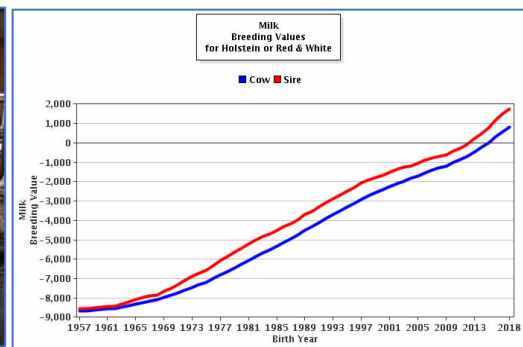


Національний університет біоресурсів і природокористування України

С. Ю. Рубан, В. О. Даншин, Т. В. Литвиненко, І. Д. Мітіюгло,
О. О. Борщ, Т. В. Якубець, М. А. Матвєєв

Сучасні методи селекції у тваринництві

(навчальний посібник з методів аналізу даних)



JANOSCH HBNr: 344420
LOM DE 09 43841 546
Born 30.06.2010

JULENG — JUBLEND
— HERIETT
FAITH — PRONTO — STARBUCK
4/413 194 3.50 3.53 928 — FIESTA
7/7 14.873 3.87 3.75 1134

Milk production Frame Milking speed

Total merit index (April 2018)
Milk performance
milk/kg fat-%
+1070 -0.28

Functional traits
MS SCC Piers
115 102 120

PROGENY TESTED



Best Linear Unbiased Predictor (BLUP)

Mixed linear model

$$y = X\beta + Za + e$$

$$\text{BLUP}(a) = \hat{a} = AZ' \sigma_a^{-2} V^{-1} (y - X\hat{\beta})$$

$$\text{BLUE}(\beta) = \hat{\beta} = (X'V^{-1}X)^{-1} X'V^{-1}y$$

These solutions can be obtained by mixed model equation (MME)

$$\begin{bmatrix} \hat{\beta} \\ \hat{a} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} XX' & X'Z \\ Z'X & ZZ' + A'A \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Xy \\ Zy \end{bmatrix} \quad \left(\begin{matrix} \sigma_e^2 \\ \sigma_a^2 \end{matrix} = \frac{1-h^2}{h^2} \right)$$

BLUP animal model

С. Ю. Рубан, В. О. Даншин, Т. В. Литвиненко, О. О. Борщ,
І. Д. Мітіогло, Т. В. Якубець, М. А. Матвеев

Сучасні методи селекції у тваринництві
(навчальний посібник з методів аналізу даних)

Київ – 2020

УДК 636.2.083/084

ББК 45

Д

Автори:

С. Ю. Рубан¹, доктор сільськогосподарських наук, професор, член-кореспондент НААН;
В. О. Даншин, кандидат сільськогосподарських наук, **Т. В. Литвиненко**¹, кандидат сільськогосподарських наук, **О. О. Борщ**, асистент кафедри технології виробництва молока і м'яса Білоцерківського Національного аграрного університету, **І. Д. Мітіогло**, провідний технолог ДПДГ «Нива», **Т. В. Якубець**¹, асистент кафедри генетики, розведення та біотехнології тварин НУБіП України, **М. А. Матвєєв**¹, аспірант кафедри генетики, розведення та біотехнології тварин НУБіП України

¹ - Національний університет біоресурсів і природокористування України

Рецензенти:

А. А. Гетья, доктор сільськогосподарських наук; професор кафедри генетики, розведення та біотехнології тварин НУБіП України

В. Г. Прудніков, доктор сільськогосподарських наук, професор, завідувач кафедри технології переробки, стандартизації та технічного сервісу Харківської державної зооветеринарної академії.

В. П. Шапля, доктор сільськогосподарських наук, завідувач кафедри технології виробництва і переробки продукції тваринництва Луганського національного аграрного університету, м. Старобільськ.

Затверджено Вченою радою факультету тваринництва та водних біоресурсів Національного університету біоресурсів і природокористування України (протокол № 9 від 21 травня 2020 року)

**С. Ю. Рубан, В. О. Даншин, Т. В. Литвиненко, О. О. Борщ, І. Д. Мітіогло,
Т. В. Якубець, М. А. Матвєєв**

Сучасні методи селекції у тваринництві (навчальний посібник з методів аналізу даних)

Навчальний посібник написано відповідно до програми з дисципліни «Сучасні методи селекції тварин» для студентів освітнього ступеня «Магістр», а також для студентів освітнього ступеня «Бакалавр» за спеціальністю підготовки 204 – «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва». Викладено базові підходи оцінки мінливості селекційних ознак, зв'язку між ними та їх успадковування, що дає змогу виконувати стандартні процедури щодо прогнозування генетичного прогресу, побудови економічних селекційних індексів та здійснення оцінки племінної цінності в популяціях сільськогосподарських тварин.

Розраховано на студентів, аспірантів, зоотехніків-селекціонерів, технологів з виробництва продукції тваринництва.

ЗМІСТ

| | |
|---|-----------|
| ВСТУП..... | 6 |
| 1. ВАРІАЦІЙНИЙ РЯД КІЛЬКІСНОЇ ОЗНАКИ ТА ЙОГО ОБРОБКА..... | 11 |
| 1.1. Побудування варіаційного ряду..... | 11 |
| 1.2. Розрахунок середнього арифметичного..... | 12 |
| 1.3. Розрахунок показників мінливості кількісної ознаки..... | 13 |
| 1.3.1. Дисперсія..... | 13 |
| 1.3.2. Середнє квадратичне відхилення..... | 14 |
| 1.3.3. Стандартна помилка середнього арифметичного..... | 14 |
| 1.3.4. Коефіцієнт варіації (C_v)..... | 15 |
| 1.4. Побудування полігону розподілу кількісної ознаки..... | 15 |
| 1.6. Оцінка вірогідності різниці між двома середніми арифметичними.. | 18 |
| Завдання до розділу 1..... | 20 |
| 2. СТАТИСТИЧНІ ПОКАЗНИКИ ЗВ'ЯЗКУ МІЖ КІЛЬКІСНИМИ ОЗНАКАМИ..... | 26 |
| 2.1. Кореляція..... | 26 |
| 2.1.1. Поняття про кореляцію..... | 26 |
| 2.1.2. Розрахунок коефіцієнта кореляції..... | 27 |
| 2.2. Регресія..... | 30 |
| 2.2.1. Поняття про регресію..... | 30 |
| 2.2.2. Розрахунок коефіцієнта регресії..... | 31 |
| Завдання до розділу 2..... | 34 |
| 3. ДИСПЕРСІЙНИЙ АНАЛІЗ..... | 39 |
| 3.1. Сутність дисперсійного аналізу..... | 39 |
| 3.2. Одно-факторний комплекс..... | 40 |
| 3.3. Дво-факторний комплекс..... | 42 |
| Завдання до розділу 3..... | 47 |
| 4. КОЕФІЦІЄНТ УСПАДКОВУВАНOSTI..... | 50 |
| Завдання до розділу 4..... | 56 |

| | |
|---|------------|
| 5.КОЕФІЦІЄНТ ПОВТОРЮВАНОСТІ..... | 59 |
| Завдання до розділу 5..... | 61 |
| 6.КОЕФІЦІЄНТ ІНБРИДИНГУ | 64 |
| Завдання до розділу 6..... | 67 |
| 7. Аналіз результатів міжпородного схрещування..... | 69 |
| Завдання до розділу 7..... | 73 |
| 8. ОЦІНКА ВІДПОВІДІ НА ВІДБІР ТВАРИН | 76 |
| Завдання до розділу 8..... | 79 |
| 9. ОЦІНКА ПЛЕМІННОЇ ЦІННОСТІ ТВАРИН ЗА СЕЛЕКЦІЙНИМИ ОЗНАКАМИ..... | 81 |
| Завдання до розділу 9..... | 83 |
| 10. ПОБУДОВА ЕКОНОМІЧНИХ СЕЛЕКЦІЙНИХ ІНДЕКСІВ..... | 88 |
| Завдання до розділу 10..... | 93 |
| 11. ПРОГНОЗУВАННЯ ГЕНЕТИЧНОГО ПРОГРЕСУ В ПОПУЛЯЦІЯХ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ТВАРИН | 96 |
| Завдання до розділу 11..... | 99 |
| 12. РОЗРАХУНОК ЗНАЧЕНЬ СЕЛЕКЦІЙНИХ ОЗНАК | 103 |
| 12.1. Показники росту..... | 103 |
| 12.2. Показники відтворення корів | 104 |
| 12.3.Розрахунок показників молочної продуктивності корів за лактацією | 105 |
| 12.4. Корегування молока на вміст основних компонентів (fat yield – вміст жиру, protein yield – вміст білка, lactose yield – вміст лактози)..... | 108 |
| Завдання до розділу 12..... | 110 |
| 13. ОЦІНКА РІВНЯ ГЕНЕТИЧНОГО РІЗНОМАНІТТЯ | 115 |
| 13.1. Показники генетичної відстані | 115 |
| 13.2. Індекс фіксації С. Райта | 116 |
| 13.3. Рівень гетерозиготності..... | 118 |
| Завдання до розділу 13..... | 120 |

| | |
|---|------------|
| 14. ПРИКЛАДИ ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ АНАЛІЗУ ДАНИХ В СЕЛЕКЦІЇ ТА БІОТЕХНОЛОГІЧНИХ ПІДХОДАХ..... | 122 |
| 14.1. Оцінка племінної цінності бугаїв-плідників і корів | 122 |
| молочних порід | 122 |
| 14.2. Відтворення стада як основна складова ефективного виробництва молока..... | 138 |
| 14.3. Ефективність застосування різних біотехнологічних методів в молочному скотарстві | 147 |
| 15. Перспективні напрями в селекції тварин..... | 156 |
| 16. ДОДАТКИ | 158 |
| 17. Символи та умовні позначення..... | 208 |
| 18. Список використаних джерел | 209 |

ВСТУП

Математичні методи аналізу постійно використовуються в біології, генетиці, агрономії, зоотехнії, ветеринарній медицині та інших сферах людської діяльності.

Вірогідний аналіз подій, які відбуваються в живій природі, дає можливість людині робити вірні прогнози та цілеспрямовано впливати на ці процеси, особливо коли вони пов'язані з науково-виробничою діяльністю. При цьому широко використовуються методи статистичної обробки даних. Так, в агропромисловому секторі, а саме в селекційній роботі, успішно використовуються методи оцінки племінної цінності тварин, оцінки генетичних параметрів (успадковуваність, повторюваність), обґрунтування оптимальних програм селекції з породами тощо, які базуються на математичних підходах. Таким чином, можна з впевненістю констатувати – без сучасних математичних знань неможливо впливати на процеси як виробництва, так і наукової діяльності.

Даний практичний посібник ставить за мету освоїти базовий рівень знань для обробки експериментальних даних по тваринництву та підійти до пізнання характеру та особливостей оцінки мінливості і успадковуваності селекційних ознак. В посібнику послідовно викладено:

- 1) поняття про варіаційний ряд, відбір об'єктів дослідження, їх кількість та методи відбору з загальної сукупності;
- 2) середнє арифметичне та оцінка мінливості ознак у варіаційному ряді;
- 3) зв'язок між ознаками: кореляція та регресія;
- 4) успадковуваність ознак;
- 5) повторюваність ознак.

До класичних визначень предмету, що вивчається, можна віднести варіаційну статистику розділ математичної статистики, в якому використовуються методи вивчення мінливості ознаки на масових матеріалах в різних областях науки, техніки і виробництва.

Методи статистичного аналізу можуть бути використані при обробці різних матеріалів, отриманих при вивченні різноманітних ознак, які характеризують тварину або рослину і є цікавими для спеціалістів вказаних галузей, зокрема і сільського господарства в цілому.

Базовими поняттями в статистиці кількісних ознак є поняття **генеральної сукупності і вибірки**. Наприклад, всі тварини певної породи можуть розглядатись як генеральна сукупність, а тварини окремого стада або регіону, які належать до цієї породи – як вибірка.

У більшості випадків немає можливості проводити статистичні підрахунки по всій генеральній сукупності, тому висновки щодо її статистичних показників, таких як середнє значення і дисперсія, базуються на відповідних показниках вибірки (окремої групи тварин).

Для того, щоб ці висновки були коректними, вибірка має бути **репрезентативною**, тобто вона повинна адекватно представляти генеральну сукупність. Найпростішим способом досягнення цієї мети є використання випадкової або рандомізованої вибірки, коли тварин до вибірки відбирають випадково, незалежно від будь-яких їх характеристик. Маючи репрезентативну вибірку, ми можемо отримати оцінки статистичних показників генеральної сукупності.

Одним з ключових понять при статистичній обробці є поняття **статистичної вірогідності**. Статистична вірогідність є кількісним вираженням ступеня, в якому статистичні показники, розраховані за даними вибірки, відображають відповідні показники генеральної сукупності. Рівень вірогідності позначається літерою α (або p) і приймає значення від 0 до 1. За звичай використовуються три пороги значень α : 0,05, 0,01 і 0,001. Чим нижче значення α , тим більше ми можемо довіряти отриманим результатам.

Під час робочої зустрічі з провідним фахівцем лабораторії програм покращення тварин при Міністерстві сільського господарства США (Animal Improvement Programs Laboratory, U.S. Department of Agriculture) – професором Дуаном Норманом (Duane Norman), було констатовано, що успіхи за останні

десятиліття селекціонерів-генетиків були б неможливими без застосування сучасних математичних підходів. Основою для цього слугують ті базові знання, які ми отримуємо під час навчання в закладах вищої освіти.



Рис.1.Робоча зустріч одного з авторів навчального посібника з професором Д. Норманом (ліворуч на фото) під час семінару Genomic Applied Science (США, м. Вашингтон, березень 2009 року).

Цікава історія цієї лабораторії, яка постійно використовує сучасні методики досліджень. Так, у 1908 році бюро тваринництва міністерства сільського господарства США організувало Асоціацію покращення молочних стад (англ. Dairy Herd Improvement Association, DHIA). При міністерстві сільського господарства був створений підрозділ досліджень щодо покращення молочних стада (англ. Division of Dairy Herd Improvement Investigations), який був пізніше перейменований у лабораторію програм покращення тварин. У 1918 році розпочалася робота щодо проведення оцінки бугаїв за якістю потомства. З того часу лабораторія програм покращення тварин регулярно проводить оцінку племінної цінності бугаїв-плідників, а також займається питаннями удосконалення методології цієї оцінки і здійснює наукові дослідження у цьому напрямі.

Результатом роботи стало постійне підвищення рівня продуктивності корів основних молочних порід США, що свідчить про виробниче спрямування наукової діяльності лабораторії. Як приклад можна навести світову

рекордистку за молочною продуктивністю, корову Selz-PralleAftershock 3918, від якої за 365днів лактації отримали 35 489 кг молока (рис. 2).



Рис.2.Фото світової рекордистки коровиSelz-PralleAftershock 3918

(<https://www.selzpralldairy.com/>)

Іншим прикладом селекційних успіхів може слугувати бугай голштинської породи Jenny-Lou Mrshl Toystory-ET, від якого за результатами оцінки племінної цінності отримали більше 500 тис. дочок у 50 країнах світу (рис. 3). Одна з його дочок була продана на аукціоні за 340 000 доларів (рис. 4).

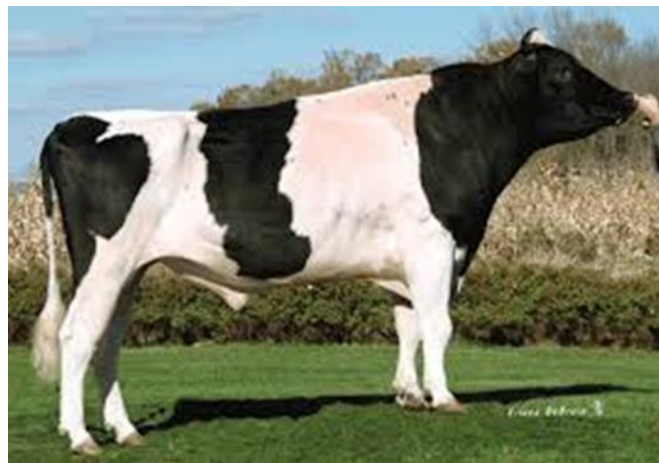


Рис.3. Фото бугая-плідника голштинської породи Jenny-LouMrshlToystory-ET,

від якого отримано більше 500 тис. дочок у 50 країнах світу

(<https://www.genex-deutschland.de>)



Рис.4. Фото корови Savage-Leigh Lavishasoldfor,
дочки бугая Jenny-Lou MrshlToystory-ET,
яка була продана на аукціоні за 340 000 доларів

(http://www.stackyard.com/news/2009/08/dairy/06_bullsemen_toystory.html)

Як підтвердження високих бізнесових інтересів серед фахівців до селекційних досягнень наведено рис. 4.

До особливостей даного посібника віднесено практичну та наочну участь фахівців в обробці матеріалу, коли формування вибірки та її обробка здійснюється «вручну», без застосування комп'ютерної техніки. Це дає змогу зрозуміти практиканту сутність процесів, які стоять за наведеними формулами, і сприяє розвитку когнітивних функцій разом з відчуттям практичної необхідності проведення такої роботи.

1. ВАРІАЦІЙНИЙ РЯД КІЛЬКІСНОЇ ОЗНАКИ ТА ЙОГО ОБРОБКА

Кількісними ознаками (англ. quantitative traits) називають фенотипи (відлат. Phaino – являю, виявляють та typos – зразок) – сукупності характеристик індивідуума на певній стадії розвитку, які є варіабельними за своєю величиною і тому можуть вимірюватись у певній кількісній шкалі (Rosa G.J.M., 2015). Багато кількісних ознак мають неперервний розподіл значень, наприклад надій молока корів. Інші, такі як число поросят у гнізді, можуть бути виражені лише цілими числами. Нарешті деякі кількісні ознаки є бінарними (наприклад, здорова або хвора тварина) або виражаються у певній (упорядкованій) шкалі категорій (наприклад, бали за вгодованістю). Хоча деякі кількісні ознаки є дискретними або виражаються у шкалі категорій, вони можуть розглядатися як спостереження гіпотетичної неперервної величини з одним або кількома порогами, які визначають категорії.

Розподіли кількісних ознак обумовлені впливом багатьох генів і середовищ них факторів. З цієї причини кількісні ознаки часто називають комплексними ознаками (англ. complex traits). Зібраний експериментальний матеріал обробляють в наступному порядку. Наприклад, ми маємо дані багатоплідності свиноматок одного з фермерських господарств. Ці відомості записані в зошит в порядку розміщення свиноматок по гніздах або станках

1.1. Побудування варіаційного ряду

Варіаційним рядом називається ряд чисел, що дають кількісну характеристику тієї чи іншої ознаки або властивості певної групи тварин (вибірки). Кожне число, яке входить у варіаційний ряд, називається **варіантом** і позначається буквою v .

Як приклад розглянемо варіаційний ряд багатоплідності свиноматок (число поросят в кожному гнізді):

| | | | | | | | | | | | | | | |
|----|----|----|----|----|----|----|---|----|----|----|----|----|----|----|
| 12 | 11 | 12 | 11 | 10 | 12 | 12 | 9 | 14 | 13 | 14 | 10 | 15 | 13 | 13 |
|----|----|----|----|----|----|----|---|----|----|----|----|----|----|----|

Такий ряд чисел, отриманий в порядку спостережень, називається **сирим, або первинним рядом**. Щоб привести цифри в певну систему, їх розташовують в порядку зростання. У цьому ряді можна легко знайти мінімальну і максимальну величини ознаки, орієнтовно визначити його середнє значення. Такий ряд називають **ранжованим**.

Ранжований варіаційний ряд в порядку збільшення значень багатоплідності свиноматок буде мати наступний вигляд:

| | | | | | | | | | | | | | | |
|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 9 | 10 | 10 | 11 | 11 | 12 | 12 | 12 | 12 | 13 | 13 | 13 | 14 | 14 | 15 |
|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|

1.2. Розрахунок середнього арифметичного

Першою статистичною величиною, що характеризує варіаційний ряд, є його **середнє арифметичне**, що визначає середню величину ознаки. Воно позначається буквою *M*.

Середня арифметична величина іменована: її значення виражається в тих же одиницях вимірювання, що і ознака варіаційного ряду (в сантиметрах, грамах, кілограмах і т. д.). Середнє арифметичне розраховується за формулою:

$$M = \frac{\sum v}{n},$$

де *v* – значення кількісної ознаки;

n – число варіант (значень кількісної ознаки) у варіаційному ряду;

\sum – знак суми.

Для наведеного вище варіаційного ряду по багатоплідності свиноматок середнє арифметичне буде дорівнювати:

$$M = \frac{9+10+10+11+11+12+12+12+12+13+13+13+14+14+15}{15} = \frac{181}{15} =$$

12,07 голів

1.3. Розрахунок показників мінливості кількісної ознаки

Окрім середнього арифметичного значення важливе значення для характеристики варіаційного ряду кількісної ознаки мають показники мінливості, які відображають ступінь розкиду значень ознаки навколо середнього арифметичного. Головними показниками мінливості є дисперсія і середнє квадратичне відхилення, а також коефіцієнт варіації.

1.3.1. Дисперсія

Дисперсія кількісної ознаки (позначається як S^2) визначається як сума квадратів відхилень варіант від середнього арифметичного значення, поділена на число варіант у варіаційному ряду:

$$S^2 = \frac{\sum(v-M)^2}{n-1},$$

де v – значення кількісної ознаки;

M – середнє арифметичне значення кількісної ознаки

n – число варіант (значень кількісної ознаки) у варіаційному ряду;

\sum – знак суми.

Чим більше значення дисперсії, тим більше розкид значень ознаки навколо середнього арифметичного. Дисперсія є іменованою величиною і виражається в одиницях вимірювання, які дорівнюють квадрату одиниці вимірювання ознаки варіаційного ряду.

Для варіаційного ряду по багатоплідності свиноматок дисперсія буде дорівнювати:

$$\begin{aligned} S^2 &= ((9 - 12,07)^2 + (10 - 12,07)^2 + (10 - 12,07)^2 + (11 - 12,07)^2 + (11 - 12,07)^2 + \\ &+ (12 - 12,07)^2 + (12 - 12,07)^2 + (12 - 12,07)^2 + (12 - 12,07)^2 + (13 - 12,07)^2 + (13 - \\ &12,07)^2 + (13 - 12,07)^2 + \\ &+ (14 - 12,07)^2 + (14 - 12,07)^2 + (15 - 12,07)^2) / (15 - 1) \\ &= 38,92 / 14 = 2,78 \text{ голів}^2 \end{aligned}$$

1.3.2. Середнє квадратичне відхилення

Середнє квадратичне відхилення кількісної ознаки (позначається як S) визначається як квадратний корінь з її дисперсії.

$$S = \sqrt{\frac{\sum(v - M)^2}{n}}$$

На відміну від дисперсії середнє квадратичне відхилення виражається в тих самих одиницях вимірювання, що і кількісна ознака.

Для варіаційного ряду по багатоплідності свиноматок середнє квадратичне відхилення буде дорівнювати:

$$S = \sqrt{2,78} = 1,67 \text{ голів}$$

1.3.3. Стандартна помилка середнього арифметичного

Стандартна помилка середнього арифметичного (позначається як Se) обчислюється за формулою:

$$Se = S/\sqrt{n}$$

де S – середнє квадратичне відхилення кількісної ознаки;

n – число варіант (значень кількісної ознаки) у варіаційному ряду.

Величина стандартної помилки показує, наскільки точно середнє арифметичне значення кількісної ознаки даного варіаційного ряду відображає її середнє значення у генеральній сукупності (породі, стаді тощо). Чим більше число варіант у варіаційному ряду, тим менше буде стандартна помилка середнього арифметичного значення.

Для варіаційного ряду по багатоплідності свиноматок стандартна помилка середнього арифметичного буде дорівнювати:

$$Se = 1,67/\sqrt{15} = 0,43 \text{ голів}$$

1.3.4. Коефіцієнт варіації (Cv)

Коефіцієнт варіації (Cv) відображає відносну ступінь мінливості ознаки і являє собою середнє квадратичне відхилення, виражене у відсотках від середнього арифметичного. Він обчислюється за формулою:

$$Cv = \frac{S}{M} 100\%.$$

Коефіцієнт варіації дозволяє порівнювати мінливість ознак у варіаційних рядах у разі великої різниці між їх середніми арифметичними і середніми квадратичними відхиленнями, а також порівнювати ступінь мінливості різних ознак.

Для варіаційного ряду по багатоплідності свиноматок коефіцієнт варіації буде дорівнювати:

$$Cv = \frac{1,67}{12,07} \times 100\% = 13,8\%$$

1.4. Побудування полігону розподілу кількісної ознаки.

Групування вибірових даних у вигляді варіаційного ряду має два призначення: по-перше, як допоміжна операція вона необхідна при обчисленні статистичних показників, а по-друге, ряди розподілу показують закономірність варіювання біологічних ознак. Щоб висловити цю закономірність більш наочно, прийнято зображати варіаційні ряди графічно у вигляді гістограми або у вигляді ламаної кривої – полігону розподілу.

Полігон розподілу кількісної ознаки будується наступним чином:

1. На основі ранжованого варіаційного ряду визначають мінімальне (v_{\min}) і максимальне (v_{\max}) значення ознаки.
2. Визначають число класів, k (для малих вибірок з числом варіант до 100 доцільно використовувати від 5 до 10 класів).
3. Розраховують величину класового інтервалу, λ :

$$\lambda = (v_{\max} - v_{\min})/k.$$

4. Визначають мінімальне (x_{\min}) і максимальне (x_{\max}) значення кількісної ознаки для кожного класу, починаючи з першого:

$$1 \text{ клас: } x_{1\min} = v_{\min}, x_{1\max} = x_{1\min} + \lambda,$$

$$2 \text{ клас: } x_{2\min} = x_{1\max}, x_{2\max} = x_{2\min} + \lambda,$$

і так далі.

5. Розраховують число варіант (n_i) у кожному класі. До i -го класу включають варіанти, які входять до інтервалу:

$$x_{i\min} \leq v < x_{i\max}.$$

6. Розраховують середні арифметичні значення кількісної ознаки для кожного класу за формулою:

$$M_i = \frac{\sum v_i}{n_i}$$

де v_i – значення кількісної ознаки, які входять до i -го класу;

n_i – число варіант (значень кількісної ознаки) у i -му класі;

\sum – знак суми.

7. Будують полігон розподілу: по осі абсцис розміщують середні значення ознаки по класах, по осі ординат – числа варіант від 0 до максимального значення, після чого помічають на графіку точки, які відповідають числам варіант для кожного класу, і суміжні точки з'єднують прямими лініями.

На рисунку 5 наведено полігон розподілу багатоплідності свиноматок.



Рис. 5. Полігон розподілу багатоплідності свиноматок

1.5. Нормальний розподіл кількісних ознак

Більшість безперервних кількісних ознак мають так званий **нормальний розподіл** (англ. normal distribution), при якому частота певного значення кількісної ознаки визначається за формулою Гаусса:

$$f(y) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp\left(-\frac{1}{2\sigma^2} (y - \mu)^2\right),$$

де μ – середнє значення кількісної ознаки;

σ^2 – дисперсія кількісної ознаки;

$\pi = 3,1416$ (математична постійна, яка дорівнює відношенню довжини кола до його діаметра).

Приклад нормального розподілу наведено на рис. 6.

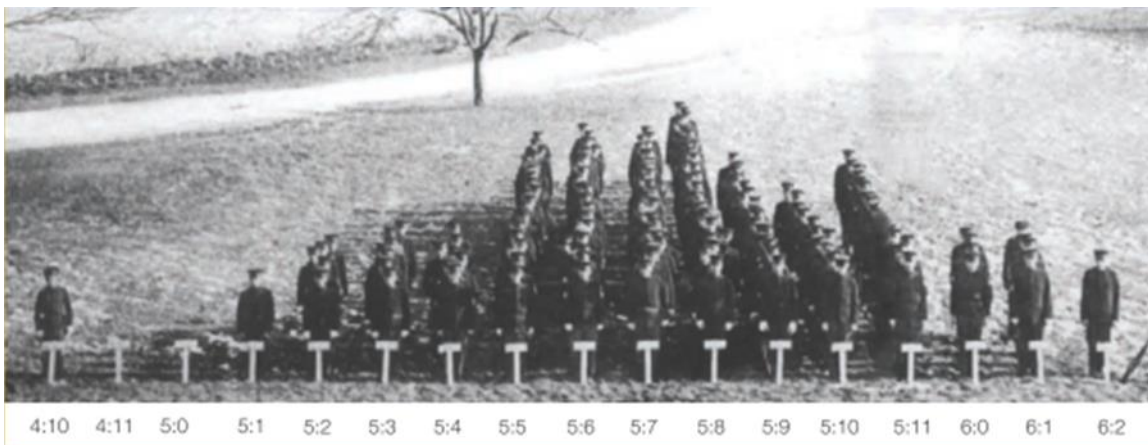


Рис. 6. Нормальний розподіл на прикладі величини росту студентів аграрного коледжу (А. F. Blakeslee, 2014)

Таким чином, нормальний розподіл кількісної ознаки є функцією двох параметрів: середнього значення (μ) і дисперсії (σ^2).

1.6. Оцінка вірогідності різниці між двома середніми арифметичними.

В експериментальній і практичній роботі при порівнянні середніх показників двох груп тварин правильні висновки можуть бути зроблені лише при встановленні критерію вірогідності різниці між цими групами (вибірками) тварин за цікавою для нас ознакою.

Показником вірогідності цієї різниці є критерій вірогідності Стьюдента, який розраховується за формулою:

$$t_d = \frac{M_1 - M_2}{\sqrt{Se^2 + Se_2^2}}$$

t_d – критерій вірогідності різниці;

M_1 і Se_1 – середнє арифметичне і його стандартна помилка в першій групі тварин (варіаційного ряду, вибірки);

M_2 і Se_2 – середнє арифметичне і його стандартна помилка у другій групі тварин (варіаційного ряду, вибірки);

Вірогідність різниці між середніми арифметичними двох груп тварин визначають шляхом порівняння розрахованого значення t_d з критичними значеннями t –критерію Стьюдента (додаток 1) відповідно до числа ступенів свободи, яке дорівнює:

$$v = n_1 + n_2 - 2,$$

де n_1, n_2 – числа варіант (значень кількісної ознаки) двох груп тварин.

Приклад. Середня висота в холці кобил чистокровної верхової породи $M_1 = 150,4$ см, стандартна помилка середнього арифметичного – $Se_1 = 0,35$ см, $n_1 = 10$. Середня висота в холці жеребців чистокровної верхової породи $M_2 = 160,9$ см, а стандартна помилка середнього арифметичного дорівнює $Se_2 = 0,35$ см, $n_2 = 10$.

Критерій вірогідності різниці по промірах висоти в холці двох груп порівнюваних між собою тварин буде дорівнювати:

$$t_d = \frac{160,9 - 150,4}{\sqrt{0,35^2 + 0,35^2}} = \frac{10,5}{0,49} = 21,4 \text{ см}$$

з числом ступенів свободи $\nu = 10 + 10 - 2 = 18$.

При числі ступенів свободи $\nu = 18$ найбільше критичне значення критерію Стьюдента (додаток 1), яке відповідає рівню вірогідності $\alpha = 0,0005$, дорівнює 3,9216. Таким чином, ми можемо зробити висновок про наявність різниці між середньою висотою в холці кобил і жеребців чистокровної верхової при високому ступені вірогідності.

Завдання до розділу 1.

Завдання 1.1.

Провести обробку варіаційного ряду живої маси у віці 12 місяців бугаїв абердин-ангуської породи, внесених до каталогу племінних бугаїв м'ясних порід України.

| Кличка і номер бугая | Жива маса у віці 12 місяців, кг |
|----------------------|---------------------------------|
| Сесар 5929 | 320 |
| Самсон 3409 | 524 |
| Бюджет 0390 | 375 |
| Принц 537 | 429 |
| Цімо 1361 | 420 |
| Циган 376 | 362 |
| Тропик 2510 | 356 |
| Конкар 360 | 345 |
| Барбарис 039 | 320 |
| Ротор 3626 | 320 |
| Тріо 6464 | 312 |
| Трал 9395 | 360 |
| Троль 0990 | 373 |
| Рейх 8664 | 442 |
| Марек 4689 | 440 |

Завдання 1.2.

Провести обробку варіаційного ряду надою молока за 305 днів корів української червоно-рябої молочної породи.

| Кличка | Ідентифікаційний номер | Надіймолока,кг |
|----------|------------------------|----------------|
| Абердина | UA 4800187749 | 5803 |
| Абеша | UA 4800190830 | 8783 |
| Абрикоса | UA 4800190821 | 9392 |
| Абриса | UA 4800190842 | 9941 |
| Абхазка | UA 4800190855 | 5171 |
| Агітка | UA 4800161623 | 6207 |
| Ада | UA 4800187774 | 6691 |
| Адена | UA 4800169527 | 8917 |
| Ажурна | UA 4800013872 | 6528 |
| Аза | UA 4800074576 | 5422 |
| Аза | UA 4800115154 | 5758 |
| Айда | UA 4800187775 | 7542 |
| Аква | UA 4800074588 | 5579 |
| Аква | UA 4800074588 | 5867 |
| Акварель | UA 4800063068 | 6653 |
| Анюта | UA 4800074564 | 6444 |
| Аргіна | UA 4800161618 | 6241 |
| Аргіна | UA 4800161618 | 4823 |
| Асторія | UA 4800161612 | 4274 |

Завдання 1.3.

Провести обробку варіаційного ряду міжотельного періоду (період між датами першого і другого отелення) корів української чорно-рябої молочної породи.

| Кличка | Ідентифікаційний номер | Міжотельний період, днів |
|-----------|------------------------|-----------------------------|
| Іварка | UA 3200961503 | 452 |
| Іволга | UA 3200792934 | 391 |
| Іволга | UA 3200792934 | 352 |
| Івущка | UA 3200961612 | 332 |
| Івущка | UA 3200961612 | 324 |
| Ігла | UA 3200783200 | 386 |
| Ігрива | UA 3200961494 | 416 |
| Ігрива | UA 3200961494 | 317 |
| Ігріста | UA 3200783164 | 342 |
| Ігріста | UA 3200783164 | 346 |
| Ігра | UA 3200961867 | 478 |
| Ігрушка | UA 3200792704 | 486 |
| Ідеала | UA 3200841191 | 328 |
| Ідеала | UA 3200841191 | 328 |
| Ідейна | UA 3200782997 | 450 |
| Ідеограма | UA 3200178217 | 460 |
| Ідеограма | UA 3200178217 | 444 |
| Ідея | UA 3200841274 | 386 |
| Ідея | UA 3200841274 | 481 |
| Іжица | UA 3200783227 | 490 |

Завдання 1.4.

Провести порівняння двох варіаційних рядів (побудувати ранжовані варіаційні ряди, розрахувати середні значення, розрахувати показники мінливості кількісної ознаки (дисперсії, середні квадратичні відхилення, коефіцієнти варіації, стандартні помилки середніх арифметичних), провести оцінку вірогідності різниці між середніми значеннями по варіаційних рядах живої маси у віці 12 місяців бугаїв української м'ясної і абердин-ангуської порід, внесених до каталогу племінних бугаїв м'ясних порід.

| Жива маса у віці 12 місяців, кг | |
|---------------------------------|-------------------------|
| українська м'ясна порода | абердин-ангуська порода |
| 440 | 320 |
| 511 | 524 |
| 396 | 375 |
| 397 | 429 |
| 424 | 420 |
| 370 | 362 |
| 396 | 356 |
| 380 | 345 |
| 420 | 320 |
| 482 | 320 |
| 371 | 312 |
| 470 | 360 |
| 452 | 373 |
| 373 | 442 |
| 430 | - |

Завдання 1.5.

Провести порівняння двох варіаційних рядів (побудувати ранжовані варіаційні ряди, розрахувати середні значення, розрахувати показники мінливості кількісної ознаки (дисперсії, середні квадратичні відхилення, коефіцієнти варіації, стандартні помилки середніх арифметичних), провести оцінку вірогідності різниці між середніми значеннями по варіаційних рядах надою молока за 305 днів лактації корів голштинської і української чорно-рябої молочної порід.

| Надій молока за 305 днів лактації, кг | |
|---------------------------------------|--------------------|
| українська чорно-ряба молочна порода | голштинська порода |
| 7961 | 9975 |
| 9934 | 10269 |
| 10435 | 6977 |
| 9217 | 7860 |
| 10477 | 11095 |
| 7489 | 7157 |
| 8344 | 8125 |
| 8244 | 8645 |
| 7633 | 8920 |
| 6299 | 3493 |
| 6173 | 8871 |
| 7114 | 8497 |
| 8072 | 9043 |
| 3776 | 11386 |
| 5719 | - |
| 6822 | - |
| 6929 | - |
| 7011 | - |

Завдання 1.6.

Провести порівняння двох варіаційних рядів (побудувати ранжовані варіаційні ряди, розрахувати середні значення, розрахувати показники мінливості кількісної ознаки (дисперсії, середні квадратичні відхилення, коефіцієнти варіації, стандартні помилки середніх арифметичних), провести оцінку вірогідності різниці між середніми значеннями по варіаційних рядах середньодобового приросту від народження до 12-місячного віку бугаїв української м'ясної і абердин-ангуської порід, внесених до каталогу племінних бугаїв м'ясних порід.

| Середньодобовий приріст від народження до 12-місячного віку, г | |
|--|-------------------------|
| українська м'ясна порода | абердин-ангуська порода |
| 1052 | 795 |
| 1293 | 1340 |
| 978 | 920 |
| 981 | 1088 |
| 1055 | 1074 |
| 907 | 904 |
| 978 | 888 |
| 932 | 858 |
| 1044 | 806 |
| 1214 | 795 |
| 910 | 1388 |
| 1181 | 915 |
| 1132 | 917 |
| 915 | 1129 |
| 1071 | 1123 |

2. СТАТИСТИЧНІ ПОКАЗНИКИ ЗВ'ЯЗКУ МІЖ КІЛЬКІСНИМИ ОЗНАКАМИ

2.1. Кореляція

2.1.1. Поняття про кореляцію

Успадкування ознак часто розглядається окремо, незалежно одна від іншої. Тим часом взаємозв'язки ознак в організмі тварини настільки різноманітні та складні, що знання їх обов'язкове для кожного фахівця, який працює в галузі тваринництва. Вивчення кореляційних залежностей має велике значення в практичній роботі, особливо при селекції тварин за окремими господарсько-корисними ознаками. Наприклад, за звичай з підвищенням багатоплідності свиноматок середня маса поросяти в гнізді знижується, що ускладнює проведення одночасної селекції за обома цими ознаками.

Взаємозв'язок між ознаками називається **кореляційним зв'язком** або просто **кореляцією**.

Розрізняють два види кореляції: позитивну і негативну (рис. 7).

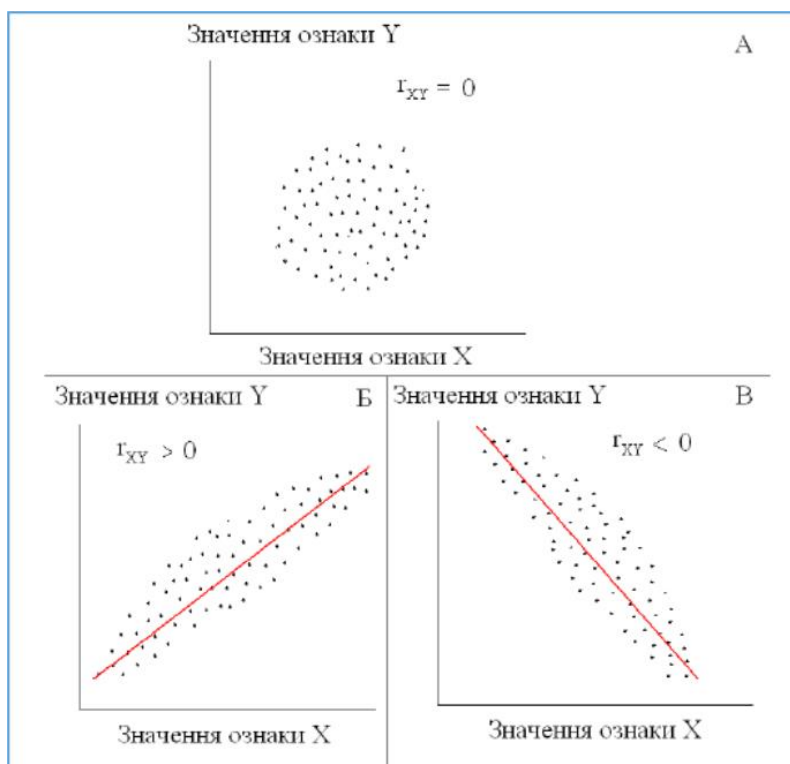


Рис. 7. Розподіл значень двох кількісних ознак в залежності від корелятивного зв'язку між ними.

Позитивна кореляція спостерігається в тому випадку, коли зі збільшенням або зменшенням однієї ознаки відповідно змінюється інша. Наприклад, зі збільшенням маси матері підвищується і маса приплоду при народженні, зі збільшенням обхвату грудей збільшується маса тварини, зі збільшенням живої маси вівці підвищується настриг вовни.

Негативна кореляція спостерігається тоді, коли зі збільшенням однієї ознаки інша зменшується і навпаки, зі зменшенням однієї інша збільшується. Так, зі збільшенням довжини вовни овець, знижується її густина.

Кількісним показником корелятивного зв'язку є **коефіцієнт кореляції**.

2.1.2. Розрахунок коефіцієнта кореляції.

Коефіцієнт кореляції – це статистичний показник, який вказує на ступінь і напрямок (позитивний або негативний) зв'язку між двома кількісними ознаками.

Коефіцієнт кореляції між кількісними ознаками X і Y (r_{XY}) розраховується за формулою:

$$r_{XY} = \frac{cov_{XY}}{S_X S_Y}$$

де cov_{XY} – коваріанса між ознаками X і Y ;

S_X і S_Y – середні квадратичні відхилення ознак X і Y , відповідно.

cov_{XY} – коваріанса між ознаками X і Y , яка розраховується за формулою:

$$cov_{XY} = \frac{\sum(X - M_X)(X - M_Y)}{n - 1}$$

де X і Y – значення ознак X і Y , відповідно;

M_X і M_Y – середні арифметичні значення ознак X і Y , відповідно;

n – число спостережень.

Коефіцієнт кореляції приймає значення від -1 до +1. Якщо коефіцієнт кореляції більше 0, зв'язок між ознаками є позитивним, тобто більшому значенню однієї ознаки відповідає більше значення другої; якщо коефіцієнт кореляції менше 0, зв'язок між ознаками є негативним, тобто більшому значенню однієї ознаки відповідає менше значення іншої; при нульовому коефіцієнті кореляції зв'язок відсутній.

Стандартна помилка коефіцієнта кореляції ($m_{r_{XY}}$) розраховується за формулою:

$$m_{r_{XY}} = \sqrt{\frac{1 - r_{XY}^2}{n - 2}}$$

де r_{XY} – коефіцієнт кореляції;

n – розмір вибірки.

Критерій вірогідності коефіцієнта кореляції ($t_{r_{XY}}$) розраховується за формулою:

$$t_{r_{XY}} = \frac{r_{XY}}{m_{r_{XY}}}$$

де r_{XY} – коефіцієнт кореляції;

$m_{r_{XY}}$ – стандартна помилка коефіцієнта кореляції.

Вірогідність коефіцієнта кореляції визначають шляхом порівняння розрахованого значення $t_{r_{XY}}$ з критичними значеннями t -критерію Стюдента (додаток 1) відповідно до число ступенів свободи, яке дорівнює:

$$v = n - 2,$$

де n – число варіант у вибірці.

Приклад. Розглянемо дані по величинах надою і вмісту жиру в молоці корів

| Надій молока, кг | Вміст жиру в молоці, % |
|------------------|------------------------|
| 7500 | 3,70 |
| 8300 | 3,56 |
| 6850 | 3,67 |
| 7930 | 3,72 |
| 6250 | 3,80 |

Середнє значення надою молока буде дорівнювати:

$$M_X = \frac{7500 + 8300 + 6850 + 7930 + 6250}{5} = 7366,0 \text{ кг}$$

Дисперсія надою молока буде дорівнювати:

$$S^2_X = ((7500 - 7366,0)^2 + (8300 - 7366,0)^2 + (6850 - 7366,0)^2 + (7930 - 7366,0)^2 + (6250 - 7366,0)^2) / (5 - 1) \\ = 680030,0 \text{ кг}^2$$

Середнє квадратичне відхилення надою молока буде дорівнювати:

$$S_X = \sqrt{680030,0} = 824,6 \text{ кг}$$

Середнє значення вмісту жиру в молоці буде дорівнювати:

$$M_Y = \frac{3,70 + 3,56 + 3,67 + 3,72 + 3,80}{5} = 3,69 \%$$

Дисперсія вмісту жиру в молоці буде дорівнювати:

$$S^2_Y = ((3,7 - 3,69)^2 + (3,56 - 3,69)^2 + (3,67 - 3,69)^2 + (3,72 - 3,69)^2 + (3,8 - 3,69)^2) / (5 - 1) \\ = 0,0076\%^2$$

Середнє квадратичне відхилення вмісту жиру в молоці буде дорівнювати:

$$S_Y = \sqrt{0,0076} = 0,0872\%$$

Коваріанса між надоєм молока і вмістом жиру в молоці буде дорівнювати:

$$\text{cov}_{XY} = ((7500 - 7366)(3,7 - 3,69) + (8300 - 7366)(3,56 - 3,69) +$$

$$\begin{aligned}
& + (6850 - 7366)(3,67 - 3,69) + (7930 - 7366)(3,72 - 3,69) + \\
& + (6250 - 7366)(3,8 - 3,69) / (5 - 1) \\
& = -53,9 \text{ кг}\cdot\%
\end{aligned}$$

Коефіцієнт кореляції між надоем молока і вмістом жиру в молоці буде дорівнювати:

$$r_{XY} = -53,9 / (824,6 \cdot 0,0872) = -0,7496$$

Таким чином має місце негативний зв'язок між надоем молока і вмістом жиру в молоці: збільшення надою обумовлює зниження вмісту жиру в молоці і навпаки, підвищення вмісту жиру в молоці корів веде до зниження надою.

Стандартна помилка коефіцієнта кореляції між надоем молока і вмістом жиру в молоці буде дорівнювати:

$$m_{r_{XY}} = \sqrt{(1 - 0,5618) / 3} = 0,3822$$

Критерій вірогідності коефіцієнта кореляції між надоем молока і вмістом жиру в молоці буде дорівнювати:

$$t_{r_{XY}} = \frac{0,7496}{0,3822} = 1,9613$$

з числом ступенів свободи $\nu = 5 - 2 = 3$.

При числі ступенів свободи $\nu = 3$ значення критерію Стюдента (додаток 1), яке відповідає рівню вірогідності $\alpha = 0,05$, дорівнює 2,353363. Таким чином, виходячи з наявних даних, ми не можемо зробити висновок про наявність вірогідного корелятивного зв'язку між надоем молока і вмістом жиру в молоці.

2.2. Регресія

2.2.1. Поняття про регресію

Розрахунок коефіцієнта кореляції дозволяє оцінити напрям (позитивний або негативний) і ступінь зв'язку між кількісними ознаками. Другою важливою задачею при вивченні такого зв'язку є отримання кількісних оцінок впливу зміни значення однієї кількісної ознаки на другу, яка корелює з нею. Для цього використовується коефіцієнт регресії.

2.2.2. Розрахунок коефіцієнта регресії

Коефіцієнт регресії – це статистичний показник, який дає оцінку зміни однієї кількісної ознаки при зміні іншої кількісної ознаки на одиницю її вимірювання. Коефіцієнт регресії кількісної ознаки X на кількісну ознаку Y (b_{XY}) розраховується за формулою:

$$b_{XY} = r_{XY} \times \frac{S_X}{S_Y}$$

де r_{XY} – коефіцієнт кореляції між ознаками X і Y ;

S_X і S_Y – середні квадратичні відхилення ознак X і Y , відповідно.

Стандартна помилка коефіцієнта регресії $m_{b_{XY}}$ розраховується за формулою:

$$m_{b_{XY}} = \sqrt{\frac{(1 - r_{XY}^2)S_X^2}{\sum(Y - M_Y)^2}}$$

Відповідно коефіцієнт регресії кількісної ознаки Y на кількісну ознаку X (b_{YX}) розраховується за формулою:

$$b_{YX} = r_{XY} \times \frac{S_Y}{S_X}$$

де r_{XY} – коефіцієнт кореляції між ознаками X і Y ;

S_X і S_Y – середні квадратичні відхилення ознак X і Y , відповідно.

Стандартна помилка коефіцієнта регресії $m_{b_{YX}}$ розраховується за формулою:

$$m_{b_{YX}} = \sqrt{\frac{(1 - r_{XY}^2)S_Y^2}{\sum(X - M_X)^2}}$$

Приклад. Розрахуємо коефіцієнти регресії надою молока (X) на вміст жиру в молоці (Y) корів і вмісту жиру в молоці на надій молока за даними попереднього прикладу.

Маємо

$$r_{XY} = -0,7496, r^2_{XY} = 0,5618$$

$$S^2_X = 680030,0 \text{ кг}^2, S_X = 824,6 \text{ кг}$$

$$S^2_Y = 0,0076\%^2, S_Y = 0,0872\%$$

$$\sum(X - M_X)^2 = S^2_X \cdot (n - 1) = 680030,0 \cdot 4 = 2720120 \text{ кг}^2$$

$$\sum(Y - M_Y)^2 = S^2_Y \cdot (n - 1) = 0,0076 \cdot 4 = 0,0304 \text{ \%}^2$$

Тоді

$$b_{XY} = -0,7496 \frac{824,6}{0,0872} = -7088,5 \text{ кг/\%}$$

$$m_{b_{XY}} = \sqrt{\frac{(1 - 0,5618) \cdot 680030,0}{0,0304}} = 3130,9$$

$$b_{YX} = -0,7496 \frac{0,0872}{824,6} = -0,00008 \text{ \%/кг}$$

$$m_{b_{YX}} = \sqrt{\frac{(1 - 0,5618) \cdot 0,0076}{2720120}} = 0,00003$$

Зв'язок між надоєм молока і вмістом жиру в молоці корів відображено на рисунку 8.

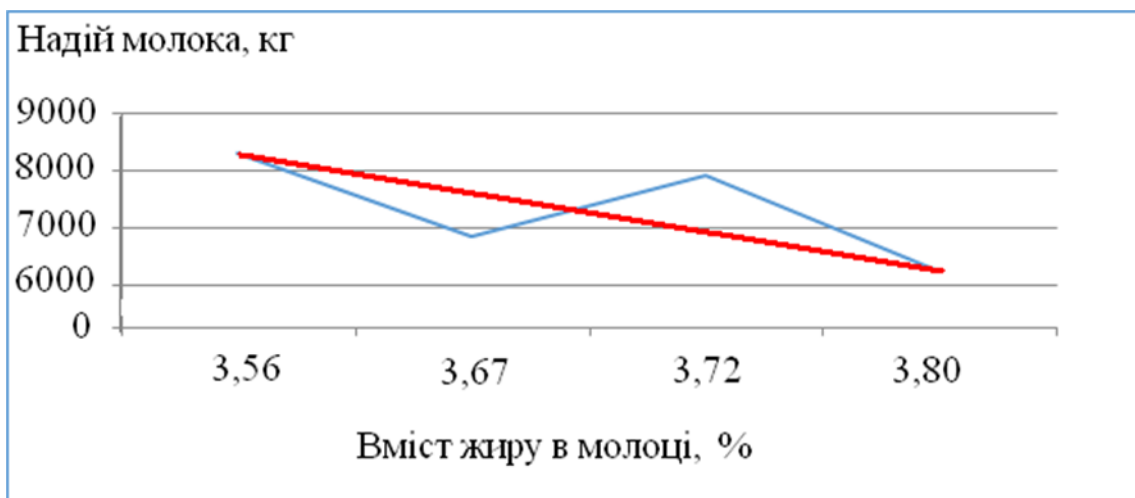


Рис. 8. Зв'язок між надоєм молока і вмістом жиру в молоці корів

Графік відображає негативний зв'язок між надоем молока і вмістом жиру в молоці, а червона лінія (лінія регресії) – тенденцію зниження надою при підвищенні вмісту жиру в молоці (коефіцієнт регресії визначає кут нахилу лінії регресії).

Завдання до розділу 2.

Завдання 2.1.

Провести розрахунок показників зв'язку між живою масою у віці 12 місяців і висотою в холці бугаїв української м'ясної породи, внесених до каталогу племінних бугаїв м'ясних порід.

| Кличка і номер бугая | Жива маса у віці 12 місяців, кг X | Висота в холці, см Y |
|----------------------|---|--------------------------------|
| Анчар 0988 | 440 | 137 |
| Вал 1487 | 511 | 127 |
| Моноліт 172 | 396 | 129 |
| Зеніт 3383 | 397 | 124 |
| Пілот 9537 | 424 | 125 |
| Чемпіон 3523 | 370 | 116 |
| Казбек 1991 | 396 | 128 |
| Король 3394 | 380 | 128 |
| Ранній 1281 | 420 | 128 |
| Ранок 3564 | 482 | 126 |
| Сопот 9533 | 371 | 133 |
| Маскарад 177 | 470 | 126 |
| Буран 1459 | 452 | 130 |
| Лимон 3370 | 373 | 125 |
| Чек 1435 | 430 | 136 |

Завдання 2.2.

Провести розрахунок показників зв'язку між надоем молока за 305 днів лактації і вмістом жиру в молоці корів української червоно-рябої молочної породи.

| Кличка і ідентифікаційний номер | Надій молока за 305 днів лактації, кг X | Вміст жиру в молоці, % Y |
|------------------------------------|--|---------------------------------------|
| ЛентаUA 7400206756 | 4155 | 3,82 |
| КрасуляUA 3200946121 | 5312 | 3,78 |
| МартаUA 3200946101 | 6356 | 3,74 |
| МартаUA 3201009207 | 6660 | 3,52 |
| ІроніяUA 6300523209 | 4328 | 3,52 |
| ІроніяUA 7100627002 | 7460 | 4,05 |
| АзаліяUA 7100480495 | 4042 | 3,52 |
| АзаліяUA 7100626897 | 7352 | 3,01 |
| АйстраUA 7100626875 | 6674 | 3,75 |
| АмазонкаUA 7100480446 | 4607 | 3,58 |
| АмазонкаUA 7100480752 | 5357 | 3,66 |
| АмазонкаUA 7100539134 | 8247 | 3,45 |
| АмурнаUA 7100691105 | 7013 | 3,72 |
| АнгараUA 6300523064 | 4929 | 3,61 |
| БілкаUA 7100480590 | 5188 | 3,58 |
| БерезаUA 6300523027 | 4315 | 3,85 |
| БерезаUA 7100626860 | 7696 | 3,87 |
| БерезаUA 7100691152 | 5999 | 3,62 |
| БерезаUA 7100691159 | 7009 | 3,87 |
| БрожкаUA 7100539135 | 6181 | 3,57 |
| БруснікаUA 7100691247 | 7061 | 3,58 |

Завдання 2.3.

Провести розрахунок показників зв'язку між середньодобовим приростом від народження до 12-місячного віку і живою масою у віці 12 місяців бугаїв абердин-ангуської породи, внесених до каталогу племінних бугаїв м'ясних порід.

| Кличка і номер бугая | Середньодобовий приріст від народження до 12-місячного віку, г X | Жива маса у віці 12 місяців, кг Y |
|----------------------|--|---|
| Сесар 5929 | 795 | 320 |
| Самсон 3409 | 1340 | 524 |
| Бюджет 0390 | 920 | 375 |
| Принц 537 | 1088 | 429 |
| Цімо 1361 | 1074 | 420 |
| Циган 376 | 904 | 362 |
| Тропик 2510 | 888 | 356 |
| Конкар 360 | 858 | 345 |
| Барбарис 039 | 806 | 320 |
| Ротор 3626 | 795 | 320 |
| Тріо 6464 | 1388 | 312 |
| Трал 9395 | 915 | 360 |
| Тріль 0990 | 917 | 373 |
| Рейх 8664 | 1129 | 442 |
| Марек 4689 | 1123 | 440 |

Завдання 2.4.

Провести розрахунок показників зв'язку між вмістом жиру і білка в молоці корів голштинської породи

| Кличка і ідентифікаційний номер | Вміст жиру в молоці, % X | Вміст білка в молоці, % Y |
|------------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|
| Лиха UA 1800497767 | 3,46 | 3,14 |
| Фоса UA 1800019156 | 3,6 | 3,10 |
| Хитра UA 1800290195 | 3,70 | 3,12 |
| Лаура 7153 | 4,16 | 3,07 |
| Марфа 548 | 3,71 | 2,98 |
| Мурза 8154 | 3,76 | 3,02 |
| Мушка UA 1800102201 | 3,81 | 3,15 |
| Синиця 970 | 3,91 | 3,11 |
| Івина UA 1800137892 | 3,85 | 3,07 |
| Ізабела UA 1800138141 | 4,33 | 3,25 |
| Інерція UA 1800288728 | 3,81 | 2,92 |
| Інес UA 1800138206 | 4,09 | 2,99 |
| Інка UA 1800504852 | 3,59 | 3,08 |
| Абрикапа UA 1800288882 | 3,88 | 3,11 |
| Абрикоса UA 1800137957 | 4,04 | 3,17 |
| Абсциса* UA 1800344246 | 3,68 | 3,02 |
| Авіація UA 1800370299 | 3,66 | 3,02 |
| Азалія UA 1800019137 | 3,22 | 3,04 |
| Айстра UA 1800176446 | 4,15 | 2,98 |
| Академка UA 1800496454 | 3,45 | 3,06 |
| Акама UA 1800605049 | 3,48 | 2,95 |
| Активна UA 1800138015 | 4,29 | 3,11 |
| Акула UA 1800102181 | 3,98 | 2,86 |
| Акустика UA 1800288812 | 3,98 | 2,92 |
| Аліна UA 1800504668 | 3,54 | 3,01 |
| Алабама UA 1800138220 | 3,61 | 2,92 |

Завдання 2.5.

Провести розрахунок показників зв'язку між надоем молока за 305 днів лактації і міжотельним періодом корів голштинської породи.

| Кличка і ідентифікаційний номер | Надій молока за 305 днів лактації, кг X | Міжотельний період, днів Y |
|------------------------------------|--|---|
| Лиха UA 1800497767 | 4647 | 493 |
| Фоса UA 1800019156 | 3885 | 437 |
| Хитра UA 1800290195 | 5657 | 360 |
| Лаура 7153 | 4369 | 607 |
| Марфа 548 | 6281 | 554 |
| Мурза 8154 | 5086 | 401 |
| Мушка UA 1800102201 | 6659 | 397 |
| Синиця 970 | 6905 | 347 |
| Івина UA 1800137892 | 6992 | 554 |
| Ізабела UA 1800138141 | 4773 | 411 |
| Інерція UA 1800288728 | 5906 | 369 |
| Інес UA 1800138206 | 9540 | 408 |
| Інка UA 1800504852 | 5076 | 381 |
| Абрикапа UA 1800288882 | 6587 | 355 |
| Абрикоса UA 1800137957 | 4669 | 368 |
| Абсциса UA 1800344246 | 4381 | 369 |
| Авіація UA 1800370299 | 4406 | 361 |
| Азалія UA 1800019137 | 7038 | 365 |
| Айстра UA 1800176446 | 6698 | 465 |
| Академка UA 1800496454 | 6996 | 718 |
| Акама UA 1800605049 | 6968 | 412 |
| Активна UA 1800138015 | 5724 | 547 |
| Акула UA 1800102181 | 7463 | 360 |
| Акустика UA 1800288812 | 4785 | 367 |
| Аліна UA 1800504668 | 8243 | 348 |
| Алабама UA 1800138220 | 8886 | 510 |

3. ДИСПЕРСІЙНИЙ АНАЛІЗ

3.1. Сутність дисперсійного аналізу

Біологічні особливості тварин залежать від багатьох зовнішніх і внутрішніх факторів. Так, маса телят при народженні і в наступні періоди визначається спадковими особливостями їх матерів і батьків, годівлею, утриманням, а також умовами ембріонального розвитку. Цим обумовлюється велика різноманітність тварин по їх фізіологічним та морфологічним властивостям.

Дисперсійний аналіз, розроблений англійським математиком і біологом Р. Фішером, є самостійним і важливим розділом біологічної статистики. За допомогою його можна встановити роль окремих факторів у мінливості тієї чи іншої ознаки, розкласти загальну мінливість ознаки на складові частини, обумовлені досліджуваними конкретними факторами (вік батьків, їх розмір, порода, рівень годівлі тощо), а також викликані випадковими, неконтрольованими факторами (температура, освітлення тощо).

Таким чином, сутність дисперсійного аналізу полягає у вивченні статистичного впливу одного або декількох факторів на результуючу ознаку.

Дисперсійний аналіз базується на загальній лінійній моделі, яка має вигляд:

$$y_{ij,k} = \mu + a_{1i} + a_{2j} \dots + a_{qk} + e_{ij,k},$$

де $y_{ij,k}$ – значення кількісної ознаки тварини;

μ – популяційне середнє;

a_{1i} – ефект впливу i -го рівня першого фактору;

a_{2j} – ефект впливу j -го рівня другого фактору;

a_{qk} – ефект впливу k -го рівня q -го фактору;

q – число факторів;

$e_{ij,k}$ – вплив неврахованих факторів.

Сутність цієї моделі полягає в отриманні оцінок впливу рівнів всіх факторів, що входять до моделі, і розрахунку відповідних дисперсій.

Залежно від числа факторів розрізняють одно-факторний, двофакторний і так далі дисперсійні аналізи.

3.2. Одно-факторний комплекс

При одно-факторному дисперсійному аналізі проводиться вивчення впливу на кількісну ознаку лише одного фактору. Загальна лінійна модель при цьому має вигляд:

$$y_{ij} = M + A_i + e_{ij},$$

де y_{ij} – значення кількісної ознаки тварини;

M – загальне середнє;

A_i – ефект впливу i -го рівня фактору A ;

e_{ij} – вплив неврахованих факторів.

Розрахунки проводяться згідно таблиці 1.

Таблиця 1.

Схема розрахунків при одно-факторному дисперсійному аналізі

| Джерело дисперсії | Сума квадратів відхилень, SS | Число ступенів свободи | Середній квадрат відхилень, MS | Критерій вірогідності Фішера |
|---------------------|---------------------------------------|------------------------|--------------------------------|------------------------------|
| Фактор А | $SS_A = \sum n_i (M_i - M)^2$ | $\nu_A = \ell - 1$ | $MS_A = SS_A / \nu_A$ | $F = MS_{\Phi} / MS_H$ |
| Невраховані фактори | $SS_H = \sum \sum (y_{ij} - M_i)^2$ | $\nu_H = n - \ell$ | $MS_H = SS_H / \nu_H$ | |
| Повна дисперсія | $SS_{\Pi} = \sum \sum (y_{ij} - M)^2$ | $\nu_{\Pi} = n - 1$ | | |

Примітка: M – загальне середнє значення кількісної ознаки; ℓ – число рівнів фактору A ; n – загальне число спостережень M_i – середнє значення ознаки для i -го рівня фактору A ; n_i – число спостережень в межах i -го рівня; y_{ij} – значення кількісної ознаки для j -го спостереження в межах i -го рівня фактору.

Вірогідність впливу фактору визначають на основі значення критерію F . Фішера з урахуванням чисел ступенів свободи (див. додаток 2).

Окрім вірогідності впливу можна розрахувати ступінь впливу фактору на кількісну ознаку, наприклад, за методом М. О. Плохінського:

$$\eta^2 = (SS_A / SS_{\Pi}) \cdot 100\%.$$

Як приклад проведемо дисперсійний аналіз впливу бугаїв-плідників на надої молока їх дочок на основі таких даних:

| Бугай-плідник | Надої молока дочок | Середні значення надоїв по бугаях-плідниках |
|---------------------------|--------------------|---|
| Б1 | 7560 | 7880 |
| | 8200 | |
| Б2 | 7010 | 7405 |
| | 7800 | |
| Б3 | 7250 | 7517 |
| | 7900 | |
| | 7400 | |
| Загальне середнє значення | 7589 | - |

Відповідно до таблиці 3.1. отримуємо наступні значення:

$$SS_A = 2 \cdot (7880,0 - 7589,0)^2 + 2 \cdot (7405,0 - 7589,0)^2 + 3 \cdot (7517,0 - 7589,0)^2$$

$$= 252769,0 \text{ кг}^2$$

$$SS_H = (7560,0 - 7880,0)^2 + (8200,0 - 7880,0)^2 + (7010,0 - 7405,0)^2$$

$$+ (7800,0 - 7405,0)^2 + (7250,0 - 7517,0)^2 + (7900,0 - 7517,0)^2$$

$$+ (7400,0 - 7517,0)^2$$

$$= 748517,0 \text{ кг}^2$$

$$SS_{\Pi} = (7560,0 - 7589,0)^2 + (8200,0 - 7589,0)^2 + (7010,0 - 7589,0)^2$$

$$+ (7800,0 - 7589,0)^2 + (7250,0 - 7589,0)^2 + (7900,0 - 7589,0)^2$$

$$+ (7400,0 - 7589,0)^2$$

$$= 1001286,0 \text{ кг}^2$$

$$v_A = 3 - 1 = 2$$

$$v_H = 7 - 3 = 4$$

$$v_{II} = 7 - 1 = 6$$

$$MS_A = 252769,0/2 = 126384,5 \text{ кг}^2$$

$$MS_H = 748517,0/4 = 187129,0 \text{ кг}^2$$

В результаті отримуємо наступне значення критерію Р. Фішера:

$$F = 126384,5/187129,0 = 0,68$$

При числах ступенів свободи $v_A = 2$ і $v_H = 4$ критичне значення критерію Р. Фішера для 95%-го рівня вірогідності дорівнює 6,9443 (див. додаток 2). Оскільки отримане нами значення значно нижче, ми не можемо стверджувати про вірогідний вплив бугаїв-плідників на надої молока їх дочок.

Ступінь впливу бугаїв-плідників на надої дочок за методом М. О. Плохінського дорівнює:

$$\eta^2 = (252769,0/1001286,0) \cdot 100\% = 25,2\%.$$

3.3. Дво-факторний комплекс

При двох-факторному дисперсійному аналізі проводиться вивчення впливу на кількісну ознаку двох факторів. При цьому може вивчатися не тільки вплив кожного фактору окремо (головні ефекти), але й ефект взаємодії цих двох факторів. Загальна лінійна модель при цьому має вигляд:

$$y_{ijm} = M + A_i + B_j + (AB)_{ij} + e_{ijm},$$

де y_{ijm} – значення кількісної ознаки тварини;

M – загальне середнє;

A_i – головний ефект впливу i -го рівня фактору А;

B_j – головний ефект впливу j -го рівня фактору Б;

$(AB)_{ij}$ – ефект взаємодії i -го рівня фактору А і j -го рівня фактору Б;

e_{ijm} – вплив неврахованих факторів.

Розрахунки проводяться згідно таблиці 2.

Таблиця 2.

Розрахунки при двох-факторному дисперсійному аналізі

(при рівному числі спостережень по сполученнях рівнів факторів А і Б)

| Джерело дисперсії | Сума квадратів відхилень | Число ступенів свободи | Середній квадрат відхилень | Критерій вірогідності Фішера |
|--------------------------|--|--|--------------------------------|------------------------------|
| Фактор А | $SS_A = L_A k \sum (M_{Ai} - M)^2$ | $\nu_A = L_A - 1$ | $MS_A = SS_A / \nu_A$ | $F_A = MS_A / MS_H$ |
| Фактор Б | $SS_B = L_B k \sum (M_{Bj} - M)^2$ | $\nu_B = L_B - 1$ | $MS_B = SS_B / \nu_B$ | $F_B = MS_B / MS_H$ |
| Взаємодія факторів А і Б | $SS_{AB} = k \sum \sum (M_{AiBj} - M_{Ai} - M_{Bj} + M)^2$ | $\nu_{AB} = (L_A - 1) \cdot (L_B - 1)$ | $MS_{AB} = SS_{AB} / \nu_{AB}$ | $F_{AB} = MS_{AB} / MS_H$ |
| Невраховані фактори | $SS_H = \sum \sum \sum (y_{ijm} - M_{AiBj})^2$ | $\nu_H = L_A L_B (k - 1)$ | $MS_H = SS_H / \nu_H$ | |
| Повна дисперсія | $SS_{\Pi} = \sum \sum \sum (y_{ijm} - M)^2$ | $\nu_{\Pi} = n - 1$ | | |

Примітка: M – загальне середнє значення кількісної ознаки; k – число спостережень по сполученнях рівнів факторів А і Б; M_{Ai} – середнє значення ознаки для i -го рівня фактору А; M_{Bj} – середнє значення ознаки для j -го рівня фактору Б; M_{AiBj} – середнє значення ознаки для сполучення i -го рівня фактору А і j -го рівня фактору Б; L_A – число рівнів фактору А; L_B – число рівнів фактору Б.

Для прикладу проведемо двох-факторний дисперсійний аналіз впливу стада і бугай-плідників на надої молока корів на основі таких даних:

| Стадо (фактор А) | Бугай-плідник (фактор Б) | Надій молока, кг |
|------------------|--------------------------|------------------|
| А1 | Б1 | 7500 |
| | | 7200 |
| | Б2 | 7850 |
| | | 7340 |
| А2 | Б1 | 8340 |
| | | 9120 |
| | Б2 | 8600 |
| | | 9010 |

Маємо наступні показники згідно з таблицею 2:

Розрахунки:

$$M = 8120,0 \text{ кг}$$

$$k = 2$$

$$M_{A1} = 7472,5 \text{ кг}$$

$$M_{A2} = 8767,5 \text{ кг}$$

$$M_{B1} = 8040,0 \text{ кг}$$

$$M_{B2} = 8200,0 \text{ кг}$$

$$M_{A1B1} = 7350,0 \text{ кг}$$

$$M_{A1B2} = 7595,0 \text{ кг}$$

$$M_{A2B1} = 8730,0 \text{ кг}$$

$$M_{A2B2} = 8805,0 \text{ кг}$$

$$L_A = 2$$

$$L_B = 2$$

$$SS_A = 2 \cdot 2 \cdot ((7472,5 - 8120,0)^2 + (8767,5 - 8120,0)^2) = 3354050,0 \text{ кг}^2$$

$$v_A = 2 - 1 = 1$$

$$MS_A = 3354050,0/1 = 3354050,0 \text{ кг}^2$$

$$SS_B = 2 \cdot 2 \cdot ((8040,0 - 8120,0)^2 + (8200,0 - 8120,0)^2) = 51200,0 \text{ кг}^2$$

$$v_B = 2 - 1 = 1$$

$$MS_B = 51200,0/1 = 51200,0 \text{ кг}^2$$

$$\begin{aligned} SS_{AB} &= 2 \cdot ((7350,0 - 7472,5 - 8040,0 + 8120,0)^2 \\ &+ (7595,0 - 7472,5 - 8200,0 + 8120,0)^2 + (8730,0 - 8767,5 - 8040,0 + 8120,0)^2 \\ &+ (8805,0 - 8767,5 - 8200,0 + 8120,0)^2) \\ &= 14450,0 \text{ кг}^2 \end{aligned}$$

$$v_{AB} = (2 - 1) \cdot (2 - 1) = 1$$

$$MS_{AB} = 14450,0/1 = 14450,0 \text{ кг}^2$$

$$\begin{aligned} SS_H &= (7500,0 - 7350,0)^2 + (7200,0 - 7350,0)^2 + (7850 - 7595,0)^2 \\ &+ (7340 - 7595,0)^2 + (8340,0 - 8730,0)^2 + (9120,0 - 8730,0)^2 \\ &+ (8600,0 - 8805,0)^2 + (9010,0 - 8805,0)^2 \\ &= 563300,0 \text{ кг}^2 \end{aligned}$$

$$v_H = 2 \cdot 2 \cdot (2 - 1) = 4$$

$$MS_H = 563300,0/4 = 140825,0 \text{ кг}^2$$

$$\begin{aligned} SS_{II} &= (7500,0 - 8120,0)^2 + (7200,0 - 8120,0)^2 + (7850,0 - 8120,0)^2 \\ &+ (7340,0 - 8120,0)^2 + (8340,0 - 8120,0)^2 + (9120,0 - 8120,0)^2 \\ &+ (8600,0 - 8120,0)^2 + (9010,0 - 8120,0)^2 \\ &= 3983000,0 \text{ кг}^2 \end{aligned}$$

В результаті отримуємо наступні значення критерію Р.Фішера:

$$F_A = 3354050,0/140825,0 = 23,82$$

$$F_B = 51200,0/140825,0 = 0,36$$

$$F_{AB} = 14450,0/140825,0 = 0,10$$

При числах ступенів свободи $v_A = 1$ і $v_H = 4$ критичне значення критерію Фішера для 99,0%-го рівня вірогідності дорівнює 21,198 (див. додаток 2). Таким чином, ми можемо стверджувати, що вплив фактора стада у нашому випадку є

вірогідним при 99,0%-му рівні довіри. Що стосується фактору бугая-плідника і взаємодії факторів стада і бугая-плідника, то їх вплив не є вірогідним.

Ступені впливу факторів стада (η_A^2), бугая-плідника(η_B^2) і взаємодії цих факторів (η_{AB}^2) на надої дочок за методом М. О. Плохінського дорівнюють:

$$\eta_A^2 = (3354050,0/3983000,0) \cdot 100\% = 84,2\%.$$

$$\eta_B^2 = (51200,0/3983000,0) \cdot 100\% = 1,3\%.$$

$$\eta_{AB}^2 = (14450,0/3983000,0) \cdot 100\% = 0,4\%.$$

Завдання до розділу 3.

Завдання 3.1.

Провести одно-факторний дисперсійний аналіз впливу породи на живу масу бугаїв м'ясних порід у віці 12 місяців.

| Порода | Жива маса у віці 12 місяців, кг |
|-------------------|---------------------------------|
| абердин-ангуська | 429 |
| | 420 |
| | 362 |
| | 356 |
| українська м'ясна | 511 |
| | 396 |
| | 397 |

Завдання 3.2.

Провести одно-факторний дисперсійний аналіз впливу бугаїв-плідників української чорно-рябої молочної породи на надої молока по першій лактації їх дочок.

| Бугай-плідник | Надої молока дочок, кг |
|----------------|------------------------|
| Центімо 810244 | 9975 |
| | 7860 |
| | 9700 |
| Еталон 2800 | 9912 |
| | 8467 |
| Дюз 4600013051 | 10012 |
| | 11266 |
| | 8321 |

Завдання 3.3.

Провести одно-факторний дисперсійний аналіз впливу породи на величину між отельного періоду (періоду між датами першого і другого отелення) молочних корів.

| Порода | Міжотельний період, днів |
|---------------------------------|--------------------------|
| ГОЛШТИНСЬКА | 435 |
| | 472 |
| УКРАЇНСЬКА ЧОРНО-РЯБА МОЛОЧНА | 332 |
| | 415 |
| | 330 |
| УКРАЇНСЬКА ЧЕРВОНО-РЯБА МОЛОЧНА | 344 |
| | 321 |
| | 316 |

Завдання 3.4.

Провести двох-факторний дисперсійний аналіз впливу породи і бугая-плідника на надой молока по першій лактації молочних корів.

| Порода (фактор А) | Бугай-плідник (фактор Б) | Надій молока, кг |
|-------------------------------------|-----------------------------|---------------------|
| ГОЛШТИНСЬКА | С. Черчгіл 5568735 | 8462 |
| | | 7199 |
| | Інго 27677179331 | 8409 |
| | | 6458 |
| УКРАЇНСЬКА ЧОРНО-РЯБА МОЛОЧНА | С. Черчгіл 5568735 | 5191 |
| | | 6054 |
| | Інго 27677179331 | 5388 |
| | | 4535 |

Завдання 3.5.

Провести двох-факторний дисперсійний аналіз впливу господарства і бугая-плідника на міжотельний період молочних корів.

| Господарство (фактор А) | Бугай- плідник (фактор Б) | Міжотельний період, днів |
|----------------------------|---------------------------------|-----------------------------|
| ПАФ «Єрчики» | Інго 27677179331 | 385 |
| | | 418 |
| | Артек 344 | 399 |
| | | 387 |
| ПрАТ «Екопрод» | Інго 27677179331 | 295 |
| | | 311 |
| | Артек 344 | 387 |
| | | 322 |

4. КОЕФІЦІЄНТ УСПАДКОВУВАНОСТІ

У розведенні тварин значну роль відіграє показник, відомий як коефіцієнт успадковуваності. Значення коефіцієнта успадковуваності полягає в наступному:

- він визначає ступінь схожості між спорідненими тваринами;
- він визначає частку різниці між значеннями кількісних ознак тварин, яка обумовлена генотипом; наприклад, якщо різниця між надоем молока двох корів дорівнює 2000 кг, то при успадковуваності 0,25 лише $2000 \times 0,25 = 500$ кг цієї різниці є генетично обумовленою;
- він визначає ефективність відбору: чим вище успадковувність, тим більшою буде відповідь на відбір; при нульовій успадковуваності відбір не дає жодних результатів.

Коефіцієнт успадковуваності визначається як частка адитивної генетичної дисперсії у загальній фенотипічній дисперсії ознаки.

$$h^2 = \sigma_a^2 / \sigma_y^2,$$

де σ_a^2 - адитивна генетична дисперсія ознаки;
 σ_y^2 - загальна фенотипічна дисперсія ознаки.

Для оцінки коефіцієнта успадковуваності використовують статистичні показники зв'язку між значеннями кількісної ознаки родичів. Найбільш поширеними є наступні методи оцінки (Фалконер Д. С., 1985):

1) регресія значення кількісної ознаки потомка на значення цієї ознаки одного з батьків:

$$h^2 = 2 \cdot b_{OP},$$

де b_{OP} – коефіцієнт регресії значення кількісної ознаки потомка на значення кількісної ознаки одного з батьків.

Приклад. Маємо наступні дані надою молока корів і їх матерів по першій лактації:

| Надій корови, кг | Надій матері корови, кг |
|------------------|-------------------------|
| 6477 | 7230 |
| 6507 | 7158 |
| 6843 | 6780 |
| 7041 | 7354 |
| 7082 | 6970 |
| 7184 | 6691 |
| 7320 | 7698 |

Середнє арифметичне значення надою корів дорівнює 6922 кг.

Середнє квадратичне відхилення надою корів дорівнює 327,4 кг.

Середнє арифметичне значення надою матерів корів дорівнює 7126 кг.

Середнє квадратичне відхилення надою матерів корів дорівнює 347,4 кг.

Коваріанса між надоями молока корів і їх матерів дорівнює 13938,7 кг².

Коефіцієнт регресії надою молока корів на надій молока їх матерів буде дорівнювати:

$$b_{OP} = 13938,7/347,4^2 = 0,12.$$

Тоді коефіцієнт успадкованості надою молока буде дорівнювати:

$$h^2 = 2 \cdot 0,12 = 0,24.$$

- 2) регресія значення кількісної ознаки потомка на середнє значення кількісної ознаки батьків:

$$h^2 = b_{OPa},$$

де b_{OPa} – коефіцієнт регресії значення кількісної ознаки потомка на середнє значення кількісної ознаки батьків.

Приклад. Маємо наступні дані про живу масу телиць і їх батьків (м'ясна худоба) при відлученні.

| Жива маса телиці | Жива маса батька | Жива маса матері | Середня жива маса батьків |
|------------------|------------------|------------------|---------------------------|
| 210 | 215 | 211 | 213 |
| 214 | 218 | 214 | 216 |
| 215 | 225 | 213 | 219 |
| 217 | 224 | 216 | 220 |
| 220 | 216 | 212 | 214 |
| 222 | 219 | 215 | 217 |
| 223 | 224 | 214 | 219 |

Середнє арифметичне значення живої маси телиць дорівнює 217,3 кг.

Середнє квадратичне відхилення живої маси телиць дорівнює 4,68 кг.

Середнє арифметичне значення середньої живої маси батьків телиць дорівнює 216,9 кг.

Середнє квадратичне відхилення середньої живої маси батьків телиць дорівнює 2,67 кг.

Коваріанса між живою масою телиць і середньою живою масою батьків телиць дорівнює 5,05 кг².

Коефіцієнт регресії живої маси телиць на середню живу масу батьків телиць буде дорівнювати:

$$b_{OP} = 5,05/2,67^2 = 0,71.$$

Відповідно коефіцієнт успадкованості живої маси телиць при відлученні буде дорівнювати:

$$h^2 = 0,71.$$

- 3) зв'язок між значеннями кількісної ознаки повних сибсів:

$$h^2 = 2 \cdot \sigma_{FS}^2 / \sigma_y^2,$$

де σ_{FS}^2 – дисперсія кількісної ознаки, обумовлена впливом батька і матері;
 σ_y^2 – загальна фенотипічна дисперсія кількісної ознаки.

Приклад. Проведемо дисперсійний аналіз впливу пари батько-мати на надої молока їх дочок на основі таких даних:

| Пара батько-мати | Надої молока дочок, кг | Середні значення надоїв дочок по парах батько-мати, кг |
|---------------------------|------------------------|--|
| Б1-М1 | 6860 | 7280 |
| | 7700 | |
| Б1-М2 | 7110 | 6755 |
| | 6400 | |
| Б2-М1 | 7050 | 7450 |
| | 7900 | |
| Загальне середнє значення | 7203 | - |

Розрахунки проводяться згідно таблиці 1 (розділ 3.2).

Компонента загальної дисперсії, обумовлена впливом пари батько-мати, розраховується за формулою:

$$\sigma_{FS}^2 = (MS_A - MS_H)/k,$$

$$k = (n - \sum n_i^2/n)/(\ell - 1).$$

Загальна фенотипічна дисперсія кількісної ознаки розраховується за формулою:

$$\sigma_y^2 = \sigma_{FS}^2 + \sigma_e^2,$$

де $\sigma_e^2 = MS_H$.

Відповідно до таблиці 1 отримуємо наступні значення:

$$\begin{aligned} SS_A &= 2 \times (7280 - 7203)^2 + 2 \times (6755 - 7203)^2 + 3 \times (7450 - 7203)^2 \\ &= 596293,0 \text{ кг}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} SS_H &= (6860 - 7280)^2 + (7700 - 7280)^2 + (7110 - 6755)^2 + (6400 - 6755)^2 \\ &+ (7050 - 7450)^2 + (7900 - 7450)^2 + (7400 - 7450)^2 \\ &= 969850,0 \text{ кг}^2 \end{aligned}$$

$$SS_{\Pi} = (6860-7203)^2 + (7700-7203)^2 + (7110-7203)^2 + (6400-7203)^2 + (7050-7203)^2 + (7900-7203)^2 + (7400-7203)^2 = 1566142,8 \text{ кг}^2$$

$$v_A = 3 - 1 = 2$$

$$v_H = 7 - 3 = 4$$

$$v_{\Pi} = 7 - 1 = 6$$

$$MS_A = 596293,0/2 = 298146,4 \text{ кг}^2$$

$$MS_H = 969850,0/4 = 242462,5 \text{ кг}^2$$

$$k = (7 - (2^2 + 2^2 + 3^2)/7)/(3 - 1) = 2,3$$

$$\sigma^2_{FS} = (298146,4 - 242462,5)/2,3 = 24210,4 \text{ кг}^2$$

Тоді коефіцієнт успадкованості буде дорівнювати:

$$h^2 = 2 \cdot 24210,4 / (24210,4 + 242462,5) = 0,18$$

- 4) зв'язок між значеннями кількісної ознаки напівсибсів за батьком:

$$h^2 = 4 \cdot \sigma^2_{HS} / \sigma^2_y,$$

де σ^2_{HS} – дисперсія кількісної ознаки, обумовлена впливом батька;

σ^2_y – загальна фенотипічна дисперсія кількісної ознаки.

Приклад. Проведемо дисперсійний аналіз впливу бугаїв-плідників на надої молока їх дочок на основі таких даних:

| Бугай-плідник | Надої молока дочок, кг | Середні значення надоїв дочок по бугаях-плідниках, кг |
|---------------------------|------------------------|---|
| Б1 | 7190 | 7575,0 |
| | 7960 | |
| Б2 | 7910 | 8145,0 |
| | 8380 | |
| Б3 | 7935 | 7830,0 |
| | 7725 | |
| Загальне середнє значення | 7850,0 | - |

Розрахунки проводяться згідно таблиці 1 (розділ 3.2).

Компонента загальної дисперсії, обумовлена впливом батька, розраховується за формулою:

$$\sigma_{\text{HS}}^2 = (\text{MS}_A - \text{MS}_H)/k,$$

$$k = (n - \sum n_i^2/n)/(\ell - 1).$$

Загальна фенотипічна дисперсія кількісної ознаки розраховується за формулою:

$$\sigma_y^2 = \sigma_{\text{HS}}^2 + \sigma_e^2,$$

де $\sigma_e^2 = \text{MS}_H$.

Відповідно до таблиці 1 отримуємо наступні значення:

$$\text{SS}_A = 2 \cdot (7575 - 7850)^2 + 2 \cdot (8145 - 7850)^2 + 2 \cdot (7830 - 7850)^2 = 326100,0 \text{ кг}^2$$

$$\text{SS}_H = (7190 - 7575)^2 + (7960 - 7575)^2 + (7910 - 8145)^2 + (8380 - 8145)^2$$

$$+ (7935 - 7830)^2 + (7725 - 7830)^2$$

$$= 428950,0 \text{ кг}^2$$

$$\text{SS}_\Pi = (7190 - 7850)^2 + (7960 - 7850)^2 + (7910 - 7850)^2 + (8380 - 7850)^2$$

$$+ (7935 - 7850)^2 + (7725 - 7850)^2$$

$$= 755050,0 \text{ кг}^2$$

$$v_A = 3 - 1 = 2$$

$$v_H = 6 - 3 = 3$$

$$v_\Pi = 6 - 1 = 5$$

$$\text{MS}_A = 326100,0/2 = 163050,0 \text{ кг}^2$$

$$\text{MS}_H = 428950,0/3 = 142983,3 \text{ кг}^2$$

$$k = (6 - (2^2 + 2^2 + 2^2)/6)/(3 - 1) = 2,0$$

$$\sigma_{\text{HS}}^2 = (163050,0 - 142983,3)/2,0 = 10033,3 \text{ кг}^2$$

Тоді коефіцієнт успадкованості буде дорівнювати:

$$h^2 = 4 \cdot 10033,3 / (10033,3 + 142983,3) = 0,26$$

Завдання до розділу 4.

Завдання 4.1.

Оцінити коефіцієнт успадкованості надою молока корів української чорно-рябої молочної породи за даними про надої молока корів і їх матерів на основі регресії значення кількісної ознаки нащадків на значення цієї ознаки одного з батьків (матері).

| Корова | | Мати | |
|---------------------------|------------------|---------------------------|------------------|
| кличка і номер | надій молока, кг | кличка і номер | надій молока, кг |
| Нігерія UA 3200986975 | 7042 | Туманка UA 3200764008 | 7355 |
| Ніжна UA 3200986968 | 6505 | Нігерія UA 3200986975 | 7156 |
| Обліпіха UA 3200366070 | 7185 | Ожина UA 3200779554 | 6692 |
| Омега UA 3200403711 | 6469 | Окрошка UA 3200987001 | 7227 |
| Пісня UA 3200764000 | 7322 | Пампушка UA 3200779455 | 7700 |
| Ракушка UA 3200987064 | 7080 | Ріпа UA 3200764056 | 6968 |
| Сосулька UA 3200779491 | 6841 | Сміла UA 3200987446 | 6778 |

Завдання 4.2.

Оцінити коефіцієнт успадкованості живої маси у віці 12 місяців української м'ясної породи за даними про живу масу телиць і їх батьків на основі регресії значення кількісної ознаки нащадків на середнє значення цієї ознаки його батьків.

| Жива маса телиці | Батько | | Жива маса матері | Середня жива маса батьків |
|------------------|----------------|-----------|------------------|---------------------------|
| | кличка і номер | жива маса | | |
| 331 | Анчар 0988 | 440 | 330 | 385 |
| 352 | Вал 1487 | 511 | 317 | 414 |
| 314 | Моноліт 172 | 396 | 325 | 361 |
| 318 | Зеніт 3383 | 397 | 336 | 367 |
| 320 | Пілот 9537 | 424 | 313 | 369 |
| 297 | Чемпіон 3523 | 370 | 304 | 337 |
| 310 | Казбек 1991 | 396 | 315 | 356 |
| 307 | Король 3394 | 380 | 321 | 351 |
| 319 | Ранній 1281 | 420 | 318 | 369 |
| 343 | Ранок 3564 | 482 | 324 | 403 |
| 303 | Сопот 9533 | 371 | 318 | 345 |
| 335 | Маскарад 177 | 470 | 312 | 391 |
| 338 | Буран 1459 | 452 | 338 | 395 |
| 302 | Лимон 3370 | 373 | 319 | 346 |

Завдання 4.3.

Оцінити коефіцієнт успадкованості надою молока корів української чорно-рябої молочної породи на основі дисперсійного аналізу впливу бугаїв-плідників на надої молока їх дочок.

| Бугай-плідник | Надої молока дочок, кг |
|------------------------|------------------------|
| Л.Брітеск 5464072 | 8370 |
| | 7909 |
| В.Резгомбос 3025908148 | 7723 |
| | 7930 |
| Е.А.Магнум 126511354 | 7962 |
| | 7193 |

Завдання 4.4.

Оцінити коефіцієнт успадкованості вмісту жиру в молоці корів української чорно-рябої молочної породи на основі дисперсійного аналізу впливу бугаїв-плідників на надої молока їх дочок.

| Бугай-плідник | Вміст жиру в молоці, % |
|------------------------|------------------------|
| Л.Брітеск 5464072 | 3,63 |
| | 3,72 |
| В.Резгомбос 3025908148 | 3,90 |
| | 3,75 |
| Е.А.Магнум 126511354 | 3,88 |
| | 3,72 |

Завдання 4.5.

Оцінити коефіцієнт успадкованості міжотельного періоду корів української чорно-рябої молочної породи на основі дисперсійного аналізу впливу бугаїв-плідників на надої молока їх дочок.

| Бугай-плідник | Міжотельний період, днів |
|------------------------|--------------------------|
| Л.Брітеск 5464072 | 378 |
| | 407 |
| В.Резгомбос 3025908148 | 402 |
| | 369 |
| Е.А.Магнум 126511354 | 360 |
| | 373 |

5.КОЕФІЦІЄНТ ПОВТОРЮВАНОСТІ

Для селекціонера, поряд з обчисленням коефіцієнта успадкованості ознак, важливе значення має і повторюваність продуктивних ознак, тобто в якій мірі рівень продуктивності даної тварини в поточному році (сезоні) повториться в наступні роки (сезони) при збереженні звичайних для стада умов годівлі та утримання, але під впливом лише природних змін (клімату, віку і т. д.).

Цей показник ознаки визначається як **коефіцієнт внутрішньокласової кореляції**, тобто коефіцієнт кореляції між значеннями ознаки тварини у суміжні роки (сезони) або через інші відрізки часу. Цей показник називається **коефіцієнтом повторюваності** і приймає значення від нуля до одиниці.

Коефіцієнт повторюваності розраховується шляхом одно-факторного дисперсійного аналізу, в якому фактором, вплив якого вивчається, є тварина:

$$r_w = \sigma_w^2 / \sigma_y^2,$$

де σ_w^2 – дисперсія кількісної ознаки, обумовлена впливом тварини;

σ_y^2 – загальна фенотипічна дисперсія кількісної ознаки.

Приклад. На основі даних про надої молока корів за дві лактації визначити коефіцієнт повторюваності.

| Корова | Лактація | Надій молока, кг | Середні значення надоїв молока за дві лактації, кг |
|---------------------------|----------|------------------|--|
| К1 | 1 | 7240 | 7330,0 |
| | 2 | 7420 | |
| К2 | 1 | 7350 | 7490,0 |
| | 2 | 7630 | |
| К3 | 1 | 6935 | 7102,5 |
| | 2 | 7270 | |
| Загальне середнє значення | | 7307,5 | - |

Розрахунки проводяться згідно таблиці 1 (розділ 3.2).

Компонента загальної дисперсії, обумовлена впливом корови, розраховується за формулою:

$$\sigma_w^2 = (MS_A - MS_H)/k,$$

$$k = (n - \sum n_i^2/n)/(\ell - 1).$$

Відповідно до таблиці 1 отримуємо наступні значення:

$$\begin{aligned} SS_A &= 2*(7330-7307,5)^2 + 2*(7490-7307,5)^2 + 2*(7102,5-7307,5)^2 \\ &= 151675,0 \text{ кг}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} SS_H &= (7240-7330)^2 + (7420-7330)^2 + (7350-7490)^2 + (7630-7490)^2 \\ &+ (6935-7102,5)^2 + (7270-7102,5)^2 \\ &= 111512,5 \text{ кг}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} SS_{II} &= (7240-7307,5)^2 + (7420-7307,5)^2 + (7350-7307,5)^2 + (7630-7307,5)^2 \\ &+ (6935-7307,5)^2 + (7270-7307,5)^2 \\ &= 263187,5 \text{ кг}^2 \end{aligned}$$

$$v_A = 3 - 1 = 2$$

$$v_H = 6 - 3 = 3$$

$$v_{II} = 6 - 1 = 5$$

$$MS_A = 151675,0/2 = 75837,5 \text{ кг}^2$$

$$MS_H = 111512,5/3 = 37170,8 \text{ кг}^2$$

$$k = (6 - (2^2 + 2^2 + 2^2)/6)/(3 - 1) = 2,0$$

$$\sigma_w^2 = (75837,5 - 37170,8)/2,0 = 19333,3 \text{ кг}^2$$

Тоді коефіцієнт повторюваності буде дорівнювати:

$$r_w = 19333,3/(19333,3 + 37170,8) = 0,34$$

Завдання до розділу 5.

Завдання 5.1.

Оцінити коефіцієнт повторюваності надою молока за 305 днів лактації корів української червоно-рябої молочної породи.

| Кличка і ідентифікаційний номер корови | Лактація | Надій молока, кг |
|--|----------|------------------|
| Аза UA 1400320927 | 1 | 7305 |
| | 2 | 7440 |
| Джанка UA 1400292759 | 1 | 7010 |
| | 2 | 7260 |
| | 3 | 6812 |
| Краля UA 1400309549 | 1 | 7625 |
| | 2 | 7335 |

Завдання 5.2.

Оцінити коефіцієнт повторюваності вмісту жиру в молоці корів голштинської породи.

| Кличка і ідентифікаційний номер корови | Лактація | Вмісту жиру в молоці, % |
|--|----------|-------------------------|
| Плазма DE 1503413515 | 1 | 3,76 |
| | 2 | 3,70 |
| Медалька UA 3200992074 | 1 | 3,93 |
| | 2 | 4,14 |
| Ліванка UA 3200944022 | 1 | 4,23 |
| | 2 | 4,13 |

Завдання 5.3.

Оцінити коефіцієнт повторюваності вмісту білка в молоці корів голштинської породи.

| Кличка і ідентифікаційний номер корови | Лактація | Вмісту білка в молоці, % |
|--|----------|--------------------------|
| Плазма DE 1503413515 | 1 | 3,23 |
| | 2 | 3,17 |
| Медалька UA 3200992074 | 1 | 3,38 |
| | 2 | 3,63 |
| Ліванка UA 3200944022 | 1 | 3,70 |
| | 2 | 3,61 |

Завдання 5.4.

Оцінити коефіцієнт повторюваності міжотельного періоду корів української чорно-рябої молочної породи.

| Кличка і ідентифікаційний номер корови | Отелення | Міжотельний період, днів |
|--|----------|--------------------------|
| Купава UA 3200813230 | 1– 2 | 346 |
| | 2 – 3 | 372 |
| | 3– 4 | 415 |
| Лобода UA 3200779774 | 1 – 2 | 380 |
| | 2 – 3 | 348 |
| Зеландія UA 3200779846 | 1 – 2 | 419 |
| | 2 – 3 | 399 |

Завдання 5.5.

Оцінити коефіцієнт повторюваності сервіс-періоду корів української чорно-рябої молочної породи.

| Кличка і ідентифікаційний номер корови | Отелення | Сервіс-період, днів |
|--|----------|---------------------|
| Купава UA 3200813230 | 1 – 2 | 61 |
| | 2 – 3 | 87 |
| | 3 – 4 | 130 |
| Лобода UA 3200779774 | 1 – 2 | 95 |
| | 2 – 3 | 63 |
| Зеландія UA 3200779846 | 1 – 2 | 134 |
| | 2 – 3 | 115 |

6.КОЕФІЦІЄНТ ІНБРИДИНГУ

Інбридинг – це схрещування споріднених між собою тварин.

При вивченні інбридингу використовується родовід – форма представлення походження тварини, яка містить інформацію про її предків – батьків, батьків батьків і т. д. Тварина, для якої складено родовід, називається пробандом. В лівій частині родоводу прийнято писати жіночих предків, а в правій – чоловічих). Ряди предків нумерують римськими цифрами (I – ряд батьків, II – ряд батьків батьків і т.д.). Загальна форма родоводу наведена на рисунку 9.

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | Пробанд | | | | | | | | | | | | | | | |
| I | М | | | | | | | Б | | | | | | | | |
| II | ММ | | | | БМ | | | | МБ | | | | ББ | | | |
| III | МММ | | БММ | | МБМ | | ББМ | | ММБ | | БМБ | | МББ | | БББ | |
| IV | ММММ | БМММ | МБММ | ББММ | ММБМ | БМБМ | ММММ | БББМ | МММБ | БММБ | МБМБ | БММБ | ММББ | БМББ | МБББ | ББББ |

Рис. 9. Загальна форма родоводу тварини

Іноді використовують горизонтальну форму родоводу, коли пробанд знаходиться на лівій стороні, а далі зліва направо розташовані його предки (рисунок 10).



Рис. 10. Горизонтальна форма родоводу тварини

Для оцінки ступеню спорідненості окремих тварин може бути використаний метод визначення рядів предків, запропонований А. Шапоружем. Рівень інбридингу позначають номерами рядів родоводу, які містять загального предка спочатку з материнського боку родоводу, а потім з батьківського.

Кількісно ступінь гомозиготності при інбридингу виражається запропонованим С. Райтом коефіцієнтом інбридингу (F), який розраховується за формулою:

$$F = \sum \left[\left(\frac{1}{2} \right)^{n_1+n_2+1} (1 + fa) \right] \cdot 100\%$$

де \sum – знак суми;

n_1 – число рядів родоводу між рядом загального предка і рядом пробанда по материнській лінії (без врахування рядів пробанда і загального предка);

n_2 – число рядів родоводу між рядом загального предка і рядом пробанда по батьківській лінії (без врахування рядів пробанда і загального предка);

fa – коефіцієнт інбридингу тварини, на яку має місце інбридинг.

Пошук загального предка починають з ряду батьків і далі нижче по родоводу. Число врахувань кожного загального предка (n_a) при оцінці коефіцієнта інбридингу дорівнює:

$$n_a = n_M \cdot n_B,$$

де n_M і n_B – числа появлень загального предка відповідно по материнській і батьківській сторонах родоводу.

Приклад.

Розглянемо родовід корови Альфа.

Родовід корови Альфи

| Альфа (пробанд) | | | | | | | | |
|-----------------|---------------------|---|-----------------------|------------------|--------------------|---|------------------------|----------------|
| І ряд | Мати – Біла | | | | Батько Вектор | | | |
| II ряд | Мати Матері – Білка | | Батько матері – Варяг | | Мати батька – Алая | | Батько батька – Витязь | |
| III ряд | Прабаба – Белуга | - | - | Прадід – Веселий | Прабаба – Астра | - | - | Прадід – Варяг |

У родоводі корови Альфа інбридинг здійснений на плідника Варяга в ступені II-III.

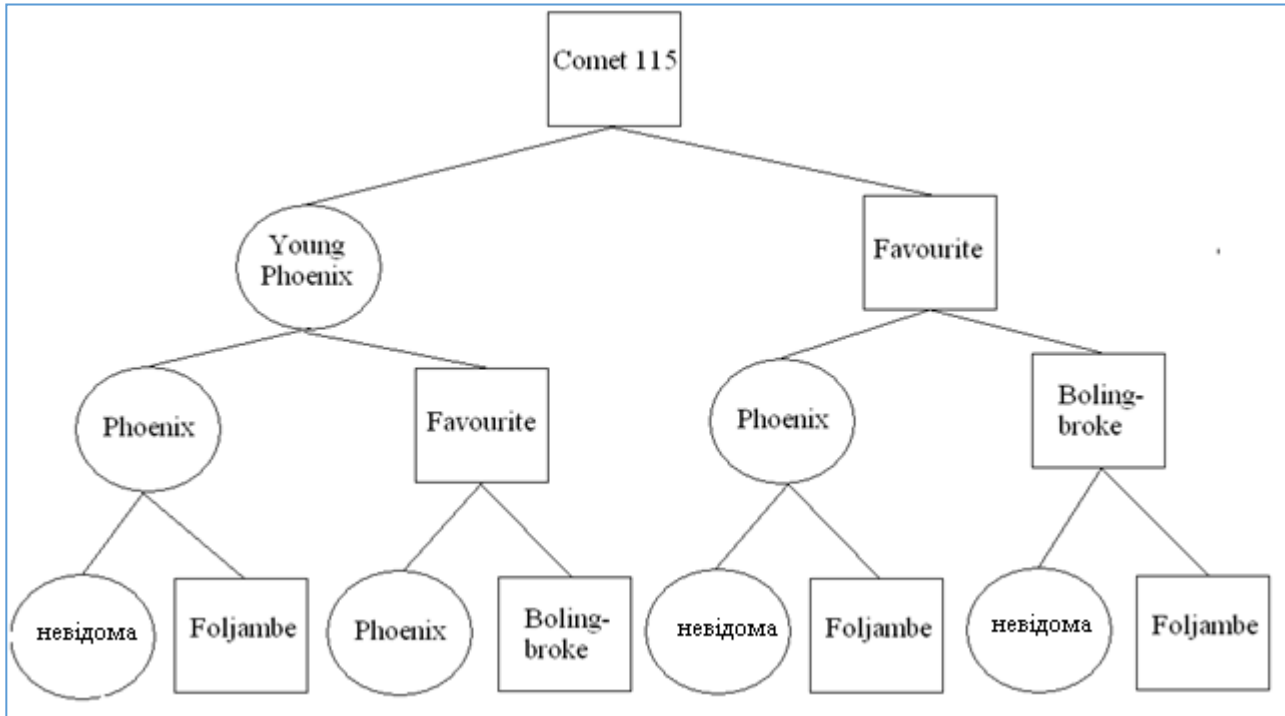
Бугай Варяг є єдиним загальним предком корови Альфа, який зустрічається як у батьківській, так і материнській стороні родоводу, і він не є інбредним, тобто $f_a = 0$. Число рядів між коровою Альфа і бугаєм Варягом по материнській стороні родоводу дорівнює 1, а по батьківській 2. Таким чином, коефіцієнт інбридингу для корови Альфа буде дорівнювати:

$$F = (1/2^{1+2+1}) \cdot 100\% = 6,25\%$$

Завдання до розділу 6.

Завдання 6.1.

Розрахувати коефіцієнт інбридингу бугая Comet 115 шортгорнської породи.



Завдання 6.2.

Розрахувати коефіцієнт інбридингу жеребця 207 Ансамбль.

| | | | | |
|--|---|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| 207 АНСАМБЛЬ вор., 14.04.1998, у Лозівському к.з. № 124 Харківської області 164-163-193-20,5 8,9,8,8,5,-; еліта Лінія: ч/в 2088 Хрустала; | 178 БАЗІЛІК, вор., 1987 | 53 Ізгон, вор., 1972 | ч/в 3016 Гуніб | 2088 Хрусталь 1096 Гундін |
| | | | 82 Ізобільная | 2 Безпечний ▼ 21 Ізба |
| | 643 АТАКА, вор., 1987 | 311 Брітва, т.-гн., 1978 | Тост, чистокр. | 2996 Факотум 3090 Тематіка |
| | | | 48 Бубна | 2 Безпечний ▼ 49 Бубнова |
| | 40 Аршин, т.-гн., 1977 | 54 Инбар | 2 Безпечний ▼ 87 Инфра II | |
| | | 244 Алфсна | ч/в 3152 Елсфант 6 Албанка | |
| 227 Ава, руд., 1966 | T 11 Волонад 9 | 9Велкій Візірь 96 Дата 23 | | |
| | 237 Айва | Альбіні Вергушка | | |

Завдання 6.3.

Розрахувати коефіцієнт інбридингу жеребця Орбіт.

| | | | | |
|---|--|---------------------------------|--------------------------------------|------------------------------|
| ОРБИТ гн., 22.02.2002. у СФГ „Кінний завод „Сніжків” Харківської області 167-194-21.0 9; 9; 8; 9; 5; - сліта Лінія: Т54 Хобота; Родина: 234 Азалії. | 215 БОРИСПОЛЬ вор., 1996 | 160 Орion гн., 1989 | 10 Резерв* руд., 1966 | Т54 Хобот 106 ▼ 151 Ріга |
| | | | 841 Омсга■ вор., 1980 | 49 Гвінт 234 Азалія |
| | 1360 ОРАНТА гн., 1996 | 678 Беретка 10 вор., 1984 | 40 Аршин кар., 1977 | 54 Інбар 244 Альфена |
| | | | Т0309 Бандура 46 вор., 1972 | 23 Наргіль 0197 Безправна |
| | 70 Разбор вор., 1972 | 2 Безпечний вор., 1953 | Букст. рос. верх. Т208 Пластик 53 | |
| | | 146 Рагуза вор., 1968 | Грохот 148 Радуга | |
| | 844 Орська руд., 1987 | 10 Резерв* руд., 1966 | Т 54 Хобот 106 ▼ 151 Ріга | |
| | | 841 Омсга■ вор., 1980 | 49 Гвінт 234 Азалія | |

Завдання 6.4.

Розрахувати коефіцієнт інбридингу корови Куліса 1376 червоної датської породи.

Родовід корови Куліса 1376

| Курага | | | | Радик | | | |
|---------|----------|----------|------|---------|------|----------|---|
| Каплина | | Чалий | | Ромашка | | Васильок | |
| Крошка | Васильок | Черемуха | Берк | - | Ягер | - | - |

Завдання 6.5.

Розрахувати коефіцієнт інбридингу кобили Риксаліна арабської породи .

Родовід кобили Риксаліна

| Рисла | | | | | | | | Расим | | | | | | | |
|--------|--------|-------|-------|-------|----------|--------|--------|-------|--------|---|---|-------|---|--|--|
| Рисала | | | | Берк | | | | Рим | | | | Разим | | | |
| Ридаа | Месауд | Букра | Мейал | Ридаа | Астралед | Рисала | Фейсал | Ридаа | Месауд | - | - | - | - | | |
| - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | | |

7. Аналіз результатів міжпородного схрещування.

Міжпородне схрещування, тобто схрещування тварин різних порід, відіграє важливу роль у розведенні тварин. При цьому для селекціонера важливо уміти оцінити результативність схрещування, яка виражається у рівні продуктивності і значенні інших економічно важливих ознак отриманих в результаті схрещування помісних тварин. Для цього використовується наступна методика (G. E. Dickerson, 1973).

На основі схеми схрещування проводять розрахунки породного складу (частки генів вихідних порід і частки локусів, гетерозиготних за генами цих порід) тварин по поколіннях.

Частка генів i -ї породи в генотипі тварини (p_i) розраховується за формулою:

$$p_i = 0,5 \cdot p_{Si} + 0,5 \cdot p_{Di},$$

де p_{Si} і p_{Di} – частки генів i -ї породи в генотипах батька і матері тварини,

відповідно.

Частка локусів в генотипі тварини, гетерозиготних за генами k -ї і j -ї порід, розраховується за формулою:

$$HET_{kj} = p_{Sk} \cdot p_{Dj} + p_{Sj} \cdot p_{Dk},$$

де p_{Sk} і p_{Dk} – частки генів k -ї породи в генотипах батька і матері тварини,

відповідно;

p_{Sj} і p_{Dj} – частки генів j -ї породи в генотипах батька і матері тварини, відповідно.

Продуктивність помісної тварини (M_{CB}) моделюється відповідно до формули:

$$M_{CB} = \sum p_i \cdot M_i + \sum HET_{kj} \cdot H_{kj},$$

де p_i – частка генів i -ї породи в генотипі тварини;

M_i – середня продуктивність i -ї породи;

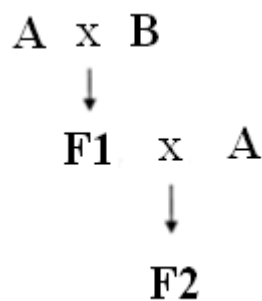
HET_{kj} – частка локусів в генотипі тварини, гетерозиготних за генами k -ї і j -ї порід;

H_{kj} – ефект гетерозису між породами k і j .

Дана формула може бути використана для прогнозування продуктивності помісних тварин, отриманих за певною схемою схрещування.

Приклад.

Проведено схрещування голштинської (A) і монбельярдської (B) порід молочної худоби за схемою:



Середні надої молока по породних групах корів склали:

голштинська порода $M_A = 10945$ кг

монбельярдська порода $M_B = 7150$ кг

помісі першого покоління (F1) $M_{F1} = 9393$ кг

помісі другого покоління (F2) $M_{F2} = 10169$ кг

Генотипи корів – помісей першого покоління (F1) містять по 50% генів вихідних порід і є на 100% гетерозиготними за алелями цих порід ($HE_{AB1} = 1$). Відповідно їх середня продуктивність може бути виражена формулою:

$$M_{F1} = 0,5 \cdot M_A + 0,5 \cdot M_B + 1 \cdot H_{AB1},$$

де M_{F1} – середня продуктивність помісей першого покоління;

M_A і M_B – середня продуктивність корів вихідних порід;

H_{AB} – ефект гетерозису між породами А і В.

Тоді ефект гетерозису між породами А і В за даними продуктивності помісей першого покоління буде дорівнювати:

$$\begin{aligned} H_{AB1} &= M_{F1} - \frac{(M_A + M_B)}{2} \\ &= 9393 - \frac{(10945 + 7150)}{2} \\ &= 345,5 \text{ кг} \end{aligned}$$

Генотипи корів другого покоління ($F2 = \frac{1}{2}A + \frac{1}{2}B$) містять 50% генів тварин першого покоління (50%A і 50%B) і 50% генів голштинської породи (100%A), тобто в цілому 75% ($0,5 \cdot 50\% + 0,5 \cdot 100\%$) генів голштинської породи і 25% ($0,5 \cdot 50\%$) генів монбельярдської породи. Частка локусів цих корів, гетерозиготних за алелями вихідних порід у помісей другого покоління (HE_{AB2}), складе:

$$HE_{AB2} =$$

(частка генів голштинської породи у помісей першого покоління) · (частка генів монбельярдської породи у чистопородних голштинів)

+ (частка генів монбельярдської породи у помісей першого покоління)·(частка генів голштинської породи у чистопородних голштинів)

$$= 0,5 \cdot 0 + 0,5 \cdot 1 = 0,5.$$

Таким чином, середня продуктивність корів - помісей другого покоління може бути виражена формулою:

$$M_{F2} = 0,75 \cdot M_A + 0,25 \cdot M_B + 0,5 \cdot H_{AB2},$$

де M_{F2} – середня продуктивність помісей другого покоління;

M_A і M_B – середня продуктивність корів вихідних порід;

H_{AB2} – ефект гетерозису між породами А і В за даними продуктивності помісей другого покоління.

Тоді ефект гетерозису між породами А і В за даними продуктивності помісей другого покоління буде дорівнювати:

$$\begin{aligned} H_{AB2} &= 2 \cdot (M_{F2} - 0,75 \cdot M_A - 0,25 \cdot M_B) \\ &= 2 \cdot (10169 - 0,75 \cdot 10945 - 0,25 \cdot 7150) \\ &= 2 \cdot (10169 - 8208,75 - 1787,5) \\ &= 345,6 \text{ кг.} \end{aligned}$$

Завдання до розділу 7.

Завдання 7.1.

Провести аналіз схрещування голштинської (А) і айрширської (В) порід молочної худоби за схемою:

$$\begin{array}{c} \text{А} \times \text{В} \\ \downarrow \\ \text{F1} \end{array}$$

Середні надії молока по породних групах корів склали:

голштинська порода $M_A = 11240$ кг

айрширська порода $M_B = 6830$ кг

помісі першого покоління (F1) $M_{F1} = 9275$ кг

Завдання 7.2.

Провести аналіз схрещування голштинської (А) і джерсейської (В) порід молочної худоби за схемою:

$$\begin{array}{c} \text{А} \times \text{В} \\ \downarrow \\ \text{F1} \end{array}$$

Середня кількість молочного жиру по породних групах корів склали:

голштинська порода $M_A = 405,9$ кг

джерсейська порода $M_B = 382,8$ кг

помісі першого покоління (F1) $M_{F1} = 428,4$ кг

Завдання 7.3.

Провести аналіз схрещування голштинської (А) і швіцької (В) порід молочної худоби за схемою:

$$\begin{array}{c} \text{А} \times \text{В} \\ \downarrow \\ \text{F1} \end{array}$$

Середня кількість молочного білка по породних групах корів склали:

Голштинська порода $M_A = 337,3$ кг

швіцька порода $M_B = 294,1$ кг

помісі першого покоління (F1) $M_{F1} = 336,3$ кг

Завдання 7.4.

Провести аналіз схрещування голштинської (А) і монбельярдської (В) порід молочної худоби за схемою:

$$\begin{array}{c} \text{А} \times \text{В} \\ \downarrow \\ \text{F1} \times \text{А} \\ \downarrow \\ \text{F2} \end{array}$$

Середні значення міжотельного періоду (періоду між датами першого і другого отелення) по породних групах корів склали:

голштинська порода $M_A = 427$ днів

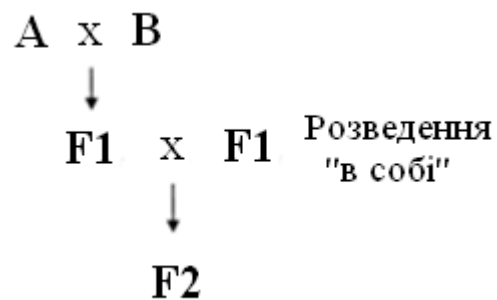
монбельярдська порода $M_B = 395$ днів

помісі першого покоління (F1) $M_{F1} = 401$ днів

помісі другого покоління (F2) $M_{F2} = 414$ днів

Завдання 7.5.

Провести аналіз схрещування ангуської (А) і герефордської (В) порід м'ясної худоби за схемою:



Середні значення живої маси при відлученні (у віці 210 днів) по породних групах телят склали:

| | |
|-------------------------------|-------------------|
| ангуська порода | $M_A = 202$ кг |
| герефордська порода | $M_B = 187$ кг |
| помісі першого покоління (F1) | $M_{F1} = 222$ кг |
| помісі другого покоління (F2) | $M_{F2} = 208$ кг |

8. ОЦІНКА ВІДПОВІДІ НА ВІДБІР ТВАРИН

Відбір є головною рушійною силою генетичного покращення сільськогосподарських тварин. Результативність відбору виражається значенням середньорічної відповіді на відбір, тобто зміною ознаки, за якою ведеться відбір, за один рік.

Очікувана відповідь на відбір (R) за один рік за певною ознакою розраховується за формулою:

$$R = \frac{i \cdot r_{gl} \cdot \sigma_g}{L},$$

де i – інтенсивність відбору;

r_{gl} – точність відбору;

σ_g – стандартне генетичне відхилення ознаки;

L – генераційний інтервал.

Інтенсивність відбору (i) визначається як різниця між середніми значеннями критерію відбору відібраних батьків і всього батьківського покоління в одиницях стандартного відхилення. Значення інтенсивності залежно від частки відбору (тобто частки відібраних тварин, %) наведенні у додатку 3 (якщо в додатку відсутнє значення інтенсивності відбору для даної частки відбору, беруть середнє арифметичне між двома найближчими значеннями; наприклад, для частки відбору 85% беруть середнє арифметичне між значеннями інтенсивності відбору для часток відбору 80% і 90%, яке дорівнює $(0,350 + 0,195)/2 = 0,273$).

Точність відбору (r_{gl}) – це коефіцієнт кореляції між критерієм відбору і ціллю розведення. При відборі за фенотипом точність відбору дорівнює квадратному кореню з коефіцієнта успадкованості (h^2), тобто h .

Генераційний інтервал (L) визначається як середній вік батьків, в якому народжується їх потомство.

При порівнянні ефективності відбору в різних породах з різним рівнем продуктивності і/або генетичної мінливості, а також різних видів тварин і різних ознак може бути корисним використовувати відносні показники відповіді на відбір.

Відносна відповідь на відбір в одиницях стандартного генетичного відхилення (R_{σ_g}) розраховується за формулою:

$$R_{\sigma_g} = \frac{R}{\sigma_g} \cdot 100\%.$$

Відповідь на відбір відносно середнього значення (R_M) розраховується за формулою

$$R_M = \frac{R}{M} \cdot 100\%.$$

де M – середнє арифметичне значення ознаки.

Приклад.

Розглянемо стадо молочних корів розміром 1000 голів з середнім надоем молока 7000 кг і стандартним фенотипічним відхиленням (σ_y) надою молока 1400кг. Припустимо, що 10% корів з найнижчим надоем молока вибраковуюють, тобто частка корів, яких відбирають для відтворення стада, дорівнює 0,9 (100% - 10% = 90%), і інтенсивність відбору згідно з додатком 3 дорівнює 0,195. Тоді при коефіцієнті успадковуваності надою молока (h^2) 0,25 точність відбору (h) буде дорівнювати 0,5. Стандартне генетичне відхилення надою молока буде дорівнювати $\sigma_g = h \cdot \sigma_y = 0,5 \cdot 1400 = 700$ кг. Генераційний інтервал молочних корів дорівнює 4 рокам.

Таким чином, відповідь на відбір за надоем молока за один рік буде дорівнювати:

$$R = \frac{0,195 \cdot 0,5 \cdot 700 \text{ кг}}{4} = 17,1 \text{ кг.}$$

Відносна відповідь на відбір в одиницях стандартного генетичного відхилення буде дорівнювати:

$$R_{\sigma_g} = \frac{17,1 \text{ кг}}{700 \text{ кг}} \cdot 100\% = 2,4\%.$$

Відповідь на відбір відносно середнього значення надою молока у стаді буде дорівнювати:

$$R_M = \frac{17,1 \text{ кг}}{7000 \text{ кг}} \cdot 100\% = 0,2\%.$$

Завдання до розділу 8.

Завдання 8.1.

Провести оцінку відповіді на відбір у стаді молочних корів з середнім надоем молока 7500 кг і стандартним фенотипічним відхиленням (σ_y) надою молока 1550кг при бракуванні 15% корів з найнижчим надоем молока. Коефіцієнт успадковуваності надою молока (h^2) дорівнює 0,20. Генераційний інтервал молочних корів дорівнює 4,5 років.

Завдання 8.2.

Провести оцінку відповіді на відбір у стаді молочних корів з середнім надоем молока 8000 кг і стандартним фенотипічним відхиленням (σ_y) надою молока 1600кг при бракуванні 10% корів з найнижчим надоем молока. Коефіцієнт успадковуваності надою молока (h^2) дорівнює 0,18. Генераційний інтервал молочних корів дорівнює 5 років.

Завдання 8.3.

Провести оцінку відповіді на відбір у стаді молочних корів з середнім надоем молока 8500 кг і стандартним фенотипічним відхиленням (σ_y) надою молока 1500 кг при бракуванні 17% корів з найнижчим надоем молока. Коефіцієнт успадковуваності надою молока (h^2) дорівнює 0,22. Генераційний інтервал молочних корів дорівнює 4,3 років.

Завдання 8.4.

Провести оцінку відповіді на відбір у стаді молочних корів з середнім надоем молока 9200 кг і стандартним фенотипічним відхиленням (σ_y) надою молока 1720 кг при бракуванні 20% корів з найнижчим надоеммолока. Коефіцієнт успадковуваності надою молока (h^2) дорівнює 0,25. Генераційний інтервал молочних корів дорівнює 4,8 років.

Завдання 8.5.

Провести оцінку відповіді на відбір у стаді молочних корів з середнім надоем молока 9500 кг і стандартним фенотипічним відхиленням (σ_y) надою молока 1350кг при бракуванні 30% корів з найнижчим надоем молока. Коефіцієнт успадкованості надою молока (h^2) дорівнює 0,27. Генераційний інтервал молочних корів дорівнює 5,2 років.

9. ОЦІНКА ПЛЕМІННОЇ ЦІННОСТІ ТВАРИН ЗА СЕЛЕКЦІЙНИМИ ОЗНАКАМИ

Ефективність відбору значною мірою залежить від правильної оцінки племінної цінності тварин. Існують різні методи оцінки племінної цінності (оцінка за фенотипом, оцінка за сімейним селекційним індексом, BLUP). Найпростішим методом є оцінка за фенотипічним значенням ознаки. При цьому можливі два варіанти: оцінка за фенотипічним значенням при одноразовому вимірюванні ознаки (наприклад, значення надою за першу лактацію) і оцінка за фенотипічним значенням при багаторазовому вимірюванні ознаки (наприклад, середнє значення надою за всі завершені лактації).

1. Оцінка племінної цінності тварини (\hat{a}) за фенотипічним значенням при одноразовому вимірюванні ознаки здійснюється за формулою:

$$\hat{a} = h^2 \cdot (y - \mu),$$

де y – значення ознаки тварини;

h^2 – коефіцієнт успадкованості ознаки;

μ – загальне середнє значення ознаки.

Точність оцінки племінної цінності тварини (r) за фенотипічним значенням при одноразовому вимірюванні ознаки дорівнює квадратному кореню коефіцієнта успадкованості:

$$r = h.$$

2. Оцінка племінної цінності тварини (\hat{a}) за фенотипічним значенням при багаторазовому вимірюванні ознаки здійснюється за формулою:

$$\hat{a} = \frac{m \cdot h^2}{(m - 1) \cdot r_w + 1} \cdot (\bar{y} - \mu),$$

де \bar{y} – середнє значення ознаки тварини;

m – число вимірювань ознаки у тварини;

h^2 – коефіцієнт успадкованості ознаки;

r_w – коефіцієнт повторюваності ознаки;

μ – загальне середнє значення ознаки.

Точність оцінки племінної цінності тварини (r) за фенотипічним значенням при багаторазовому вимірюванні ознаки дорівнює:

$$r = \sqrt{\frac{m \cdot h^2}{(m - 1) \cdot r_w + 1}}.$$

Приклад 1.

При відборі за надоем молока на рівні стада з середнім значенням надою по стаду 7000 кг при коефіцієнті успадковуваності $h^2 = 0,25$ племінна цінність корови з надоем молока 7500 кг буде дорівнювати:

$$\hat{a} = 0,25 \cdot (7500 - 7000) = 125 \text{ кг.}$$

Точність оцінки буде дорівнювати $h = \sqrt{0,25} = 0,5$.

Приклад 2.

Оцінку племінної цінності корів у молочному стаді з середнім надоем по стаду 7000 кг здійснюють за середнім надоем за всіма завершеними лактаціями при коефіцієнті успадковуваності $h^2 = 0,25$ і коефіцієнті повторюваності $r_w = 0,4$. Тоді племінна цінність корови з середнім надоем за 3 лактації 8200 кг буде дорівнювати:

$$\hat{a} = \frac{3 \cdot 0,25}{(3 - 1) \cdot 0,4 + 1} \cdot (8200 - 7000) = 500 \text{ кг}$$

Точність оцінки буде дорівнювати:

$$r = \sqrt{\frac{3 \cdot 0,25}{(3 - 1) \cdot 0,4 + 1}} = 0,65.$$

Завдання до розділу 9.

Завдання 9.1.

У стаді молочних корів з середнім значенням надою по першій лактації 6360 кг при коефіцієнті успадковуваності $h^2 = 0,20$ оцінку племінної цінності здійснюють за фактичним значенням надою по першій лактації.

Оцінити племінну цінність корів за надоєм молока:

| Кличка і ідентифікаційний номер корови | Надій молока, кг |
|--|------------------|
| Жука UA 1800176282 | 3108 |
| Зімна UA 1800288680 | 4367 |
| Зірка UA 1800137944 | 5766 |
| Зірка UA 1800496554 | 7124 |
| Зірочк UA 1800176041 | 5898 |
| Забава UA 1800576492 | 6330 |
| Заблуда UA 1800024300 | 7530 |
| Забобона UA 1800176372 | 6987 |
| Задумка UA 1800505240 | 9279 |
| Земфіра UA 1800605363 | 7637 |
| Змійка UA 1800138086 | 7707 |
| Зобрава UA 1800504872 | 7807 |
| Зобраза UA 1800024013 | 7034 |
| Зомна UA 1800504843 | 8589 |
| Зона UA 1800176505 | 4724 |
| Зоря UA 1800288720 | 6217 |
| Зорянка UA 1800137960 | 7218 |
| Зося UA 1800496717 | 6810 |
| Зоя UA 1800024176 | 3847 |
| Зухра UA 1800102085 | 5215 |
| Кала UA 1800138213 | 7595 |
| Календула UA 1800505043 | 4743 |
| Калина 2728 | 6087 |
| Камелія UA 1800504560 | 6113 |
| Каравела UA 1800439753 | 5586 |
| Кармен UA 1800505118 | 6498 |
| Квітуня UA 1800176373 | 5994 |
| Кванта UA 1800496290 | 6314 |

Завдання 9.2.

У стаді молочних корів з середнім значенням кількості молочного жиру по першій лактації 231,8 кг при коефіцієнті успадкованості $h^2 = 0,55$ оцінку племінної цінності здійснюють за фактичним значенням кількості молочного жиру по першій лактації.

Оцінити племінну цінність корів за кількістю молочного жиру:

| Кличка і ідентифікаційний номер корови | Кількість молочного жиру, кг |
|--|------------------------------|
| Жука UA 1800176282 | 111,2 |
| Зімна UA 1800288680 | 179,2 |
| Зірка UA 1800137944 | 257,2 |
| Зірка UA 1800496554 | 163,9 |
| Зірочк UA 1800176041 | 276,6 |
| Забава UA 1800576492 | 258,4 |
| Заблуда UA 1800024300 | 196,7 |
| Забобона UA 1800176372 | 111,6 |
| Задумка UA 1800505240 | 206,8 |
| Земфіра UA 1800605363 | 237,4 |
| Змійка UA 1800138086 | 253,8 |
| Зоря UA 1800288720 | 366,2 |
| Зорянка UA 1800137960 | 331,6 |
| Зося UA 1800496717 | 136,1 |
| Зоя UA 1800024176 | 272,8 |
| Зухра UA 1800102085 | 324,7 |
| Кала UA 1800138213 | 266,7 |
| Календула UA 1800505043 | 298,1 |
| Калина 2728 | 251,2 |
| Камелія UA 1800504560 | 211,4 |
| Каравела UA 1800439753 | 258,9 |
| Кармен UA 1800505118 | 160,8 |
| Квітуня UA 1800176373 | 200,9 |
| Кванта UA 1800496290 | 230,0 |

Завдання 9.3.

У стаді молочних корів з середнім значенням кількості молочного білка по першій лактації 180,2 кг при коефіцієнті успадковуваності $h^2 = 0,50$ оцінку племінної цінності здійснюють за фактичним значенням кількості молочного білка по першій лактації.

Оцінити племінну цінність корів за кількістю молочного білка:

| Кличка і ідентифікаційний номер корови | Кількість молочного білка, кг |
|--|-------------------------------|
| Жука UA 1800176282 | 144,9 |
| Зімна UA 1800288680 | 267,0 |
| Зірка UA 1800137944 | 225,4 |
| Зірка UA 1800496554 | 183,2 |
| Зірочк UA 1800176041 | 189,4 |
| Забава UA 1800576492 | 133,9 |
| Заблуда UA 1800024300 | 193,4 |
| Забобона UA 1800176372 | 177,9 |
| Задумка UA 1800505240 | 169,1 |
| Земфіра UA 1800605363 | 139,7 |
| Змійка UA 1800138086 | 163,8 |
| Зобрава UA 1800504872 | 144,5 |
| Зобраза UA 1800024013 | 156,3 |
| Зомна UA 1800504843 | 199,8 |
| Зона UA 1800176505 | 164,2 |
| Зоря UA 1800288720 | 213,6 |
| Зорянка UA 1800137960 | 178,7 |
| Зося UA 1800496717 | 151,4 |
| Зоя UA 1800024176 | 169,5 |
| Зухра UA 1800102085 | 174,8 |
| Кала UA 1800138213 | 129,9 |
| Календула UA 1800505043 | 182,9 |
| Калина 2728 | 203,7 |
| Камелія UA 1800504560 | 268,7 |

Завдання 9.4.

У молочному стаді з середнім надоєм по стаду 6400 кг оцінку племінної цінності корів здійснюють за середнім надоєм за всіма завершеними лактаціями при коефіцієнті успадковуваності $h^2= 0,18$ і коефіцієнті повторюваності $r_w= 0,34$.

Розрахувати середні значення надою за всі завершені лактації і оцінити племінну цінність корів:

| Кличка і ідентифікаційний номер корови | Номер лактації | Надій молока, кг |
|--|----------------|------------------|
| Конза UA 1800137843 | 1 | 7379 |
| Конза UA 1800137843 | 2 | 6594 |
| Конза UA 1800137843 | 3 | 4539 |
| Конза UA 1800137843 | 4 | 5759 |
| Конопля UA 1800370400 | 1 | 6722 |
| Конопля UA 1800370400 | 2 | 6762 |
| Конопля UA 1800370400 | 3 | 4254 |
| Конопля UA 1800370400 | 4 | 3702 |
| Кораль UA 1800137891 | 1 | 9420 |
| Кораль UA 1800137891 | 2 | 8646 |
| Коса UA 1800505096 | 1 | 8409 |
| Коса UA 1800505096 | 2 | 6773 |
| Коса UA 1800505096 | 3 | 7231 |
| Коса UA 1800505096 | 4 | 7079 |
| Коса UA 1800505096 | 5 | 3213 |
| Косенька UA 1800138221 | 1 | 8548 |
| Косенька UA 1800138221 | 2 | 4578 |
| Ліка UA 1800504633 | 1 | 7898 |
| Ліка UA 1800504633 | 2 | 8117 |
| Лава UA 1800290229 | 1 | 7672 |
| Лава UA 1800290229 | 2 | 6621 |
| Лава UA 1800290229 | 3 | 3513 |
| Лава UA 1800290229 | 4 | 5634 |
| Лава UA 1800290229 | 5 | 4816 |
| Лава UA 1800290229 | 6 | 4007 |
| Лава UA 1800290229 | 7 | 5558 |
| Ласка UA 1800309553 | 1 | 8182 |
| Ласка UA 1800309553 | 2 | 7837 |

Завдання 9.5.

У молочному стаді з середньою кількістю молочного жиру по стаду 255кг оцінку племінної цінності корів здійснюють за середньою кількістю молочного жиру за всіма завершеними лактаціями при коефіцієнті успадкованості $h^2=0,35$ і коефіцієнті повторюваності $r_w=0,42$.

Розрахувати середні значення кількості молочного жиру за всі завершені лактації і оцінити племінну цінність корів:

| Кличка і номер корови | Номер лактації | Кількість молочного жиру, кг |
|------------------------|----------------|------------------------------|
| Конза UA 1800137843 | 1 | 283,4 |
| Конза UA 1800137843 | 2 | 273,9 |
| Конза UA 1800137843 | 3 | 196,5 |
| Конза UA 1800137843 | 4 | 283,6 |
| Конопля UA 1800370400 | 1 | 244,1 |
| Конопля UA 1800370400 | 2 | 260,9 |
| Конопля UA 1800370400 | 3 | 148,7 |
| Конопля UA 1800370400 | 4 | 137,8 |
| Кораль UA 1800137891 | 1 | 353,1 |
| Кораль UA 1800137891 | 2 | 352,8 |
| Коса UA 1800505096 | 1 | 367,4 |
| Коса UA 1800505096 | 2 | 347,8 |
| Коса UA 1800505096 | 3 | 294,1 |
| Коса UA 1800505096 | 4 | 274,6 |
| Коса UA 1800505096 | 5 | 251,2 |
| Косенька UA 1800138221 | 1 | 118,7 |
| Косенька UA 1800138221 | 2 | 325,8 |
| Ліка UA 1800504633 | 1 | 203,8 |
| Ліка UA 1800504633 | 2 | 280,8 |
| Лави UA 1800290229 | 1 | 301,7 |
| Лави UA 1800290229 | 2 | 303,3 |

10. ПОБУДОВА ЕКОНОМІЧНИХ СЕЛЕКЦІЙНИХ ІНДЕКСІВ

Прибутковість сільськогосподарських тварин завжди залежить від значень не однієї, а декількох ознак. Наприклад, прибутковість молочної корови залежить від її молочної продуктивності (надій молока, вміст жиру і білка в молоці), якості молока, здоров'я, здатності до народження теля і т.д. Це ставить питання про комбінування економічно важливих ознак у одному значенні, яке має відображати загальну економічну цінність тварини. Для цього використовують економічні селекційні індекси.

Економічний селекційний індекс – це селекційний індекс, в якому ознаки комбінуються з урахуванням їх економічних ваг з метою отримання єдиного значення, яке визначає економічну племінну цінність тварини.

Розробка економічного селекційного індексу починається з визначення цілі розведення (Н) – лінійної комбінації племінних цінностей ознак, значення яких мають бути змінені у бажаному напрямі з урахуванням їх економічних ваг (економічна вага ознаки визначається як зміна прибутку при збільшенні значення цієї ознаки на одиницю вимірювання незалежно від значень інших ознак, які входять до цілі розведення):

$$H = a_1 \cdot v_1 + a_2 \cdot v_2 + \dots + a_m \cdot v_m,$$

де a_1, a_2, \dots, a_m – адитивні генетичні (племінні) цінності тварини за ознаками,

що входять до цілі розведення;

v_1, v_2, \dots, v_m – економічні ваги ознак;

m – кількість ознак, що входять до цілі розведення.

Потім визначають ознаки, які мають бути включені до економічного селекційного індексу. Економічний селекційний індекс (I) має вигляд:

$$I = y_1 \cdot b_1 + y_2 \cdot b_2 + \dots + y_t \cdot b_t,$$

де y_1, y_2, \dots, y_t – фенотипові значення ознак тварини, що входять до селекційного індексу;

b_1, b_2, \dots, b_t – індексні ваги ознак;

t – кількість ознак, що входять до селекційного індексу.

Ціль побудування економічного селекційного індексу полягає в отриманні таких індексних ваг, які максимізують кореляцію між значеннями індексу і цілі розведення.

Індексні ваги, які максимізують кореляцію між значеннями індексу і цілі розведення, розраховуються шляхом рішення такої системи рівнянь:

$$\mathbf{P}_1 \mathbf{b} = \mathbf{G}_{IH} \mathbf{v},$$

де \mathbf{P}_1 – фенотипічна коваріаційна матриця порядку $(t \times t)$ ознак, що включені до

селекційного індексу, яка містить фенотипічні дисперсії цих ознак і фенотипічні коваріанси між ними;

\mathbf{G}_{IH} – адитивна генетична коваріаційна матриця порядку $(t \times m)$ між ознаками, що включені до селекційного індексу і ознаками, що входять у ціль розведення, яка містить генетичні дисперсії цих ознак і генетичні коваріанси між ними;.

У найпростішому випадку ціль розведення і економічний селекційний індекс включають одні й ті самі ознаки.

На практиці для розробки економічних селекційних індексів використовують відповідне програмне забезпечення (SelAction, Desire, Selind та ін.). Програма Selind з формою для вводу вхідних параметрів (pryklad.txt) розміщена на сайті <http://elearn.nubip.edu.ua>.

Приклад.

Треба розробити економічний селекційний індекс для відбору корів за молочною продуктивністю, який включає кількість молочного жиру і білка, отриманих за лактацію.

Використовуються наступні селекційні параметри:

| Ознака | Фенотипічне середньоквадратичне відхилення | Коефіцієнт успадковуваності | Економічна вага, грн. | Кореляція | |
|-------------------------|--|-----------------------------|-----------------------|-----------------|------------------|
| | | | | фенотипічна | генетична |
| Молочний жир (МЖ), кг | $\sigma_1 = 55,0$ | $h^2_1 = 0,34$ | $v_1 = 243,0$ | $r_{12} = 0,90$ | $r_{G12} = 0,70$ |
| Молочний білок (МБ), кг | $\sigma_2 = 45,1$ | $h^2_2 = 0,35$ | $v_2 = 257,4$ | | |

Фенотипічна коваріаційна матриця порядку (t x t) ознак, що включені до селекційного індексу, буде:

$$P_1 = \begin{matrix} & \text{МЖ} & \text{МБ} \\ \text{МЖ} & \left[\begin{array}{cc} \sigma^2_1 & \text{cov}_{12} \\ \text{cov}_{12} & \sigma^2_2 \end{array} \right] \\ \text{МБ} & \end{matrix}$$

де фенотипічні дисперсії σ^2_1 і σ^2_2 дорівнюють відповідним середньоквадратичним відхиленням у квадраті;

$$\text{cov}_{12} = r_{12} \cdot \sigma_1 \cdot \sigma_2 = 0,90 \cdot 55,0 \cdot 45,1 = 2232,5;$$

Таким чином:

$$P_1 = \begin{matrix} & \text{МЖ} & \text{МБ} \\ \text{МЖ} & \left[\begin{array}{cc} 3025,0 & 2232,5 \\ 2232,5 & 2034,0 \end{array} \right] \\ \text{МБ} & \end{matrix}$$

Аддитивна генетична коваріаційна матриця порядку (t x m) між ознаками, що включені до селекційного індексу і ознаками, що входять у ціль розведення, буде:

$$\mathbf{G}_{IH} = \begin{array}{cc} & \begin{array}{cc} \text{МЖ} & \text{МБ} \end{array} \\ \begin{array}{c} \text{МЖ} \\ \text{МБ} \end{array} & \left[\begin{array}{cc} \sigma^2_{G1} & \text{cov}_{G12} \\ \text{cov}_{G12} & \sigma^2_{G2} \end{array} \right] \end{array}$$

де $\sigma^2_{G1} = h^2_1 \cdot \sigma^2_1 = 0,34 \cdot 3025,0 = 1028,5$;

$\sigma^2_{G2} = h^2_2 \cdot \sigma^2_2 = 0,35 \cdot 2034,0 = 711,9$;

$\text{cov}_{G12} = r_{G12} \cdot \sigma_{G1} \cdot \sigma_{G2} = 0,70 \cdot 32,1 \cdot 26,7 = 600,0$.

Таким чином:

$$\mathbf{G}_{IH} = \begin{array}{cc} & \begin{array}{cc} \text{МЖ} & \text{МБ} \end{array} \\ \begin{array}{c} \text{МЖ} \\ \text{МБ} \end{array} & \left[\begin{array}{cc} 1028,5 & 600,0 \\ 600,0 & 711,9 \end{array} \right] \end{array}$$

$$\mathbf{v} = \begin{array}{c} \begin{array}{cc} \text{МЖ} & \left[\begin{array}{c} 243,0 \\ 257,4 \end{array} \right] \\ \text{МБ} \end{array} \end{array}$$

В результаті вирішення системи рівнянь отримуємо:

$$\mathbf{b} = \begin{array}{c} \begin{array}{cc} \text{МЖ} & \left[\begin{array}{c} 75,2 \\ 79,1 \end{array} \right] \\ \text{МБ} \end{array} \end{array}$$

Таким чином, економічний селекційний індекс (I) для відбору молочних корів буде:

$$I = 75,2 \cdot (\text{МЖ} - \text{МЖ}_{\text{ср.}}) + 79,1 \cdot (\text{МБ} - \text{МБ}_{\text{ср.}}),$$

де МЖ- кількість молочного жиру, отриманого від корови за лактацію;

$M_{Ж_{cp}}$ – середня кількість молочного жиру у стаді;

M_B – кількість молочного білка, отриманого від корови за лактацію;

$M_{B_{cp}}$ – середня кількість молочного білка у стаді.

Наприклад, у стаді молочних корів середній надій молока за лактацію дорівнює 7000 кг при середньому вмісті жиру в молоці 3,8% і білка 3,5%, так що середня кількість молочного жиру складає 266 кг і білка 245 кг.

Тоді корова, від якої за лактацію отримали 274 кг молочного жиру і 256 кг молочного білка буде мати таке значення селекційного індексу:

$$\begin{aligned} I &= 75,2 \cdot (274 - 266) + 79,1 \cdot (256 - 245) \\ &= 75,2 \cdot 8 + 79,1 \cdot 11 \\ &= 1471,7 \text{ грн.} \end{aligned}$$

Завдання до розділу 10.

Завдання 10.1.

Розробити економічний селекційний індекс для відбору корів за молочною продуктивністю, який включає кількість молочного жиру і білка, отриманих за лактацію.

Використовуються наступні селекційні параметри:

| Ознака | Фенотипічне середньоквадратичне відхилення | Коефіцієнт успадковуваності | Економічна вага, грн. | Кореляція | |
|-------------------------|--|-----------------------------|-----------------------|-----------------|------------------|
| | | | | фенотипічна | генетична |
| Молочний жир (МЖ), кг | $\sigma_1 = 61,2$ | $h^2_1 = 0,27$ | $v_1 = 232,4$ | $r_{12} = 0,85$ | $r_{G12} = 0,60$ |
| Молочний білок (МБ), кг | $\sigma_2 = 48,5$ | $h^2_2 = 0,25$ | $v_2 = 261,5$ | | |

З використанням розробленого економічного селекційного індексу в стаді молочних корів з середнім надоем молока 6400 кг, вмістом в молоці жиру 3,71% і білка 3,21% оцінити наступних корів:

| Кличка і ідентифікаційний номер корови | Надій молока, кг | Вміст жиру в молоці, % | Вміст жиру в молоці, % |
|--|------------------|------------------------|------------------------|
| Русалка UA 3200764095 | 4485 | 3,59 | 3,03 |
| Рута UA 3200986999 | 5405 | 3,38 | 3,14 |
| Травка UA 6800363632 | 5136 | 3,78 | 3,22 |
| Фіалка UA 3201031382 | 7264 | 3,54 | 3,11 |
| Доліна UA 4800015562 | 4593 | 3,67 | 3,35 |

Завдання 10.2.

Розробити економічний селекційний індекс для відбору корів за молочною продуктивністю, який включає кількість молочного жиру і білка, отриманих за лактацію.

Використовуються наступні селекційні параметри:

| Ознака | Фенотипічне середньоквадратичне відхилення | Коефіцієнт успадкованості | Економічна вага, грн. | Кореляція | |
|-------------------------|--|---------------------------|-----------------------|-----------------|------------------|
| | | | | фенотипічна | генетична |
| Молочний жир (МЖ), кг | $\sigma_1 = 59,4$ | $h^2_1 = 0,23$ | $v_1 = 236,4$ | $r_{12} = 0,78$ | $r_{G12} = 0,65$ |
| Молочний білок (МБ), кг | $\sigma_2 = 51,2$ | $h^2_2 = 0,24$ | $v_2 = 266,3$ | | |

З використанням розробленого економічного селекційного індексу в стаді молочних корів з середнім надоем молока 7500 кг, вмістом в молоці жиру 3,65% і білка 3,18% оцінити наступних корів:

| Кличка і ідентифікаційний номер корови | Надій молока, кг | Вміст жиру в молоці, % | Вміст жиру в молоці, % |
|--|------------------|------------------------|------------------------|
| Диня UA 4800167029 | 7303 | 3,93 | 3,29 |
| Дельта UA 6500034421 | 7602 | 3,80 | 3,23 |
| Дарниця UA 4800027702 | 6158 | 3,97 | 3,15 |
| Чабанка UA 5600455898 | 7897 | 3,40 | 3,05 |
| Сайка UA 6800363622 | 8730 | 3,44 | 3,10 |

Завдання 10.3.

Розробити економічний селекційний індекс для відбору корів за молочною продуктивністю, який включає кількість молочного жиру і білка, отриманих за лактацію.

Використовуються наступні селекційні параметри:

| Ознака | Фенотипічне середньоквадратичне відхилення | Коефіцієнт успадковуваності | Економічна вага, грн. | Кореляція | |
|-------------------------|--|-----------------------------|-----------------------|-----------------|------------------|
| | | | | фенотипічна | генетична |
| Молочний жир (МЖ), кг | $\sigma_1 = 73,2$ | $h^2_1 = 0,26$ | $v_1 = 241,1$ | $r_{12} = 0,76$ | $r_{G12} = 0,71$ |
| Молочний білок (МБ), кг | $\sigma_2 = 57,7$ | $h^2_2 = 0,25$ | $v_2 = 269,9$ | | |

З використанням розробленого економічного селекційного індексу в стаді молочних корів з середнім надоем молока 7750 кг, вмістом в молоці жиру 3,85% і білка 3,38% оцінити наступних корів:

| Кличка і ідентифікаційний номер корови | Надій молока, кг | Вміст жиру в молоці, % | Вміст жиру в молоці, % |
|--|------------------|------------------------|------------------------|
| Ідеала UA 3200841191 | 7432 | 3,76 | 3,28 |
| Акварель UA 4800063068 | 7145 | 4,12 | 3,30 |
| Іволга UA 3200792934 | 7612 | 3,84 | 3,47 |
| Абрикоса UA 4800190821 | 7740 | 3,96 | 3,41 |
| Надійна UA 3200961867 | 8256 | 3,90 | 3,34 |

11. ПРОГНОЗУВАННЯ ГЕНЕТИЧНОГО ПРОГРЕСУ В ПОПУЛЯЦІЯХ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ТВАРИН

В будь-якій селекційній програмі існують чотири шляхи генетичного покращення, які відповідають чотирьом джерелам батьківських генів, а саме:

- батьки батьків,
- матері батьків,
- батьки матерів,
- матері матерів.

Відповідно середньорічна відповідь на відбір буде дорівнювати:

$$R = \frac{S_{\text{бб}} + S_{\text{бм}} + S_{\text{мб}} + S_{\text{мм}}}{L_{\text{бб}} + L_{\text{бм}} + L_{\text{мб}} + L_{\text{мм}}},$$

де $S_{\text{бб}} = i_{\text{бб}} \cdot r_{\text{glбб}} \cdot \sigma_g$ – генетична перевага батьків батьків;

$S_{\text{бм}} = i_{\text{бм}} \cdot r_{\text{glбм}} \cdot \sigma_g$ – генетична перевага батьків матерів;

$S_{\text{мб}} = i_{\text{мб}} \cdot r_{\text{glмб}} \cdot \sigma_g$ – генетична перевага матерів батьків;

$S_{\text{мм}} = i_{\text{мм}} \cdot r_{\text{glмм}} \cdot \sigma_g$ – генетична перевага матерів матерів;

$i_{\text{бб}}, i_{\text{бм}}, i_{\text{мб}}, i_{\text{мм}}$ – значення інтенсивності відбору батьків батьків, батьків матерів, матерів батьків і матерів матерів, відповідно (додаток 3).

$r_{\text{glбб}}, r_{\text{glбм}}, r_{\text{glмб}}, r_{\text{glмм}}$ – значення точності відбору батьків батьків, батьків матерів, матерів батьків і матерів матерів, відповідно.

$L_{\text{бб}}, L_{\text{бм}}, L_{\text{мб}}, L_{\text{мм}}$ – генераційні інтервали батьків батьків, батьків матерів, матерів батьків і матерів матерів, відповідно.

σ_g – стандартне відхилення цілі розведення.

Приклад.

Для прикладу розглянемо чотири шляхи генетичного покращення на прикладі типової селекційної програми, яка використовується у молочному скотарстві:

- **Батьки бугаїв.** З декількох сотень молодих бугаїв, оцінених за якістю потомства, відбирають 1–2%, які потім використовуються як батьки батьків. Ці бугаї отримують оцінки племінної цінності з високою надійністю (близько 80%). Генераційний інтервал для цієї категорії тварин складає не менше 6 років (період від народження молодого бугая до завершення першої лактації його дочок).

- **Батьки корів.** За наявності декількох сотень тисяч корів, яких треба осіменяти, мають бути відібрані 10-15% молодих бугаїв, оцінених за якістю потомства. Надійність оцінок їх племінної цінності буде такою, як у батьків бугаїв, оскільки при оцінці використовується такий самий об'єм даних. Генераційний інтервал складе близько 7 років.

- **Матері бугаїв.** Оскільки лише малу частку молодих бугаїв оцінюють за якістю потомства, то за наявності декількох сотень тисяч корів лише 0,1 – 0,5% з них відбирають як матерів бугаїв. Однак оскільки їх племінну цінність оцінюють за власною продуктивністю, надійність оцінки буде значно нижчою, ніж у батьків бугаїв. Генераційний інтервал складе близько 4,5–5 років.

- **Матері корів.** Молочні корови мають низький рівень відтворення і народжують в середньому менше одного теляти в рік. Оскільки з народжених телят лише половину складають телиці, для отримання однієї ремонтної телиці необхідно в середньому три отелення. В сучасних молочних стадах корови знаходяться у стаді в середньому на протязі трьох лактацій. Таким чином, можливості відбору в цій категорії тварин дуже обмежені, і для ремонту (відтворення поголів'я) стада необхідно відбирати не менше 90% корів. Генераційний інтервал складає близько 6 років.

Підсумувавши характеристики наведеної селекційної програми, ми можемо розрахувати середньорічний генетичний прогрес за надоем молока в популяції молочних корів з середнім надоем 7000 кг.

Розрахунок середньорічного генетичного прогресу (R)

за надоем молока в популяції молочних корів

(адитивна генетична дисперсія $\sigma_g = 700$ кг)

| Шлях відбору | Частка відібраних тварин, % | Інтенсивність відбору, i | Точність оцінки, r_{gl} | Генетична перевага ($S = i r_{gl} \sigma_g$) | Генераційний інтервал (L), років |
|---------------|-----------------------------|----------------------------|---------------------------|--|----------------------------------|
| Батьки бугаїв | 2 | 2,42 | 0,90 | 1525 | 6 |
| Батьки корів | 10 | 1,75 | 0,90 | 1103 | 7 |
| Матері бугаїв | 0,5 | 2,89 | 0,60 | 1214 | 5 |
| Матері корів | 90 | 0,19 | 0,60 | 80 | 6 |
| Сума | | | | 3922 | 24 |
| R | | | | 3922/24 = 163,4 | |

Таким чином, при наведених параметрах селекційної програми середньорічний генетичний прогрес за надоем молока буде дорівнювати 163,4 кг, що складає 2% від середнього поточного надоя.

Завдання до розділу 11.

Завдання 11.1.

Розрахувати середньорічний генетичний прогрес (R) за надоем молока в популяції молочних корів (адитивна генетична дисперсія $\sigma_g = 670$ кг).

Параметри відбору по чотирьох шляхах генетичного покращення:

- **Батьки бугаїв:**

- частка відібраних тварин – 1%;
- точність оцінки племінної цінності – 0,92
- генераційний інтервал – 6,3 років.

- **Батьки корів:**

- частка відібраних тварин – 12%;
- точність оцінки племінної цінності – 0,89
- генераційний інтервал – 6,6 років.

- **Матері бугаїв:**

- частка відібраних тварин – 0,7%;
- точність оцінки племінної цінності – 0,55
- генераційний інтервал – 4,8 років.

- **Матері корів:**

- частка відібраних тварин – 87,0%;
- точність оцінки племінної цінності – 0,50
- генераційний інтервал – 5,7 років.

Завдання 11.2.

Розрахувати середньорічний генетичний прогрес (R) за надоем молока в популяції молочних корів (адитивна генетична дисперсія $\sigma_g = 730$ кг).

Параметри відбору по чотирьох шляхах генетичного покращення:

- **Батьки бугаїв:**

- частка відібраних тварин – 1,4%;
- точність оцінки племінної цінності – 0,85
- генераційний інтервал – 6,6 років.

- **Батьки корів:**

- частка відібраних тварин – 15%;
- точність оцінки племінної цінності – 0,85
- генераційний інтервал – 6,8 років.

- **Матері бугаїв:**

- частка відібраних тварин – 0,6%;
- точність оцінки племінної цінності – 0,63
- генераційний інтервал – 5,2 років.

- **Матері корів:**

- частка відібраних тварин – 85,0%;
- точність оцінки племінної цінності – 0,55
- генераційний інтервал – 6,2 років.

Завдання 11.3.

Розрахувати середньорічний генетичний прогрес (R) за кількістю молочного жиру в популяції молочних корів (адитивна генетична дисперсія $\sigma_g = 63$ кг).

Параметри відбору по чотирьох шляхах генетичного покращення:

- **Батьки бугаїв:**

- частка відібраних тварин – 1,2%;
- точність оцінки племінної цінності – 0,88
- генераційний інтервал – 6,5 років.

- **Батьки корів:**

- частка відібраних тварин – 13%;
- точність оцінки племінної цінності – 0,89

- генераційний інтервал – 6,7 років.
- **Матері бугаїв:**
- частка відібраних тварин – 0,4%;
- точність оцінки племінної цінності – 0,65
- генераційний інтервал – 5,0 років.
- **Матері корів:**
- частка відібраних тварин – 87,0%;
- точність оцінки племінної цінності – 0,54
- генераційний інтервал – 6,3 років.

Завдання 11.4.

Розрахувати середньорічний генетичний прогрес (R) за кількістю молочного білка в популяції молочних корів (адитивна генетична дисперсія $\sigma_g = 56$ кг).

Параметри відбору по чотирьох шляхах генетичного покращення:

- **Батьки бугаїв:**
- частка відібраних тварин – 1,2%;
- точність оцінки племінної цінності – 0,81
- генераційний інтервал – 6,7 років.
- **Батьки корів:**
- частка відібраних тварин – 14%;
- точність оцінки племінної цінності – 0,84
- генераційний інтервал – 6,4 років.
- **Матері бугаїв:**
- частка відібраних тварин – 0,5%;
- точність оцінки племінної цінності – 0,60
- генераційний інтервал – 5,3 років.
- **Матері корів:**
- частка відібраних тварин – 86,0%;

- точність оцінки племінної цінності – 0,52
- генераційний інтервал – 6,1 років.

Завдання 11.5.

Розрахувати середньорічний генетичний прогрес (R) за надосом молока в популяції молочних корів при використанні геномної селекції (адитивна генетична дисперсія $\sigma_g = 750$ кг).

Параметри відбору по чотирьох шляхах генетичного покращення:

- Батьки бугаїв:

- частка відібраних тварин – 4,5%;
- точність оцінки племінної цінності – 0,78
- генераційний інтервал – 1,8 років.

- Батьки корів:

- частка відібраних тварин – 17%;
- точність оцінки племінної цінності – 0,72
- генераційний інтервал – 1,6 років.

- Матері бугаїв:

- частка відібраних тварин – 1,7%;
- точність оцінки племінної цінності – 0,65
- генераційний інтервал – 2,2 років.

- Матері корів:

- частка відібраних тварин – 87,0%;
- точність оцінки племінної цінності – 0,51
- генераційний інтервал – 5,2 років.

12. РОЗРАХУНОК ЗНАЧЕНЬ СЕЛЕКЦІЙНИХ ОЗНАК

12.1. Показники росту

Показники росту тварин оцінюють на основі вимірювань живої ваги у різні періоди віку. Використовують наступні показники:

- абсолютний приріст живої ваги (A):

$$A = W_1 - W_0,$$

де W_0 – жива вага тварини на початку періоду;

W_1 – жива вага тварини на кінець періоду.

- середньодобовий приріст живої ваги (S):

$$S = \frac{W_1 - W_0}{t},$$

де W_0 – жива вага тварини на початку періоду;

W_1 – жива вага тварини на кінець періоду;

t – число днів між вимірюваннями живої ваги.

- відносний приріст живої ваги (R):

$$R = \frac{W_1 - W_0}{W_0} \cdot 100\%,$$

де W_0 – жива вага тварини на початку періоду;

W_1 – жива вага тварини на кінець періоду.

- відносна швидкість росту (B):

$$B = \frac{W_1 - W_0}{\frac{1}{2}(W_1 + W_0)} \cdot 100\%,$$

де W_0 – жива вага тварини на початку періоду;

W_1 – жива вага тварини на кінець періоду.

Приклад.

Бугай української м'ясної породи мав при народженні живу вагу 43 кг і в 12-місячному віці важив 410 кг. Тоді для цього бугая маємо:

- абсолютний приріст живої ваги:

$$A = 410 - 43 = 367 \text{ кг,}$$

- середньодобовий приріст живої ваги (S):

$$S = \frac{410 - 43}{366} = 1003 \text{ г,}$$

- відносний приріст живої ваги (R):

$$R = \frac{410 - 43}{43} \cdot 100\% = 853,5\%,$$

- відносна швидкість росту (B):

$$B = \frac{410 - 43}{\frac{1}{2}(410 + 43)} \cdot 100\% = 162,0\%.$$

12.2. Показники відтворення корів

Розрахунки показників відтворення корів базуються на датах осіменіння і отелення. Основними показниками відтворення корів є:

- вік першого осіменіння - інтервал між датою народження і датою першого осіменіння;

- вік першого отелення - інтервал між датою народження і датою першого отелення;

- сервіс-період - інтервал між датою отелення і датою послідуєчого плідного осіменіння;

- міжотельний період - інтервал між датами суміжних отелень (тобто між першим і другим, другим і третім і т.д.);

- рівень тільності (РТ), який виражається в балах і розраховується за формулою:

$$РТ = \frac{21}{(\text{сервіс період} - \text{період добровільного очікування} + 11)},$$

де 21 – тривалість статевого циклу корів;

період добровільного очікування – період часу після отелення, впродовж якого корів навмисне не осіменяють, який дорівнює 60 дням;

11 – коригуючий фактор.

Приклад.

Корова Інерція UA 1800288728 народилася 14 червня 2006 року. Перше осіменіння відбулося 9 жовтня 2008 року. Вона отелилася 17 липня 2009 року і була запліднена 18 жовтня 2009 року. Друге отелення відбулося 21 жовтня 2010 року. Таким чином для корови Інерція UA 1800288728 маємо:

вік першого осіменіння = 28,3 місяця

вік першого отелення = 37,6 місяці

сервіс-період = 93 дні

міжотельний період = 369 днів

$$\text{рівень тільності} = \frac{21}{(93 - 60 + 11)} = 0,48$$

12.3. Розрахунок показників молочної продуктивності корів за лактацію

Основним методом розрахунку надою за лактацію, рекомендованим Міжнародним комітетом з обліку у тваринництві (ICAR), є метод інтервалів.

Надій молока за лактацію (МУ) розраховується за формулою:

$$МУ = I_0 \times M_1 + I_1 \times (M_1 + M_2)/2 + I_2 \times (M_2 + M_3)/2 + \dots + I_{n-1} \times (M_{n-1} + M_n)/2 + I_n \times M_n,$$

де $M_1, M_2, M_3, \dots, M_{n-1}, M_n$ – добові надої за результатами контрольних доїнь, кг,

$I_0, I_1, I_2, \dots, I_{n-1}, I_n$ – інтервали між контрольними доїннями, днів.

Добова кількість молочного жиру (F_i) розраховується за формулою:

$$F_i = 10 \times M_i \times FP_i,$$

де M_i – добовий надій за результатом контрольного доїння, кг,

FP_i – вміст жиру в молоці за результатом контрольного доїння, %.

Добова кількість молочного білка (P_i) розраховується за формулою:

$$P_i = 10 \times M_i \times PP_i,$$

де M_i – добовий надій за результатом контрольного доїння, кг,

PP_i – вміст білка в молоці за результатом контрольного доїння, %.

Кількість молочного жиру за лактацію (FY) розраховується за формулою:

$$FY = \frac{I_0 \times F_1 + I_1 \times (F_1 + F_2)/2 + I_2 \times (F_2 + F_3)/2 + \dots + I_{n-1} \times (F_{n-1} + F_n)/2 + I_n \times F_n}{1000},$$

де $F_1, F_2, F_3, \dots, F_{n-1}, F_n$ – добова кількість молочного жиру за результатами контрольних доїнь, г,

$I_0, I_1, I_2, \dots, I_{n-1}, I_n$ – інтервали між контрольними доїннями, днів (I_0 дорівнює половині інтервалу між початком лактації і датою першого контрольного доїння).

Кількість молочного білка за лактацію (PY) розраховується за формулою:

$$PY = \frac{I_0 \times P_1 + I_1 \times (P_1 + P_2)/2 + I_2 \times (P_2 + P_3)/2 + \dots + I_{n-1} \times (P_{n-1} + P_n)/2 + I_n \times P_n}{1000},$$

де $P_1, P_2, P_3, \dots, P_{n-1}, P_n$ – добова кількість молочного білка за результатами контрольних доїнь, г,

$I_0, I_1, I_2, \dots, I_{n-1}, I_n$ – інтервали між контрольними доїннями, днів (I_0 дорівнює половині інтервалу між початком лактації і датою першого контрольного доїння).

Вміст жиру в молоці у відсотках за лактацію (FP) розраховується за формулою:

$$FP = \frac{FY \times 100 \%}{MY}$$

де FY – кількість молочного жиру за лактацію, кг,

MY – надій молока за лактацію, кг.

Вміст білка в молоці у відсотках за лактацію (PP) розраховується за формулою:

$$PP = \frac{PY \times 100 \%}{MY}$$

де PY – кількість молочного білка за лактацію, кг,

MY – надій молока за лактацію, кг.

Приклад.

Результати контрольних доїнь:

Початок лактації: 26 березня

Завершення лактації: 3 січня

| Місяць | Число | Інтервал(I), днів | Добовий надій (M), кг | Вміст жиру (FP), % | Кількість молочного жиру (F), г |
|----------|-------|-------------------|-----------------------|--------------------|---------------------------------|
| Квітень | 8 | 14 | 28,2 | 3,65 | 1029 |
| Травень | 6 | 28 | 24,8 | 3,45 | 856 |
| Червень | 5 | 30 | 26,6 | 3,40 | 904 |
| Липень | 7 | 32 | 23,2 | 3,55 | 824 |
| Серпень | 2 | 26 | 20,2 | 3,85 | 778 |
| Серпень | 30 | 28 | 17,8 | 4,05 | 721 |
| Вересень | 25 | 26 | 13,2 | 4,45 | 587 |
| Жовтень | 27 | 32 | 9,6 | 4,65 | 446 |
| Листопад | 22 | 26 | 5,8 | 4,95 | 287 |
| Грудень | 20 | 28 | 4,4 | 5,25 | 231 |

Розрахунок надою молока і кількості молочного жиру за лактацію:

| Інтервал | | | Розрахунок | | Сума | |
|--|--------------|------|---------------|-------------------------|--------------|-------------------------|
| початок | кінець | днів | кг молока | кг МОЛОЧНОГО жиру | кг молока | кг МОЛОЧНОГО жиру |
| 26 березня | 8 квітня | 14 | 28,2 | 1029 | 395 | 14,406 |
| 9 квітня | 6 травня | 28 | (28,2+24,8)/2 | (1029+856)/2 | 742 | 26,390 |
| 7 травня | 5 червня | 30 | (24,8+26,6)/2 | (856+904)/2 | 771 | 26,400 |
| 6 червня | 7 липня | 32 | (26,6+23,2)/2 | (904+824)/2 | 797 | 27,648 |
| 8 липня | 2 серпня | 26 | (23,2+20,2)/2 | (824+778)/2 | 564 | 20,826 |
| 3 серпня | 30 серпня | 28 | (20,2+17,8)/2 | (778+721)/2 | 532 | 20,986 |
| 31 серпня | 25 вересня | 26 | (17,8+13,2)/2 | (721+587)/2 | 403 | 17,004 |
| 26 вересня | 27 жовтня | 32 | (13,2+9,6)/2 | (587+446)/2 | 365 | 16,528 |
| 28 жовтня | 22 листопада | 26 | (9,6+5,8)/2 | (446+287)/2 | 200 | 9,529 |
| 23 листопада | 20 грудня | 28 | (5,8+4,4)/2 | (287+231)/2 | 143 | 7,252 |
| 21 грудня | 3 січня | 14 | 4,4 | 231 | 62 | 3,234 |
| Надій молока за лактацію: 4974 кг | | | | | | |
| Кількість молочного жиру за лактацію: 190 кг | | | | | | |
| Середній вміст жиру за лактацію: $(190/4974)*100 = 3,82\%$ | | | | | | |

12.4. Корегування молока на вміст основних компонентів (fat yield – вміст жиру, protein yield – вміст білка, lactose yield – вміст лактози)

Дані взяті з рекомендацій ICAR розділу «Guidelines for Dairy Cattle Milk Recording» стосуються оцінки в залежності від кількості отриманого молока, його якісних показників – вмісту жиру, вмісту білка та лактози.

Оцінка основних енергетичних компонентів молока проводиться за формулами ЕСМ (Energy Corrected Milk), які розраховують згідно Національного стандарту ряду країн світу (США, Канада, Норвегія, Фінляндія):

$$ЕСМ_1 = (\text{молочний жир, кг} \times 38,3 + \text{молчний білок, кг} \times 24,2 + \text{молочна продуктивність} \times 0,7832) / 3,14$$

$$ЕСМ_2 (\text{з додаванням лактози}) = (\text{молочний жир, кг} \times 38,3 + \text{молчний білок, кг} \times 24,2 + \text{молочна лактоза} \times 16,54 + \text{молочна продуктивність} \times 0,0207) / 3,14$$

$$ЕСМ_3 = [(\text{вміст жиру, \%} \times 383 + \text{вміст білку, \%} \times 242 + 783,2 / 3140)] \times \text{молочна продуктивність, кг}$$

ЕСМ₄(з додаванням лактози)

$$= [(вміст жиру, \% \times 383 + \text{вміст білка, \%} \times 242 + \text{вміст лактози, \%} \times 165,4 + 20,7)/3140] \times \text{молочна продуктивність, кг}$$

Для чого роблять такі розрахунки? Європейським фермерам роблять доплату за вміст та відповідний рівень саме цих компонентів. Так компанія Frisland Campina гарантує високу ціну за 100 кг молока з вмістом жиру – 4,2 %, білка – 3,4 %, лактози – 4,5 %. Інша компанія – Arla Foods сплачує за якісні показники молока за схемою:

$$1000 \text{ кг молока} = 3,0 \text{ €} \times 42 \text{ кг молочного жиру} + 6,0 \text{ €} \times 34 \text{ кг молочного білка} + 0,6 \text{ €} \times 45 \text{ кг лактози} = 357 \text{ €}$$

Якщо рівень лактози менше 4,2 %, то якість виготовлення твердих сортів сиру з молока корів різко знижується

Склад і коливання основних показників молока корів

| Показники | Допустимі рівні, % | Середні значення, % |
|-------------------------|--------------------|---------------------|
| Вода | 85,5–89,5 | 87,5 |
| Кількість сухих речовин | 10,5–14,5 | 12,5 |
| Вміст жиру | 2,5–6,0 | 3,8 |
| Вміст білка | 2,9–5,0 | 3,3 |
| Лактоза | 3,6–5,5 | 4,7 |
| Мінерали | 0,6–0,9 | 0,7 |

Як приклад використання формули ЕСМ та остаточної ціни на молоко ми наводимо приклад розрахунків

Приклад

Розрахунок значень ЕСМ₄ для корів стада та їх ранжування за цим значенням

| Корова, № | Надій за лактацію, кг | Вміст, % | | | Значення ЕСМ ₄ | Ранг |
|-----------|-----------------------|----------|-------|---------|---------------------------|------|
| | | жиру | білка | лактози | | |
| 1286400 | 6853 | 3,84 | 3,50 | 4,20 | 6620 | 1 |
| 1206500 | 7754 | 3,74 | 3,40 | 4,15 | 7315 | 5 |
| 1216512 | 8925 | 3,49 | 3,35 | 3,90 | 7996 | 6 |
| 1216513 | 6705 | 4,10 | 3,55 | 4,10 | 6680 | 2 |
| 1232863 | 8764 | 3,69 | 3,40 | 3,88 | 8090 | 7 |
| 1222180 | 7200 | 3,81 | 3,39 | 3,81 | 6720 | 3 |
| 1262971 | 7155 | 3,82 | 3,45 | 4,15 | 6848 | 4 |
| 1267100 | 8871 | 3,66 | 3,30 | 4,00 | 8144 | 8 |
| 1290018 | 9645 | 3,51 | 3,10 | 3,91 | 8484 | 9 |
| 1273114 | 10384 | 3,40 | 3,20 | 3,61 | 8910 | 10 |

Завдання до розділу 12

Завдання 12.1.

Розрахувати показники росту (абсолютний приріст живої ваги, середньодобовий приріст живої ваги, відносний приріст живої ваги і відносна швидкість росту) на основі даних про живу вагу при народженні і у 12-місячному віці бугаїв української м'ясної породи, внесених до каталогу племінних бугаїв м'ясних порід.

| Кличка і номер бугая | Жива вага бугаїв | |
|----------------------|------------------------------|---------------------------------|
| | Жива вага при народженні, кг | Жива вага у віці 12 місяців, кг |
| Анчар 0988 | 55,0 | 440 |
| Вал 1487 | 37,8 | 511 |
| Моноліт 172 | 38,0 | 396 |
| Зеніт 3383 | 37,9 | 397 |
| Пілот 9537 | 37,9 | 424 |
| Чемпіон 3523 | 38,0 | 370 |
| Казбек 1991 | 38,1 | 396 |
| Король 3394 | 38,9 | 380 |
| Ранній 1281 | 37,8 | 420 |
| Ранок 3564 | 37,7 | 482 |
| Сопот 9533 | 37,9 | 371 |
| Маскарад 177 | 37,8 | 470 |
| Буран 1459 | 37,6 | 452 |
| Лимон 3370 | 38,1 | 373 |
| Чек 1435 | 38,0 | 430 |

Завдання 12.2.

Розрахувати показники росту (абсолютний приріст живої ваги, середньодобовий приріст живої ваги, відносний приріст живої ваги і відносна швидкість росту) на основі даних про живу вагу при народженні і у 12-місячному віці бугаїв абердин-ангуської породи, внесених до каталогу племінних бугаїв м'ясних порід.

| Кличка і номер бугая | Жива вага бугаїв | |
|----------------------|------------------------------|---------------------------------|
| | Жива вага при народженні, кг | Жива вага у віці 12 місяців, кг |
| Сесар 5929 | 29,0 | 320 |
| Самсон 3409 | 33,6 | 524 |
| Бюджет 0390 | 38,3 | 375 |
| Принц 537 | 30,8 | 429 |
| Цімо 1361 | 26,9 | 420 |
| Циган 376 | 31,1 | 362 |
| Тропик 2510 | 31,0 | 356 |
| Конкар 360 | 30,9 | 345 |
| Барбарис 039 | 25,0 | 320 |
| Ротор 3626 | 29,0 | 320 |
| Тріо 6464 | 36,2 | 512 |
| Трал 9395 | 25,1 | 360 |
| Троль 0990 | 37,4 | 373 |
| Рейх 8664 | 28,8 | 442 |
| Марек 4689 | 25,3 | 440 |

Завдання 12.3.

Розрахувати показники відтворення (вік першого осіменіння, вік першого отелення, сервіс-період, міжотельний період і рівень тільності) для корів:

| Кличка і ідентифікаційний номер корови | Дата народження | Номер отелення | Дата плідного осіменіння | Дата отелення | Дата наступного плідного осіменіння |
|--|-----------------|----------------|--------------------------|---------------|-------------------------------------|
| АбрикапаUA 1800288882 | 15.07.2004 | 1 | 10.06.2006 | 13.03.2007 | 26.05.2007 |
| АбрикапаUA 1800288882 | 15.07.2004 | 2 | 26.05.2007 | 02.03.2008 | 12.08.2008 |
| АбрикапаUA 1800288882 | 15.07.2004 | 3 | 12.08.2008 | 11.05.2009 | 11.12.2009 |
| АбрикосаUA 1800137957 | 03.12.1999 | 1 | 15.08.2001 | 25.05.2002 | 16.08.2002 |
| АбрикосаUA 1800137957 | 03.12.1999 | 2 | 16.08.2002 | 28.05.2003 | 15.10.2003 |
| АбрикосаUA 1800137957 | 03.12.1999 | 3 | 15.10.2003 | 18.07.2004 | 13.10.2004 |
| АбрикосаUA 1800137957 | 03.12.1999 | 4 | 13.10.2004 | 18.07.2005 | 30.09.2005 |
| АбрикосаUA 1800137957 | 03.12.1999 | 5 | 30.09.2005 | 14.07.2006 | 25.09.2006 |
| АгатаUA 1800505242 | 11.07.2009 | 1 | 05.03.2011 | 01.12.2011 | 21.02.2012 |
| АгатаUA 1800505242 | 11.07.2009 | 2 | 21.02.2012 | 30.11.2012 | 17.03.2013 |
| АзалияUA 1800176452 | 10.02.2006 | 1 | 03.10.2008 | 23.07.2009 | 25.03.2010 |
| АзалияUA 1800176452 | 10.02.2006 | 2 | 25.03.2010 | 05.01.2011 | 04.08.2012 |
| АйстраUA 1800176446 | 10.02.2006 | 1 | 28.06.2008 | 19.03.2009 | 29.12.2009 |
| АкадемкаUA 1800496454 | 03.01.2009 | 1 | 29.04.2010 | 09.02.2011 | 01.05.2011 |
| АкадемкаUA 1800496454 | 03.01.2009 | 2 | 01.05.2011 | 04.02.2012 | 03.07.2012 |
| АкадемкаUA 1800496454 | 03.01.2009 | 3 | 03.07.2012 | 16.04.2013 | 03.08.2013 |
| АкадемкаUA 1800496454 | 03.01.2009 | 4 | 03.08.2013 | 12.05.2014 | - - |
| Активна=UA 1800138015 | 21.06.2003 | 1 | 06.07.2004 | 16.04.2005 | 02.07.2005 |
| Активна=UA 1800138015 | 21.06.2003 | 2 | 02.07.2005 | 30.03.2006 | 17.07.2006 |
| Активна=UA 1800138015 | 21.06.2003 | 3 | 17.07.2006 | 23.04.2007 | 12.07.2007 |
| Активна=UA 1800138015 | 21.06.2003 | 4 | 12.07.2007 | 20.04.2008 | 06.07.2008 |
| Активна=UA 1800138015 | 21.06.2003 | 5 | 06.07.2008 | 14.04.2009 | 14.08.2009 |
| Активна=UA 1800138015 | 21.06.2003 | 6 | 14.08.2009 | 23.05.2010 | 14.10.2010 |

Завдання 12.4.

Провести розрахунки надою за лактацію, кількості молочного жиру за лактацію і вмісту жиру в молоці за лактацію за результатами контрольних доїнь.

Початок лактації: 27січня

Завершення лактації: 30листопада

| Місяць | Число | Інтервал(I), днів | Добовий надій (M), кг | Вміст жиру (FP), % | Кількість молочного жиру (F), г |
|----------|-------|-------------------|-----------------------|--------------------|---------------------------------|
| Лютий | 10 | | 25,1 | 3,64 | |
| Березень | 8 | | 28,3 | 3,42 | |
| Квітень | 14 | | 26,5 | 3,43 | |
| Травень | 14 | | 24,4 | 3,48 | |
| Червень | 16 | | 23,6 | 3,52 | |
| Липень | 15 | | 22,1 | 3,55 | |
| Серпень | 17 | | 20,2 | 3,65 | |
| Вересень | 15 | | 15,4 | 4,69 | |
| Жовтень | 20 | | 11,7 | 4,71 | |
| Листопад | 13 | | 9,8 | 4,76 | |

Завдання 12.5.

Провести розрахунки надою за лактацію, кількості молочного білка за лактацію і вмісту білка в молоці за лактацію за результатами контрольних доїнь.

Початок лактації: 30 грудня

Завершення лактації: 31 жовтня

| Місяць | Число | Інтервал(I), днів | Добовий надій (M), кг | Вміст білка (PP), % | Кількість молочного білка (P), г |
|----------|-------|-------------------|-----------------------|---------------------|----------------------------------|
| Січень | 14 | | 29,4 | 3,30 | |
| Лютий | 12 | | 32,6 | 3,08 | |
| Березень | 17 | | 30,8 | 3,09 | |
| Квітень | 13 | | 28,7 | 3,14 | |
| Травень | 19 | | 27,9 | 3,18 | |
| Червень | 21 | | 26,4 | 3,21 | |
| Липень | 25 | | 24,5 | 3,31 | |
| Серпень | 13 | | 19,7 | 4,35 | |
| Вересень | 16 | | 16,2 | 4,37 | |
| Жовтень | 22 | | 14,1 | 4,42 | |

Завдання 12.6

Провести розрахунки показника ЕСМ₄ за наведеними даними та провести ранжування корів

| Корова, № | Надій за лактацію, кг | Вміст, % | | | Значення ЕСМ ₄ | Ранг |
|-----------|-----------------------|----------|-------|---------|---------------------------|------|
| | | жиру | білка | лактози | | |
| 1216516 | 9703 | 3,58 | 2,72 | 4,68 | | |
| 1232861 | 10632 | 3,73 | 2,90 | 4,63 | | |
| 1222184 | 6926 | 3,12 | 2,97 | 4,74 | | |
| 1262972 | 8223 | 4,06 | 3,49 | 4,64 | | |
| 1267102 | 8793 | 4,45 | 3,53 | 4,61 | | |
| 1290011 | 9763 | 3,70 | 3,22 | 4,75 | | |
| 1273117 | 5596 | 4,29 | 3,72 | 4,58 | | |
| 1267101 | 9299 | 4,29 | 3,11 | 4,55 | | |
| 1290012 | 9236 | 4,35 | 3,37 | 4,59 | | |
| 1273113 | 8420 | 4,90 | 3,43 | 4,31 | | |
| 1267103 | 9098 | 4,65 | 3,01 | 4,48 | | |
| 1290013 | 6656 | 3,91 | 3,41 | 4,89 | | |
| 1273112 | 7083 | 4,56 | 3,15 | 4,56 | | |
| 1290019 | 6665 | 3,93 | 3,44 | 4,88 | | |
| 1273119 | 6508 | 4,29 | 3,67 | 4,68 | | |

13. ОЦІНКА РІВНЯ ГЕНЕТИЧНОГО РІЗНОМАНІТТЯ

Генетичне різноманіття (англ. genetic diversity) – наявність генетичних відмінностей між особинами однієї популяції або між популяціями одного виду.

Явно генетичне різноманіття виражається у відмінностях між тваринами за якісними (колір шкіри, будова тіла) та кількісними (ріст, жива маса, продуктивність) ознаками.

Важливість генетичного різноманіття визначається наступними факторами:

1. Наявність генетичного різноманіття забезпечує гнучкість популяції щодо пристосування до змін умов середовища. Наприклад, при зміні кліматичних умов природний відбір сприятиме підвищенню частот алелей, які дозволяють тваринам пристосуватися до цих змін.

2. Зниження генетичного різноманіття внаслідок інбридингу пов'язано з проявом інбредної депресії, яка веде до погіршення рівня відтворення, скорочення тривалості життя і інших негативних наслідків.

3. Зниження генетичного різноманіття пов'язано з підвищенням рівня гомозиготності тварин, яке веде до прояву шкідливих алелей.

4. Рівень генетичного різноманіття селекційних ознак, яка виражається коефіцієнтом успадкованості, визначає ефективність відбору за цими ознаками.

Існують різні методи оцінки рівня генетичного різноманіття, основними з яких є показники генетичної відстані, індекс фіксації С. Райта і рівень гетерозиготності.

13.1. Показники генетичної відстані

Показники генетичної відстані (англ. genetic distance) використовуються для оцінки ступеня генетичних розбіжностей між популяціями. Для їх

розрахунку використовують поліморфні локуси (тобто локуси, представлені більш ніж однією формою – алелем).

Одним з найбільш поширених таких показників є генетична відстань за М.Неєм, яка розраховується за формулою:

$$D_A = \frac{\sum_k (1 - \sum_i \sqrt{x_i y_i})}{m},$$

де x_i і y_i – частоти i -го алеля k -го локусу в популяціях x і y ,
 m – число алелей.

Генетична відстань за М. Неєм приймає значення від 0 до 1.

Приклад.

Розрахуємо значення генетичної відстані за М.Неєм між двома популяціями тварин за даними частот алелей по двох локусах.

| Локус | Алель | Частоти алелей | | xy | \sqrt{xy} |
|---|-------|----------------|---------------|------|-------------|
| | | в популяції X | в популяції Y | | |
| 1 | A | 0,6 | 0,7 | 0,42 | 0,648 |
| | a | 0,4 | 0,3 | 0,12 | 0,346 |
| $\Sigma\sqrt{xy} = 0,994$ | | | | | |
| 2 | B | 0,1 | 0,9 | 0,09 | 0,300 |
| | b | 0,9 | 0,1 | 0,09 | 0,300 |
| $\Sigma\sqrt{xy} = 0,6$ | | | | | |
| $D_A = ((1 - 0,994) + (1 - 0,6))/2 = 0,203$ | | | | | |

13.2. Індекс фіксації С. Райта

Індекс фіксації С.Райта (англ. fixation index, позначається F_{ST}) – це показник генетичної диференціації субпопуляцій (тобто частин загальної популяції, наприклад стад) відповідно до їх генетичної структури. Подібно

показникам генетичної відстані для його розрахунку використовують поліморфні локуси.

Індекс фіксації С. Райта визначається як :

$$F_{ST} = \frac{\sigma_S^2}{\sigma_T^2}$$

де σ_S^2 – дисперсія частот алелей між субпопуляціями,

σ_T^2 – дисперсія частот алелей по всій популяції.

Для розрахунку індексу фіксації С.Райта використовують формулу:

$$F_{ST} = \frac{\bar{p}(1 - \bar{p}) - \sum c_i p_i (1 - p_i)}{\bar{p}(1 - \bar{p})}$$

де \bar{p} – середня частота алеля у загальній популяції,

p_i – частота алеля в і-й субпопуляції,

c_i – відносна частка і-ї субпопуляції у загальній популяції, яка дорівнює:

$$c_i = n_i/N,$$

n_i – розмір (число тварин) в і-й субпопуляції,

N – розмір (число тварин) в загальній популяції.

Індекс фіксації С. Райта відображає спільну дію генетичного дрейфу, міграції, мутацій і відбору на генетичні розбіжності між субпопуляціями.

Значення індексу фіксації С.Райта знаходяться в межах від 0 (відсутність генетичних розбіжностей між суб-популяціями) до 1 (найвища ступінь диференціації).

С. Райт визначив такі градації значень індексу фіксації:

0,00–0,05 – слабка генетична диференціація,

0,06–0,15 - середня генетична диференціація,

0,16–0,25 – висока генетична диференціація,

більше 0,25 – дуже висока генетична диференціація.

Приклад.

Розрахуємо значення індексу фіксації С. Райта між двома субпопуляціями.

| Популяція | Число тварин | Частка, c_i | Частота алеля, p_i | $p_i(1 - p_i)$ | $c_i p_i(1 - p_i)$ |
|--|--------------|---------------|----------------------|----------------|--------------------|
| Субпопуляція 1 | $n_1 = 200$ | 0,4 | $p_1 = 0,30$ | 0,210 | 0,084 |
| Субпопуляція 2 | $n_2 = 300$ | 0,6 | $p_2 = 0,60$ | 0,240 | 0,144 |
| Загальна популяція | $N = 500$ | 1 | 0,48 | 0,249 | - |
| $\sum c_i p_i(1 - p_i) = 0,084 + 0,144 = 0,228$ $F_{ST} = (0,250 - 0,228)/0,250$ $= 0,088$ | | | | | |

13.3. Рівень гетерозиготності

Рівень гетерозиготності (англ. heterozygosity, позначається H) – це середня частка гетерозиготних локусів в популяції.

Наприклад, якщо частки тварин, гетерозиготних за 10 локусами, дорівнюють 0,1, 0,0, 0,3, 0,1, 0,0, 0,15, 0,2, 0,2, 0,0 і 0,4, то *спостережуваний рівень гетерозиготності* (H_0) буде дорівнювати:

$$H_0 = \frac{0,1 + 0,0 + 0,3 + 0,1 + 0,0 + 0,15 + 0,2 + 0,2 + 0,0 + 0,4}{10} = 0,145$$

Зазвичай використовують *очікуваний рівень гетерозиготності* (H_e), який розраховується за формулою:

$$H_e = 1 - \sum p_i^2,$$

де p_i – частоти алелей дослідженого локусу.

Приклад.

Розрахуємо рівень гетерозиготності за наступними даними про генотипи тварин.

| Генотип тварини | Число алелей А | Число алелей а |
|--|---------------------|----------------------|
| АА | 2 | 0 |
| Аа | 1 | 1 |
| Аа | 1 | 1 |
| АА | 2 | 0 |
| аа | 0 | 2 |
| Аа | 1 | 1 |
| аа | 0 | 2 |
| аа | 0 | 2 |
| АА | 2 | 0 |
| аа | 0 | 2 |
| Σ | 9 | 11 |
| p_i | $p_1 = 9/20 = 0,45$ | $p_2 = 11/20 = 0,55$ |
| $H_e = 1 - 0,45^2 - 0,55^2 = 1 - 0,2025 - 0,3025 = 0,4950$ | | |

Завдання до розділу 13.

Завдання 13.1.

Розрахувати значення генетичної відстані за М. Неєм між двома популяціями тварин за даними частот алелей по двох локусах.

| Локус | Алель | Частоти алелей | | ху | \sqrt{xy} |
|---------------------|-------|----------------|---------------|----|-------------|
| | | в популяції Х | в популяції Y | | |
| 1 | A | 0,8 | 0,5 | | |
| | a | 0,2 | 0,5 | | |
| $\Sigma\sqrt{xy} =$ | | | | | |
| 2 | B | 0,75 | 0,4 | | |
| | b | 0,25 | 0,6 | | |
| $\Sigma\sqrt{xy} =$ | | | | | |
| $D_A =$ | | | | | |

Завдання 13.2.

Розрахувати значення індексу фіксації С.Райта між двома субпопуляціями.

| Популяція | Число тварин | Частка, c_i | Частота алеля, p_i | $p_i(1 - p_i)$ | $c_i p_i(1 - p_i)$ |
|-----------------------------|--------------|---------------|----------------------|----------------|--------------------|
| Субпопуляція 1 | $n_1 = 600$ | | $p_1 = 0,20$ | | |
| Субпопуляція 2 | $n_2 = 800$ | | $p_2 = 0,70$ | | |
| Загальна популяція | $N =$ | 1 | | | - |
| $\Sigma c_i p_i(1 - p_i) =$ | | | | | |
| $F_{ST} =$ | | | | | |

Завдання 13.3.

Розрахувати рівень гетерозиготності за наступними даними про генотипи тварин.

| Генотип тварини | Число алелей А | Число алелей а |
|-----------------|----------------|----------------|
| Aa | | |
| aa | | |
| aa | | |
| Aa | | |
| AA | | |
| AA | | |
| Aa | | |
| Aa | | |
| AA | | |
| AA | | |
| Σ | | |
| p_i | $p_1 =$ | $p_2 =$ |
| $H_e =$ | | |

14. ПРИКЛАДИ ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ АНАЛІЗУ ДАНИХ В СЕЛЕКЦІЇ ТА БІОТЕХНОЛОГІЧНИХ ПІДХОДАХ

14.1. Оцінка племінної цінності бугаїв-плідників і корів

молочних порід

Матеріал наведено за даними статті Даншин В. О., С. Ю. Рубан, В. Ю. Афанасенко. Оцінка племінної цінності бугаїв-плідників і корів молочних порід.// Біологія тварин. – 2017. – Т. 19, № 1. – С. 44–53..

Селекційно-племінна робота відіграє значну роль у покращенні молочної худоби. Так, за даними В.Т.МсDaniel [1] в розвинутих країнах світу біля 75% підвищення молочної продуктивності корів, що мало місце на протязі останніх кількох десятиліть, обумовлені генетичним покращенням, тобто є наслідком цілеспрямованої селекційної роботи. На сьогоднішній день в Україні на основі використання генофонду найкращих за рівнем продуктивності світових порід, перш за все голштинської, створено ряд нових вітчизняних порід молочної худоби. Подальше генетичне покращення новостворених порід потребує модернізації всіх елементів селекційно-племінної роботи, в тому числі системи оцінки генетичної цінності.

Історично першим методом оцінки бугаїв-плідників був метод порівняння дочок з матерями (Daughter–Dam Comparison), який використовувався з 1920-х років. На початку 1960-х років він був замінений методом порівняння з одностадницями (Herdmate Comparison), а потім (на початку 1970-х років) - модифікованим методом порівняння з ровесницями (Modified Contemporary Comparison, МСС). Метод розрахункової племінної цінності (РПЦ), який в даний час використовують в Україні для оцінки бугаїв-плідників молочних і комбінованих порід, представляє собою одну з модифікацій методу порівняння з ровесницями і є, вочевидь, морально застарілим. Разом з тим ще у 1966 році відомий американський вчений Ч. Р. Хендерсон запропонував процедуру змішаної лінійної моделі, яка дозволяла оцінювати бугаїв-плідників з одночасним корегуванням показників продуктивності на фіксовані середовищні фактори [2]. Процедура мала властивості найкращого лінійного незміщеного

прогнозу (Best Linear Unbiased Prediction, BLUP) і мала назву «прямого порівняння плідників». Процедуру почали використовувати у північно-східному регіоні США. Перші результати (Northeast AI Sire Comparison, NEAISC) були опубліковані у 1970 році [3].

У першій половині 1970-х років завдяки роботам Ч.Р.Хендерсона [4, 5, 6, 7] метод найкращого лінійного незміщеного прогнозу продовжував вдосконалюватись, і згодом його почали використовувати для оцінки племінної цінності всіх основних видів сільськогосподарських тварин, спочатку у вигляді «моделі плідника» (Sire Model), а пізніше – більш потужної «моделі тварини» (Animal Model).

Оцінки племінної цінності, отримані на основі використання «моделі тварини», мають такі основні властивості [8]:

- оцінки племінної цінності скореговані на всі фіксовані фактори, які включені в модель;
- при проведенні оцінки враховуються всі родинні зв'язки між тваринами;
- внесок потомства в оцінку племінної цінності кожного з батьків скорегований на племінну цінність другого батька, що особливо важливо при наявності систематичного підбору;
- оцінка племінної цінності майбутнього потомства дорівнює середній оцінці племінної цінності батьків;
- оцінки племінної цінності кожного покоління включають генетичний прогрес, досягнутий у попередніх поколіннях, починаючи з базової популяції (популяцій), тобто тварин, походження яких невідомо, тому генетичні тренди можуть бути отримані на основі середніх оцінок племінної цінності по роках народження;
- «модель тварини» дозволяє враховувати вплив інбридингу на адитивну генетичну мінливість і нівелювати вплив інбредної депресії на величину ознаки, а також враховувати інші генетичні фактори, такі як ефект

гетерозису (при міжпородному схрещуванні), материнський ефект, неадитивні генетичні ефекти тощо.

Слід зазначити, що на сьогоднішній день у молочному скотарстві низки країн світу практично відбувся перехід від традиційної системи оцінки бугаїв-плідників за потомством до системи геномної селекції, при якій молодих бугайців відбирають для відтворення у ранньому віці на основі так званої геномної оцінки племінної цінності (Genomic Breeding Value, GBV) [9, 10]. Тем не менш метод BLUP продовжує використовуватись на практиці і при цій системі, але у модифікованій формі, як геномний BLUP [11, 12, 13].

На рис. 11 наведено типову схему «моделі тварини» для оцінки племінної цінності бугаїв-плідників і корів у молочному скотарстві.

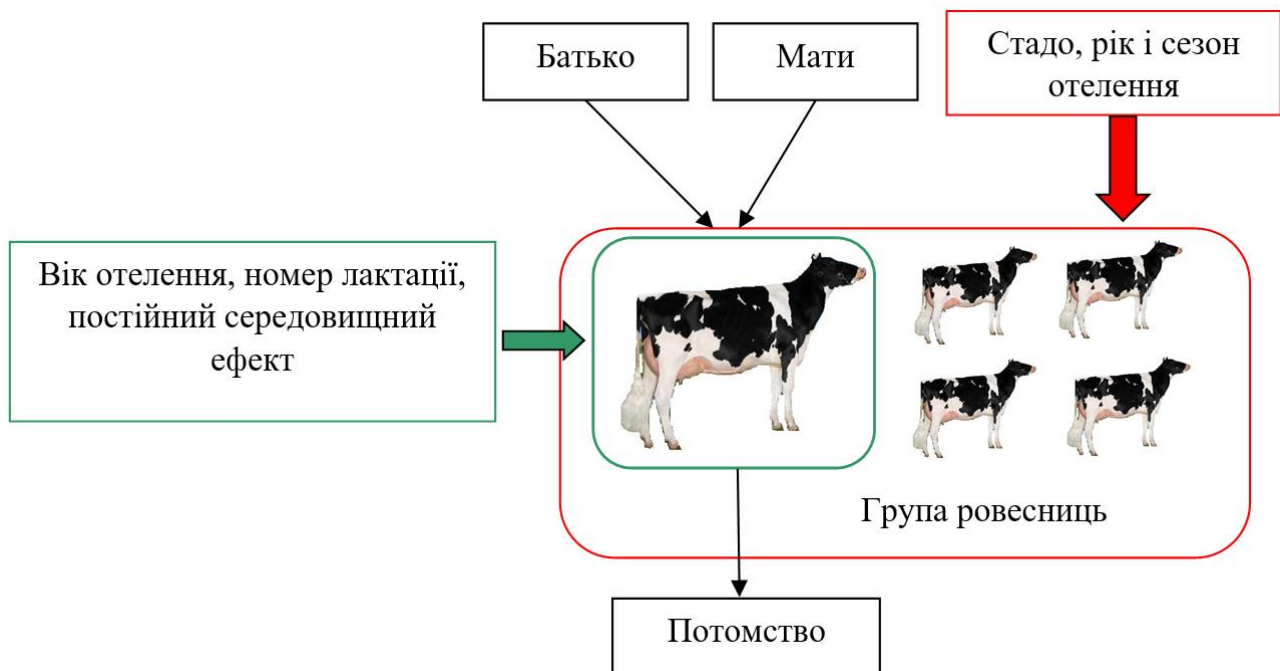


Рис. 1. Генетичні і середовищні фактори, вплив яких враховується при оцінюванні племінної цінності бугаїв-плідників і корів молочних порід при використанні «моделі тварини»

Практичні результати від використання «моделі тварини» в селекції молочної худоби можна продемонструвати на прикладі голштинської породи США. В США «модель тварини» була впроваджена в системі генетичної оцінки бугаїв-плідників і корів молочних порід у 1989 році і використовується понині

[14, 15]. У сполученні з ефективними селекційними програмами її використання дозволило досягти досить значного рівня генетичного прогресу, перш за все за показниками молочної продуктивності (так, якщо у період з 1957 по 1989 роки середньорічний генетичний прогрес за надоем молока був на рівні 125кг, то у період з 1989 по 2013 роки він склав 167 кг, тобто на 33,6% більше), а згодом (починаючи з 1994 року, після включення до індексу загальної економічної цінності, NetMerit) і за іншими ознаками, такими як якість молока (концентрація соматичних клітин в молоці), продуктивне довголіття, рівень відтворення тощо (рис. 2).

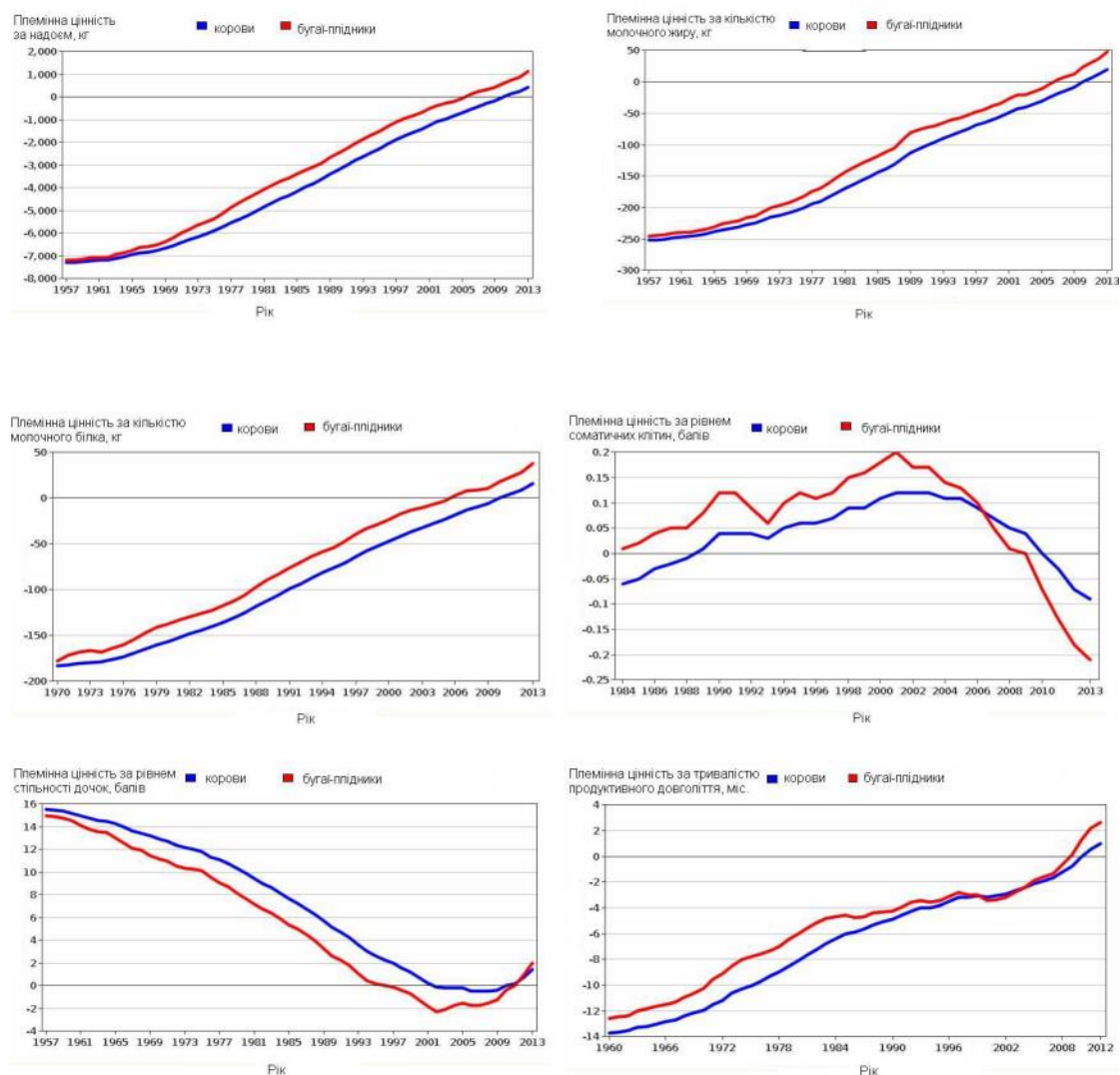


Рис. 2. Генетичні тренди за надоем, кількістю молочного жиру і білка, рівнем соматичних клітин в молоці, рівнем стільності і продуктивним довголіттям в голштинській породі США [16]

Загальний економічний ефект (збільшення величини економічного індексу NetMerit) від впровадження «моделі тварини» в системі генетичної оцінки молочної худоби США склав 4% [17].

Матеріали і методи

Дослідження проводилися з використанням масиву даних, сформованого на основі бази даних «Орсек» Інституту розведення і генетики тварин НААН, який містить інформацію про 92594 корів (264316 лактацій) основних молочних порід України з 51 господарства, нами проведено оцінювання племінної цінності бугаїв-плідників та корів за ознаками молочної продуктивності (надій (кг), вміст жиру (%), вміст білка (%), кількість молочного жиру (кг), кількість молочного білка (кг)), відтворення (міжотельний період) та продуктивного довголіття.

Оцінювання проводилося з використанням багатомірної BLUP «моделі тварини»:

$$y = Xb + Z_1a + Z_2p + e,$$

де y – вектор спостережень (значення ознак, за якими проводять оцінку);

X – матриця, що пов'язує спостереження з градаціями фіксованих середовищних ефектів;

b – вектор фіксованих середовищних ефектів (група ровесниць (сполучення стадо x рік x сезон отелення), вік отелення, номер лактації);

Z_1 – матриця, що пов'язує спостереження з тваринами;

a – вектор племінних цінностей бугаїв-плідників і корів;

Z_2 – матриця, що пов'язує спостереження з постійними середовищними ефектами;

p – вектор постійних середовищних ефектів корів;

e – вектор випадкових відхилень (залишків).

Для розрахунку оцінок племінної цінності бугаїв-плідників і корів вирішувалась система рівнянь змішаної лінійної моделі:

$$\begin{bmatrix} \mathbf{X}'\mathbf{X} & \mathbf{X}'\mathbf{Z}_1 & & \mathbf{X}'\mathbf{Z}_2 \\ \mathbf{Z}_1'\mathbf{X} & \mathbf{Z}_1'\mathbf{Z}_1 + \mathbf{G}^{-1}\otimes\mathbf{A}^{-1} & & \mathbf{Z}_1'\mathbf{Z}_2 \\ & & & \mathbf{Z}_2'\mathbf{Z}_2 + \mathbf{P}^{-1}\otimes\mathbf{I} \\ \mathbf{Z}_2'\mathbf{X} & \mathbf{Z}_2'\mathbf{Z}_1 & & \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{b} \\ \mathbf{a} \\ \mathbf{p} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{X}'\mathbf{y} \\ \mathbf{Z}_1'\mathbf{y} \\ \mathbf{Z}_2'\mathbf{y} \end{bmatrix}$$

де \mathbf{G}^{-1} – зворотна матриця адитивних генетичних дисперсій і коваріанс між ознаками;

\mathbf{A}^{-1} – зворотна матриця спорідненості між тваринами;

\mathbf{P}^{-1} – зворотна матриця дисперсій і коваріанс постійних середовищних ефектів між ознаками;

\otimes – оператор прямого матричного множення.

Компоненти дисперсій і коваріанс розраховувались з використанням методу обмеженої максимально правдоподібності (REML). Про проведенні розрахунків застосовували пакет програм BLUPF90 [18]. В цілому проведено оцінку племінної цінності 4014 бугаїв-плідників і 439485 корів.

Результати й обговорення

В таблиці 1 наведено значення ознак молочної продуктивності (надій за 305 днів лактації, кількість молочного жиру та білка за 305 днів лактації), показники відтворення (міжотельний період) та продуктивне довголіття корів чотирьох порід.

Найбільшим рівнем молочної продуктивності характеризуються корови голштинської породи. Водночас тварини цієї породи мають найбільш низький рівень відтворення та продуктивного довголіття порівняно з іншими породами.

Серед порід вітчизняної селекції найбільш високі надої мають українська чорно-ряба та червоно-ряба молочна породи. Вони мають також більшу кількість молочного білка. Лише за рівнем молочного жиру українська червона порода дещо перевищує відповідний показник української червоно-рябої молочної породи.

Таблиця 1

Середні значення економічно важливих ознак в розрізі порід

| Ознака Trait | Порода Breed | | | |
|--|-----------------|-------------------------------------|---|----------------------------------|
| | Голштинська | Українська чорно-ряба молочна | Українська червоно- ряба молочна | Українська червона молочна |
| Число корів Number of cows | 18710 | 39762 | 16367 | 13147 |
| Надій, кг Milkyield, kg | 5490 | 4544 | 4520 | 4344 |
| Молочний жир, кг Milkfat, kg | 209,5 | 169,7 | 165,3 | 167,8 |
| Молочний білок, кг Milkprotein, kg | 214,2 | 158,3 | 143,5 | 141,1 |
| Міжотельний період, днів Calving interval, days | 434,6 | 408,1 | 401,4 | 386,6 |
| Продуктивне довголіття, днів Productive longevity, days | 1084,5 | 1264,3 | 1234,0 | 1340,5 |

Слід також зазначити, що українська червона молочна порода характеризується кращим рівнем відтворення і продуктивного довголіття, ніж українські чорно-ряба та червоно-ряба молочні породи.

Оцінки компонент дисперсій і коваріанс та селекційно-генетичні параметри (успадковуваність, повторюваність, генетичні кореляції) наведено в таблицях 2 і 3.

Оцінки успадкованості та повторюваності

| Ознака Trait | Оцінки компонент дисперсії Estimate of variance component | | | h ² | r _w |
|--|--|-----------------------------|-----------------------------|----------------|----------------|
| | σ ² _a | σ ² _p | σ ² _e | | |
| Голштинська порода | | | | | |
| Надій Milk yield | 309700 | 59960 | 987200 | 0,23 | 0,27 |
| Молочний жир Milk fat | 413 | 78 | 1424 | 0,22 | 0,26 |
| Молочний білок Milk protein | 288 | 129 | 980 | 0,21 | 0,30 |
| Міжотельний період Calving interval | 451 | 273 | 5604 | 0,07 | 0,11 |
| Продуктивне довголіття Productive longevity | 95782 | - | 838600 | 0,10 | - |
| Українська чорно-ряба молочна порода | | | | | |
| Надій Milk yield | 248200 | 58350 | 965400 | 0,20 | 0,24 |
| Молочний жир Milk fat | 404 | 89 | 1567 | 0,20 | 0,24 |
| Молочний білок Milk protein | 275 | 134 | 903 | 0,21 | 0,31 |
| Міжотельний період Calving interval | 477 | 265 | 5450 | 0,08 | 0,12 |
| Продуктивне довголіття Productive longevity | 93988 | - | 798400 | 0,11 | - |
| Українська червоно-ряба молочна порода | | | | | |
| Надій Milk yield | 375830 | 60385 | 972300 | 0,27 | 0,31 |
| Молочний жир Milk fat | 420 | 87 | 920 | 0,29 | 0,36 |
| Молочний білок Milk protein | 282 | 120 | 961 | 0,21 | 0,29 |
| Міжотельний період Calving interval | 405 | 235 | 5660 | 0,06 | 0,10 |
| Продуктивне довголіття Productive longevity | 94678 | - | 804850 | 0,11 | - |
| Українська червона молочна порода | | | | | |
| Надій Milk yield | 364958 | 50375 | 949300 | 0,27 | 0,30 |
| Молочний жир Milk fat | 401 | 72 | 1288 | 0,23 | 0,27 |
| Молочний білок Milk protein | 272 | 136 | 967 | 0,20 | 0,30 |
| Міжотельний період Calving interval | 340 | 262 | 5712 | 0,05 | 0,10 |
| Продуктивне довголіття Productive longevity | 92947 | - | 839880 | 0,10 | - |

Отримані дані свідчать про те, що найбільшим рівнем успадкованості та повторюваності надою за 305 днів лактації та кількості молочного жиру характеризуються українська червоно-ряба та червона молочні породи, а найменшим – українська чорно-ряба молочна порода, тоді як голштини займають проміжне положення. За міжотельним періодом найбільшу успадкованість та повторюваність за цим показником мають тварини української чорно-рябої молочної породи. Щодо продуктивного довголіття, то суттєвих відмінностей між породами за рівнем успадкованості цього показника не спостерігається.

Таблиця 3

Генетичні кореляції між ознаками в розрізі порід

| Ознака Trait | Генетична кореляція Genetic correlation | | | | |
|--|--|------|------|-------|---|
| Голштинська порода | | | | | |
| Надій Milk yield | 1 | | | | |
| Молочний жир Milk fat | 0,95 | 1 | | | |
| Молочний білок Milk protein | 0,75 | 0,74 | 1 | | |
| Міжотельний період Calving interval | 0,30 | 0,29 | 0,19 | 1 | |
| Продуктивне довголіття Productive longevity | 0,01 | 0,05 | 0,06 | -0,01 | 1 |
| Українська чорно-ряба молочна порода | | | | | |
| Надій Milk yield | 1 | | | | |
| Молочний жир Milk fat | 0,97 | 1 | | | |

| | | | | | |
|--|------|------|------|------|---|
| Молочний білок Milk protein | 0,81 | 0,80 | 1 | | |
| Міжотельний період Calving interval | 0,28 | 0,25 | 0,21 | 1 | |
| Продуктивне довголіття Productive longevity | 0,05 | 0,03 | 0,06 | 0,02 | 1 |
| Українська червоно-ряба молочна порода | | | | | |
| Надій Milk yield | 1 | | | | |
| Молочний жир Milk fat | 0,92 | 1 | | | |
| Молочний білок Milk protein | 0,77 | 0,79 | 1 | | |
| Міжотельний період Calving interval | 0,31 | 0,24 | 0,18 | 1 | |
| Продуктивне довголіття Productive longevity | 0,07 | 0,07 | 0,08 | 0,03 | 1 |
| Українська червона молочна порода | | | | | |
| Надій Milk yield | 1 | | | | |
| Молочний жир Milk fat | 0,93 | 1 | | | |
| Молочний білок Milk protein | 0,79 | 0,75 | 1 | | |
| Міжотельний період Calving interval | 0,29 | 0,27 | 0,23 | 1 | |
| Продуктивне довголіття Productive longevity | 0,04 | 0,06 | 0,07 | 0,01 | 1 |

Оцінки генетичних кореляцій між ознаками при деяких різницях між

породами в цілому свідчать про суттєвий несприятливий зв'язок між молочною продуктивністю та відтворенням корів, в той час як продуктивне довголіття слабо корелює як з молочною продуктивністю, так і з міжотельним періодом.

На основі отриманих оцінок племінної цінності побудовано генетичні тренди надою молока, кількості молочного жиру, молочного білка, міжотельного періоду та продуктивного довголіття чотирьох досліджуваних порід за період з 2000 по 2015 роки (рис. 3 -7).

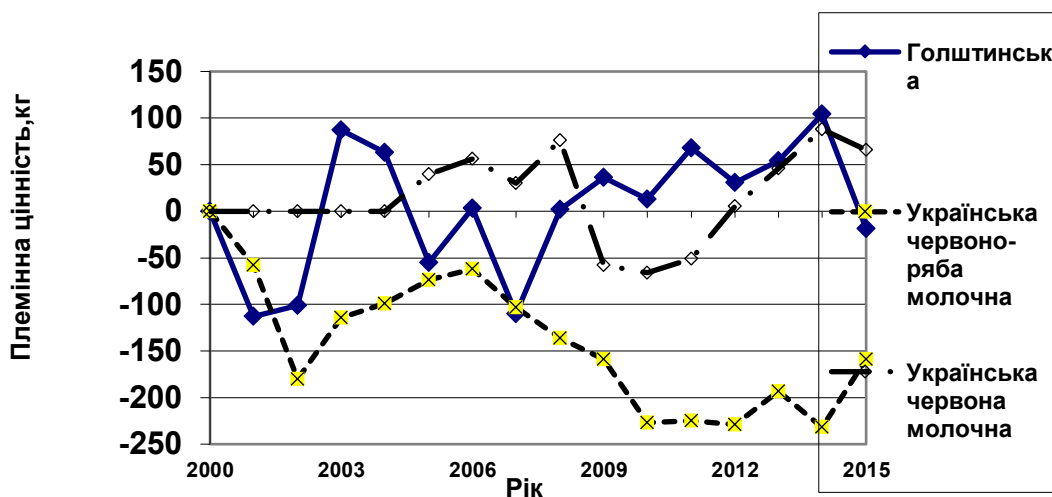


Рис. 3. Генетичні тренди надою за 305 днів лактації по чотирьох молочних породах України

Отримані генетичні тренди свідчать про те, що з 2007 року спостерігається тенденція підвищення генетичного потенціалу за надоєм української черно-рябої, червоної та, деякою мірою, голштинської породи, в той час як в українській червоно-рябій породі має місце зворотна тенденція.

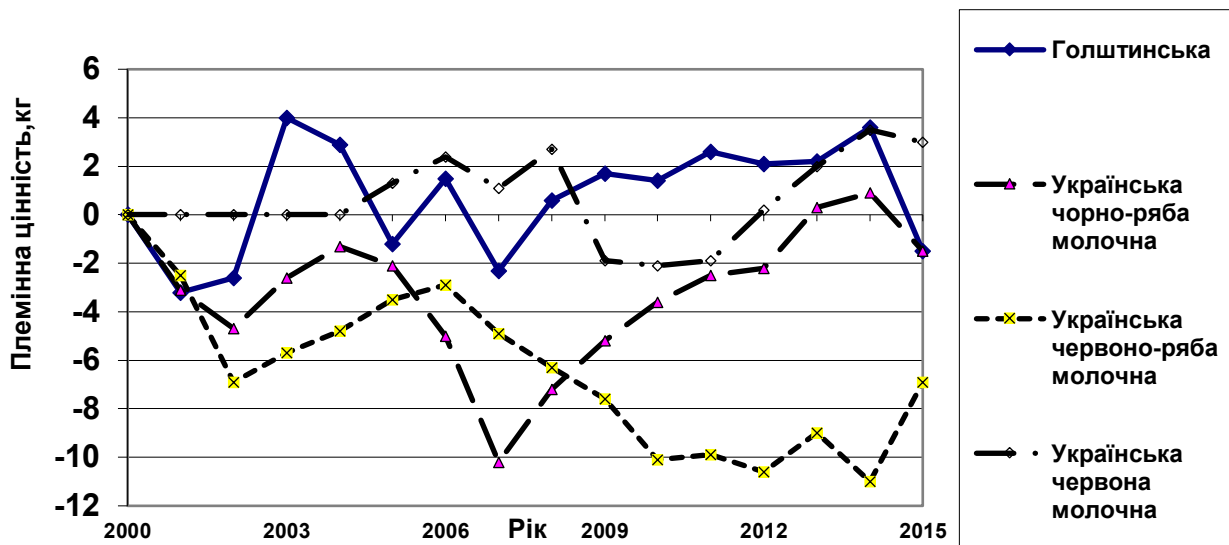


Рис. 4. Генетичні тренди кількості молочного жиру за 305 днів лактації по чотирьох молочних породах України

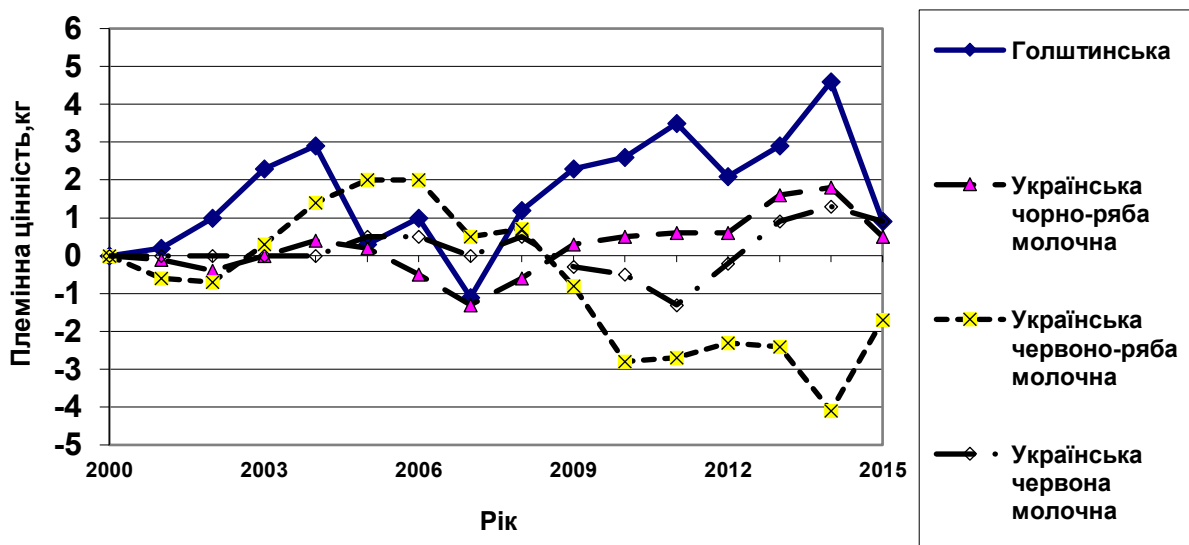


Рис. 5. Генетичні тренди кількості молочного білка за 305 днів лактації по чотирьох молочних породах України

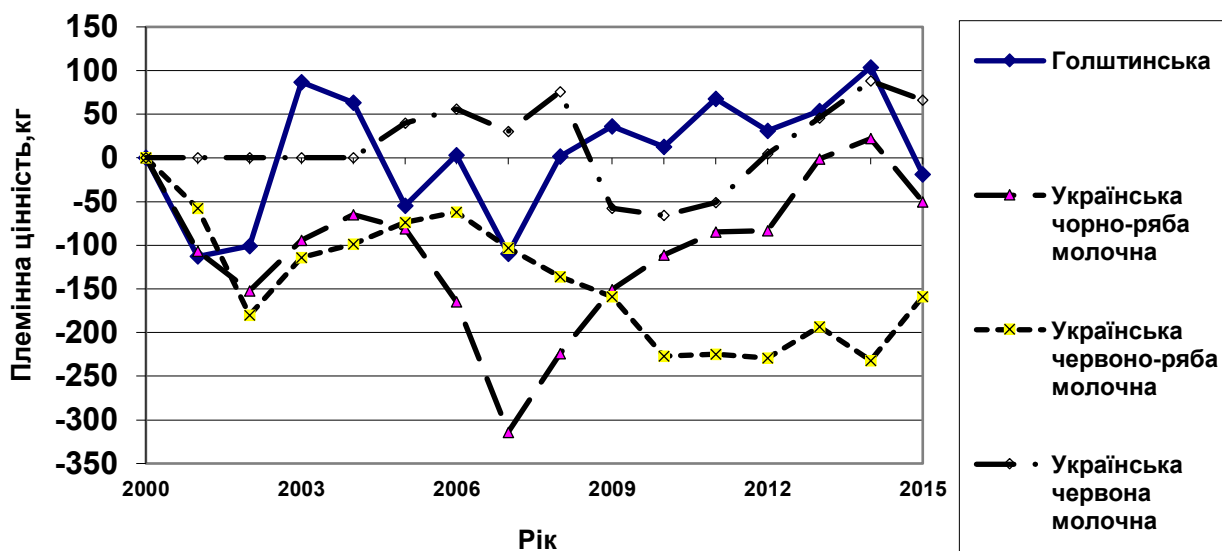


Рис. 6. Генетичні тренди міжотельного періоду по чотирьох молочних породах України

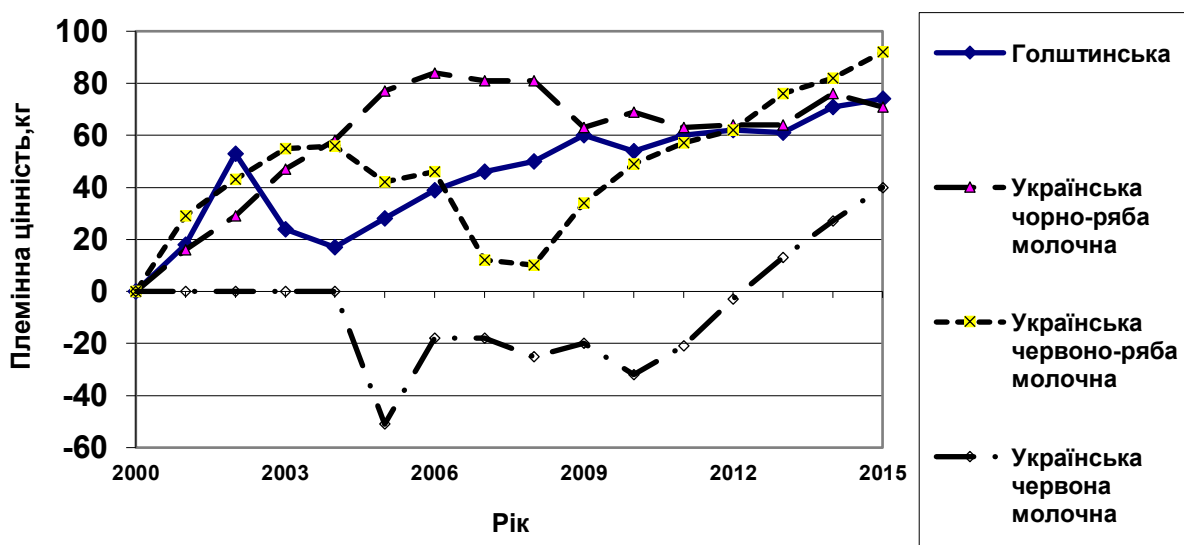


Рис. 7. Генетичні тренди продуктивного довголіття по чотирьох молочних породах України

Аналогічні тенденції мають місце у відношення кількості молочного жиру та білка.

В той же час в українській чорно-рябій молочній породі у цей період спостерігається стійке генетично обумовлене зниження рівня відтворення, тоді як в голштинській та українській червоній породах цей показник залишається

на приблизно одному й тому ж самому рівні, а в українській червоно-рябій молочній породі має місце певне генетично обумовлене зниження рівня міжотельного періоду.

Що стосується показника продуктивного довголіття, то, починаючи з 2004 року по голштинській, а з 2007 року - по українській червоно-рябій та червоній молочних породах має місце позитивна тенденція збільшення цього показника, в той час як відносно української чорно-рябої породи після підвищення продуктивного довголіття до періоду 2006-2009 років відбулося зниження даної ознаки.

Висновки

1. Розроблено найбільш прийнятну для умов України модель оцінки бугаїв-плідників молочного і комбінованого напрямів продуктивності методом BLUP Animal Model.

2. Оцінки селекційно-генетичних параметрів свідчать про можливість ведення успішної селекційної роботи як за показниками молочної продуктивності, так і за показниками відтворення і продуктивного довголіття. Значення генетичних кореляцій між економічно важливими ознаками вказують про необхідність включення показників відтворення та продуктивного довголіття в селекційний індекс, за яким проводить добір бугаїв-плідників.

4. Отримані генетичні тренди свідчать про те, що з 2007 року спостерігається тенденція підвищення генетичного потенціалу за молочною продуктивністю української чорно-рябої, червоної та, деякою мірою, голштинської породи, в той час як в українській червоно-рябій породі має місце зворотна тенденція.

Посилання

1. McDaniel B.T. Selection: concepts. *In: Encyclopedia of dairy sciences*. Second edition. Elsevier Ltd., 2011, pp. 646-678.
2. Henderson C. R. Sire evaluation method which accounts for unknown genetic and environmental trends, herd differences, seasons, age effects, and differential culling. *Proc. NationalTech. Syrup. On Estimating Breeding Values of Dairy Sires and Cows*. Washington, DC, 1966, 12 p.
3. Everett R. W. andKeown J. F. Mixedmodelsireevaluationwithdairycattle-experienceandgeneticgain.*J. Anim. Sci.*, 1984, V.59, pp. 529 – 541.
4. Henderson C. R. Sireevaluationandgenetic trends. *Proc. oftheAnim. Breeding and Genetics Symp. In HonorofDr. J. L. Lush, A.S.A.S. and A.D.S.A., Champaign, IL*. 1973, pp. 10-41.
5. Henderson C. R. General flexibility of linear model techniques for sire evaluation. *J. DairySci.*, 1974, V.57, pp. 963-972.
6. Henderson C. R. Rapid method for computing the inverse of a relationship matrix. *J. DairySci.*, 1975, V.58, pp. 1727-1730.
7. Henderson C. R. A Simple method for computing the inverse of a numerator relationship matrix used in prediction of breeding values. *Biometrics*, 1976, V.32, pp.69-83.
8. Danshin V.A. Evaluation of genetic value of animals. Kyiv, Agrarna Nauka, 2008, 179 p. (in Russian)
9. Ruban S., Danshin V., FedotaO. World experience and perspectives of genomic selection in airycattle. *The Animal Biology*, 2016, vol.18, no.1, pp. 117–125. (in Ukrainian)
10. Ducrocq V., Wiggans G. Genetic improvement in dairy cattle. *In: The genetics of cattle*. 2nd ed. Edited by D.J. Garrick and A. Ruvinsky. CABI International, 2015, pp.371-396.
11. VanRaden P.M. Efficient methods to compute genomic predictions. *J. Dairy Sci.*, 2008, V.91, pp.4414–4423.
12. Legarra A., Christensen O.F., Aguilar I., Misztal I. Single Step, a general

approach for genomic selection. *Livest. Sci.*, 2014, V. 166, pp. 54-65.

13. Garrick D.J., Fernando R. Genomic prediction and genome-wide association studies in beef and dairy cattle. *In: The genetics of cattle*. 2nd ed. Edited by D.J.Garrick and A.Ruvinsky. CABI International, 2015, pp.474-501.

14. VanRaden P.M., Wiggans G.R. Derivation, calculation, and use of national Animal Model Information. *J. Dairy Sci.*, 1991, V.74, pp. 2737–2746.

15. Description of national genetic evaluation systems, United States of America. Production (milk, fat, protein). Interbull Code of Practice. Status as of., 2014-09-02, 5 pp.

16. <https://www.cdcb.us/eval/summary/trend.cfm>

17. Wiggans G.R. Overview of the Dairy Genetic Evaluation System. Croatian Holstein Breeders Federation, 2009, 33 p.

18. Misztall I., Tsuruta Sh., Laurenco D., Aguilar I., Legarra A., Vitezica Z. Manual for BLUPF90 family of programs. University of Georgia, Athens, USA, 2015, 125 p.

14.2. Відтворення стада як основна складова ефективного виробництва молока

Матеріал наведено за даними статті Мітіогло Л.В., Федота О.М., Рубан С.Ю. Відтворення стада як основна складова ефективного виробництва молока. //Проблеми зооінженерії та ветеринаної медицини. Збірник наукових праць. Випуск 33, Частина 1, Сільськогосподарські науки *Proceedings, issue 33, part 1*, Харків – 2017, с.28-35.

Актуальність теми. Підвищення рівня продуктивності супроводжується в більшості молочних господарств зниженням рівня відтворення (Рубан С.Ю., Василевський М.В., 2015; Рубан С.Ю., та інші, 2017). При оцінці генетичного тренду в популяціях вітчизняних молочних порід в останні роки виявлено стійку тенденцію до зростання рівня надою та суттєвого збільшення подовженості міжотельного періоду (Даншин В.А., Рубан С.Ю., Афанасенко В.Ю., 2017), що зумовило негативні зміни відтворення тварин в більшості господарств України - показники генетичної кореляції між надоєм та міжотельним періодом складають 0,29-0,31.

Такий стан потребує комплексного рішення. З одного боку, незважаючи на невисокий рівень успадкування ознак відтворення, пропонується селекційний шлях (Heins В.Х., Hansen L.В., Seykora А.Т., 2006; Рубан С.Ю., Федота О.М., Даншин В.А., та ін., 2016), з іншого - ключовим залишається створення комфортних умов утримання та адекватної годівлі тварин (Natjens М.Ф., 2010; Рубан С.Ю., Василевський М.В., 2015). Тому першочерговими являються коректні способи оцінки рівня відтворення, визначення факторів, які його обумовлюють та на які можна вплинути рішеннями управлінського характеру.

Завдання досліджень. Напрямом для проведення досліджень являлась оцінка стану відтворення корів шляхом традиційних вітчизняних підходів та новацій, які застосовуються в країнах з розвинутим молочним скотарством. В

умовах схрещування тварин вітчизняної української червоно-рябої молочної породи з тваринами голштинської та монбельярдської порід метою роботи став аналіз показника відтворення - подовженості сервіс-періоду у помісних тварин та основних факторів, які впливають на нього.

Матеріал і методи досліджень. Дослідження проводились на поголів'ї корів української червоно-рябої молочної породи Державного підприємства дослідного господарства «Нива» Інституту розведення і генетики тварин НААН України імені М. В.Зубця. Було проаналізовано дані племінного обліку тварин та показники продуктивності та відтворення.

Для комплексної оцінки рівня відтворення використано індекс тільності – PR (Pregnancy rate – показник вагітності):

$$PR = HDR \cdot CR,$$

HDR – відсоток виявлених корів в охоті (від англ. *Heat Detection*

Rate – швидкість визначення охоти);

CR – відсоток заплідненості корів (від англ. – *conceptionrate* – швидкість зачаття).

Для зазначеної формули значення HDR та CR:

$$HDR = \frac{Cow_1}{Cow_2} \cdot 100,$$

де *Cow₁* – кількість корів, які були осіменені протягом 21 дня після періоду очікування ;

Cow₂ – кількість корів, придатних для осіменіння після періоду очікування протягом 21 дня.

$$CR = \frac{Cow_3}{Cow_4} \cdot 100,$$

де *Cow₃* – кількість тільних корів;

Cow₄ – кількість корів, які були осіменені.

Статистичний аналіз проводили, перевіряючи розподіл кількісних дат на відповідність закону нормального розподілу методами Колмогоро

ва-Смірнова та Шапіро-Уїлка (Атраментова Л.А., Утевская О.М., 2008). Порівняння середніх арифметичних – критеріями Стьюдента та Манна-Уїтні. Для оцінки сили впливу організованих чинників використовували однофакторний дисперсійний аналіз. Дослідження зв'язків між ознаками здійснювали за допомогою кореляційного та регресійного аналізів. Обчислювались коефіцієнти Пірсона та Спірмена.

Результати досліджень. Рівень надоїв корів господарства знаходиться в межах 5791 – 5800 кг при вмісті жиру 3,63 – 3,68% та білка 3,22 – 3,24 %. Відмічено відносно велике значення сервіс – періоду – 93,67 до 105,11 днів. Характеристику загальної вибірки корів (n=351) наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Загальна характеристика тварин ДПДГ «Нива»

| Показник | Голів | М | σ |
|-------------------------------|-------|---------|--------|
| 1 лактація | | | |
| Днів лактації | 351 | 317,82 | 43,29 |
| Надій за всю лактацію, л | -//- | 5809,60 | 995,89 |
| Надій за 305 днів лактацію, л | -//- | 5566,43 | 835,80 |
| Вміст жиру в молоці, % | -//- | 3,63 | 0,16 |
| Вміст білка в молоці, % | -//- | 3,22 | 0,12 |
| Сервіс-період, днів | -//- | 105,11 | 60,84 |
| 2 лактація | | | |
| Днів лактації | 266 | 309,70 | 44,30 |
| Надій за всю лактацію, л | -//- | 5759,40 | 963,21 |
| Надій за 305 днів лактацію, л | -//- | 5666,59 | 824,61 |
| Вміст жиру в молоці, % | -//- | 3,67 | 0,17 |
| Вміст білка в молоці, % | -//- | 3,23 | 0,11 |
| Сервіс-період, днів | -//- | 93,67 | 52,70 |
| 3 лактація | | | |
| Днів лактації | 129 | 306,57 | 43,48 |
| Надій за всю лактацію, л | -//- | 5791,97 | 944,41 |
| Надій за 305 днів лактацію, л | -//- | 5646,95 | 843,72 |
| Вміст жиру в молоці, % | -//- | 3,68 | 0,15 |
| Вміст білка в молоці, % | -//- | 3,24 | 0,08 |
| Сервіс-період, днів | -//- | 99,51 | 61,42 |

Примітки: М – середнє значення ознаки, σ – середньо-квадратичне відхилення

Коливання середніх значень ознак (σ) свідчать про необхідність оцінки сили впливу на сервіс-період генетичних та середовищних чинників.

В господарстві використовують технологію загальнозмішаних раціонів, коли впродовж всього року коровам згодовують корми зі сховищ – силос, сінаж, сіно. Але в літній період до 30% ваги корму по сухій речовини раціону використовують даванку зеленої маси. Це спонукало авторів до аналізу впливу такого середовищного та організованого фактору, як «сезон отелення» на господарські корисні ознаки тварин (табл. 2).

Таблиця 2

Оцінка впливу фактора «сезон отелення» на продуктивність первісток

| Показник | Ступінь впливу | P |
|-------------------------------|-----------------------|----------|
| Надій за всю лактацію, л | 0,030 | 0,05 |
| Надій за 305 днів лактацію, л | 0,013 | 0,05 |
| Вміст жиру в молоці, % | 0,010 | 0,05 |
| Вміст білка в молоці, % | 0,013 | 0,05 |
| Сервіс-період, днів | 0,008 | 0,05 |

Примітки: P – рівень значущості

Показники рівня впливу вказаного фактора на продуктивні ознаки та сервіс-період в більшості випадків невисокі - 1-3%, але статистично значущі.

Таким чином, нами показано вплив на продуктивні ознаки факторів, які можуть бути змінені або керовані менеджерами господарства. Відповідно, через управлінські рішення можна корегувати репродукційні показники, адже існують зв'язки між ознаками продуктивності та відтворення. Існування загальновідомих кореляцій представлено нами на результатах аналізу господарські корисних ознак господарства «Нива» (табл.3).

Таблиця 3

**Оцінка зв'язку між основними продуктивними ознаками
за ряд лактацій**

| Парні ознаки | n | r | P |
|-----------------------|-----|--------|-------|
| 1 лактація | | | |
| Надій – вміст жиру | 346 | 0,150 | 0,01 |
| Надій – вміст білка | 346 | -0,012 | >0,05 |
| Надій – сервіс-період | 346 | 0,423 | 0,001 |
| 2 лактація | | | |
| Надій – вміст жиру | 129 | 0,241 | 0,01 |
| Надій – вміст білка | 129 | 0,106 | >0,05 |
| Надій – сервіс-період | 129 | 0,371 | 0,001 |
| 3 лактація | | | |
| Надій – вміст жиру | 110 | 0,216 | 0,05 |
| Надій – вміст білка | 110 | -0,190 | >0,05 |
| Надій – сервіс-період | 110 | 0,520 | 0,01 |

Примітки: n - кількість тварин, r – коефіцієнт кореляції, P – рівень значущості

Нами показано значущий кореляційний зв'язок між рівнем надоїв та величиною вмісту жиру в молоці, між рівнем надоїв та показниками сервіс-періоду (табл. 4).

Таблиця 4

**Оцінка зв'язку величини надою по першій лактації
та подовженості сервіс-періоду**

| Складові моделі | Значення моделі | |
|-------------------------|-----------------|--------------------|
| | B | стандартна похибка |
| Константа (а) | -42,376 | 19,315 |
| Коефіцієнт регресії (в) | 0,026*** | 0,003 |

Примітки: P – рівень значущості, *** p=0,001

Для оцінки динаміки можливих змін між останніми двома ознаками - надій – сервіс-період, проведено регресійний аналіз (табл. 4).

Значення коефіцієнту регресії склало 0,026, що свідчить про прямий зв'язок величини надою та подовженості сервіс-періоду. На основі отриманих даних були зроблені розрахунки темпів змін сервіс - періоду від зростання надою корів. При підвищенні надою на кожні 108,6 кг за лактацію, сервіс-період

прямо пропорційно збільшувався на один день, що вказує на необхідність цілеспрямованої годівлі корів, особливо у транзитний період (Рубан С.Ю., Борщ О.В., Борщ О.О., та інші, 2017).

Аналіз вкладу генетичних чинників, які можна спрямувати в залежності від потреб господарства, доцільно представити у першу чергу на прикладі оцінки впливу генотипу батька на ознаки нащадків. В стаді дослідного господарства «Нива» на маточному поголів'ї щорічно використовують сперму 4-6 плідників голштинської, монбельярдської та української червоно-рябої молочної порід. Представлена вибірка за походженням по батьківській стороні належала до 24 плідників, що дало змогу провести оцінку впливу фактору «батько» на ряд продуктивних ознак у корів і з застосуванням однофакторного дисперсійного аналізу (табл. 5).

Таблиця 5

Оцінка впливу фактора «батько» на продуктивні ознаки первісток

| Продуктивні ознаки | Ступінь впливу | P |
|-------------------------------|-----------------------|----------|
| Надій за всю лактацію, л | 0,363 | 0,001 |
| Надій за 305 днів лактацію, л | 0,477 | 0,001 |
| Вміст жиру в молоці, % | 0,181 | 0,001 |
| Вміст білка в молоці, % | 0,167 | 0,001 |
| Сервіс-період, днів | 0,072 | 0,05 |

Примітки: P – рівень значущості

Встановлено статистично значущий вплив фактора батька на показники надою, якість молока, та подовженість сервіс – періоду у корів (табл. 5).

Для перевірки робочої гіпотези щодо впливу величини кровності за голштином, що також є генетичним фактором, на рівень відтворення, нами проведено дослідження випадково обраної групи тварин. Група корів була ранжована в порядку зростання показника кровності за голштинською та симентальською породою, що дало змогу визначити коефіцієнти кореляції між показниками походження та репродукції (табл. 6).

Таблиця 6

Оцінка зв'язку (r) ступеню кровності корів та сервіс-періоду

| Парні ознаки | n | r | P |
|-----------------------|----|-------|-------|
| Надій – вміст жиру | 24 | 0,55 | 0,005 |
| Надій – вміст білка | 24 | -0,52 | 0,009 |
| Надій – сервіс-період | 24 | 0,02 | 0,93 |

Примітки: n - кількість тварин, r – коефіцієнт кореляції, P – рівень значущості

Отримані дані свідчать про значущий зв'язок між показниками сервіс-періоду та кровності за голштином ($r=0,55$) і за сименталом ($r= - 0,52$). Чим вище частка кровності симентала та нижча голштина, тим коротше сервіс-період. Загальна структура тварин за кровністю наведена в табл. 7.

Таблиця 7.

Структура тварин за кровністю та значення сервіс-періоду

| Показник | Основна частка кровності за голштином, % | | P |
|-------------------------------|--|--------------|----------|
| | 50-75 | 76-100 | |
| Кількість тварин, голів | 14 | 10 | - |
| Кровність за голштином, % | 71,49+1,74 | 85,90+1,0 | 0,000042 |
| Кровність за сименталом, % | 22,13+1,30 | 9,10+1,80 | 0,000141 |
| Кровність за монтбельярдом, % | 3,70+0,80 | 1,90+0,90 | >0,05 |
| Сервіс-період, днів | 108,40+5,60 | 144,60+12,50 | 0,01 |

Примітки: P – рівень значущості

Отримані дані ілюструють, що досліджені групи корів за часткою кровності різняться між собою, та між ними знайдено статистично значущу різницю за показником сервіс-періоду, яка склала +36,2 днів, або 25% ($P=0,01$).

Нами також було розраховано індекс тільності (PR) для груп тварин з різною часткою кровності за голштином (табл. 8).

Таблиця 8.

Значення індексу тільності у корів з різною часткою кровності за голштинською породою

| Показник | Основна частка кровності за голштином, % | |
|-----------------------------------|--|--------|
| | 50-75 | 76-100 |
| Виявлені в охоті тварини (HDR), % | 61 | 54 |
| Відсоток заплідненості (CR), % | 62 | 58 |
| Індекс тільності (PR) | 37,8 | 31,2 |

Отримані дані щодо зниження індексу тільності з нарощуванням кровності по голштинській породі у корів української червоно-рябої молочної породи співставно з результатами досліджень на інших вибірках тварин у різні періоди часу (Рубан С.Ю, 1996; Рубан С.Ю., Федота О.М., Даншин В.О., 2016). За даними Ferguson I.P., Calligan D.T.(1999), Overton (2006) оптимальне значення PR, яке може свідчити про певні економічні переваги та прибутковість організації робіт по відтворенню, знаходиться у межах 30–35%, показник заплідненості (CR) - не менше 20%.

Таким чином, наведені дані свідчать про необхідність та можливість покращення показників рівня відтворення за рахунок, у першу чергу, генетичних факторів.

Висновки

1. У корів української червоно-рябої молочної породи між рівнем надоїв та подовженістю сервіс-періоду виявлено позитивний зв'язок (0,37-0,52), що знижує показники відтворення, особливо в високопродуктивних стадах.

2. Доведено залежність подовженості сервіс-періоду від фактору «батько корови» (0,072) та частки кровності корів за голштином (+36,2 днів), що вказує на необхідність покращення показників репродукції селекційним шляхом.

3. Показники індексу тільності (PR) визначили залежність рівня відтворення у групі корів української червоно-рябої молочної породи від частки кровності тварин за голштинською породою. PR=37,8 у групі тварин з часткою кровності за голштином 50-75%, PR=31,2 за показником 76-100%.

Посилання

1. Рубан С. Ю. Українська червоно-ряба молочна. Нові методи створення і удосконалення породи // Тваринництво України. - 1996. - № 10. - С.10-12.
2. Рубан С. Ю. Організація нормованої годівлі в молочному скотарстві / С. Ю. Рубан, М. В. Василевський. - К., 2014. - С.136.
3. Рубан С.Ю. Кросбридинг як елемент високопродуктивного молочного скотарства / С.Ю. Рубан, О.М. Федота, В.О. Даншин [та інші] // Біологія тварин. - 2016. - Т. 2. - № 2. - С. 94-104.
4. Рубан С.Ю. Сучасні технології виробництва молока (особливості експлуатації, технологічні рішення, ескізні проекти) / С.Ю. Рубан, О.В. Борщ, О.О. Борщ [та інші]. - Х. : ФОП Бровін О.В., 2017. - 172 с.
5. Даншин В.А. Оценка племенной ценности быков производителей и коров молочных пород / В.А. Даншин, С.Ю. Рубан, В.Ю. Афанасенко // Біологія тварин. - 2017. - Т. 19. - № 1. - С.45-52.
6. Ferguson I.P. Veterinary Reproductive Programs Proc. Annual Conference of the AABP / I.P. Ferguson, D.T. Calligan // The bovine proceedings. - Nashville, TN. - September, 1999. - № 32. - P. 131-137.
7. Le Blank. Overall reproductive Performance of Canadian dairy cows: Challenges we are Facing / Le Blank // Advances in dairy technology. – 2005. – 17. – P. 137-157.
8. Heinz B.Y. Production of pure Holsteins with Normande, Montbeliarde and Scandinavian red / B.Y. Heinz, L.B. Hansen, A.T. Seykora // J. Dairy Science. – 2006. - № 89/ - P.2799-2804.
9. Hatsens M.F. Managing milk components. www. Livestock trail. Illinois.edu / uploads / dairy. net / papers / Hatjens / 2010/ - P. 4.
10. Ruban S. World experience and perspectives of genomic selection in dairy cattle / V. Danshin, O. Fedota // The Animal Biology. - 2016. – Vol. 18 - № 1. – P. 117-125.

14.3. Ефективність застосування різних біотехнологічних методів в молочному скотарстві

Матеріал наведено за матеріалами статті. Ruban S. YU., Danshin V. O., Litvinenko T. V., Kyrii A. A. Assessment of different methods of reproduction in dairy cattle. //Dynamics of the development of world science.VII International Scientific and Practical Conference. Osaka, Japan25-27 March 2020, p.89-97.

Метою було проведення аналізу ефективності застосування чотирьох методів запліднення телиць та корів з використанням традиційного штучного осіменіння кріоконсервованою спермою (1-група), осіменінням кріоконсервованою спермою розділеною за статтю (сексована сперма- 2-група), методами трансплантації свіжовимитих (3-група) та заморожених ембріонів (4-група). В досліді відмічено тенденцію зниження кількості осіменінь у розрахунку на одне плідне в групах тварин, по яких використовували осіменіння сексованою спермою (1,2 осіменінь), трансплантацію свіжовимитих (1,1 осіменінь) та заморожених ембріонів (1,0 осіменінь), порівняно з використанням традиційного штучного осіменіння кріоконсервованою спермою (1,3 осіменінь). При цьому значення сервіс-періоду було найменшим в групах де застосовувався метод трансплантації ембріонів. Всі зазначені фактори, окрім надою за 305днів лактації, вірогідно впливали на кількість осіменінь у розрахунку на одне запліднення при ступені впливу від 2,9% (сезон року) до 8,9% (вік осіменіння), при цьому ступінь впливу способу відтворення склала 3,7%. Таким чином виявлені певні переваги методу традиційного штучного осіменіння кріоконсервованою спермою та спермою розділеною за статтю. При застосуванні методики маржинального доходу відмічена висока ефективність пересадки свіжовимитих ембріонів, що дало змогу отримати прибуток (за умов продажу нетелів по фіксованій ціні 90 грн. за один кілограм живої маси). Для покриття витрат здійснених в процесі пересадки заморожених ембріонів, мінімальна ціна повинна складати в межах 120–150 грн. за один кг живої маси нетеля, або 2680 доларів США за одну голову.

Генетичне покращення сільськогосподарських тварин, у тому числі молочної худоби, відігріє значну роль у підвищенні прибутковості галузі тваринництва [1, р.249]. Важливе значення при цьому має застосування біотехнологічних методів, перш за все використання допоміжних репродуктивних технологій (англ. assisted reproductive technologies, ART), таких як штучне осіменіння, множинна овуляція і трансплантація ембріонів (англ. multiple ovulation and embryo otransfer, МОЕТ) та інших [2, р.12]. Без ефективного використання таких технологій прискорення темпів генетичного прогресу в сучасних умовах стає неможливим. В останні часи технології ART розширюють свої можливості виконуючи ряд важливих функцій які пов'язані з генетичними способами оцінки племінної цінності та гарантованим отриманням наступного покоління тварин з заданими характеристиками. Для більшості комерційних підприємств, які займаються молочним скотарством, постійно виникають питання вибору способів ART, де основним критерієм оцінки ефективності є гарантія отримання цінного приплоду з мінімумом витрат на обраний спосіб. За даними ряду авторів [3, р.394] кількість ембріонів, вироблених шляхом запліднення *in vitro*, в останні роки швидко зростає [4, р.2]. Так, кількість ембріонів у всьому світі, отриманих за технологією *in vitro*, була значно більшою, ніж *in vivo*. Оптимізація збору та використання гамет в пубертатний період (лат. Pubertas- період статевого дозрівання), ефективне використання сперми, розділеної за статтю [5, р. 4499], вдосконалення культуральних середовищ та методів отримання і кріоконсервації ембріонів представляють постійний комерційний інтерес при реалізації масштабних молочних програм.

Метою досліджень був аналіз ефективності чотирьох способів осіменіння молочних корів за кінцевими показниками відтворення (запліднення) та здійснених фінансових витратах при цьому.

Дослідження проводились в ПОСП «Жадківське» Ічнянського району Чернігівської області в період 2016-2020 років. Станом на початок 2020 року в господарстві налічувалось 454 корови з яких за породами: монтбельярд (імпорт

з Франції) – 84 голови; голштино-фризи (власна репродукція) – 109 голів; симентали – 207 голів; помісне поголів'я – 54 голови.

Загальна вибірка для дослідження, по якій здійснювався контроль даних продуктивності та відтворення починаючи від народження до кінця другої лактації, склала 302 голови. Надій на корову у 2019 році склав 7280 кг при вмісті жиру – 3,84 %, та білка – 3,39%, та середньою живою масою повновікових корів – 620–710 кг. Середнє значення сервіс періоду по стаду склало – 138 днів.

За прийомами (способами) осіменіння та відповідно запліднення тварин, було виділено чотири досліджувані групи, які і склали загальну схему проведення експерименту.

Штучне осіменіння кріоконсервованою спермою (1-група) проводилось на телицях парувального віку або до 110 дня після отелення корови за умов прояву спонтанної охоти. Осіменяли тільки клінічно здорових тварин (без прояву метритів, ендометритів тощо). Якщо після 110 дня тварина не приходила в охоту, або не була запліднена, проводилась повторна діагностика а за умов відсутності захворювань застосовувалась синхронізація охоти за схемами неповної (Pre-Synch), або повної (Ovsynch) стимуляції з використанням препаратів простогландинової групи.

Штучне осіменіння кріоконсервованою сексованою (розділеною за статтю) спермою (2-група) проводилося лише на клінічно здорових телицях після 14-місячного віку від народження та досягнення стандарту по живій масі і без застосування схем синхронізації еструсу.

Метод трансплантації свіжовимитих ембріонів (3-група) проводився лише методом синхронізації донорів та реципієнтів (корів та телиць) за схемою Ovsynch. Для донорів використовували такі препарати як «Естрофан», «ПридДельта», та «Тетравіт». Для стимуляції супероуляції – ФСГ «Фолтропін» або «Фолігон», а для покращення приживлення – «Хорулон» (аналог «Сурфагон»). Схема реципієнтів передбачала використання «ПридДельта», та на восьмий день «Естрофан» і через 7 днів підсаджували ембріон.

Метод трансплантації заморожених ембріонів (4-група) передбачав синхронізацію реципієнтів так же як і по тваринам 3-тньої групи.

Статистичний аналіз даних проводився з використанням процедури загальної лінійної моделі програми SPSS 17.0.

Для аналізу використовувалась наступна лінійна модель:

$$y_{ijkl} = \mu + a_{1i} + a_{2j} + a_{3k} + b_1x_1 + b_2x_2 + e_{ijkl},$$

де y_{ijkl} – значення ознаки (сервіс-період, число осіменінь на одне запліднення);

μ – загальне середнє значення ознаки по вибірці;

a_{1i} – ефект і-го сезону року;

a_{2j} – ефект j-го бугая-плідника;

a_{3k} – ефект k-го осіменіння;

x_1 – вік телиці при осіменінні;

x_2 – надій за 305 днів;

b_1 і b_2 – коефіцієнти регресії;

e_{ijkl} – залишок.

Економічну ефективність різних біотехнологічних методів оцінювали на основі маржинального доходу (M) або маржинального прибутку (від англ. contribution margin), коли враховувалась різниця між виторгом від реалізації продукції без урахування ПДВ та акцизів, та змінними витратами за формулою:

$$M=S-V,$$

S – виторг від реалізації продукції (в нашому випадку це гроші отримані від реалізації племінної телиці (нетеля);

V – сукупні змінні витрати які включали в тому числі витрати на осіменіння.

В таблиці 1 наведено середні значення показників відтворення і продуктивності по дослідних групах що свідчить про суттєву розбіжність між основними даними. Характерною тенденцією є зниження кількості осіменінь у

розрахунку на одне запліднення в групах тварин, по яких використовували осіменіння сексованою спермою (1,2 осіменінь) і трансплантацію свіжовимитих (1,1 осіменінь) або заморожених ембріонів (1,0 осіменінь), порівняно з використанням традиційного штучного осіменіння кріоконсервованою спермою (1,3 осіменінь). При цьому значення сервіс-періоду було найменшим у третій і четвертих групах (118,0 і 76,8 днів, відповідно). Можна спостерігати певні розбіжності по надоях первісток і особливо по тваринах другої групи.

Таблиця 1

Описова статистика показників відтворення дослідних груп

| Ознака | | Дослідна група | | | | Загалом (n = 302) |
|-------------------------------------|--------------------|----------------|--------------|---------------|---------------|----------------------|
| | | 1 (n = 272) | 2 (n = 7) | 3 (n = 13) | 4 (n = 10) | |
| Вік при осіменінні, днів | Середнє | 705.4 | 638.2 | 599.9 | 524.3 | 694.5 |
| | Стандартна помилка | 8.708 | 33.86 | 28.40 | 55.03 | 8.73 |
| | σ | 206.6 | 107.1 | 130.15 | 252.21 | 208.14 |
| Число осіменінь на одне запліднення | Середнє | 1.30 | 1.20 | 1.10 | 1.00 | 1.28 |
| | Стандартна помилка | 0.030 | 0.133 | 0.066 | 0.001 | 0.028 |
| | σ | 0.717 | 0.422 | 0.301 | 0.001 | 0.693 |
| Надіймолока за 305 днів, кг | Середнє | 5003 | 7147 | 5107 | 5304 | 5050 |
| | Стандартна помилка | 59.82 | 272.33 | 227.82 | 221.86 | 57.23 |
| | σ | 1362.7 | 817.0 | 966.5 | 941.2 | 1359.3 |
| Сервіс-період, днів | Середнє | 130.39 | 168.71 | 118.00 | 76.80 | 128.97 |
| | Стандартна помилка | 3.73 | 23.46 | 11.63 | 6.26 | 3.50 |
| | σ | 61.64 | 62.07 | 41.94 | 19.80 | 60.94 |

В таблиці 2 показані попарні різниці між дослідними групами за значенням сервіс-періоду із зазначенням їх вірогідності. Лише у двох випадках різниці були вірогідними, а саме між першою і четвертою та між другою і четвертою групами ($\alpha < 0,01$).

Проведений дисперсійний аналіз, результати якого відображені в таблиці 3, дозволив оцінити ступінь впливу основних факторів (сезон року, бугай-плідник, спосіб відтворення, вік осіменіння і надій за 305 днів лактації) на показники відтворення (кількість осіменінь у розрахунку на одне запліднення і відповідно сервіс-період).

Таблиця 2

Різниці між групами за значенням сервіс-періоду

| Групи | Середня різниця | Стандартна помилка | Вірогідність |
|-------|-----------------|--------------------|--------------|
| 1-2 | -39.692 | 23.104 | 0.087 |
| 1-3 | 10.128 | 17.285 | 0.558 |
| 1-4 | 51.929 | 19.484 | 0.008** |
| 2-3 | 49.820 | 28.228 | 0.079 |
| 2-4 | 91.621 | 29.660 | 0.002** |
| 3-4 | 41.802 | 25.321 | 0.100 |

Примітка:** $\alpha < 0,01$.

Всі зазначені фактори, окрім надою за 305 днів лактації, вірогідно впливали на кількість осіменінь у розрахунку на одне запліднення при ступені впливу від 2,9% (сезон року) до 8,9% (вік осіменіння), при цьому ступінь впливу способу відтворення склала 3,7%.

Таблиця 3

Вплив факторів на ознаки відтворення молочних корів

| Фактор | η^2 , % | F | Вірогідність |
|-------------------------------------|--------------|--------|--------------|
| Число осіменінь на одне запліднення | | | |
| Сезон | 2.9 | 4.484 | 0.004** |
| Батько | 5.5 | 26.815 | 0.000*** |
| Метод відтворення | 3.7 | 8.757 | 0.000*** |
| Вік при осіменінні | 8.9 | 44.420 | 0.000*** |
| Надій за 305 днів | 0.8 | 3.804 | 0.052 |
| Сервіс-період | | | |
| Сезон | 4.7 | 4.009 | 0.008** |
| Батько | 0.1 | 0.058 | 0.810 |
| Метод відтворення | 1.5 | 1.893 | 0.153 |
| Вік при осіменінні | 0.6 | 1.532 | 0.217 |
| Надій за 305 днів | 0.3 | 0.795 | 0.373 |

Примітка:** $\alpha < 0,01$, *** $\alpha < 0,001$.

Щодо сервіс-періоду, то лише сезон року мав вірогідний вплив на цей показник при ступені впливу 4,7%.

Для результуючої оцінки ефективності застосованих способів осіменіння наведено матеріал таблиці 4.

Ефективність методів відтворення

| Метод відтворення | Число осіменіннь на одне запліднення | Загальні витрати, Доларів США | Сервіс-період, днів |
|--|--------------------------------------|-------------------------------|---------------------|
| Штучне осіменіння кріоконсервованою спермою (група1) | 1.30 | 5.02 | 130.39 |
| Штучне осіменіння кріоконсервованою сексованою спермою(група2) | 1.20 | 35.17 | 168.71 |
| Трансплантація свіжовимитих ембріонів(група3) | 1.10 | 22.25 | 118.00 |
| Трансплантація заморожених ембріонів (група4) | 1.00 | 561.64 | 76.80 |

Для коректної економічної оцінки чотирьох біотехнологічних способів отримання телят застосувались методика маржинального доходу [6, р.148]. Для цього в умовах ПОСП «Жадківське» Ічнянського району Чернігівської області нами були регламентовані константи, які в свою чергу можуть бути характерними для більшості господарств України: 1) отримання бугайців з послідувачим вирощуванням на м'ясо для господарства нерентабельне; 2) комерційна (ринкова) ціна за ціна за 1 кг живої маси племінного нетеля (станом на початок 2020 року) складала 3,6 доларів США; 3) вірогідність народження телички по 1 групі, 3 групі та 4 (див. таблицю7), складає 0,5 а по 2 групі (застосування сексованої сперми)-0,9, тобто вихід телиць -50 та 90% відповідно; 4) витрати на осіменіння по групах з вірогідністю отримання телички у 50% (або 0,5 долі одиниці) зростають у два рази оскільки не покриваються збитками від народження бугайців (див. пункт 1); 5) середня жива маса нетеля при продажу складає 480 кг. Такі умови дали можливість розрахувати економічну ефективність різних біотехнологічних методів на основі маржинального доходу (табл. 5).

Економічна оцінка методів відтворення

| Економічний показник | Штучне осіменіння кріоконсервованою спермою (група1) | Штучне осіменіння кріоконсервованою спермою (група2) | Трансплантація свіжовимитих ембріонів (група3) | Трансплантація заморожених ембріонів (група4) |
|--|--|--|--|---|
| Виторг від реалізації нетеля (S)*, доларів США | 43200 | 43200 | 43200 | 43200 |
| Витрати на запліднення, доларів США | 125,58 | 879,36 | 556,28 | 14041,0 |
| Вірогідність народження телички | 0,5 | 0,9 | 0,5 | 0,5 |
| Витрати на запліднення з урахуванням вірогідності народження телички, доларі в США | 251,16 | 977,0 | 1112,56 | 28082,0 |
| Загальні витрати (V)*, доларів США | 26651 | 27377 | 27511 | 54482 |
| Прибуток (M)*, доларів США | 16549 | 15823 | 15687 | -11282 |

Примітка:*символи з формули маржинального прибутку

Таким чином, виявлені певні переваги методу традиційного штучного осіменіння кріоконсервованою спермою та спермою розділеною за статтю. В умовах господарства де проводився дослід, відмічена висока ефективність застосування пересадки свіжовимитих ембріонів, що дало змогу отримати прибуток за умов продажу нетелів по фіксованій ціні (3,6 доларів США за один кілограм живої маси). Для покриття витрат здійснених в процесі пересадки заморожених ембріонів, мінімальна ціна повинна складати в межах 4.8 – 6.0 доларів США за один кг живої маси нетеля, або 2680 доларів США за одну голову.

Посилання

1. Mitioglo L.V., Fedota O.M., Kirii A.A., Ruban S.Y., Khomenko M.O. Directions of organization of efficient reproduction in dairy cattle. Proceedings of International scientific conference «Goals of sustainable development of the third millennium. Challenges for universities of life sciences». NULES of Ukraine, Kyiv-2018, pp.249—251.
2. Niemann H. and C.Wrenzyski. Animal Biotechnology 2. Emerging breeding technologies. Springer, 2018. 306pp.
3. Sanches B. V., Zangirolamo A.F., Seneda M.M. Intensive use of IVF by large-scale dairy programs. Proceedings of the 33rd Annual Meeting of the Brazilian Embryo Technology Society (SBTE); Ilhade Comandatuba, BA, Brazil, August 15th to 19th, 2019. p.394-401.
4. Sirard M. 2018. 40 years of bovine IVF in the new genomic selection context. *Reproduction*, 156:R1-R7.
5. Cottle DJ, Wallace M, Lonergan P, Fahey AG. 2018. Bio-economics of sexed semen utilization in a high producing Holstein-Friesian dairy herd. *J Dairy Sci*, 101: 4498-4512
6. Ruban S.Y., O.M. Fedota, V.O. Danshin, L.M. Mitiohlo. Experience and perspectives of milk pricing (Ukraine and world tendencies). Vinnytsa National agrarian university. «Agricultural science and food technologies». 2017. Issue 1 (95) P. 148-158.

15. Перспективні напрями в селекції тварин

Для проведення наукової роботи на рівні магістерських або аспірантських робіт ми пропонуємо ознайомитись з найбільш актуальними напрямами сучасних досліджень в селекції тварин. Таким чином, починаючий дослідник може приєднатись своїми розробками до світових тенденцій в рішенні тих чи інших проблем. Науково-педагогічні працівники кафедри генетики, розведення та біотехнології тварин НУБіП України постійно здійснюють моніторинг та дослідницьку роботу за такими актуальними напрямами:

1) удосконалення методів генетичної оцінки сільськогосподарських тварин (В. О. Даншин, С. Ю. Рубан, В. Ю. Афанасенко, 2017);

2) обґрунтування та розширення спектру селекційних ознак, за якими ведеться генетичне покращення сільськогосподарських тварин, з включенням таких категорій як:

- показники здоров'я (Ruban S.Yu., Borshch O.O., Gutyj B.V. та ін., 2020; Gaddis K. L. P. та ін., 2020),

- ефективність використання корму (Ruban S.Yu., Perekrestova A.V., Shablia V.P., Vochkov V.M., 2018; Ruban S. YU., Danshin V. O., Kyrii A. A., 2020),

- ознаки відтворення (Ruban S. YU. та ін., 2020);

- ознаки темпераменту, нервової та поведінкової діяльності (Chang Y. та ін., 2020);

- ознаки, що впливають на стан навколишнього середовища (емісія метану);

- ознаки, пов'язані зі здатністю тварин адаптуватися до глобальних змін клімату, до яких відносять тепловий стрес та зміни характеру кормових ресурсів (Ruban S., Borshch O.O., Borshch O.V. та ін., 2020; Summer A. та ін., 2019);

- ознаки, пов'язані з благополуччям тварин – відсутність захворювань, довголіття тощо (Gonzalez-Pena D. та ін., 2020);

3) удосконалення методів фенотипування шляхом впровадження новітніх технологій і приладів для «зняття» селекційної інформації (Cole J. B. та ін., 2020);

4) впровадження геномної селекції в розведенні сільськогосподарських тварин (Рубан С.Ю., Даншин В.О., Федота О.М., 2016; Fedota O.M., Lysenko N.G., Ruban S.Y. та ін., 2017);

5) використання методів біологічної і репродуктивної технологій в селекційних програмах з метою прискорення генетичного прогресу (Van Eenennaam A.L., A.E. Young, 2019);

6) використання міжпородного схрещування з метою покращення економічно-важливих ознак та отримання додаткового прибутку за рахунок ефекту гетерозису (Рубан С. Ю. та ін., 2016);

7) розробка програм збереження локальних і зникаючих порід сільськогосподарських тварин з метою підтримки генетичного різноманіття та використання цінних властивостей цих порід в селекції промислових (комерційних) порід (Paiva S.R., C. M. McManusb, H. Blackburn., 2016).

Не обмежуючи творчий потенціал молодих вчених, необхідно навести вислів стародавнього китайського філософа Лао Цзи – «Щоб вести людей за собою, треба навчитись ходити за своїми вчителями».

16. ДОДАТКИ

Додаток 1.

Критичні значення t-критерію Стьюдента для різних рівнів вірогідності

(ν – число ступенів свободи, α – рівень вірогідності)

| $\nu \backslash \alpha$ | 0,40 | 0,25 | 0,10 | 0,05 | 0,025 | 0,01 | 0,005 | 0,0005 |
|-------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 1 | 0,324920 | 1,000000 | 3,077684 | 6,313752 | 12,70620 | 31,82052 | 63,65674 | 636,6192 |
| 2 | 0,288675 | 0,816497 | 1,885618 | 2,919986 | 4,30265 | 6,96456 | 9,92484 | 31,5991 |
| 3 | 0,276671 | 0,764892 | 1,637744 | 2,353363 | 3,18245 | 4,54070 | 5,84091 | 12,9240 |
| 4 | 0,270722 | 0,740697 | 1,533206 | 2,131847 | 2,77645 | 3,74695 | 4,60409 | 8,6103 |
| 5 | 0,267181 | 0,726687 | 1,475884 | 2,015048 | 2,57058 | 3,36493 | 4,03214 | 6,8688 |
| 6 | 0,264835 | 0,717558 | 1,439756 | 1,943180 | 2,44691 | 3,14267 | 3,70743 | 5,9588 |
| 7 | 0,263167 | 0,711142 | 1,414924 | 1,894579 | 2,36462 | 2,99795 | 3,49948 | 5,4079 |
| 8 | 0,261921 | 0,706387 | 1,396815 | 1,859548 | 2,30600 | 2,89646 | 3,35539 | 5,0413 |
| 9 | 0,260955 | 0,702722 | 1,383029 | 1,833113 | 2,26216 | 2,82144 | 3,24984 | 4,7809 |
| 10 | 0,260185 | 0,699812 | 1,372184 | 1,812461 | 2,22814 | 2,76377 | 3,16927 | 4,5869 |
| 11 | 0,259556 | 0,697445 | 1,363430 | 1,795885 | 2,20099 | 2,71808 | 3,10581 | 4,4370 |
| 12 | 0,259033 | 0,695483 | 1,356217 | 1,782288 | 2,17881 | 2,68100 | 3,05454 | 4,3178 |
| 13 | 0,258591 | 0,693829 | 1,350171 | 1,770933 | 2,16037 | 2,65031 | 3,01228 | 4,2208 |
| 14 | 0,258213 | 0,692417 | 1,345030 | 1,761310 | 2,14479 | 2,62449 | 2,97684 | 4,1405 |
| 15 | 0,257885 | 0,691197 | 1,340606 | 1,753050 | 2,13145 | 2,60248 | 2,94671 | 4,0728 |
| 16 | 0,257599 | 0,690132 | 1,336757 | 1,745884 | 2,11991 | 2,58349 | 2,92078 | 4,0150 |
| 17 | 0,257347 | 0,689195 | 1,333379 | 1,739607 | 2,10982 | 2,56693 | 2,89823 | 3,9651 |
| 18 | 0,257123 | 0,688364 | 1,330391 | 1,734064 | 2,10092 | 2,55238 | 2,87844 | 3,9216 |
| 19 | 0,256923 | 0,687621 | 1,327728 | 1,729133 | 2,09302 | 2,53948 | 2,86093 | 3,8834 |

| | | | | | | | | |
|----|----------|----------|----------|----------|---------|---------|---------|--------|
| 20 | 0,256743 | 0,686954 | 1,325341 | 1,724718 | 2,08596 | 2,52798 | 2,84534 | 3,8495 |
| 21 | 0,256580 | 0,686352 | 1,323188 | 1,720743 | 2,07961 | 2,51765 | 2,83136 | 3,8193 |
| 22 | 0,256432 | 0,685805 | 1,321237 | 1,717144 | 2,07387 | 2,50832 | 2,81876 | 3,7921 |
| 23 | 0,256297 | 0,685306 | 1,319460 | 1,713872 | 2,06866 | 2,49987 | 2,80734 | 3,7676 |
| 24 | 0,256173 | 0,684850 | 1,317836 | 1,710882 | 2,06390 | 2,49216 | 2,79694 | 3,7454 |
| 25 | 0,256060 | 0,684430 | 1,316345 | 1,708141 | 2,05954 | 2,48511 | 2,78744 | 3,7251 |
| 26 | 0,255955 | 0,684043 | 1,314972 | 1,705618 | 2,05553 | 2,47863 | 2,77871 | 3,7066 |
| 27 | 0,255858 | 0,683685 | 1,313703 | 1,703288 | 2,05183 | 2,47266 | 2,77068 | 3,6896 |
| 28 | 0,255768 | 0,683353 | 1,312527 | 1,701131 | 2,04841 | 2,46714 | 2,76326 | 3,6739 |
| 29 | 0,255684 | 0,683044 | 1,311434 | 1,699127 | 2,04523 | 2,46202 | 2,75639 | 3,6594 |
| 30 | 0,255605 | 0,682756 | 1,310415 | 1,697261 | 2,04227 | 2,45726 | 2,75000 | 3,6460 |
| ∞ | 0,253347 | 0,674490 | 1,281552 | 1,644854 | 1,95996 | 2,32635 | 2,57583 | 3,2905 |

Додаток 2.

Критичні значення t-критерію Фішера при рівні вірогідності $\alpha = 0,05$

(ν_1 і ν_2 - числа ступенів свободи, α – рівень вірогідності)

| ν_1/ν_2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 12 | 15 | 20 | 24 | 30 | 40 | 60 | 120 | ∞ |
|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|----------|
| 1 | 161,45 | 199,50 | 215,71 | 224,58 | 230,16 | 233,99 | 236,76 | 238,88 | 240,54 | 241,88 | 243,90 | 245,95 | 248,01 | 249,05 | 250,09 | 251,14 | 252,19 | 253,25 | 254,31 |
| 2 | 18,512 | 19,000 | 19,164 | 19,246 | 19,329 | 19,329 | 19,353 | 19,371 | 19,384 | 19,395 | 19,412 | 19,429 | 19,445 | 19,454 | 19,462 | 19,471 | 19,479 | 19,487 | 19,4957 |
| 3 | 10,128 | 9,5521 | 9,2766 | 9,1172 | 9,0135 | 8,9406 | 8,8867 | 8,8452 | 8,8123 | 8,7855 | 8,7446 | 8,7029 | 8,6602 | 8,6385 | 8,6166 | 8,5944 | 8,5720 | 8,5494 | 8,5264 |
| 4 | 7,7086 | 6,9443 | 6,5914 | 6,3882 | 6,2561 | 6,1631 | 6,0942 | 6,0410 | 5,9988 | 5,9644 | 5,9117 | 5,8578 | 5,8025 | 5,7744 | 5,7459 | 5,7170 | 5,6877 | 5,6581 | 5,6281 |
| 5 | 6,6079 | 5,7861 | 5,4095 | 5,1922 | 5,0503 | 4,9503 | 4,8759 | 4,8183 | 4,7725 | 4,7351 | 4,6777 | 4,6188 | 4,5581 | 4,5272 | 4,4957 | 4,4638 | 4,4314 | 4,3985 | 4,3650 |
| 6 | 5,9874 | 5,1433 | 4,7571 | 4,5337 | 4,3874 | 4,2839 | 4,2067 | 4,1468 | 4,0990 | 4,0600 | 3,9999 | 3,9381 | 3,8742 | 3,8415 | 3,8082 | 3,7743 | 3,7398 | 3,7047 | 3,6689 |
| 7 | 5,5914 | 4,7374 | 4,3468 | 4,1203 | 3,9715 | 3,8660 | 3,7870 | 3,7257 | 3,6767 | 3,6365 | 3,5747 | 3,5107 | 3,4445 | 3,4105 | 3,3758 | 3,3404 | 3,3043 | 3,2674 | 3,2298 |
| 8 | 5,3177 | 4,4590 | 4,0662 | 3,8379 | 3,6875 | 3,5806 | 3,5005 | 3,4381 | 3,3881 | 3,3472 | 3,2839 | 3,2184 | 3,1503 | 3,1152 | 3,0794 | 3,0428 | 3,0053 | 2,9669 | 2,9276 |
| 9 | 5,1174 | 4,2565 | 3,8625 | 3,6331 | 3,4817 | 3,3738 | 3,2927 | 3,2296 | 3,1789 | 3,1373 | 3,0729 | 3,0061 | 2,9365 | 2,9005 | 2,8637 | 2,8259 | 2,7872 | 2,7475 | 2,7067 |
| 10 | 4,9646 | 4,1028 | 3,7083 | 3,4780 | 3,3258 | 3,2172 | 3,1355 | 3,0717 | 3,0204 | 2,9782 | 2,9130 | 2,8450 | 2,7740 | 2,7372 | 2,6996 | 2,6609 | 2,6211 | 2,5801 | 2,5379 |
| 11 | 4,8443 | 3,9823 | 3,5874 | 3,3567 | 3,2039 | 3,0946 | 3,0123 | 2,9480 | 2,8962 | 2,8536 | 2,7876 | 2,7186 | 2,6464 | 2,6090 | 2,5705 | 2,5309 | 2,4901 | 2,4480 | 2,4045 |
| 12 | 4,7472 | 3,8853 | 3,4903 | 3,2592 | 3,1059 | 2,9961 | 2,9134 | 2,8486 | 2,7964 | 2,7534 | 2,6866 | 2,6169 | 2,5436 | 2,5055 | 2,4663 | 2,4259 | 2,3842 | 2,3410 | 2,2962 |
| 13 | 4,6672 | 3,8056 | 3,4105 | 3,1791 | 3,0254 | 2,9153 | 2,8321 | 2,7669 | 2,7144 | 2,6710 | 2,6037 | 2,5331 | 2,4589 | 2,4202 | 2,3803 | 2,3392 | 2,2966 | 2,2524 | 2,2064 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 14 | 4,6001 | 3,7389 | 3,3439 | 3,1122 | 2,9582 | 2,8477 | 2,7642 | 2,6987 | 2,6458 | 2,6022 | 2,5342 | 2,4630 | 2,3879 | 2,3487 | 2,3082 | 2,2664 | 2,2229 | 2,1778 | 2,1307 |
| 15 | 4,5431 | 3,6823 | 3,2874 | 3,0556 | 2,9013 | 2,7905 | 2,7066 | 2,6408 | 2,5876 | 2,5437 | 2,4753 | 2,4034 | 2,3275 | 2,2878 | 2,2468 | 2,2043 | 2,1601 | 2,1141 | 2,0658 |
| 16 | 4,4940 | 3,6337 | 3,2389 | 3,0069 | 2,8524 | 2,7413 | 2,6572 | 2,5911 | 2,5377 | 2,4935 | 2,4247 | 2,3522 | 2,2756 | 2,2354 | 2,1938 | 2,1507 | 2,1058 | 2,0589 | 2,0096 |
| 17 | 4,4513 | 3,5915 | 3,1968 | 2,9647 | 2,8100 | 2,6987 | 2,6143 | 2,5480 | 2,4943 | 2,4499 | 2,3807 | 2,3077 | 2,2304 | 2,1898 | 2,1477 | 2,1040 | 2,0584 | 2,0107 | 1,9604 |
| 18 | 4,4139 | 3,5546 | 3,1599 | 2,9277 | 2,7729 | 2,6613 | 2,5767 | 2,5102 | 2,4563 | 2,4117 | 2,3421 | 2,2686 | 2,1906 | 2,1497 | 2,1071 | 2,0629 | 2,0166 | 1,9681 | 1,9168 |
| 19 | 4,3807 | 3,5219 | 3,1274 | 2,8951 | 2,7401 | 2,6283 | 2,5435 | 2,4768 | 2,4227 | 2,3779 | 2,3080 | 2,2341 | 2,1555 | 2,1141 | 2,0712 | 2,0264 | 1,9795 | 1,9302 | 1,8780 |
| 20 | 4,3512 | 3,4928 | 3,0984 | 2,8661 | 2,7109 | 2,5990 | 2,5140 | 2,4471 | 2,3928 | 2,3479 | 2,2776 | 2,2033 | 2,1242 | 2,0825 | 2,0391 | 1,9938 | 1,9464 | 1,8963 | 1,8432 |
| 21 | 4,3248 | 3,4668 | 3,0725 | 2,8401 | 2,6848 | 2,5727 | 2,4876 | 2,4205 | 2,3660 | 2,3210 | 2,2504 | 2,1757 | 2,0960 | 2,0540 | 2,0102 | 1,9645 | 1,9165 | 1,8657 | 1,8117 |
| 22 | 4,3009 | 3,4434 | 3,0491 | 2,8167 | 2,6613 | 2,5491 | 2,4638 | 2,3965 | 2,3419 | 2,2967 | 2,2258 | 2,1508 | 2,0707 | 2,0283 | 1,9842 | 1,9380 | 1,8894 | 1,8380 | 1,7831 |
| 23 | 4,2793 | 3,4221 | 3,0280 | 2,7955 | 2,6400 | 2,5277 | 2,4422 | 2,3748 | 2,3201 | 2,2747 | 2,2036 | 2,1282 | 2,0476 | 2,0050 | 1,9605 | 1,9139 | 1,8648 | 1,8128 | 1,7570 |
| 24 | 4,2597 | 3,4028 | 3,0088 | 2,7763 | 2,6207 | 2,5082 | 2,4226 | 2,3551 | 2,3002 | 2,2547 | 2,1834 | 2,1077 | 2,0267 | 1,9838 | 1,9390 | 1,8920 | 1,8424 | 1,7896 | 1,7330 |
| 25 | 4,2417 | 3,3852 | 2,9912 | 2,7587 | 2,6030 | 2,4904 | 2,4047 | 2,3371 | 2,2821 | 2,2365 | 2,1649 | 2,0889 | 2,0075 | 1,9643 | 1,9192 | 1,8718 | 1,8217 | 1,7684 | 1,7110 |
| 26 | 4,2252 | 3,3690 | 2,9752 | 2,7426 | 2,5868 | 2,4741 | 2,3883 | 2,3205 | 2,2655 | 2,2197 | 2,1479 | 2,0716 | 1,9898 | 1,9464 | 1,9010 | 1,8533 | 1,8027 | 1,7488 | 1,6906 |
| 27 | 4,2100 | 3,3541 | 2,9604 | 2,7278 | 2,5719 | 2,4591 | 2,3732 | 2,3053 | 2,2501 | 2,2043 | 2,1323 | 2,0558 | 1,9736 | 1,9299 | 1,8842 | 1,8361 | 1,7851 | 1,7306 | 1,6717 |
| 28 | 4,1960 | 3,3404 | 2,9467 | 2,7141 | 2,5581 | 2,4453 | 2,3593 | 2,2913 | 2,2360 | 2,1900 | 2,1179 | 2,0411 | 1,9586 | 1,9147 | 1,8687 | 1,8203 | 1,7689 | 1,7138 | 1,6541 |
| 29 | 4,1830 | 3,3277 | 2,9340 | 2,7014 | 2,5454 | 2,4324 | 2,3463 | 2,2783 | 2,2229 | 2,1768 | 2,1045 | 2,0275 | 1,9446 | 1,9005 | 1,8543 | 1,8055 | 1,7537 | 1,6981 | 1,6376 |
| 30 | 4,1709 | 3,3158 | 2,9223 | 2,6896 | 2,5336 | 2,4205 | 2,3343 | 2,2662 | 2,2107 | 2,1646 | 2,0921 | 2,0148 | 1,9317 | 1,8874 | 1,8409 | 1,7918 | 1,7396 | 1,6835 | 1,6223 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 40 | 4,0847 | 3,2317 | 2,8387 | 2,6060 | 2,4495 | 2,3359 | 2,2490 | 2,1802 | 2,1240 | 2,0772 | 2,0035 | 1,9245 | 1,8389 | 1,7929 | 1,7444 | 1,6928 | 1,6373 | 1,5766 | 1,5089 |
| 60 | 4,0012 | 3,1504 | 2,7581 | 2,5252 | 2,3683 | 2,2541 | 2,1665 | 2,0970 | 2,0401 | 1,9926 | 1,9174 | 1,8364 | 1,7480 | 1,7001 | 1,6491 | 1,5943 | 1,5343 | 1,4673 | 1,3893 |
| 120 | 3,9201 | 3,0718 | 2,6802 | 2,4472 | 2,2899 | 2,1750 | 2,0868 | 2,0164 | 1,9588 | 1,9105 | 1,8337 | 1,7505 | 1,6587 | 1,6084 | 1,5543 | 1,4952 | 1,4290 | 1,3519 | 1,2539 |
| ∞ | 3,8415 | 2,9957 | 2,6049 | 2,3719 | 2,2141 | 2,0986 | 2,0096 | 1,9384 | 1,8799 | 1,8307 | 1,7522 | 1,6664 | 1,5705 | 1,5173 | 1,4591 | 1,3940 | 1,3180 | 1,2214 | 1,0000 |

Критичні значення t-критерію Фішера при рівні вірогідності $\alpha = 0,025$

(ν_1 і ν_2 - числа ступенів свободи, α – рівень вірогідності)

| ν_1/ν_2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 12 | 15 | 20 | 24 | 30 | 40 | 60 | 120 | ∞ |
|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|----------|
| 1 | 647,79 | 799,50 | 864,16 | 899,58 | 921,84 | 937,11 | 948,21 | 956,65 | 963,28 | 968,62 | 976,71 | 984,86 | 993,10 | 997,24 | 1001,4 | 1005,6 | 1009,8 | 1014,0 | 1018,3 |
| 2 | 38,506 | 39,000 | 39,166 | 39,248 | 39,298 | 39,332 | 39,355 | 39,373 | 39,387 | 39,398 | 39,415 | 39,431 | 39,448 | 39,456 | 39,465 | 39,473 | 39,481 | 39,490 | 39,498 |
| 3 | 17,443 | 16,044 | 15,439 | 15,101 | 14,885 | 14,735 | 14,624 | 14,540 | 14,473 | 14,419 | 14,337 | 14,253 | 14,167 | 14,124 | 14,081 | 14,037 | 13,992 | 13,947 | 13,902 |
| 4 | 12,218 | 10,649 | 9,9792 | 9,6045 | 9,3645 | 9,1973 | 9,0741 | 8,9796 | 8,9047 | 8,8439 | 8,7512 | 8,6565 | 8,5599 | 8,5109 | 8,461 | 8,411 | 8,360 | 8,309 | 8,257 |
| 5 | 10,007 | 8,4336 | 7,7636 | 7,3879 | 7,1464 | 6,9777 | 6,8531 | 6,7572 | 6,6811 | 6,6192 | 6,5245 | 6,4277 | 6,3286 | 6,2780 | 6,227 | 6,175 | 6,123 | 6,069 | 6,015 |
| 6 | 8,8131 | 7,2599 | 6,5988 | 6,2272 | 5,9876 | 5,8198 | 5,6955 | 5,5996 | 5,5234 | 5,4613 | 5,3662 | 5,2687 | 5,1684 | 5,1172 | 5,065 | 5,012 | 4,959 | 4,904 | 4,849 |
| 7 | 8,0727 | 6,5415 | 5,8898 | 5,5226 | 5,2852 | 5,1186 | 4,9949 | 4,8993 | 4,8232 | 4,7611 | 4,6658 | 4,5678 | 4,4667 | 4,4150 | 4,362 | 4,309 | 4,254 | 4,199 | 4,142 |
| 8 | 7,5709 | 6,0595 | 5,4160 | 5,0526 | 4,8173 | 4,6517 | 4,5286 | 4,4333 | 4,3572 | 4,2951 | 4,1997 | 4,1012 | 3,9995 | 3,9472 | 3,894 | 3,840 | 3,784 | 3,728 | 3,670 |
| 9 | 7,2093 | 5,7147 | 5,0781 | 4,7181 | 4,4844 | 4,3197 | 4,1970 | 4,1020 | 4,0260 | 3,9639 | 3,8682 | 3,7694 | 3,6669 | 3,6142 | 3,560 | 3,505 | 3,449 | 3,392 | 3,333 |
| 10 | 6,9367 | 5,4564 | 4,8256 | 4,4683 | 4,2361 | 4,0721 | 3,9498 | 3,8549 | 3,7790 | 3,7168 | 3,6209 | 3,5217 | 3,4185 | 3,3654 | 3,311 | 3,255 | 3,198 | 3,140 | 3,080 |
| 11 | 6,7241 | 5,2559 | 4,6300 | 4,2751 | 4,0440 | 3,8807 | 3,7586 | 3,6638 | 3,5879 | 3,5257 | 3,4296 | 3,3299 | 3,2261 | 3,1725 | 3,118 | 3,061 | 3,004 | 2,944 | 2,883 |
| 12 | 6,5538 | 5,0959 | 4,4742 | 4,1212 | 3,8911 | 3,7283 | 3,6065 | 3,5118 | 3,4358 | 3,3736 | 3,2773 | 3,1772 | 3,0728 | 3,0187 | 2,963 | 2,906 | 2,848 | 2,787 | 2,725 |
| 13 | 6,4143 | 4,9653 | 4,3472 | 3,9959 | 3,7667 | 3,6043 | 3,4827 | 3,3880 | 3,3120 | 3,2497 | 3,1532 | 3,0527 | 2,9477 | 2,8932 | 2,837 | 2,780 | 2,720 | 2,659 | 2,595 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 14 | 6,2979 | 4,8567 | 4,2417 | 3,8919 | 3,6634 | 3,5014 | 3,3799 | 3,2853 | 3,2093 | 3,1469 | 3,0502 | 2,9493 | 2,8437 | 2,7888 | 2,732 | 2,674 | 2,614 | 2,552 | 2,487 |
| 15 | 6,1995 | 4,7650 | 4,1528 | 3,8043 | 3,5764 | 3,4147 | 3,2934 | 3,1987 | 3,1227 | 3,0602 | 2,9633 | 2,8621 | 2,7559 | 2,7006 | 2,644 | 2,585 | 2,524 | 2,461 | 2,395 |
| 16 | 6,1151 | 4,6867 | 4,0768 | 3,7294 | 3,5021 | 3,3406 | 3,2194 | 3,1248 | 3,0488 | 2,9862 | 2,8890 | 2,7875 | 2,6808 | 2,6252 | 2,568 | 2,509 | 2,447 | 2,383 | 2,316 |
| 17 | 6,0420 | 4,6189 | 4,0112 | 3,6648 | 3,4379 | 3,2767 | 3,1556 | 3,0610 | 2,9849 | 2,9222 | 2,8249 | 2,7230 | 2,6158 | 2,5598 | 2,502 | 2,442 | 2,380 | 2,315 | 2,247 |
| 18 | 5,9781 | 4,5597 | 3,9539 | 3,6083 | 3,3820 | 3,2209 | 3,0999 | 3,0053 | 2,9291 | 2,8664 | 2,7689 | 2,6667 | 2,5590 | 2,5027 | 2,445 | 2,384 | 2,321 | 2,256 | 2,187 |
| 19 | 5,9216 | 4,5075 | 3,9034 | 3,5587 | 3,3327 | 3,1718 | 3,0509 | 2,9563 | 2,8801 | 2,8172 | 2,7196 | 2,6171 | 2,5089 | 2,4523 | 2,394 | 2,333 | 2,270 | 2,203 | 2,133 |
| 20 | 5,8715 | 4,4613 | 3,8587 | 3,5147 | 3,2891 | 3,1283 | 3,0074 | 2,9128 | 2,8365 | 2,7737 | 2,6758 | 2,5731 | 2,4645 | 2,4076 | 2,349 | 2,287 | 2,223 | 2,156 | 2,085 |
| 21 | 5,8266 | 4,4199 | 3,8188 | 3,4754 | 3,2501 | 3,0895 | 2,9686 | 2,8740 | 2,7977 | 2,7348 | 2,6368 | 2,5338 | 2,4247 | 2,3675 | 2,308 | 2,246 | 2,182 | 2,114 | 2,042 |
| 22 | 5,7863 | 4,3828 | 3,7829 | 3,4401 | 3,2151 | 3,0546 | 2,9338 | 2,8392 | 2,7628 | 2,6998 | 2,6017 | 2,4984 | 2,3890 | 2,3315 | 2,272 | 2,210 | 2,145 | 2,076 | 2,003 |
| 23 | 5,7498 | 4,3492 | 3,7505 | 3,4083 | 3,1835 | 3,0232 | 2,9023 | 2,8077 | 2,7313 | 2,6682 | 2,5699 | 2,4665 | 2,3567 | 2,2989 | 2,239 | 2,176 | 2,111 | 2,041 | 1,968 |
| 24 | 5,7166 | 4,3187 | 3,7211 | 3,3794 | 3,1548 | 2,9946 | 2,8738 | 2,7791 | 2,7027 | 2,6396 | 2,5411 | 2,4374 | 2,3273 | 2,2693 | 2,209 | 2,146 | 2,080 | 2,010 | 1,935 |
| 25 | 5,6864 | 4,2909 | 3,6943 | 3,3530 | 3,1287 | 2,9685 | 2,8478 | 2,7531 | 2,6766 | 2,6135 | 2,5149 | 2,4110 | 2,3005 | 2,2422 | 2,182 | 2,118 | 2,052 | 1,981 | 1,906 |
| 26 | 5,6586 | 4,2655 | 3,6697 | 3,3289 | 3,1048 | 2,9447 | 2,8240 | 2,7293 | 2,6528 | 2,5896 | 2,4908 | 2,3867 | 2,2759 | 2,2174 | 2,157 | 2,093 | 2,026 | 1,954 | 1,878 |
| 27 | 5,6331 | 4,2421 | 3,6472 | 3,3067 | 3,0828 | 2,9228 | 2,8021 | 2,7074 | 2,6309 | 2,5676 | 2,4688 | 2,3644 | 2,2533 | 2,1946 | 2,133 | 2,069 | 2,002 | 1,930 | 1,853 |
| 28 | 5,6096 | 4,2205 | 3,6264 | 3,2863 | 3,0626 | 2,9027 | 2,7820 | 2,6872 | 2,6106 | 2,5473 | 2,4484 | 2,3438 | 2,2324 | 2,1735 | 2,112 | 2,048 | 1,980 | 1,907 | 1,829 |
| 29 | 5,5878 | 4,2006 | 3,6072 | 3,2674 | 3,0438 | 2,8840 | 2,7633 | 2,6686 | 2,5919 | 2,5286 | 2,4295 | 2,3248 | 2,2131 | 2,1540 | 2,092 | 2,028 | 1,959 | 1,886 | 1,807 |
| 30 | 5,5675 | 4,1821 | 3,5894 | 3,2499 | 3,0265 | 2,8667 | 2,7460 | 2,6513 | 2,5746 | 2,5112 | 2,4120 | 2,3072 | 2,1952 | 2,1359 | 2,074 | 2,009 | 1,940 | 1,866 | 1,787 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 40 | 5,4239 | 4,0510 | 3,4633 | 3,1261 | 2,9037 | 2,7444 | 2,6238 | 2,5289 | 2,4519 | 2,3882 | 2,2882 | 2,1819 | 2,0677 | 2,0069 | 1,943 | 1,875 | 1,803 | 1,724 | 1,637 |
| 60 | 5,2856 | 3,9253 | 3,3425 | 3,0077 | 2,7863 | 2,6274 | 2,5068 | 2,4117 | 2,3344 | 2,2702 | 2,1692 | 2,0613 | 1,9445 | 1,8817 | 1,815 | 1,744 | 1,667 | 1,581 | 1,482 |
| 120 | 5,1523 | 3,8046 | 3,2269 | 2,8943 | 2,6740 | 2,5154 | 2,3948 | 2,2994 | 2,2217 | 2,1570 | 2,0548 | 1,9450 | 1,8249 | 1,7597 | 1,690 | 1,614 | 1,530 | 1,433 | 1,310 |
| ∞ | 5,0239 | 3,6889 | 3,1161 | 2,7858 | 2,5665 | 2,4082 | 2,2875 | 2,1918 | 2,1136 | 2,0483 | 1,9447 | 1,8326 | 1,7085 | 1,6402 | 1,566 | 1,484 | 1,388 | 1,268 | 1,000 |

Критичні значення t-критерію Фішера при рівні вірогідності $\alpha = 0,01$

(ν_1 і ν_2 - числа ступенів свободи, α – рівень вірогідності)

| ν_1/ν_2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 12 | 15 | 20 | 24 | 30 | 40 | 60 | 120 | ∞ |
|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|----------|
| 1 | 4052,2 | 4999,5 | 5403,4 | 5624,6 | 5763,7 | 5859,0 | 5928,4 | 5981,1 | 6022,5 | 6055,9 | 6106,3 | 6157,3 | 6208,7 | 6234,6 | 6260,7 | 6286,8 | 6313,0 | 6339,4 | 6365,9 |
| 2 | 98,503 | 99,000 | 99,166 | 99,249 | 99,299 | 99,333 | 99,356 | 99,374 | 99,388 | 99,399 | 99,416 | 99,433 | 99,449 | 99,458 | 99,466 | 99,474 | 99,482 | 99,491 | 99,499 |
| 3 | 34,116 | 30,817 | 29,457 | 28,710 | 28,237 | 27,911 | 27,672 | 27,489 | 27,345 | 27,229 | 27,052 | 26,872 | 26,690 | 26,598 | 26,505 | 26,411 | 26,316 | 26,221 | 26,125 |
| 4 | 21,198 | 18,000 | 16,694 | 15,977 | 15,522 | 15,207 | 14,976 | 14,799 | 14,659 | 14,546 | 14,374 | 14,198 | 14,020 | 13,929 | 13,838 | 13,745 | 13,652 | 13,558 | 13,463 |
| 5 | 16,258 | 13,274 | 12,060 | 11,392 | 10,967 | 10,672 | 10,456 | 10,289 | 10,158 | 10,051 | 9,888 | 9,722 | 9,553 | 9,466 | 9,379 | 9,291 | 9,202 | 9,112 | 9,020 |
| 6 | 13,745 | 10,925 | 9,780 | 9,148 | 8,746 | 8,466 | 8,260 | 8,102 | 7,976 | 7,874 | 7,718 | 7,559 | 7,396 | 7,313 | 7,229 | 7,143 | 7,057 | 6,969 | 6,880 |
| 7 | 12,246 | 9,547 | 8,451 | 7,847 | 7,460 | 7,191 | 6,993 | 6,840 | 6,719 | 6,620 | 6,469 | 6,314 | 6,155 | 6,074 | 5,992 | 5,908 | 5,824 | 5,737 | 5,650 |
| 8 | 11,259 | 8,649 | 7,591 | 7,006 | 6,632 | 6,371 | 6,178 | 6,029 | 5,911 | 5,814 | 5,667 | 5,515 | 5,359 | 5,279 | 5,198 | 5,116 | 5,032 | 4,946 | 4,859 |
| 9 | 10,561 | 8,022 | 6,992 | 6,422 | 6,057 | 5,802 | 5,613 | 5,467 | 5,351 | 5,257 | 5,111 | 4,962 | 4,808 | 4,729 | 4,649 | 4,567 | 4,483 | 4,398 | 4,311 |
| 10 | 10,044 | 7,559 | 6,552 | 5,994 | 5,636 | 5,386 | 5,200 | 5,057 | 4,942 | 4,849 | 4,706 | 4,558 | 4,405 | 4,327 | 4,247 | 4,165 | 4,082 | 3,996 | 3,909 |
| 11 | 9,646 | 7,206 | 6,217 | 5,668 | 5,316 | 5,069 | 4,886 | 4,744 | 4,632 | 4,539 | 4,397 | 4,251 | 4,099 | 4,021 | 3,941 | 3,860 | 3,776 | 3,690 | 3,602 |
| 12 | 9,330 | 6,927 | 5,953 | 5,412 | 5,064 | 4,821 | 4,640 | 4,499 | 4,388 | 4,296 | 4,155 | 4,010 | 3,858 | 3,780 | 3,701 | 3,619 | 3,535 | 3,449 | 3,361 |
| 13 | 9,074 | 6,701 | 5,739 | 5,205 | 4,862 | 4,620 | 4,441 | 4,302 | 4,191 | 4,100 | 3,960 | 3,815 | 3,665 | 3,587 | 3,507 | 3,425 | 3,341 | 3,255 | 3,165 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 14 | 8,862 | 6,515 | 5,564 | 5,035 | 4,695 | 4,456 | 4,278 | 4,140 | 4,030 | 3,939 | 3,800 | 3,656 | 3,505 | 3,427 | 3,348 | 3,266 | 3,181 | 3,094 | 3,004 |
| 15 | 8,683 | 6,359 | 5,417 | 4,893 | 4,556 | 4,318 | 4,142 | 4,004 | 3,895 | 3,805 | 3,666 | 3,522 | 3,372 | 3,294 | 3,214 | 3,132 | 3,047 | 2,959 | 2,868 |
| 16 | 8,531 | 6,226 | 5,292 | 4,773 | 4,437 | 4,202 | 4,026 | 3,890 | 3,780 | 3,691 | 3,553 | 3,409 | 3,259 | 3,181 | 3,101 | 3,018 | 2,933 | 2,845 | 2,753 |
| 17 | 8,400 | 6,112 | 5,185 | 4,669 | 4,336 | 4,102 | 3,927 | 3,791 | 3,682 | 3,593 | 3,455 | 3,312 | 3,162 | 3,084 | 3,003 | 2,920 | 2,835 | 2,746 | 2,653 |
| 18 | 8,285 | 6,013 | 5,092 | 4,579 | 4,248 | 4,015 | 3,841 | 3,705 | 3,597 | 3,508 | 3,371 | 3,227 | 3,077 | 2,999 | 2,919 | 2,835 | 2,749 | 2,660 | 2,566 |
| 19 | 8,185 | 5,926 | 5,010 | 4,500 | 4,171 | 3,939 | 3,765 | 3,631 | 3,523 | 3,434 | 3,297 | 3,153 | 3,003 | 2,925 | 2,844 | 2,761 | 2,674 | 2,584 | 2,489 |
| 20 | 8,096 | 5,849 | 4,938 | 4,431 | 4,103 | 3,871 | 3,699 | 3,564 | 3,457 | 3,368 | 3,231 | 3,088 | 2,938 | 2,859 | 2,778 | 2,695 | 2,608 | 2,517 | 2,421 |
| 21 | 8,017 | 5,780 | 4,874 | 4,369 | 4,042 | 3,812 | 3,640 | 3,506 | 3,398 | 3,310 | 3,173 | 3,030 | 2,880 | 2,801 | 2,720 | 2,636 | 2,548 | 2,457 | 2,360 |
| 22 | 7,945 | 5,719 | 4,817 | 4,313 | 3,988 | 3,758 | 3,587 | 3,453 | 3,346 | 3,258 | 3,121 | 2,978 | 2,827 | 2,749 | 2,667 | 2,583 | 2,495 | 2,403 | 2,305 |
| 23 | 7,881 | 5,664 | 4,765 | 4,264 | 3,939 | 3,710 | 3,539 | 3,406 | 3,299 | 3,211 | 3,074 | 2,931 | 2,781 | 2,702 | 2,620 | 2,535 | 2,447 | 2,354 | 2,256 |
| 24 | 7,823 | 5,614 | 4,718 | 4,218 | 3,895 | 3,667 | 3,496 | 3,363 | 3,256 | 3,168 | 3,032 | 2,889 | 2,738 | 2,659 | 2,577 | 2,492 | 2,403 | 2,310 | 2,211 |
| 25 | 7,770 | 5,568 | 4,675 | 4,177 | 3,855 | 3,627 | 3,457 | 3,324 | 3,217 | 3,129 | 2,993 | 2,850 | 2,699 | 2,620 | 2,538 | 2,453 | 2,364 | 2,270 | 2,169 |
| 26 | 7,721 | 5,526 | 4,637 | 4,140 | 3,818 | 3,591 | 3,421 | 3,288 | 3,182 | 3,094 | 2,958 | 2,815 | 2,664 | 2,585 | 2,503 | 2,417 | 2,327 | 2,233 | 2,131 |
| 27 | 7,677 | 5,488 | 4,601 | 4,106 | 3,785 | 3,558 | 3,388 | 3,256 | 3,149 | 3,062 | 2,926 | 2,783 | 2,632 | 2,552 | 2,470 | 2,384 | 2,294 | 2,198 | 2,097 |
| 28 | 7,636 | 5,453 | 4,568 | 4,074 | 3,754 | 3,528 | 3,358 | 3,226 | 3,120 | 3,032 | 2,896 | 2,753 | 2,602 | 2,522 | 2,440 | 2,354 | 2,263 | 2,167 | 2,064 |
| 29 | 7,598 | 5,420 | 4,538 | 4,045 | 3,725 | 3,499 | 3,330 | 3,198 | 3,092 | 3,005 | 2,868 | 2,726 | 2,574 | 2,495 | 2,412 | 2,325 | 2,234 | 2,138 | 2,034 |
| 30 | 7,562 | 5,390 | 4,510 | 4,018 | 3,699 | 3,473 | 3,304 | 3,173 | 3,067 | 2,979 | 2,843 | 2,700 | 2,549 | 2,469 | 2,386 | 2,299 | 2,208 | 2,111 | 2,006 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 40 | 7,314 | 5,179 | 4,313 | 3,828 | 3,514 | 3,291 | 3,124 | 2,993 | 2,888 | 2,801 | 2,665 | 2,522 | 2,369 | 2,288 | 2,203 | 2,114 | 2,019 | 1,917 | 1,805 |
| 60 | 7,077 | 4,977 | 4,126 | 3,649 | 3,339 | 3,119 | 2,953 | 2,823 | 2,718 | 2,632 | 2,496 | 2,352 | 2,198 | 2,115 | 2,028 | 1,936 | 1,836 | 1,726 | 1,601 |
| 120 | 6,851 | 4,787 | 3,949 | 3,480 | 3,174 | 2,956 | 2,792 | 2,663 | 2,559 | 2,472 | 2,336 | 2,192 | 2,035 | 1,950 | 1,860 | 1,763 | 1,656 | 1,533 | 1,381 |
| ∞ | 6,635 | 4,605 | 3,782 | 3,319 | 3,017 | 2,802 | 2,639 | 2,511 | 2,407 | 2,321 | 2,185 | 2,039 | 1,878 | 1,791 | 1,696 | 1,592 | 1,473 | 1,325 | 1,000 |

Додаток 3.

Частка відбору (р, %), точка перерізу (х) і інтенсивність відбору (і)

(Фалконер Д.С. Введение в генетику количественных признаков.

– М.: Агропромиздат, 1985. -486с.)

| р. % | х | і | р. % | х | і | р. % | х | і |
|------|-------|-------|------|-------|-------|------|--------|-------|
| 0.01 | 3.719 | 3.959 | 1.0 | 2.326 | 2.665 | 20 | 0.842 | 1.400 |
| 0.02 | 3.540 | 3.789 | 1.2 | 2.257 | 2.603 | 21 | 0.806 | 1.372 |
| 0.03 | 3.432 | 3.687 | 1.4 | 2.197 | 2.549 | 22 | 0.772 | 1.346 |
| 0.04 | 3.353 | 3.613 | 1.6 | 2.144 | 2.502 | 23 | 0.739 | 1.320 |
| 0.05 | 3.291 | 3.554 | 1.8 | 2.097 | 2.459 | 24 | 0.706 | 1.295 |
| 0.06 | 3.239 | 3.506 | 2.0 | 2.054 | 2.421 | 25 | 0.675 | 1.271 |
| 0.07 | 3.195 | 3.465 | 2.2 | 2.014 | 2.386 | 26 | 0.643 | 1.248 |
| 0.08 | 3.156 | 3.428 | 2.4 | 1.977 | 2.353 | 27 | 0.613 | 1.225 |
| 0.09 | 3.121 | 3.396 | 2.6 | 1.943 | 2.323 | 28 | 0.583 | 1.202 |
| 0.10 | 3.090 | 3.367 | 2.8 | 1.911 | 2.295 | 29 | 0.553 | 1.180 |
| | | | 3.0 | 1.881 | 2.268 | 30 | 0.524 | 1.159 |
| 0.12 | 3.036 | 3.316 | 3.2 | 1.852 | 2.243 | 31 | 0.496 | 1.138 |
| 0.14 | 2.989 | 3.273 | 3.4 | 1.825 | 2.219 | 32 | 0.468 | 1.118 |
| 0.16 | 2.948 | 3.235 | 3.6 | 1.799 | 2.197 | 33 | 0.440 | 1.097 |
| 0.18 | 2.911 | 3.201 | 3.8 | 1.774 | 2.175 | 34 | 0.413 | 1.078 |
| 0.20 | 2.878 | 3.170 | 4.0 | 1.751 | 2.154 | 35 | 0.385 | 1.058 |
| 0.22 | 2.848 | 3.142 | 4.2 | 1.728 | 2.135 | 36 | 0.359 | 1.039 |
| 0.24 | 2.820 | 3.117 | 4.4 | 1.706 | 2.116 | 37 | 0.332 | 1.021 |
| 0.26 | 2.794 | 3.093 | 4.6 | 1.685 | 2.097 | 38 | 0.306 | 1.002 |
| 0.28 | 2.770 | 3.071 | 4.8 | 1.665 | 2.080 | 39 | 0.279 | 0.984 |
| 0.30 | 2.748 | 3.050 | 5.0 | 1.645 | 2.063 | 40 | 0.253 | 0.966 |
| 0.32 | 2.727 | 3.030 | | | | 41 | 0.228 | 0.948 |
| 0.34 | 2.707 | 3.012 | 5.0 | 1.645 | 2.063 | 42 | 0.202 | 0.931 |
| 0.36 | 2.687 | 2.994 | 5.5 | 1.598 | 2.023 | 43 | 0.176 | 0.914 |
| 0.38 | 2.669 | 2.978 | 6.0 | 1.555 | 1.985 | 44 | 0.151 | 0.896 |
| 0.40 | 2.652 | 2.962 | 6.5 | 1.514 | 1.951 | 45 | 0.126 | 0.880 |
| 0.42 | 2.636 | 2.947 | 7.0 | 1.476 | 1.918 | 46 | 0.100 | 0.863 |
| 0.44 | 2.620 | 2.932 | 7.5 | 1.440 | 1.887 | 47 | 0.075 | 0.846 |
| 0.46 | 2.605 | 2.918 | 8.0 | 1.405 | 1.858 | 48 | 0.050 | 0.830 |
| 0.48 | 2.590 | 2.905 | 8.5 | 1.372 | 1.831 | 49 | 0.025 | 0.814 |
| 0.50 | 2.576 | 2.892 | 9.0 | 1.341 | 1.804 | 50 | 0.000 | 0.798 |
| | | | 9.5 | 1.311 | 1.779 | | | |
| 0.50 | 2.576 | 2.892 | 10.0 | 1.282 | 1.755 | 60 | -0.253 | 0.644 |
| 0.55 | 2.543 | 2.862 | | | | 70 | -0.524 | 0.497 |
| 0.60 | 2.512 | 2.834 | 11 | 1.227 | 1.709 | 80 | -0.842 | 0.350 |
| 0.65 | 2.484 | 2.808 | 12 | 1.175 | 1.667 | 90 | -1.282 | 0.195 |
| 0.70 | 2.457 | 2.784 | 13 | 1.126 | 1.627 | | | |
| 0.75 | 2.432 | 2.761 | 14 | 1.080 | 1.590 | | | |
| 0.80 | 2.409 | 2.740 | 15 | 1.036 | 1.554 | | | |
| 0.85 | 2.387 | 2.720 | 16 | 0.995 | 1.521 | | | |
| 0.90 | 2.366 | 2.701 | 17 | 0.954 | 1.489 | | | |
| 0.95 | 2.346 | 2.683 | 18 | 0.915 | 1.458 | | | |
| 1.00 | 2.326 | 2.665 | 19 | 0.878 | 1.428 | | | |

Відповіді на завдання

Завдання до розділу 1.

Завдання 1.1.

Провести обробку варіаційного ряду живої маси у віці 12 місяців бугаїв абердин-ангуської породи, внесених до каталогу племінних бугаїв м'ясних порід України.

| n | M | Se | S ² | S | Cv |
|---|---|----|----------------|---|----|
|---|---|----|----------------|---|----|

| | | | | | |
|----|--------|-------|---------|-------|-------|
| 15 | 379,87 | 15,46 | 3585,98 | 59,88 | 15,8% |
|----|--------|-------|---------|-------|-------|

Завдання 1.2.

Провести обробку варіаційного ряду надою молока за 305 днів корів української червоно-рябої молочної породи.

| n | M | Se | S ² | S | Cv |
|---|---|----|----------------|---|----|
|---|---|----|----------------|---|----|

| | | | | | |
|----|---------|--------|------------|---------|-------|
| 19 | 6633,47 | 363,56 | 2511287,26 | 1584,70 | 23,9% |
|----|---------|--------|------------|---------|-------|

Завдання 1.3.

Провести обробку варіаційного ряду міжотельного періоду (період між датами першого і другого отелення) корів української чорно-рябої молочної породи.

| n | M | Se | S ² | S | Cv |
|---|---|----|----------------|---|----|
|---|---|----|----------------|---|----|

| | | | | | |
|----|--------|-------|---------|-------|-------|
| 20 | 399,45 | 14,13 | 3991,84 | 63,18 | 15,8% |
|----|--------|-------|---------|-------|-------|

Завдання 1.4.

Провести порівняння двох варіаційних рядів (побудувати ранжовані варіаційні ряди, розрахувати середні значення, розрахувати показники мінливості кількісної ознаки (дисперсії, середні квадратичні відхилення, коефіцієнти варіації, стандартні помилки середніх арифметичних), провести оцінку вірогідності різниці між середніми значеннями по варіаційних рядах живої маси у віці 12 місяців бугаїв української м'ясної і абердин-ангуської порід, внесених до каталогу племінних бугаїв м'ясних порід.

українська м'ясна порода

| n | M | Se | S ² | S | Cv |
|---|---|----|----------------|---|----|
|---|---|----|----------------|---|----|

| | | | | | |
|----|--------|-------|---------|-------|-------|
| 15 | 420,80 | 11,24 | 1896,17 | 43,55 | 10,3% |
|----|--------|-------|---------|-------|-------|

абердин-ангуська порода

| n | M | Se | S ² | S | Cv |
|---|---|----|----------------|---|----|
|---|---|----|----------------|---|----|

| | | | | | |
|----|--------|-------|---------|-------|-------|
| 14 | 375,57 | 15,95 | 3563,80 | 59,70 | 15,9% |
|----|--------|-------|---------|-------|-------|

$$v = 27$$

$$t_d = 2,32$$

Завдання 1.5.

Провести порівняння двох варіаційних рядів (побудувати ранжовані варіаційні ряди, розрахувати середні значення, розрахувати показники мінливості кількісної ознаки (дисперсії, середні квадратичні відхилення, коефіцієнти варіації, стандартні помилки середніх арифметичних), провести оцінку вірогідності різниці між середніми значеннями по варіаційних рядах

надою молока за 305 днів лактації корів голштинської і української чорно-рябої молочної порід.

українська чорно-ряба молочна порода

| n | M | Se | S ² | S | Cv |
|---|---|----|----------------|---|----|
|---|---|----|----------------|---|----|

| | | | | | |
|----|--------|-------|------------|---------|-------|
| 18 | 7647,2 | 401,0 | 2894120,62 | 1701,21 | 22,2% |
|----|--------|-------|------------|---------|-------|

голштинська порода

| n | M | Se | S ² | S | Cv |
|---|---|----|----------------|---|----|
|---|---|----|----------------|---|----|

| | | | | | |
|----|--------|-------|------------|---------|-------|
| 14 | 8593.8 | 527.4 | 3893710.95 | 1973.25 | 23.0% |
|----|--------|-------|------------|---------|-------|

$v = 30$

$t_d = 1,43$

Завдання 1.6.

Провести порівняння двох варіаційних рядів (побудувати ранжовані варіаційні ряди, розрахувати середні значення, розрахувати показники мінливості кількісної ознаки (дисперсії, середні квадратичні відхилення, коефіцієнти варіації, стандартні помилки середніх арифметичних), провести оцінку вірогідності різниці між середніми значеннями по варіаційних рядах середньодобового приросту від народження до 12-місячного віку бугаїв української м'ясної і абердин-ангуської порід, внесених до каталогу племінних бугаїв м'ясних порід.

українська м'ясна порода

| n | M | Se | S ² | S | Cv |
|---|---|----|----------------|---|----|
|---|---|----|----------------|---|----|

| | | | | | |
|----|--------|------|---------|--------|-------|
| 15 | 1043,0 | 30,6 | 14064,3 | 118,59 | 11,4% |
|----|--------|------|---------|--------|-------|

абердин-ангуська порода

| n | M | Se | S ² | S | Cv |
|---|---|----|----------------|---|----|
|---|---|----|----------------|---|----|

| | | | | | |
|----|-------|------|---------|--------|-------|
| 15 | 996,0 | 48,6 | 35358,4 | 188,04 | 18,9% |
|----|-------|------|---------|--------|-------|

$v = 28$

$t_d = 0,82$

Завдання до розділу 2.

Завдання 2.1.

Провести розрахунок показників зв'язку між живою масою у віці 12 місяців і висотою в холці бугаїв української м'ясної породи, внесених до каталогу племінних бугаїв м'ясних порід.

| n | M | Se | S ² | S | Cv |
|---|---|----|----------------|---|----|
|---|---|----|----------------|---|----|

Жива маса у віці 12 місяців, кг (X)

| | | | | | |
|----|--------|-------|---------|-------|-------|
| 15 | 420,80 | 11,24 | 1896,17 | 43,55 | 10,3% |
|----|--------|-------|---------|-------|-------|

Висота в холці, см (Y)

| | | | | | |
|----|--------|------|-------|------|------|
| 15 | 127,87 | 1,31 | 25,84 | 5,08 | 4,0% |
|----|--------|------|-------|------|------|

Коефіцієнт кореляції:

$r_{XY} = 0,1816$

$m_{r_{XY}} = 0,2727$

$t_{r_{XY}} = 0,6657$

$$v = 13$$

Коефіцієнти регресії:

Жива маса на висоту в холці $b_{XY} = 1,55529$

$$m_{b_{XY}} = 2,3365$$

Висота в холці на живу масу $b_{YX} = 0,02119$

$$m_{b_{YX}} = 0,0318$$

Завдання 2.2.

Провести розрахунок показників зв'язку між надоем молока за 305 днів лактації і вмістом жиру в молоці корів української червоно-рябої молочної породи.

| n | M | Se | S ² | S | Cv |
|---|---|----|----------------|---|----|
|---|---|----|----------------|---|----|

Надій молока за 305 днів лактації, кг (X)

| | | | | | |
|----|--------|--------|------------|---------|-------|
| 21 | 5997,2 | 282,89 | 1680516,66 | 1296,35 | 21,6% |
|----|--------|--------|------------|---------|-------|

Вміст жиру в молоці, % (Y)

| | | | | | |
|----|------|------|------|------|------|
| 21 | 3,65 | 0,05 | 0,04 | 0,21 | 5,8% |
|----|------|------|------|------|------|

Коефіцієнт кореляції:

$$r_{XY} = -0,0397$$

$$m_{r_{XY}} = 0,2292$$

$$t_{r_{XY}} = 0,1732$$

$$v = 19$$

Коефіцієнти регресії:

Надій молока на вміст жиру в молоці $b_{XY} = -244,1$

$$m_{b_{XY}} = 1409,0$$

Вміст жиру в молоці на надій молока $b_{YX} = -0,00001$

$$m_{b_{YX}} = 0,000002$$

Завдання 2.3.

Провести розрахунок показників зв'язку між середньодобовим приростом від народження до 12-місячного віку і живою масою у віці 12 місяців бугаїв абердин-ангуської породи, внесених до каталогу племінних бугаїв м'ясних порід.

| n | M | Se | S ² | S | Cv |
|---|---|----|----------------|---|----|
|---|---|----|----------------|---|----|

Середньодобовий приріст, г (X)

| | | | | | |
|----|--------|-------|----------|--------|-------|
| 15 | 996,00 | 48,55 | 35358,43 | 188,04 | 18,9% |
|----|--------|-------|----------|--------|-------|

Жива маса, кг (Y)

| | | | | | |
|----|--------|-------|---------|-------|-------|
| 15 | 379,87 | 15,46 | 3585,98 | 59,88 | 15,8% |
|----|--------|-------|---------|-------|-------|

Коефіцієнт кореляції:

$$r_{XY} = 0,5933$$

$$m_{r_{XY}} = 0,2233$$

$$t_{r_{XY}} = 0,2233$$

$$v = 13$$

Коефіцієнти регресії:

Середньодобовий приріст на живу масу $b_{XY} = 1,86291$

$$m_{b_{XY}} = 0,7011$$

Жива маса на середньодобовий приріст $b_{YX} = 0,18893$

$$m_{b_{YX}} = 0,0711$$

Завдання 2.4.

Провести розрахунок показників зв'язку між вмістом жиру і білка в молоці корів голштинської породи.

| n | M | Se | S ² | S | Cv |
|---|---|----|----------------|---|----|
|---|---|----|----------------|---|----|

Вміст жиру в молоці, % (X)

| | | | | | |
|----|------|------|------|------|------|
| 26 | 3,80 | 0,05 | 0,08 | 0,28 | 7,3% |
|----|------|------|------|------|------|

Вміст білка в молоці, % (Y)

26 3,05 0,02 0,01 0,09 3,0%

Коефіцієнт кореляції:

$$r_{XY} = 0,1819$$

$$m_{r_{XY}} = 0,2007$$

$$t_{r_{XY}} = 0,9063$$

$$v = 24$$

Коефіцієнти регресії:

Вміст жиру в молоці на вміст білка в молоці $b_{XY} = 0,55461$

$$m_{b_{XY}} = 0,6120$$

Вміст білка в молоці на вміст жиру в молоці $b_{YX} = 0,05966$

$$m_{b_{YX}} = 0,0658$$

Завдання 2.5.

Провести розрахунок показників зв'язку між надоем молока за 305 днів лактації і міжотельним періодом корів голштинської породи.

n M Se S² S Cv

Надій молока за 305 днів лактації, кг (X)

26 6100,77 290,08 2187749,06 1479,10 24,2%

Міжотельний період, днів (Y)

26 433,23 18,76 9154,58 95,68 22,1%

Коефіцієнт кореляції:

$$r_{XY} = 0,0489$$

$$m_{r_{XY}} = 0,2039$$

$$t_{r_{XY}} = 0,2401$$

$$v = 24$$

Коефіцієнти регресії:

Надій молока на міжотельний період $b_{XY} = 0,75668$

$$m_{b_{XY}} = 3,1518$$

Міжотельний період на надій молока $b_{YX} = 0,00317$

$$m_{b_{YX}} = 0,0132$$

Завдання до розділу 3.

Завдання 3.1.

Провести одно-факторний дисперсійний аналіз впливу породи на живу масу бугаїв м'ясних порід у віці 12 місяців.

| Джерело дисперсії | Сума квадратів відхилень, SS | Число ступенів свободи | Середній квадрат відхилень, MS | Критерій вірогідності Р.Фішера |
|---------------------|------------------------------|------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| Фактор А | $SS_A = 3157,4$ | $\nu_A = 1$ | $MS_A = 3157,4$ | F = 1,206 |
| Невраховані фактори | $SS_H = 13089,4$ | $\nu_H = 5$ | $MS_H = 2617,9$ | |
| Повна дисперсія | $SS_{\Pi} = 16246,8$ | $\nu_{\Pi} = 6$ | | |

Ступінь впливу фактора А за методом М. О. Плохінського:

$$\eta^2 = 24,1\%$$

Завдання 3.2.

Провести одно-факторний дисперсійний аналіз впливу бугаїв-плідників української чорно-рябої молочної породи на надой молока по першій лактації їх дочок.

| Джерело дисперсії | Сума квадратів відхилень, SS | Число ступенів свободи | Середній квадрат відхилень, MS | Критерій вірогідності Р.Фішера |
|---------------------|------------------------------|------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| Фактор А | $SS_A = 876183,0$ | $\nu_A = 2$ | $MS_A = 438091,5$ | F = 0,272 |
| Невраховані фактори | $SS_H = 8057169,8$ | $\nu_H = 5$ | $MS_H = 1611434,0$ | |
| Повна дисперсія | $SS_{\Pi} = 8933352,9$ | $\nu_{\Pi} = 7$ | | |

Ступінь впливу фактора А за методом Н.А.Плохінського:

$$\eta^2 = 9,8\%.$$

Завдання 3.3.

Провести одно-факторний дисперсійний аналіз впливу породи на величину між отельного періоду (періоду між датами першого і другого отелення) молочних корів.

| Джерело дисперсії | Сума квадратів відхилень, SS | Число ступенів свободи | Середній квадрат відхилень, MS | Критерій вірогідності Р. Фішера |
|---------------------|------------------------------|------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| Фактор А | $SS_A = 19851,4$ | $\nu_A = 2$ | $MS_A = 9925,7$ | F = 8,503 |
| Невраховані фактори | $SS_H = 5836,5$ | $\nu_H = 5$ | $MS_H = 1167,3$ | |
| Повна дисперсія | $SS_{\Pi} = 25687,9$ | $\nu_{\Pi} = 7$ | | |

Ступінь впливу фактора А за методом М. О. Плохінського:

$$\eta^2 = 77,3\%.$$

Завдання 3.4.

Провести двох-факторний дисперсійний аналіз впливу породи і бугая-плідника на надої молока по першій лактації молочних корів.

| Джерело дисперсії | Сума квадратів відхилень | Число ступенів свободи | Середній квадрат відхилень | Критерій вірогідності Р.Фішера |
|--------------------------|--------------------------|------------------------|----------------------------|--------------------------------|
| Фактор А | $SS_A = 10950000$ | $\nu_A = 1$ | $MS_A = 10950000$ | $F_A = 12,745$ |
| Фактор Б | $SS_B = 559682$ | $\nu_B = 1$ | $MS_B = 559682$ | $F_B = 0,651$ |
| Взаємодія факторів А і Б | $SS_{AB} = 34848$ | $\nu_{AB} = 1$ | $MS_{AB} = 34848$ | $F_{AB} = 0,041$ |
| Невраховані фактори | $SS_H = 3436974$ | $\nu_H = 4$ | $MS_H = 859243,5$ | |
| Повна дисперсія | $SS_{\Pi} = 14981504$ | $\nu_{\Pi} = 8$ | | |

Ступені впливу факторів за методом М. О. Плохінського:

$$\eta_A^2 = 13,0\%$$

$$\eta_B^2 = 3,7\%$$

$$\eta_{AB}^2 = 0,2\%.$$

Завдання 3.5.

Провести двох-факторний дисперсійний аналіз впливу господарства і бугая-плідника на міжотельний період молочних корів.

| Джерело дисперсії | Сума квадратів відхилень | Число ступенів свободи | Середній квадрат відхилень | Критерій вірогідності Р.Фішера |
|--------------------------|--------------------------|------------------------|----------------------------|--------------------------------|
| Фактор А | $SS_A = 9384,5$ | $\nu_A = 1$ | $MS_A = 9384,5$ | $F_A = 13,139$ |
| Фактор Б | $SS_B = 924,5$ | $\nu_B = 1$ | $MS_B = 924,5$ | $F_B = 1,294$ |
| Взаємодія факторів А і Б | $SS_{AB} = 1800,0$ | $\nu_{AB} = 1$ | $MS_{AB} = 1800,0$ | $F_{AB} = 2,520$ |
| Невраховані фактори | $SS_H = 2857,0$ | $\nu_H = 4$ | $MS_H = 714,3$ | |
| Повна дисперсія | $SS_{\Pi} = 14966,0$ | $\nu_{\Pi} = 8$ | | |

Ступені впливу факторів за методом М. О. Плохінського:

$$\eta_A^2 = 62,7\%$$

$$\eta_B^2 = 6,2\%.$$

$$\eta_{AB}^2 = 12,0\%.$$

Завдання до розділу 4.

Завдання 4.1.

Оцінити коефіцієнт успадкованості надою молока корів української чорно-рябої молочної породи за даними про надої молока корів і їх матерів на основі регресії значення кількісної ознаки потомка на значення цієї ознаки одного з батьків (матері).

Коефіцієнт успадкованості $h^2 = 0,24$.

Завдання 4.2.

Оцінити коефіцієнт успадкованості живої маси у віці 12 місяців української м'ясної породи за даними про живу масу телиць і їх батьків на основі регресії значення кількісної ознаки потомка на середнє значення цієї ознаки його батьків.

Коефіцієнт успадкованості $h^2 = 0,71$.

Завдання 4.3.

Оцінити коефіцієнт успадкованості надою молока корів української чорно-рябої молочної породи на основі дисперсійного аналізу впливу бугаїв-плідників на надої молока їх дочок.

Коефіцієнт успадкованості $h^2 = 0,24$.

Завдання 4.4.

Оцінити коефіцієнт успадкованості вмісту жиру в молоці корів української чорно-рябої молочної породи на основі дисперсійного аналізу впливу бугаїв-плідників на надої молока їх дочок.

Коефіцієнт успадкованості $h^2 = 0,64$.

Завдання 4.5.

Оцінити коефіцієнт успадкованості міжотельного періоду корів української чорно-рябої молочної породи на основі дисперсійного аналізу впливу бугаїв-плідників на надої молока їх дочок.

Коефіцієнт успадкованості $h^2 = 0,08$.

Завдання до розділу 5.

Завдання 5.1.

Оцінити коефіцієнт повторюваності надою молока за 305 днів лактації корів української червоно-рябої молочної породи.

Коефіцієнт повторюваності $r_w = 0,55$.

Завдання 5.2.

Оцінити коефіцієнт повторюваності вмісту жиру в молоці корів голштинської породи.

Коефіцієнт повторюваності $r_w = 0,83$.

Завдання 5.3.

Оцінити коефіцієнт повторюваності вмісту білка в молоці корів голштинської породи.

Коефіцієнт повторюваності $r_w = 0,79$.

Завдання 5.4.

Оцінити коефіцієнт повторюваності міжотельного періоду корів української чорно-рябої молочної породи.

Коефіцієнт повторюваності $r_w = 0,14$.

Завдання 5.5.

Оцінити коефіцієнт повторюваності сервіс-періоду корів української чорно-рябої молочної породи.

Коефіцієнт повторюваності $r_w = 0,15$.

Завдання до розділу 6.

Завдання 6.1.

Розрахувати коефіцієнт інбридингу бугая Comet 115 шортгорнської породи.

Предки, на яких має місце інбридинг: Foljambe, Phoenix, Favourite.

Коефіцієнт інбридингу $F = 43,75\%$

Завдання 6.2.

Розрахувати коефіцієнт інбридингу жеребця 207 Ансамбль.

Предки, на яких має місце інбридинг: 2 Безпечний

Коефіцієнт інбридингу $F = 1,56\%$

Завдання 6.3.

Розрахувати коефіцієнт інбридингу жеребця Орбіт.

Предки, на яких має місце інбридинг: 841 Омега, Т54 Хобот 106

Коефіцієнт інбридингу $F = 3,91\%$

Завдання 6.4.

Розрахувати коефіцієнт інбридингу корови Куліса 1376 червоної датської породи.

Предки, на яких має місце інбридинг: Васильок

Коефіцієнт інбридингу $F = 6,25\%$

Завдання 6.5.

Розрахувати коефіцієнт інбридингу кобили Риксаліна арабської породи.

Предки, на яких має місце інбридинг: Рисала, Ридаа

Коефіцієнт інбридингу $F = 9,38\%$

Завдання до розділу 7.

Завдання 7.1.

Провести аналіз схрещування голштинської (А) і айрширської (В) порід молочної худоби.

| Покоління | Породний склад, % | Частка локусів в генотипі тварин, гетерозиготних за генами вихідних порід, % |
|-----------|----------------------|---|
| 0 | 100%А, 100%В | 0 |
| 1 | 50%А, 50%В | 100% |

Ефект гетерозису за надоем молока: 240 кг

Завдання 7.2.

Провести аналіз схрещування голштинської (А) і джерсейської (В) порід молочної худоби

| Покоління | Породний склад, % | Частка локусів в генотипі тварин, гетерозиготних за генами вихідних порід, % |
|-----------|----------------------|---|
| 0 | 100%А, 100%В | 0 |
| 1 | 50%А, 50%В | 100% |

Ефект гетерозису за кількістю молочного жиру: 34,1 кг

Завдання 7.3.

Провести аналіз схрещування голштинської (А) і швіцької (В) порід молочної худоби.

| Покоління | Породний склад, % | Частка локусів в генотипі тварин, гетерозиготних за генами вихідних порід, % |
|-----------|----------------------|---|
| 0 | 100%А, 100%В | 0 |
| 1 | 50%А, 50%В | 100% |

Ефект гетерозису за кількістю молочного білка: 20,6 кг

Завдання 7.4.

Провести аналіз схрещування схрещування голштинської (А) і монбельярдської (В) порід молочної худоби.

| Покоління | Породний склад, % | Частка локусів в генотипі тварин, гетерозиготних за генами вихідних порід, % |
|-----------|-------------------|--|
| 0 | 100%A, 100%B | 0 |
| 1 | 50%A, 50%B | 100% |
| 2 | 75%A, 25%B | 50% |

Ефект гетерозису за міжотельним періодом:

- за даними помісей першого покоління

$$H_{AB1} = -10 \text{ днів}$$

- за даними помісей другого покоління

$$H_{AB2} = -10 \text{ днів.}$$

Завдання 7.5.

Провести аналіз схрещування ангуської (А) і герефордської (В) порід м'ясної худоби

| Покоління | Породний склад, % | Частка локусів в генотипі тварин, гетерозиготних за генами вихідних порід, % |
|-----------|-------------------|--|
| 0 | 100%A, 100%B | 0 |
| 1 | 50%A, 50%B | 100% |
| 2 | 50%A, 50%B | 50% |

Ефект гетерозису за живою масою при відлученні:

- за даними продуктивності помісей першого покоління

$$H_{AB1} = 27,5 \text{ кг}$$

- за даними продуктивності помісей другого покоління

$$H_{AB2} = 27,0 \text{ кг}$$

Завдання до розділу 8.

Завдання 8.1.

Провести оцінку відповіді на відбір у стаді молочних корів з середнім надоєм молока 7500 кг і стандартним фенотипічним відхиленням (σ_y) надою молока 1550 кг при бракуванні 15% корів з найнижчим надоєм молока. Коефіцієнт успадкованості надою молока (h^2) дорівнює 0,20. Генераційний інтервал молочних корів дорівнює 4,5 років.

Інтенсивність відбору $i = 0,273$

Точність відбору $r_{gl} = 0,45$

Стандартне генетичне відхилення ознаки $\sigma_g = 697,5$ кг

Генераційний інтервал $L = 4,5$ років

Відповідь на відбір за один рік: $R = 19,0$ кг

Відносна відповідь на відбір в одиницях стандартного генетичного відхилення: $R_{\sigma_g} = 2,72\%$

Відповідь на відбір відносно середнього значення: $R_M = 0,25\%$

Завдання 8.2.

Провести оцінку відповіді на відбір у стаді молочних корів з середнім надоєм молока 8000 кг і стандартним фенотипічним відхиленням (σ_y) надою молока 1600кг при бракуванні 10% корів з найнижчим надоєм молока. Коефіцієнт успадкованості надою молока (h^2) дорівнює 0,18. Генераційний інтервал молочних корів дорівнює 5 років.

Інтенсивність відбору $i = 0,195$

Точність відбору $r_{gl} = 0,42$

Стандартне генетичне відхилення ознаки $\sigma_g = 672,0$ кг

Генераційний інтервал $L = 5,0$ років

Відповідь на відбір за один рік: $R = 11,0$ кг

Відносна відповідь на відбір в одиницях стандартного генетичного відхилення: $R_{\sigma_g} = 1,64\%$

Відповідь на відбір відносно середнього значення: $R_M = 0,14\%$

Завдання 8.3.

Провести оцінку відповіді на відбір у стаді молочних корів з середнім надоєм молока 8500 кг і стандартним фенотипічним відхиленням (σ_y) надою молока 1500кг при бракуванні 17% корів з найнижчим надоєм молока. Коефіцієнт успадковуваності надою молока (h^2) дорівнює 0,22. Генераційний інтервал молочних корів дорівнює 4,3 років.

Інтенсивність відбору $i = 0,273$

Точність відбору $r_{gl} = 0,47$

Стандартне генетичне відхилення ознаки $\sigma_g = 705,0$ кг

Генераційний інтервал $L = 4,3$ років

Відповідь на відбір за один рік: $R = 21,0$ кг

Відносна відповідь на відбір в одиницях стандартного генетичного відхилення: $R_{\sigma_g} = 3,0\%$

Відповідь на відбір відносно середнього значення: $R_M = 0,25\%$

Завдання 8.4.

Провести оцінку відповіді на відбір у стаді молочних корів з середнім надоєм молока 9200 кг і стандартним фенотипічним відхиленням (σ_y) надою молока 1720 кг при бракуванні 20% корів з найнижчим надоєм молока. Коефіцієнт успадковуваності надою молока (h^2) дорівнює 0,25. Генераційний інтервал молочних корів дорівнює 4,8 років.

Інтенсивність відбору $i = 0,350$

Точність відбору $r_{gl} = 0,50$

Стандартне генетичне відхилення ознаки $\sigma_g = 860,0$ кг

Генераційний інтервал $L = 4,8$ років

Відповідь на відбір за один рік: $R = 31,4$ кг

Відносна відповідь на відбір в одиницях стандартного генетичного відхилення: $R_{\sigma_g} = 3,65\%$

Відповідь на відбір відносно середнього значення: $R_M = 0,34\%$

Завдання 8.5.

Провести оцінку відповіді на відбір у стаді молочних корів з середнім надоєм молока 9500 кг і стандартним фенотипічним відхиленням (σ_y) надою молока 1350 кг при бракуванні 30% корів з найнижчим надоєм молока. Коефіцієнт успадкованості надою молока (h^2) дорівнює 0,27. Генераційний інтервал молочних корів дорівнює 5,2 років.

Інтенсивність відбору $i = 0,497$

Точність відбору $r_{gl} = 0,52$

Стандартне генетичне відхилення ознаки $\sigma_g = 702$ кг

Генераційний інтервал $L = 5,2$ років

Відповідь на відбір за один рік: $R = 34,9$ кг

Відносна відповідь на відбір в одиницях стандартного генетичного відхилення: $R_{\sigma_g} = 5,0\%$

Відповідь на відбір відносно середнього значення: $R_M = 0,37\%$

Завдання до розділу 9.

Завдання 9.1.

У стаді молочних корів з середнім значенням надою по першій лактації 6360 кг при коефіцієнті успадковуваності $h^2 = 0,20$ оцінку племінної цінності здійснюють за фактичним значенням надою по першій лактації.

Оцінки племінну цінність корів за надоєм молока:

| Кличка і ідентифікаційний номер корови | Оцінка племінної цінності, кг |
|--|-------------------------------|
| Жука UA 1800176282 | -650,4 |
| Зімна UA 1800288680 | -398,6 |
| Зірка UA 1800137944 | -118,8 |
| Зірка UA 1800496554 | +152,8 |
| Зірочк UA 1800176041 | -92,4 |
| Забава UA 1800576492 | -6,0 |
| Заблуда UA 1800024300 | +234 |
| Забобона UA 1800176372 | +125,4 |
| Задумка UA 1800505240 | +583,8 |
| Земфіра UA 1800605363 | +255,4 |
| Змійка UA 1800138086 | +269,4 |
| Зобрава UA 1800504872 | +289,4 |
| Зобраза UA 1800024013 | +134,8 |
| Зомна UA 1800504843 | +445,8 |
| Зона UA 1800176505 | -327,2 |
| Зоря UA 1800288720 | -28,6 |
| Зорянка UA 1800137960 | +171,6 |
| Зося UA 1800496717 | +90,0 |
| Зоя UA 1800024176 | -502,6 |
| Зухра UA 1800102085 | -229 |
| Кала UA 1800138213 | +247,0 |
| Календула UA 1800505043 | -323,4 |
| Калина 2728 | -54,6 |
| Камелія UA 1800504560 | -49,4 |
| Каравела UA 1800439753 | -154,8 |
| Кармен UA 1800505118 | +27,6 |
| Квітуня UA 1800176373 | -73,2 |
| Кванта UA 1800496290 | -9,2 |

Завдання 9.2.

У стаді молочних корів з середнім значенням кількості молочного жиру по першій лактації 231,8 кг при коефіцієнті успадковуваності $h^2 = 0,55$ оцінку племінної цінності здійснюють за фактичним значенням кількості молочного жиру по першій лактації.

Оцінити племінну цінність корів за кількістю молочного жиру:

| Кличка і ідентифікаційний номер корови | Оцінка племінної цінності, кг |
|--|-------------------------------|
| Жука UA 1800176282 | -66,3 |
| Зімна UA 1800288680 | -28,9 |
| Зірка UA 1800137944 | +14,0 |
| Зірка UA 1800496554 | -37,3 |
| Зірочк UA 1800176041 | +24,6 |
| Забава UA 1800576492 | +14,6 |
| Заблуда UA 1800024300 | -19,3 |
| Забобона UA 1800176372 | -66,1 |
| Задумка UA 1800505240 | -13,8 |
| Земфіра UA 1800605363 | +3,1 |
| Змійка UA 1800138086 | +12,1 |
| Зоря UA 1800288720 | +73,9 |
| Зорянка UA 1800137960 | +54,9 |
| Зося UA 1800496717 | -52,6 |
| Зоя UA 1800024176 | +22,6 |
| Зухра UA 1800102085 | +51,1 |
| Кала UA 1800138213 | +19,2 |
| Календула UA 1800505043 | +36,5 |
| Калина 2728 | +10,7 |
| Камелія UA 1800504560 | -11,2 |
| Каравела UA 1800439753 | +14,9 |
| Кармен UA 1800505118 | -39,1 |
| Квітуня UA 1800176373 | -17,0 |
| Кванта UA 1800496290 | -1,0 |

Завдання 9.3.

У стаді молочних корів з середнім значенням кількості молочного білка по першій лактації 180,2 кг при коефіцієнті успадковуваності $h^2 = 0,50$ оцінку племінної цінності здійснюють за фактичним значенням кількості молочного білка по першій лактації.

Оцінити племінну цінність корів за кількістю молочного білка:

| Кличка і ідентифікаційний номер корови | Оцінка племінної цінності, кг |
|--|-------------------------------|
| Жука UA 1800176282 | -17,6 |
| Зімна UA 1800288680 | +43,4 |
| Зірка UA 1800137944 | +22,6 |
| Зірка UA 1800496554 | +1,5 |
| Зірочк UA 1800176041 | +4,6 |
| Забава UA 1800576492 | -23,2 |
| Заблуда UA 1800024300 | +6,6 |
| Забобона UA 1800176372 | -1,1 |
| Задумка UA 1800505240 | -5,5 |
| Земфіра UA 1800605363 | -20,3 |
| Змійка UA 1800138086 | -8,2 |
| Зобрава UA 1800504872 | -17,9 |
| Зобраза UA 1800024013 | -12,0 |
| Зомна UA 1800504843 | +9,8 |
| Зона UA 1800176505 | -8,0 |
| Зоря UA 1800288720 | +16,7 |
| Зорянка UA 1800137960 | -0,8 |
| Зося UA 1800496717 | -14,4 |
| Зоя UA 1800024176 | -5,4 |
| Зухра UA 1800102085 | -2,7 |
| Кала UA 1800138213 | -25,1 |
| Календула UA 1800505043 | +1,4 |
| Калина 2728 | +11,7 |
| Камелія UA 1800504560 | +44,2 |

Завдання 9.4.

У молочному стаді з середнім надоєм по стаду 6400 кг оцінку племінної цінності корів здійснюють за середнім надоєм за всіма завершеними лактаціями при коефіцієнті успадкованості $h^2 = 0,18$ і коефіцієнті повторюваності $r_w = 0,34$.

Розрахувати середні значення надою за всі завершені лактації оцінити племінну цінність корів.

| Кличка і ідентифікаційний номер корови | Число лактацій | Середній надій, кг | Оцінка племінної цінності, кг |
|--|----------------|--------------------|-------------------------------|
| Конза UA 1800137843 | 4 | 6067,8 | -118,4 |
| Конопля UA 1800370400 | 4 | 5360,0 | -370,7 |
| Кораль UA 1800137891 | 2 | 9033,0 | +707,4 |
| Коса UA 1800505096 | 5 | 6541,0 | +53,8 |
| Косенька UA 1800138221 | 2 | 6563,0 | +43,8 |
| Ліка UA 1800504633 | 2 | 8007,5 | +431,9 |
| Лава UA 1800290229 | 7 | 5403,0 | -413,2 |
| Ласка UA 1800309553 | 2 | 8009,5 | +432,4 |

Завдання 9.5.

У молочному стаді з середньою кількістю молочного жиру по стаду 255 кг оцінку племінної цінності корів здійснюють за середньою кількістю молочного жиру за всіма завершеними лактаціями при коефіцієнті успадкованості $h^2 = 0,35$ і коефіцієнті повторюваності $r_w = 0,42$.

Розрахувати середні значення кількості молочного жиру за всі завершені лактації і оцінити племінну цінність корів:

| Кличка і ідентифікаційний номер корови | Число лактацій | Середня кількість молочного жиру, кг | Оцінка племінної цінності, кг |
|--|----------------|--------------------------------------|-------------------------------|
| Конза UA 1800137843 | 4 | 259,35 | +2,69 |
| Конопля UA 1800370400 | 4 | 197,875 | -35,39 |
| Кораль UA 1800137891 | 2 | 352,95 | +48,29 |
| Коса UA 1800505096 | 5 | 307,02 | +33,97 |
| Косенька UA 1800138221 | 2 | 222,25 | -16,14 |
| Ліка UA 1800504633 | 2 | 242,3 | -6,26 |
| Лава UA 1800290229 | 2 | 302,5 | +23,42 |

Завдання до розділу 10.

Завдання 10.1.

Розробити економічний селекційний індекс для відбору корів за молочною продуктивністю, який включає кількість молочного жиру і білка, отриманих за лактацію.

З використанням розробленого економічного селекційного індексу в стаді молочних корів з середнім надоєм молока 6400 кг, вмістом в молоці жиру 3,71% і білка 3,21% оцінити корів.

Економічний селекційний індекс (I) для відбору молочних корів буде:

$$I = 72,9 \cdot (\text{МЖ} - 237,4) + 32,9 \cdot (\text{МБ} - 205,4),$$

де МЖ- кількість молочного жиру, отриманого від корови за лактацію;

237,4 – середня кількість молочного жиру у стаді;

МБ – кількість молочного білка, отриманого від корови за лактацію;

205,4 – середня кількість молочного білка у стаді.

Оцінки корів за розробленим селекційним індексом:

| Кличка і ідентифікаційний номер корови | Кількість молочного жиру, кг | Кількість молочного білка, кг | Значення селекційного індексу, грн. |
|--|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|
| Русалка UA 3200764095 | 161,0 | 135,9 | -7855,42 |
| Рута UA 3200986999 | 182,7 | 169,7 | -5162,4 |
| Травка UA 6800363632 | 194,1 | 165,4 | -4470,28 |
| Фіалка UA 3201031382 | 257,1 | 225,9 | +2114,246 |
| Доліна UA 4800015562 | 168,6 | 153,9 | -6713,7 |

Завдання 10.2.

Розробити економічний селекційний індекс для відбору корів за молочною продуктивністю, який включає кількість молочного жиру і білка, отриманих за лактацію.

З використанням розробленого економічного селекційного індексу в стаді молочних корів з середнім надоєм молока 7500 кг, вмістом в молоці жиру 3,65% і білка 3,18% оцінити корів.

Економічний селекційний індекс (I) для відбору молочних корів буде:

$$I = 46,7 \cdot (\text{МЖ} - 273,8) + 63,5 \cdot (\text{МБ} - 238,5),$$

де МЖ- кількість молочного жиру, отриманого від корови за лактацію;

273,8 – середня кількість молочного жиру у стаді;

МБ – кількість молочного білка, отриманого від корови за лактацію;

238,5 – середня кількість молочного білка у стаді.

Оцінки корів за розробленим селекційним індексом:

| Кличка і ідентифікаційний номер корови | Кількість молочного жиру, кг | Кількість молочного білка, кг | Значення селекційного індексу, грн. |
|--|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|
| Диня UA 4800167029 | 287,0 | 240,3 | +729,1 |
| Дельта UA 6500034421 | 288,9 | 245,5 | +1151,4 |
| Дарниця UA 4800027702 | 244,5 | 194,0 | -4196,8 |
| Чабанка UA 5600455898 | 268,5 | 240,9 | -97,8 |
| Сайка UA 6800363622 | 300,3 | 270,6 | +3278,4 |

Завдання 10.3.

Розробити економічний селекційний індекс для відбору корів за молочною продуктивністю, який включає кількість молочного жиру і білка, отриманих за лактацію.

З використанням розробленого економічного селекційного індексу в стаді молочних корів з середнім надоем молока 7750 кг, вмістом в молоці жиру 3,85% і білка 3,38% оцінити корів.

Економічний селекційний індекс (I) для відбору молочних корів буде:

$$I = 65,4 \cdot (МЖ - 298,4) + 59,8 \cdot (МБ - 262,0),$$

де МЖ- кількість молочного жиру, отриманого від корови за лактацію;

298,4 – середня кількість молочного жиру у стаді;

МБ – кількість молочного білка, отриманого від корови за лактацію;

262,0 – середня кількість молочного білка у стаді.

Оцінки корів за розробленим селекційним індексом:

| Кличка і ідентифікаційний номер корови | Кількість молочного жиру, кг | Кількість молочного білка, кг | Значення селекційного індексу, грн. |
|--|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|
| Ідеала UA 3200841191 | 279,4 | 243,8 | -2330,0 |
| Акварель UA 4800063068 | 294,4 | 235,8 | -1831,0 |
| Іволга UA 3200792934 | 292,3 | 264,1 | -271,1 |
| Абрикоса UA 4800190821 | 306,5 | 263,9 | +645,7 |
| Надійна UA 3200961867 | 322,0 | 275,8 | +2364,7 |

Завдання до розділу 11.

Завдання 11.1.

Розрахувати середньорічний генетичний прогрес (R) за надоем молока в популяції молочних корів (адитивна генетична дисперсія $\sigma_g = 670$ кг).

При наведених параметрах селекційної програми середньорічний генетичний прогрес за надоем молока буде дорівнювати 160,4 кг.

Завдання 11.2.

Розрахувати середньорічний генетичний прогрес (R) за надоем молока в популяції молочних корів (адитивна генетична дисперсія $\sigma_g = 730$ кг).

При наведених параметрах селекційної програми середньорічний генетичний прогрес за надоем молока буде дорівнювати 159,6 кг.

Завдання 11.3.

Розрахувати середньорічний генетичний прогрес (R) за кількістю молочного жиру в популяції молочних корів (адитивна генетична дисперсія $\sigma_g = 63$ кг).

При наведених параметрах селекційної програми середньорічний генетичний прогрес за кількістю молочного жиру буде дорівнювати 14,9 кг.

Завдання 11.4.

Розрахувати середньорічний генетичний прогрес (R) за кількістю молочного білка в популяції молочних корів (адитивна генетична дисперсія $\sigma_g = 56$ кг).

При наведених параметрах селекційної програми середньорічний генетичний прогрес за кількістю молочного білка буде дорівнювати 12,2 кг.

Завдання 11.5.

Розрахувати середньорічний генетичний прогрес (R) за надоем молока в популяції молочних корів при використанні геномної селекції (адитивна генетична дисперсія $\sigma_g = 750$ кг).

При наведених параметрах програми геномної селекції середньорічний генетичний прогрес за надоем молока буде дорівнювати 288,0 кг.

Завдання до розділу 12

Завдання 12.1.

Розрахувати показники росту (абсолютний приріст живої ваги, середньодобовий приріст живої ваги, відносний приріст живої ваги і відносна швидкість росту) на основі даних про живу вагу при народженні і у 12-місячному віці бугаїв української м'ясної породи, внесених до каталогу племінних бугаїв м'ясних порід.

| Кличка і номер бугая | Абсолютний приріст живої ваги (А), кг | Середньодобовий приріст живої ваги (S), г | Відносний приріст живої ваги (R), % | Відносна швидкість росту (B), % |
|----------------------|---------------------------------------|---|-------------------------------------|---------------------------------|
| Анчар 0988 | 385,0 | 1202 | 700,0 | 155,6 |
| Вал 1487 | 473,2 | 1396 | 1251,9 | 172,4 |
| Моноліт 172 | 358,0 | 1082 | 942,1 | 165,0 |
| Зеніт 3383 | 359,1 | 1085 | 947,5 | 165,1 |
| Пілот 9537 | 386,1 | 1158 | 1018,7 | 167,2 |
| Чемпіон 3523 | 332,0 | 1011 | 873,7 | 162,7 |
| Казбек 1991 | 357,9 | 1082 | 939,4 | 164,9 |
| Король 3394 | 341,1 | 1038 | 876,9 | 162,9 |
| Ранній 1281 | 382,2 | 1148 | 1011,1 | 167,0 |
| Ранок 3564 | 444,3 | 1317 | 1178,5 | 171,0 |
| Сопот 9533 | 333,1 | 1014 | 878,9 | 162,9 |
| Маскарад 177 | 432,2 | 1284 | 1143,4 | 170,2 |
| Буран 1459 | 414,4 | 1235 | 1102,1 | 169,3 |
| Лимон 3370 | 334,9 | 1019 | 879,0 | 162,9 |
| Чек 1435 | 392,0 | 1175 | 1031,6 | 167,5 |

Завдання 12.2.

Розрахувати показники росту (абсолютний приріст живої ваги, середньодобовий приріст живої ваги, відносний приріст живої ваги і відносна швидкість росту) на основі даних про живу вагу при народженні і у 12-місячному віці бугаїв абердин-ангуської породи, внесених до каталогу племінних бугаїв м'ясних порід.

| Кличка і номер бугая | Абсолютний приріст живої ваги (А), кг | Середньодобовий приріст живої ваги (S), г | Відносний приріст живої ваги (R), % | Відносна швидкість росту (B), % |
|----------------------|---------------------------------------|---|-------------------------------------|---------------------------------|
| Сесар 5929 | 291,0 | 874 | 1003,4 | 166,8 |
| Самсон 3409 | 490,4 | 1432 | 1459,5 | 175,9 |
| Бюджет 0390 | 336,7 | 1025 | 879,1 | 162,9 |
| Принц 537 | 398,2 | 1172 | 1292,9 | 173,2 |
| Цімо 1361 | 393,1 | 1148 | 1461,3 | 175,9 |
| Циган 376 | 330,9 | 989 | 1064,0 | 168,4 |
| Тропик 2510 | 325,0 | 973 | 1048,4 | 168,0 |
| Конкар 360 | 314,1 | 943 | 1016,5 | 167,1 |
| Барбарис 039 | 295,0 | 874 | 1180,0 | 171,0 |
| Ротор 3626 | 291,0 | 874 | 1003,4 | 166,8 |
| Тріо 6464 | 475,8 | 1399 | 1314,4 | 173,6 |
| Трал 9395 | 334,9 | 984 | 1334,3 | 173,9 |
| Троль 0990 | 335,6 | 1019 | 897,3 | 163,5 |
| Рейх 8664 | 413,2 | 1208 | 1434,7 | 175,5 |
| Марек 4689 | 414,7 | 1202 | 1639,1 | 178,3 |

Завдання 12.3.

Розрахувати показники відтворення (вік першого осіменіння, вік першого отелення, сервіс-період, міжотельний період і рівень тільності) для корів.

| Кличка і ідентифікаційний номер корови | Номер отелення | Вік першого осіменіння | Вік першого отелення | Сервіс-період | Міжотельний період | Рівень тільності |
|--|----------------|------------------------|----------------------|---------------|--------------------|------------------|
| Абрика UA 1800288882 | 1 | 23 | 32 | 74 | 355 | 0,84 |
| Абрика UA 1800288882 | 2 | - | - | 163 | 435 | 0,18 |
| Абрика UA 1800288882 | 3 | - | - | 214 | - | 0,13 |
| Абрикоса UA 1800137957 | 1 | 20 | 30 | 83 | 368 | 0,62 |
| Абрикоса UA 1800137957 | 2 | - | - | 140 | 417 | 0,23 |
| Абрикоса UA 1800137957 | 3 | - | - | 87 | 365 | 0,55 |
| Абрикоса UA 1800137957 | 4 | - | - | 74 | 361 | 0,84 |
| Абрикоса UA 1800137957 | 5 | - | - | 73 | - | 0,88 |
| Агата UA 1800505242 | 1 | 20 | 29 | 82 | 365 | 0,64 |
| Агата UA 1800505242 | 2 | - | - | 107 | - | 0,36 |
| Азалія UA 1800176452 | 1 | 32 | 41 | 245 | 531 | 0,11 |
| Азалія UA 1800176452 | 2 | - | - | 577 | - | 0,04 |
| Айстра UA 1800176446 | 1 | 28 | 37 | 285 | - | 0,09 |
| Академка UA 1800496454 | 1 | 16 | 25 | 81 | 360 | 0,66 |
| Академка UA 1800496454 | 2 | - | - | 150 | 437 | 0,21 |
| Академка UA 1800496454 | 3 | - | - | 109 | 391 | 0,35 |
| Академка UA 1800496454 | 4 | - | - | - | - | - |
| Активна=UA 1800138015 | 1 | 12 | 22 | 77 | 348 | 0,75 |
| Активна=UA 1800138015 | 2 | - | - | 109 | 389 | 0,35 |
| Активна=UA 1800138015 | 3 | - | - | 80 | 363 | 0,68 |
| Активна=UA 1800138015 | 4 | - | - | 77 | 363 | 0,75 |
| Активна=UA 1800138015 | 5 | - | - | 122 | 404 | 0,29 |
| Активна=UA 1800138015 | 6 | - | - | 144 | - | 0,22 |

Завдання 12.4.

Провести розрахунки надою за лактацію, кількості молочного жиру за лактацію і вмісту жиру в молоці за лактацію за результатами контрольних доїнь.

Початок лактації: 27 січня

Завершення лактації: 30 листопада

| Місяць | Число місяця | Інтервал (І), днів | Добовий надій (М), кг | Вміст жиру (FP), % | Кількість молочного жиру (F), г |
|----------|--------------|--------------------|-----------------------|--------------------|---------------------------------|
| Лютий | 10 | 15 | 25,1 | 3,64 | 914 |
| Березень | 8 | 26 | 28,3 | 3,42 | 968 |
| Квітень | 14 | 37 | 26,5 | 3,43 | 909 |
| Травень | 14 | 30 | 24,4 | 3,48 | 849 |
| Червень | 16 | 33 | 23,6 | 3,52 | 831 |
| Липень | 15 | 29 | 22,1 | 3,55 | 785 |
| Серпень | 17 | 33 | 20,2 | 3,65 | 737 |
| Вересень | 15 | 29 | 15,4 | 4,69 | 722 |
| Жовтень | 20 | 35 | 11,7 | 4,71 | 551 |
| Листопад | 13 | 24 | 9,8 | 4,76 | 466 |

Надій молока за лактацію: 6416 кг

Кількість молочного жиру за лактацію: 239 кг

Середній вміст жиру за лактацію: 3,73%

Завдання 12.5.

Провести розрахунки надою за лактацію, кількості молочного білка за лактацію і вмісту білка в молоці за лактацію за результатами контрольних доїнь.

Початок лактації: 30 грудня

Завершення лактації: 31 жовтня

| Місяць | Число місяця | Інтервал (І), днів | Добовий надій (М), кг | Вміст білка (РР), % | Кількість молочного білка (Р), г |
|----------|--------------|--------------------|-----------------------|---------------------|----------------------------------|
| Січень | 14 | 16 | 29,4 | 3,30 | 970 |
| Лютий | 12 | 29 | 32,6 | 3,08 | 1004 |
| Березень | 17 | 33 | 30,8 | 3,09 | 952 |
| Квітень | 13 | 27 | 28,7 | 3,14 | 901 |
| Травень | 19 | 36 | 27,9 | 3,18 | 887 |
| Червень | 21 | 33 | 26,4 | 3,21 | 847 |
| Липень | 25 | 34 | 24,5 | 3,31 | 811 |
| Серпень | 13 | 19 | 19,7 | 4,35 | 857 |
| Вересень | 16 | 34 | 16,2 | 4,37 | 708 |
| Жовтень | 22 | 36 | 14,1 | 4,42 | 623 |

Надій молока за лактацію: 7701 кг

Кількість молочного білка за лактацію: 262 кг

Середній вміст білка за лактацію: 3,41 %

Завдання 12.6

Провести розрахунки показника $ЕСМ_4$ за наведеними даними та провести ранжування

| Корова, № | Надій за лактацію, кг | Вміст, % | | | Значення $ЕСМ_4$ | Ранг |
|-----------|-----------------------|----------|-------|---------|------------------|------|
| | | жиру | білка | лактози | | |
| 1216516 | 9703 | 3,58 | 2,72 | 4,68 | 8725 | 8 |
| 1232861 | 10632 | 3,73 | 2,90 | 4,63 | 9875 | 15 |
| 1222184 | 6926 | 3,12 | 2,97 | 4,74 | 5996 | 2 |
| 1262972 | 8223 | 4,06 | 3,49 | 4,64 | 8347 | 7 |
| 1267102 | 8793 | 4,45 | 3,53 | 4,61 | 9360 | 11 |
| 1290011 | 9763 | 3,70 | 3,22 | 4,75 | 9335 | 10 |
| 1273117 | 5596 | 4,29 | 3,72 | 4,58 | 5919 | 1 |
| 1267101 | 9299 | 4,29 | 3,11 | 4,55 | 9384 | 13 |
| 1290012 | 9236 | 4,35 | 3,37 | 4,59 | 9593 | 14 |
| 1273113 | 8420 | 4,90 | 3,43 | 4,31 | 9224 | 9 |
| 1267103 | 9098 | 4,65 | 3,01 | 4,48 | 9478 | 12 |
| 1290013 | 6656 | 3,91 | 3,41 | 4,89 | 6682 | 3 |
| 1273112 | 7083 | 4,56 | 3,15 | 4,56 | 7408 | 6 |
| 1290019 | 6665 | 3,93 | 3,44 | 4,88 | 6718 | 4 |
| 1273119 | 6508 | 4,29 | 3,67 | 4,68 | 6894 | 5 |

Інформація з мережі Internet, яку можна використовувати для розрахунків
у практичних роботах

1. Доступ до «Каталога бугаїв м'ясних порід і типів для відтворення
маточного поголів'я в 2018 році»

http://animalbreedingcenter.org.ua/images/files/katalog/catalog_2_2018.pdf



2. Доступ до «Каталога бугаїв м'ясних порід і типів для відтворення
маточного поголів'я в 2019 році»

http://apk.kr-admin.gov.ua/doc/catalog_mol%201_2019.pdf



3. Доступ до «Каталога бугаїв молочно-м'ясних порід для відтворення
маточного поголів'я в 2020 році»

http://animalbreedingcenter.org.ua/images/files/katalog/catalog_1_2020.pdf



4. Онлайн каталог бугаїв-плідників червоної норвезької породи від компанії Geno. «Norwegian Red sire catalogue»

<https://oksekatalogen.geno.no/en/?international=international>



5. Каталог бугаїв-плідників м'ясних порід від компанії ABS (США)
«ABS 2020 Beef Sire Directory 2020»

https://issuu.com/absglobalinc/docs/full_2020springbeefsd



6. Каталог бугаїв-плідників молочних порід від компанії ABS (США)
«ABS Sire directory 2018»

<https://www.licnz.com/files/2018%20LIC%20USA%20Sire%20Catalogue%20-%20final.pdf>



7. Каталог бугаїв-плідників молочних порід від компанії Semex
(Канада)

«Semex Holstein & Jersey Autumn 2020»

<https://www.semex.com/au/i?lang=en&view=list&breed=JE>



8. Каталог бугаїв-плідників молочних порід від компанії Viking
Genetics

«Viking Grazing Spring 2020»

<https://www.vikinggenetics.co.uk/Files/s-root/ajlc/adob/asru/version0.pdf>



9. Онлайн картка бугая голштинської породи на російській мові від
компанії Viking Genetics

«VIKINGHOLSTEIN»

<https://vikinggenetics.ru/breeds/vikingholstein?show=dairy-stats&id=155032>



10. Онлайн картка бугая джерсейської породи на російській мові від компанії Viking Genetics

«VIKINGJERSEY»

<https://vikinggenetics.ru/breeds/vikingjersey?show=dairy-stats&id=157662>



11. Каталог плідників голштинської породи компанія CRV

(Нідерланди)

«CRV SIRE CATALOGUE 2020–2021»

http://xseed.co.za/wp-content/uploads/2020/05/Crv_xseed_catalogue-2020_small-1.pdf



12. Каталог плідників симентальської породи компанії GGI-SPERMEX

GmbH (Німеччина)

«German Fleckvieh sire catalogue of GGI-SPERMEX»

https://www.ggi.de/uploads/media/German_Fleckvieh_-_August_2019_-_GGI-SPERMEX_GmbH.pdf



13. Каталог плідників швіцької породи компанії GGI-SPERMEX GmbH
(Німеччина)

«German Brown Swiss sire catalogue of GGI-SPERMEX»

[https://www.ggi.de/uploads/media/Brown_Swiss_2019 - GGI-SPERMEX.pdf](https://www.ggi.de/uploads/media/Brown_Swiss_2019_-_GGI-SPERMEX.pdf)



14. Каталог плідників голштинської породи компанії GGI-SPERMEX GmbH (Німеччина)

«Holstein sire catalogue of GGI-SPERMEX»

[https://www.ggi.de/uploads/media/Sire_Catalogue_2019-20 -
Holstein Red Holstein GGI-SPERMEX GmbH.pdf](https://www.ggi.de/uploads/media/Sire_Catalogue_2019-20_-_Holstein_Red_Holstein_GGI-SPERMEX_GmbH.pdf)



15. Каталог сперми племінних козлів-плідників компанії EastGen (Канада)

«Goat semen catalogue 2020 EastGen»

https://issuu.com/eastgen3/docs/goat_catalogue_english_dec_2019_lowres



16. Рекомендації ICAR по обліку різних ознак тварин

«ICAR GUIDELINES»

<https://www.icar.org/index.php/icar-recording-guidelines/>



17. Ресурс ICAR для онлайн генерування інформації по продуктивності корів, овець та кіз

«Milk recording surveys on cow, sheep, and goats»

<https://www.icar.org/survey/pages/tables.php>



17. Символи та умовні позначення

α – рівень вірогідності

v – число значень варіанти

n – кількість спостережень (варіантів)

Σ – знак суми;

M – середнє арифметичне значення

S^2 – вибіркова дисперсія

S – вибіркоче середнє квадратичне відхилення

C_v – коефіцієнт варіації (мінливості)

Se – стандартна помилка середнього арифметичного

t_d – критерій достовірності різниці між середніми арифметичними

cov_{XY} – коваріансаміж ознаками X і Y

r_{XY} – коефіцієнт кореляції між ознаками X і Y

m_r – помилка коефіцієнта кореляції

t_r – критерій достовірності кореляції

b_{XY} і b_{YX} – коефіцієнти регресії

σ^2 – компонента дисперсії

η^2 – ступінь впливу фактору за методом Н.А.Плохінського

h^2 – коефіцієнт успадкованості

r_w – коефіцієнт повторюваності

v – число ступенів свободи

F – критерій вірогідності Р.Фішера

18. Список використаних джерел

1. Афифи А., С. Эйзен. Статистический анализ. Подход с использованием ЭВМ. Москва, «Мир», 1982, С.488.
2. Даншин В.А. Оценка генетической ценности животных. - К.: Аграрна наука, 2008. – С.179.
3. Даншин В. О., С. Ю. Рубан, В. Ю. Афанасенко. Оцінка племінної цінності бугаїв-плідників і корів молочних порід.// Біологія тварин. – 2017. – Т. 19, № 1. – С. 44–53.
4. Рубан С.Ю., В. О. Даншин, О. М. Федота. Світовий досвід та перспективи використання геномної селекції в молочному скотарстві// Біологія тварин. – 2016. – Т. 18, № 1. – С. 117–125.
5. Рубан С. Ю., О. М Федота, В. О. Даншин, Л. В. Мітіогло, В. Я. Турчин. Кросбридинг як елемент високопродуктивного молочного скотарства.// Біологія тварин. – 2016. – Т. 19, № 2. – С. 94–104.
6. Мітіогло Л.В., Федота О.М, Рубан С.Ю. Відтворення стада як основна складова ефективного виробництва молока. //Проблеми зооінженерії та ветеринаної медицини. Збірник наукових праць. Випуск 33, Частина 1, Сільськогосподарські науки *Proceedings, issue 33, part 1*, Харків – 2017, с.28-35.
7. Фалконер Д.С. Введение в генетику количественных признаков. – М.: Агропромиздат, 1985. – 486 с.
8. Chang Y., Luiz F. Brito, A. B. Alvarenga, and Y. Wang. Incorporating temperament traits in dairy cattle breeding programs: challenges and opportunities in the phenomics era. // *Animal Frontiers*, 2020, Vol. 10, No. 2, p.29-36.
9. Cole J. B., S.A.E. Eaglen, C. Maltecca,| H.A. Mulder, and J.E. Pryce. The future of phenomics in dairy cattle breeding.// *Animal Frontiers*, 2020, Vol. 10, No. 2, p.37-44.
10. Dickerson G.E. Inbreeding and heterosis in animals. *Proceedings of the Animal Breeding and Genetics Symposium in Honor of Dr. Jay L. Lush*; 1973 Jul 29; Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, Virginia.54–77p.

11. Gaddis K. L. P., P. M. VanRaden, J. B. Cole, H. D. Norman, E. Niccolazi, and J. W. Durr. Development, implementation, and perspectives of health evaluations in the United States. // *J. Dairy Sci.*, 2020, V.103. In press.

12. Gonzalez-Pena D., N. Vukasinovic, J. J. Brooker, C. A. Przybyla, A. Baktula, and S. K. DeNise. Genomic evaluation for wellness traits in US Jersey cattle. // *J. Dairy Sci.*, 2020, V.103., p. 1735–1748.

13. Paiva S.R., C. M. McManus, H. Blackburn. Conservation of animal genetic resources – A new tact. // *Liv. Sci.*, 2016, V.193, p.32-38.

14. Ruban S. Yu., Perekrestova A.V., Shablia V.P., Bochkov V.M. Feed conversion efficiency in different groups of dairy cows. // *Ukrainian Journal of Ecology*, 2018, 8(1), 124–129 p.

15. Ruban S. YU., Danshin V. O., Kyrii A. A. Genetic improvement of dairy cattle for feed efficiency and fertility. // *Dynamics of the development of world science. VII International Scientific and Practical Conference. Vancouver, Canada 18-20 March 2020*, p.157-162.

16. Ruban S. YU., Danshin V. O., Litvinenko T. V., Kyrii A. A. Assessment of different methods of reproduction in dairy cattle. // *Dynamics of the development of world science. VII International Scientific and Practical Conference. Osaka, Japan 25-27 March 2020*, p.89-97.

17. Ruban S. Yu., Borshch O.O., Gutyj B.V., et al. Adaptation strategy of different cow genotypes to the voluntary milking system. // *Ukrainian Journal of Ecology* *Ukrainian Journal of Ecology*, 2020, 10(1), 145-150, doi: 10.15421/2020_23.

18. Ruban S., Borshch O.O., Borshch O.V., Orischuk O., Balatskiy Y., Fedorchenko M., Kachan A., Zlochevskiy M. The impact of high temperatures on respiration rate, breathing condition and productivity of dairy cows in different production systems. // *Institute of Genetics and Animal Breeding, Jastrzębiec, Poland Animal Science Papers and Reports vol. 38 (2020) no. 1*, 61-72.

19. Ruban S. Yu., Danshin V. O., Litvinenko T. V., Kyrii A. A. Assessment of different methods of reproduction in dairy cattle. *Perspectives of world science and*

education. Abstracts of VII International Scientific and Practical Conference. Osaka, Japan. 25-27 March 2020

20. Summer A., I. Lora, P. Formaggioni, and F. Gottardo. Impact of heat stress on milk and meat production. // *Animal Frontiers*, 2019, Vol. 9, No.1, p.39-46.

21. Van Eenennaam A.L. and A.E Young. Genetic Improvement of Food Animals: Past and Future. *Encyclopedia of Food Security and Sustainability*, 2019, p.171–180.

22. Fedota O.M., Lysenko N.G., Ruban S. Yu., Kolisnyk O.I., Goraychuk I. V. Effects of Allelic Polymorphisms in GH and GHR Genes on Production and Reproduction Parameters of Cattle (*Bos Taurus* sL., 1758) of the Aberdeen-Angus Breed // *Tsitologiya i Genetika*, 2017, Vol. 51, No. 5, p. 38–49.

23. Blakeslee A. F. Corn and Men: The Interacting Influences of Heredity and Environment—Movements for Betterment of Men, or Corn, or Any Other Living Thing, One-sided Unless They Take Both Factors into Account. // *Journal of Heredity*, Volume 5, Issue 11, November 1914, Pages 511–518.

24. International Committee for Animal Recording Guidelines. Procedure 2 of Section 2 of ICAR Guidelines. Computing of Accumulated Lactation Yield. Version October, 2017.

25. Rosa G.J.M. Basic Genetic Model for Quantitative Traits. In: Khatib H. *Molecular and Quantitative Animal Genetics*. John Wiley & Sons, Inc., 2015, 331 pp.

26. Ruban S. Yu., Danshin V. O., Litvinenko T. V., Kyrii A. A. Assessment of different methods of reproduction in dairy cattle. Perspectives of world science and education. // VII International Scientific and Practical Conference. Osaka, Japan, 25-27 March 2020, p.89-97.

НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

Сергій Юрійович Рубан
Віктор Олександрович Даншин
Тамара Валентинівна Литвиненко
Олександр Олександрович Борщ
Ілля Дмитрович Мітіогло
Тарас Васильович Якубець
Михайло Андрійович Матвеев

**Сучасні методи селекції у тваринництві
(навчальний посібник з методів аналізу даних)**