відмови коней або падіння. Подібна тенденція, хоч і в

менш вираженій формі, характерна для конкуру ( $C_v = 118,0\%$ ), що робить ці фази головними джерелами нестабільності загальної оцінки.

### 1. Варіабельність традиційних показників спортивної продуктивності у триборстві

Показник	Середнє	Медіана	SD	$C_v$ , %	min–max
Бал за змагання	6,50	7,50	2,95	45,4	2,0–12,5
Штрафні бали (всього)	56,12	50,10	22,68	40,4	27,0–174,5
Штрафні бали (виїздка)	38,80	36,50	7,77	20,0	27,0–68,6
Штрафні бали (крос)	10,54	0,80	18,41	174,7	0,0–116,8
Штрафні бали (конкур)	6,78	4,00	8,00	118,0	0,0–52,0
Зайняте місце	2,28	2,00	2,29	100,6	1–13
Кількість коней у змаганні	6,85	6,00	3,43	50,1	2–18

Показник зайнятого місця також виявився малоінформативним для прямої селекції через критичну залежність від кількості учасників у змаганні (від 2 до 18 голів) та рівня конкуренції. Таким чином, висока чутливість традиційних метрик до контекстних факторів обґрунтовує необхідність переходу від абсолютних значень до інтегральних показників. Подальший аналіз у роботі базується на використанні індексу спортивної успішності (R-index), який дозволяє нівелювати вплив випадкових чинників та забезпечити вищу прецизійність оцінки коней.

#### Характеристика індексу спортивної успішності (R-index).

Для глибокого розуміння природи індексу спортивної успішності необхідно розглянути його як інтегральну функцію, що гармонізує якісні та кількісні параметри виступів. На відміну від традиційних середніх значень, цей показник дозволяє диференціювати коней не лише за разовим успіхом, а й за здатністю демонструвати результат протягом тривалого часу.

За результатами аналізу 166 коней, R-index продемонстрував значну варіабельність (від 0,015 до 0,631), що вказує на його високу диференційну здатність. Середнє значення (0,169) дещо перевищує медіану (0,125), що підтверджує правобічну асиметрію розподілу. Така структура даних є типовою для спортивних популяцій: більшість тварин мають низькі або середні значення індексу через нестабільність результатів або малу кількість стартів, тоді як вузька група лідерів («правий хвіст») формує еліту з показниками вище 0,400.

Нижній поріг індексу (0,02–0,03) притаманний «випадковим» учасникам з поодинокими стартапами та високим рівнем штрафних балів. На противагу їм, коні з максимальними значеннями (0,60 і вище) характеризуються не лише високими балами, а й «чистими» проходженнями маршрутів, що мінімізує медіану штрафів. Ключову роль тут відіграє множник  $\ln(1 + N_i)$  він винагороджує за інтенсивність виступів, проте має згасаючий характер, що запобігає штучному завищенню рейтингу лише за рахунок кількості стартів без належної якості.

Важливою перевагою  $R_i$  є його здатність очищувати результати від «контекстного шуму». Для підтвердження методичної надійності було розраховано коефіцієнти кореляції Пірсона та Спірмена між індексом та основними показниками продуктивності (табл. 2).

### 2. Кореляції індексу спортивної успішності із традиційними метриками

Пара змінних	Пірсон $r$ ( $p$ )	Спірмен $\rho$ ( $p$ )
$R_i$ x Середній бал за змагання	0,646 ( $p < 0,001$ )	0,676 ( $p < 0,001$ )
$R_i$ x Медіана сумарних штрафів	-0,309 ( $p < 0,001$ )	-0,152 ( $p = 0,049$ )
$R_i$ x Середнє зайняте місце	-0,063 ( $p = 0,419$ )	0,159 ( $p = 0,041$ )

Отримані дані свідчать, що сильна кореляція з середнім балом ( $r = 0,646$ ) підтверджує адекватне відображення індексом якісної сторони виступу. Водночас помірний від'ємний зв'язок із медіаною штрафів ( $r = -0,309$ ) вказує на те, що індекс «штрафує» за нестабільність, але не так радикально, як це робить пряма сума штрафів, що може бути спотворена одним невдалим стартом.

Найбільш показовим є слабкий зв'язок із показником «зайнятого місця» ( $r = -0,063$ ;  $p > 0,05$ ). У традиційній системі оцінки «місце» вважається ключовим, проте воно вкрай суб'єктивне: перемога в полі з трьох учасників не тотожна третьому місцю в полі з двадцяти. R-index успішно розв'язує цю проблему, оскільки базується на бальній оцінці та стабільності, які є більш об'єктивними внутрішніми характеристиками виступу коня, незалежно від сили суперників у конкретний день.

Таким чином, використання R-index замість розрізнених показників дозволяє проводити більш точне ранжування поголів'я. Це створює підґрунтя для відбору тварин, які не просто здатні на одноразовий високий результат, а мають високу відтворюваність спортивного успіху, що є пріоритетом для племінного використання в спортивному конярстві.

#### Вплив паратипових факторів на індекс спортивної успішності (R-index).

Комплексна оцінка ролі паратипових чинників у формуванні індексу спортивної успішності базується на поєднанні описової статистики, біваріатного аналізу та побудови багатофакторної моделі лінійної регресії (OLS). Розподіл значень R-index у досліджуваній вибірці характеризується вираженою правобічною асиметричністю, що наочно продемонстровано на гістограмі розподілу (рис. 1).

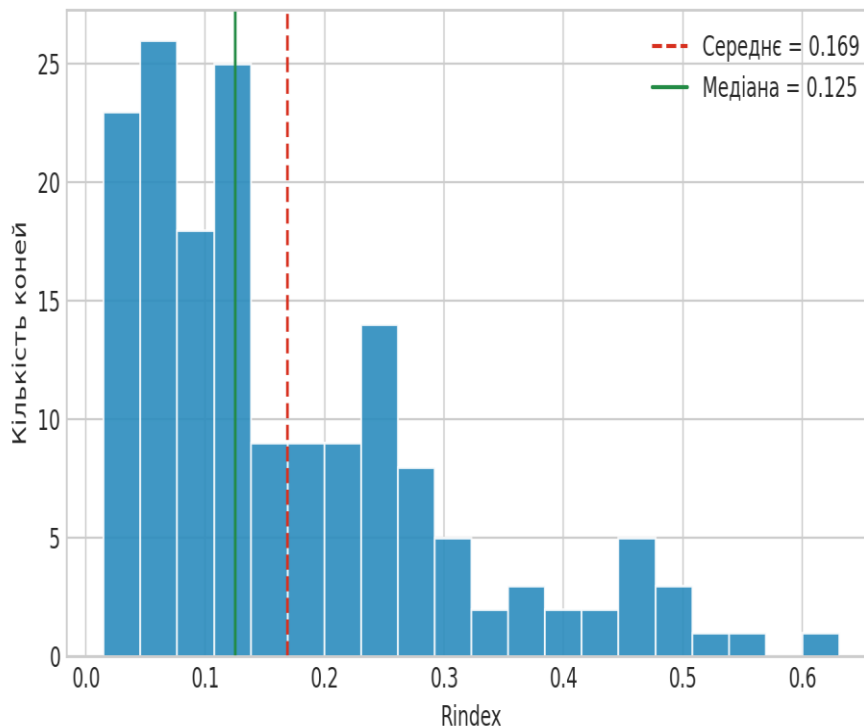


Рис. 1. Розподіл значень R-index (відмічено середнє та медіану)

Така структура даних свідчить про те, що при середньому значенні 0,169 та медіані 0,125 основна частина популяції має помірну результативність, тоді як групу лідерів формує обмежена кількість коней із високими балами та стабільно низькими штрафами.

Аналіз взаємозв'язків, наведений у таблиці 3, вказує на неоднорідність впливу паратипових факторів на підсумковий успіх. Зокрема, кваліфікація вершника виявилася найбільш стабільним та вагомим позитивним предиктором результативності.

## 3. Зв'язок паратипових факторів з R-index

Фактор	$\rho$ Спірмена ( $p$ )	OLS ( $b$ ; SE; $p$ )	Коментар до моделі
Група змагань	-0,409 ( $p < 0,001$ )	-0,012; 0,011; $p = 0,245$	Ефект поглинається контролем експозиції
Розряд вершника	+0,293\$ ( $p = 0,0001$ )	+0,037; 0,011; $p = 0,0004$	Прямий позитивний вплив на успіх
Вік вершника	+0,158 ( $p = 0,042$ )	\$+0,001; 0,009; $p = 0,945$	Статистично незначущий фактор
Чисельність у старті	\$-0,009\$ ( $p = 0,909$ )	\$-0,003; 0,010; $p = 0,774$	Відсутність впливу конкурентного поля
Кількість стартів	–	\$+0,085; 0,011; $p < 0,001$	Контрольний предиктор моделі

Стандартизований коефіцієнт регресії ( $b = +0,037$  при  $p = 0,0004$ ) та візуалізація лінійного тренду підтверджують, що зростання майстерності спортсмена безпосередньо конвертується у вищий рівень індексу успішності коня (рис. 2). Це підкреслює визначальну роль людського фактора у реалізації спортивного потенціалу коня. Високий рівень впливу кваліфікації вершника на результативність, виявлений у нашому дослідженні, узгоджується з висновками закордонних вчених, які вказують на домінуючу роль паратипових чинників (Kearsley et al., 2008; Bennett et al., 2023).

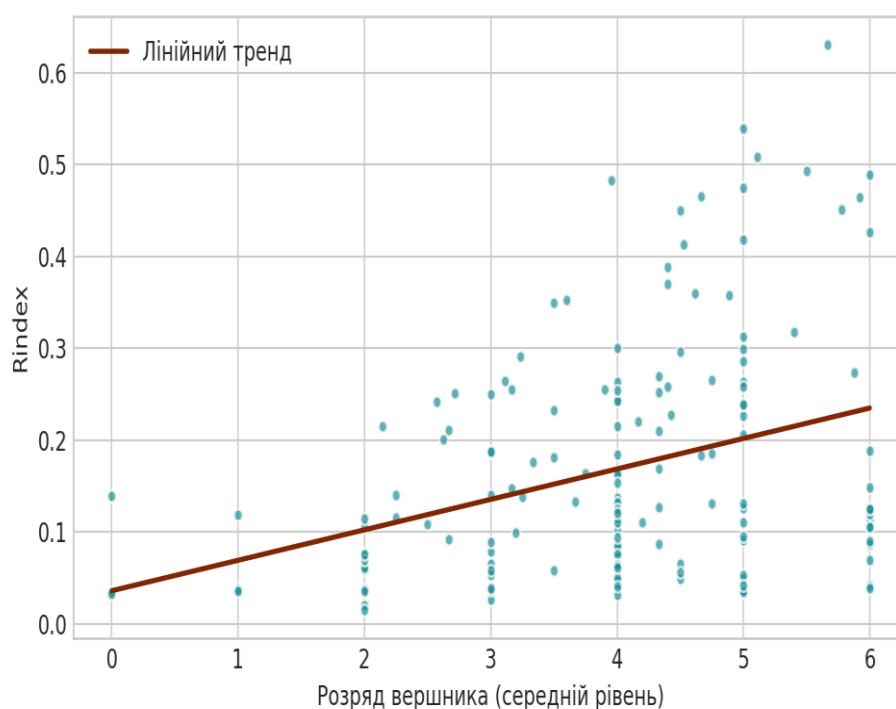


Рис. 2. Залежність R-index від розряду вершника; показано лінійний тренд.

Водночас група змагань демонструє специфічний характер впливу: попри значущий негативний біваріатний сигнал за Спірменом ( $\rho = -0,409$ ), у багатфакторній моделі цей ефект нівелюється ( $p = 0,245$ ) (рис. 3).

Така динаміка свідчить про те, що складність турнірів не є самостійним деструктивним фактором, а її вплив опосередкований інтенсивністю участі та досвідом коня. Останній фактор – змагальна експозиція ( $N$ ) – очікувано має вагомий позитивний внесок ( $b = +0,085$ ;  $p < 0,001$ ), що узгоджується з конструкцією індексу та біологічною логікою накопичення спортивного стажу.

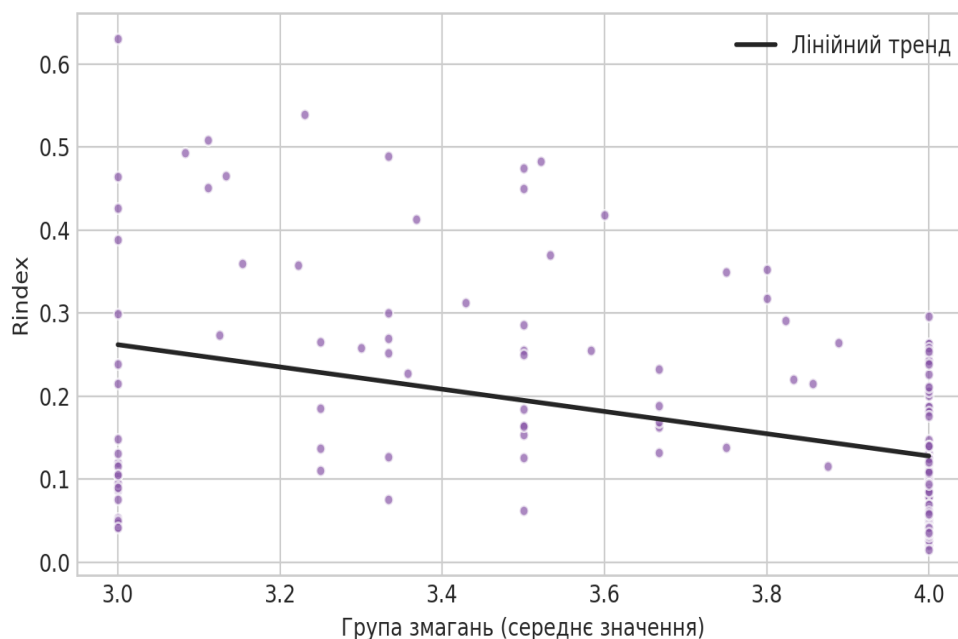


Рис. 3. Залежність R-index від середньої групи змагань; біваріатно — від’ємний тренд.

Особливий інтерес становить відсутність значущого зв’язку між R-index та чисельністю коней у старті (рис. 4).

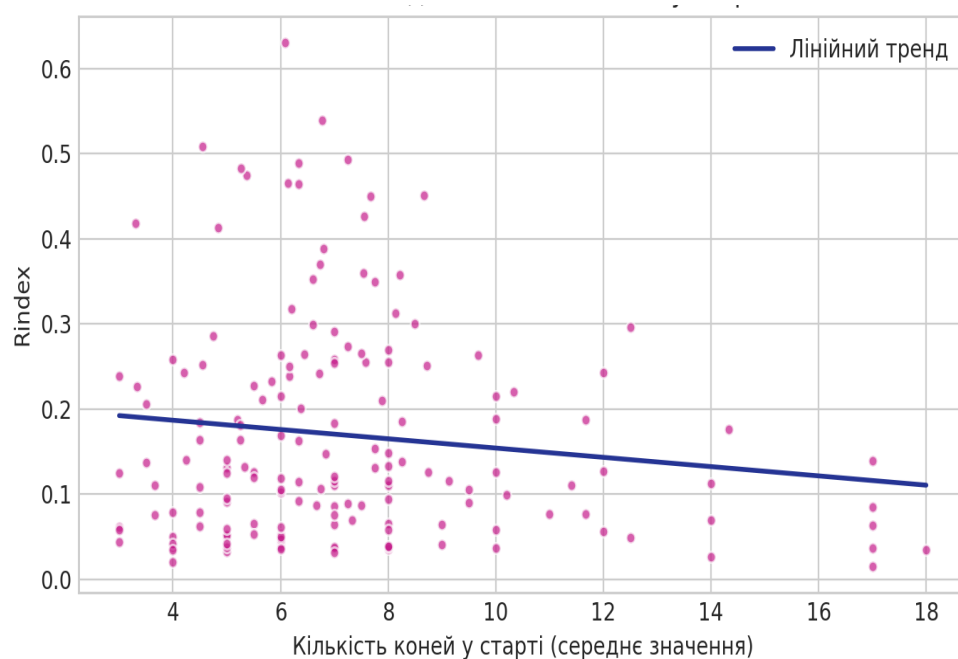


Рис. 4. R-index і середня чисельність коней у старті.

На відміну від традиційного «зайнятого місця», яке критично залежить від кількості конкурентів, індекс спортивної успішності залишається інваріантним до розміру стартового поля. Це підтверджує його об’єктивність як селекційного критерію. Крім того, відсутність самостійного впливу показників повторюваності ( $C_v$  штрафів та балів) доводить стійкість індексу до випадкових невдач, оскільки використання медіани штрафних балів у формулі R-index надійно нівелює вплив поодиноких екстремальних «випадків». Таким чином, отримана модель з коефіцієнтом детермінації  $R^2 = 0,55$  дозволяє стверджувати, що обраний індекс є репрезентативним інструментом для оцінки комплексної спортивної роботоздатності.

### Вплив генеалогічної лінії на індекс спортивної успішності коней.

Приналежність до генеалогічної лінії є важливим генетичним чинником, що відображає концентрацію спадкових якостей, пов'язаних із якістю рухів, витривалістю, стрибковою здатністю та психічною стійкістю коней. З огляду на комплексний характер триборства, аналіз впливу лінії на індекс спортивної успішності (R-index) дозволяє більш диференційовано оцінити селекційний потенціал окремих генеалогічних угруповань.

У досліджуваній вибірці ідентифіковано 35 генеалогічних ліній, з яких 11 були представлені не менш ніж п'ятьма кіньми, що дало можливість провести коректний статистичний аналіз. Для цих ліній розраховано середні, медіанні значення R-index, а також показники варіабельності. (табл. 4).

#### 4. Індекс спортивної успішності (R-index) коней у триборстві залежно від лінії (n = 116)

Генеалогічна лінія	n	Середній R-index	Медіана R-index
Ледікіллер, чистокровна верхова	7	0,280	0,238
Еол Т109, тракененська	6	0,210	0,159
Піфагорас, тракененська	6	0,185	0,198
Хобот Т54, тракененська	6	0,182	0,165
не відомо	42	0,176	0,120
Кор де ля Брієр, французький сель	10	0,172	0,129
Гранд Венеур, французький сель	6	0,164	0,188
Коттаге Сан, чистокровна верхова	9	0,136	0,125
Коррадо I, голштинська	13	0,118	0,089
не лінійний	11	0,115	0,099

Найвищий середній рівень індексу спортивної успішності встановлено у коней лінії Ледікіллера чистокровної верхової породи, що свідчить про високу спадкову схильність її представників до стабільної та результативної участі у змаганнях з триборства. Поряд із підвищеним середнім значенням R-index, для цієї генеалогічної групи характерна відносно помірна внутрішньогрупова варіабельність, що вказує на достатньо однорідний рівень спортивної продуктивності нащадків даного родоначальника.

Стабільно високі показники індексу у представників ліній Еола Т109, Хобота Т54 та Піфагораса свідчать про консолідованість їхнього спадкового потенціалу. Результати підкріплюють тезу про традиційну спеціалізацію тракененської породи на витривалість, підтверджуючи високу племінну цінність цих родоначальників у створенні конкурентоспроможних коней для триборства.

Представники порід французький сель (Кор де ля Брієр, Гранд Венеур) та голштинської (Коррадо I) мали дещо нижчі середні показники зазначеного індексу, проте вирізнялися значною внутрішньогруповою мінливістю. Наявність у межах цих структурних одиниць окремих коней із високим індексом спортивної успішності вказує на перспективність індивідуального добору, попри помірну середню результативність нащадків. Це акцентує увагу на важливості поєднання лінійного аналізу з персоналізованою селекційною експертизою кожного коня.

Коні з невизначеною лінією батька або віднесені до категорій «не лінійний» та «не відомо» продемонстрували відносно нижчі та більш варіабельні значення R-index. Така ситуація значно ускладнює селекційну інтерпретацію спортивної результативності та підкреслює важливість заповнення даних при формуванні інформаційних баз для племінної роботи.

Для уточнення ролі генеалогічної лінії було застосовано узагальнену лінійну модель з включенням як контрольних змінних породи, статі, відсотка кровності за чистокровною верховою та року народження коня. Отримані скориговані маргінальні середні (EMMeans) підтвердили провідні позиції ліній Ледікіллера, Еол Т109 та Хобот Т54, навіть після нівелювання впливу супутніх факторів. Перевага нащадків цих ліній підтверджує світові тренди селекції коней для конктуру (Cervantes et al., 2016; Haberland et al., 2012). Це свідчить про наявність у

цих лініях власного, незалежного внеску в формування спортивного успіху коней у триборстві.

У цілому результати дослідження доводять, що генеалогічна лінія є важливою складовою селекційної оцінки коней. Найбільш доцільним для практичного застосування є поєднання аналізу середньогрупових показників R-index за лініями з індивідуальним ранжуванням коней у межах кожної генеалогічної групи. Такий підхід дозволяє підвищити точність прогнозування спортивної результативності та ефективність племінного добору у триборстві.

**Породні особливості індексу спортивної успішності коней.** Порода є одним із базових генетичних чинників, що визначає морфофункціональні та поведінкові характеристики коней і, відповідно, їхню придатність до різних видів кінного спорту. Для оцінки впливу породи на спортивну результативність у триборстві проаналізовано індекс спортивної успішності за групами, кожна з яких представлена у вибірці щонайменше п'ятьма кіньми. На рисунку 5 наведено середні значення індексу спортивної успішності коней залежно від породи. Стовпчики відображають середні значення R-index для кожної породи; вертикальні відрізки – 95% довірчі інтервали; над стовпчиками наведено чисельність групи (n).

Аналіз виявив помірні міжпородні відмінності за рівнем R-index. Найвищу результативність продемонстрували коні вестфальської породи, що свідчить про їхню відмінну адаптованість до специфіки триборства. Українська верхова та безпородні коні мали близькі середні показники, проте асиметрія розподілу (медіана нижча за середнє) вказує на значний вплив окремих високорезультативних тварин у цих групах.

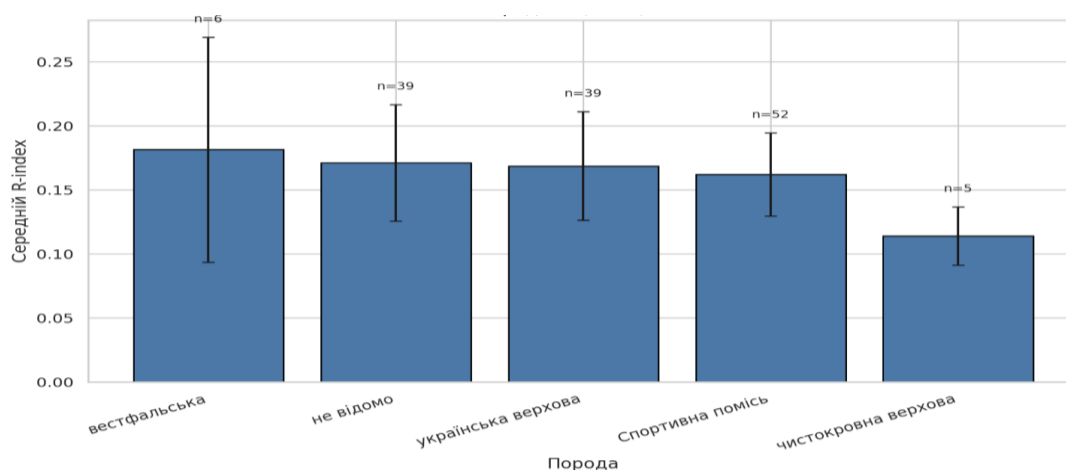


Рис. 5. Індекс спортивної успішності (R-index) коней у триборстві залежно від породи.

Спортивні помісі, як найчисельніша категорія, характеризувалися стабільними значеннями індексу та достатнім селекційним потенціалом. Це підтверджує ефективність обраної стратегії схрещування та відбору, передбаченої програмою створення спортивної породної групи (Іlnytska & Bondarenko, 2020b).

Відсутність однозначно домінуючої породи підтверджує доцільність використання індексу спортивної успішності як об'єктивного інструменту для поєднання породної оцінки з індивідуальним добром.

**Вплив умовної кровності за чистокровною верховою породою на успішність коней у триборстві.** Частка кровності за чистокровною верховою породою традиційно вважається фундаментальним генетичним чинником, що визначає витривалість та атлетизм коней у триборстві. Проте в межах даного дослідження перевірка гіпотези про пряму лінійну залежність між рівнем кровності та інтегральним індексом спортивної успішності (R-index) не дала статистичного підтвердження. Кореляційний аналіз продемонстрував значення коефіцієнтів Пірсона та Спірмена, близькі до нуля ( $p > 0,05$ ), що вказує на відсутність монотонного зв'язку:

просто збільшення частки крові за чистокровною верховою породою в генотипі не гарантує автоматичного зростання підсумкової результативності.

Для більш глибокого пошуку закономірностей було застосовано нелінійне моделювання. Використання квадратичної регресії та методу локального згладжування (LOWESS) дозволило візуалізувати топологію взаємозв'язку цих ознак (рис. 6), де точки – індивідуальні значення; чорна лінія – згладжування (LOWESS); синя лінія – квадратична модель (Quadratic fit).

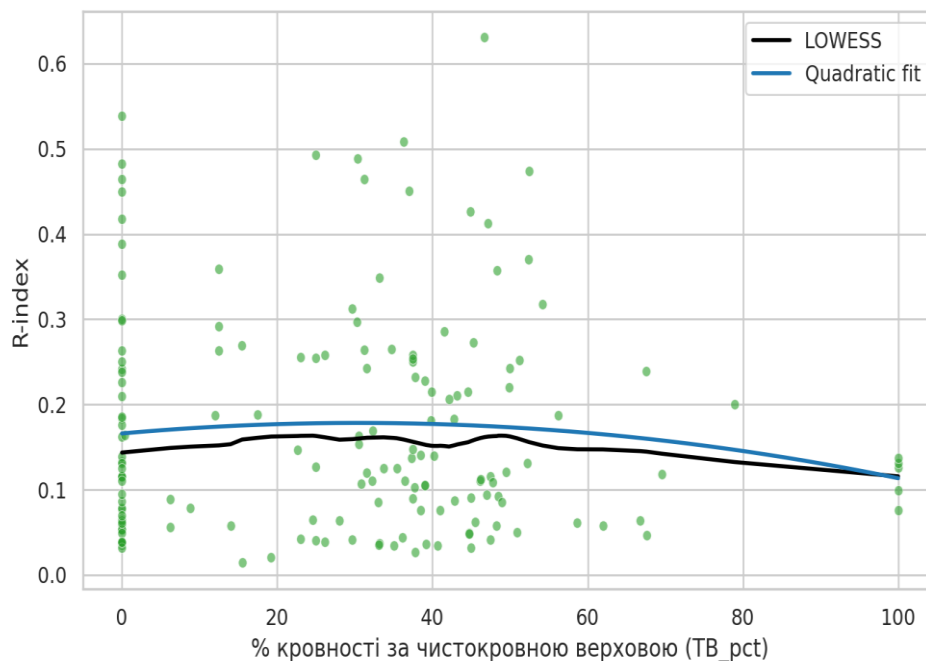


Рис. 6. Залежність R-index від умовного % кровності за чистокровною верховою породою (ЧВ).

Як показано на рисунку 6, висока варіативність R-index характерна для всіх рівнів кровності. Криві апроксимації (LOWESS та квадратична) вказують на відносний максимум у діапазоні 25–50% кровності за ЧВ («селекційний оптимум»), де швидкість поєднується з силою. Проте через статистичну незначущість моделі ( $p > 0,05$ ) та значний розкид індивідуальних значень у всіх групах, частка кровності за чистокровною верховою породою не може слугувати надійним ізольованим предиктором успіху в сучасному триборстві.

Додатковий аналіз через OLS-моделювання підтвердив, що після контролю таких факторів, як генеалогічна лінія та майстерність вершника, внесок кровності в загальну дисперсію результатів не перевищує 1%. Біологічно це можна пояснити зміщенням акцентів у сучасному триборстві: надмірна частка крові чистокровної верхової (понад 75–80%), хоч і є перевагою на фазі кросу, часто супроводжується зниженням балів у манежній їзді через особливості темпераменту чи біомеханіки рухів.

Отримані результати вказують на те, що в сучасній популяції коней для триборства в Україні частка чистокровної верхової крові є фоновим, а не визначальним фактором. Наші дані щодо оптимального рівня кровності корелюють із результатами дослідження конкурних та триборних коней (Roman-Porovic et al., 2014; Cervantes et al., 2016). Пріоритетним у селекційній практиці стає не сам відсоток кровності, а конкретне поєднання лінійної належності та паратипових факторів підготовки, що в сукупності забезпечує стабільність виступів, яку акумулює в собі індекс спортивної успішності.

#### Висновки:

**Динаміка та адаптивність галузі.** Аналіз змагальної активності за 2016–2025 рр. підтвердив високу життєздатність кінного триборства в Україні. Після спаду у 2022 р. (44 старту) відбулося відновлення показників до 100 виступів на рік у 2024 р., що забезпечує репрезентативність даних для достовірної селекційної оцінки робочих якостей коней.

**Ефективність інтегрального оцінювання.** Доведено, що традиційні показники результативності мають надмірну варіабельність ( $C_v$  кросу–174,7%), що викривляє оцінку племінної цінності. Розроблений індекс спортивної успішності продемонстрував високу надійність ( $r = 0,646$ ,  $p < 0,001$ ), дозволяючи нівелювати вплив випадкових чинників через використання медіанних значень штрафних балів.

**Фактори впливу на результативність.** Багатофакторне моделювання ( $\eta^2 = 0,55$ ) встановило, що ключовим позагенетичним предиктором успіху є кваліфікація вершника ( $p = 0,0004$ ). Водночас R-index виявився інваріантним до складності змагань та чисельності учасників, що підтверджує його об'єктивність для порівняння тварин у різних умовах випробувань.

**Генеалогічна детермінація.** Виявлено провідну роль окремих генеалогічних ліній у формуванні спортивного успіху. Найвищі значення R-index встановлено у нащадків ліній Леді-кіллера (0,280), Еола T109 (0,210) та Піфагораса (0,185). Стабільність цих показників після корекції вказує на високу спадкову зумовленість ознаки в межах зазначених генеалогічних груп.

**Селекційний оптимум кровності.** Спростовано гіпотезу про пряму лінійну залежність між часткою крові за чистокровною верховою породою та успіхом у триборстві (внесок фактора  $< 1\%$ ). Нелінійний тренд вказує на існування селекційного оптимуму в межах 25–50% кровності, де забезпечується найкращий баланс між швидкісними та силовими якостями.

**Породна диференціація та добір.** Міжпородні відмінності за індексом успішності мають помірний характер. Попри перевагу вестфальської породи, результати української верхової та спортивних помісей підтверджують ефективність індивідуального добору. Це обґрунтовує використання R-index як універсальної метрики для порівняльної оцінки коней незалежно від їхнього походження.

**Практичне значення.** Рекомендується впровадження індексу спортивної успішності у систему офіційного племінного обліку та національних рейтингів. Це дозволить об'єктивізувати оцінку плідників, виділити генетичне ядро популяції та підвищити точність добору коней для отримання високопродуктивних тварин.

## REFERENCES

- Bennett, E. D., Cameron-Whytock, H., & Parkin, T. D. H. (2023). Fédération Equestre Internationale eventing: Fence-level risk factors for falls during the cross-country phase (2008–2018). *Equine Veterinary Journal*, 55 (3), 463–473. [In English]. <https://doi.org/10.1111/evj.13863>
- Cervantes, I., Bartolomé, E., Valera, M., Gutiérrez, J. P., & Molina, A. (2016). Crossbreed genetic performance study in the eventing horse competition. *Animal Production Science*, 56 (9), 1454–1462. [In English]. <https://doi.org/10.1071/AN14677>
- Haberland, A. M., König Von Borstel, U., Simianer, H., & König, S. (2012). Integration of genomic information into sport horse breeding programs for optimization of accuracy of selection. *Animal*, 6 (9), 1369–1376. [In English]. <https://doi.org/10.1017/S1751731112000626>
- Ilnytska, T. Ye. (2018). Otsinka robotozdatnosti konei, yaki braly uchast u zmahanniakh z tryborstva [Evaluation of performance of eventing horses] *Rozvedennia i Henetyka Tvaryn - Animal Breeding and Genetics*. Vinnytsia, 51, 60–68. [In Ukrainian]. <https://doi.org/10.31073/abg.51.07>
- Ilnytska, T. Ye. (2021). Obgruntuvannia systemy selektsiino-pleminnoi roboty pry udoskonalenni konei sportyvnoho napriamu [Substantiation of the system of selection and breeding work in the improvement of sports horses] (Candidate's thesis). M.V. Zubets Institute of Animal Breeding and Genetics of NAAS. [In Ukrainian]. <https://iabg.org.ua/images/aspirantura/dus.ilnytska2.pdf>
- Ilnytska, T. Ye., & Bondarenko, O. V. (2020a). Kharakterystyka konei ukrainskoi sportyvnoi porodnoi hrupy, shcho stvoriuietsia [Characteristics of the horses of the Ukrainian sports breed group that is being created] *Rozvedennia i Henetyka Tvaryn – Animal Breeding and Genetics*. Kyiv, 60, 31–39. [In Ukrainian]. <https://doi.org/10.31073/abg.60.04>
- Ilnytska, T. Ye., & Bondarenko, O. V. (2020b). *Prohrama stvorennia porodnoi hrupy konei*

- sportyvnoho napriamu vykorystannia* [The program for the creation of a breed group of horses for sport use]. IRHT im. M.V. Zubtsia NAAN. [In Ukrainian].
- Ilynska, T. Ye., & Sydorenko, O. V. (2025). Realizatsiia stratehii zberezhennta bioriznomanittia u koniarstvi Ukrainy [Implementation of biodiversity conservation strategy in horse breeding of Ukraine] *Rozvedennia i Henetyka Tvaryn - Animal Breeding and Genetics*. Kyiv, 70, 65–72. [In Ukrainian]. <https://doi.org/10.31073/abg.70.08>
- Kearsley, C. G. S., Woolliams, J. A., Coffey, M. P., & Brotherstone, S. (2008). Use of competition data for genetic evaluations of eventing horses in Britain: Analysis of the dressage, showjumping and cross country phases of eventing competition. *Livestock Science*, 118 (1–2), 72–81. [In English]. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2008.01.009>
- Postigo, A. J., & Valera, M. (2016). Genetic parameters for eventing horse competition. *Animal Production Science*, 56 (9), 1391–1398. [In English]. <https://doi.org/10.1071/AN14677>
- Roman-Popovici, A., Şumovschi, D. C., & Gîlcă, I. (2014). Study regarding the percentage of English Thoroughbred blood in the last five generations for the best jumping horses in the world. *Scientific Papers. Series D. Animal Science*, 57, 107–110. [In English]. <https://www.researchgate.net/publication/364818875>
- Tkachova, I. V., & Bielikova, K. V. (2019). Otsinka selektsiinykh oznak konei trakenenskoï porody [Assessment of selection traits of Trakehner horses] *Naukovo-tekhnichnyi biuleten Instytutu tvarynnytstva NAAN - Scientific and Technical Bulletin of the Institute of Animal Science of NAAS*. Kharkiv, 122, 219–229. [In Ukrainian]. <https://doi.org/10.32900/2312-8402-2019-122-219-229>
- Walz, K. R., McCormick, M. E., & Fedorka, C. E. (2025). The Thoroughbred Theory: Influence of breed on performance at the CCI5\*-L level of eventing. *Animals*, 15 (12), 1796. [In English]. <https://doi.org/10.3390/ani15121796>

---

Одержано редколегією 08.01.2026 р.

Прийнято до друку 30.01.2026 р.