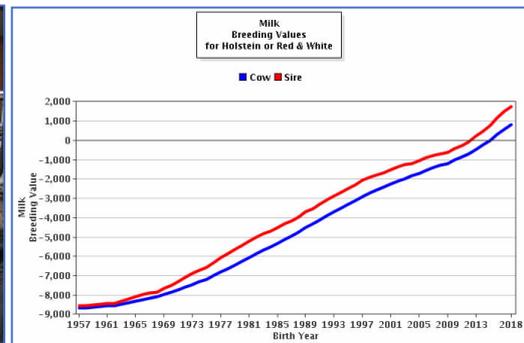


Національний університет біоресурсів і природокористування України

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/kg fat-%
+1070 -0.28

Functional traits

MS	SOC	Pers
115	102	120

PROGENY TESTED



Best Linear Unbiased Predictor (BLUP)

Mixed linear model

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

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

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

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

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

BLUP animal model

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

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

Київ – 2020

УДК 636.082(075)

ББК 45

С 89

Автори:

С. Ю. Рубан¹, доктор сільськогосподарських наук, професор, член-кореспондент НААН;
В. О. Даншин¹, кандидат сільськогосподарських наук, **Т. В. Литвиненко**¹, кандидат сільськогосподарських наук, **О. О. Борш**², кандидат сільськогосподарських наук, асистент кафедри технології виробництва молока і м'яса **І. Д. Мітіогло**³, провідний технолог, **Т. В. Якубець**¹, асистент кафедри генетики, розведення та біотехнології тварин, **М. А. Матвєєв**¹, аспірант кафедри генетики, розведення та біотехнології тварин

¹Національний університет біоресурсів і природокористування України

²Білоцерківський Національний аграрний університет

³Державне підприємство дослідне господарство «Нива», черкаської області

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

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.

**Сучасні методи селекції у тваринництві (навчальний посібник з методів аналізу даних):
навчальний посібник / Рубан С. Ю. та ін. Київ: ФОП Ямчинський О. В., 2020. 211 с.**

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.

УДК 636.082(075)

ББК 45

С 89

ISBN 978-617-7890-63-7

© С. Ю. Рубан, 2020

© В. О. Даншин, 2020

© Т. В. Литвиненко, 2020

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1. ВАРІАЦІЙНИЙ РЯД КІЛЬКІСНОЇ ОЗНАКИ ТА ЙОГО ОБРОБКА.....	9
1.1. Побудування варіаційного ряду.....	9
1.2. Розрахунок середнього арифметичного.....	10
1.3. Розрахунок показників мінливості кількісної ознаки.....	11
1.3.1. Дисперсія.....	11
1.3.2. Середнє квадратичне відхилення.....	11
1.3.3. Стандартна помилка середнього арифметичного.....	12
1.3.4. Коефіцієнт варіації (C_v).....	13
1.4. Побудування полігону розподілу кількісної ознаки.....	13
1.6. Оцінка вірогідності різниці між двома середніми арифметичними..	16
Завдання до розділу 1.....	18
2. СТАТИСТИЧНІ ПОКАЗНИКИ ЗВ'ЯЗКУ МІЖ КІЛЬКІСНИМИ ОЗНАКАМИ.....	24
2.1. Кореляція.....	24
2.1.1. Поняття про кореляцію.....	24
2.1.2. Розрахунок коефіцієнта кореляції.....	25
2.2. Регресія.....	28
2.2.1. Поняття про регресію.....	28
2.2.2. Розрахунок коефіцієнта регресії.....	28
Завдання до розділу 2.....	32
3. ДИСПЕРСІЙНИЙ АНАЛІЗ.....	37
3.1. Сутність дисперсійного аналізу.....	37
3.2. Одно-факторний комплекс.....	38
3.3. Дво-факторний комплекс.....	40
Завдання до розділу 3.....	45
4. КОЕФІЦІЄНТ УСПАДКОВУВАНОСТІ.....	48

Завдання до розділу 4.....	54
5.КОЕФІЦІЄНТ ПОВТОРЮВАНОСТІ.....	57
Завдання до розділу 5.....	59
6.КОЕФІЦІЄНТ ІНБРИДИНГУ	62
Завдання до розділу 6.....	65
7. Аналіз результатів міжпородного схрещування.....	67
Завдання до розділу 7.....	71
8. ОЦІНКА ВІДПОВІДІ НА ВІДБІР ТВАРИН	74
Завдання до розділу 8.....	77
9. ОЦІНКА ПЛЕМІННОЇ ЦІННОСТІ ТВАРИН ЗА СЕЛЕКЦІЙНИМИ ОЗНАКАМИ.....	79
Завдання до розділу 9.....	80
10. ПОБУДОВА ЕКОНОМІЧНИХ СЕЛЕКЦІЙНИХ ІНДЕКСІВ.....	86
Завдання до розділу 10.....	91
11. ПРОГНОЗУВАННЯ ГЕНЕТИЧНОГО ПРОГРЕСУ В ПОПУЛЯЦІЯХ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ТВАРИН	94
Завдання до розділу 11.....	97
12. РОЗРАХУНОК ЗНАЧЕНЬ СЕЛЕКЦІЙНИХ ОЗНАК	101
12.1. Показники росту.....	101
12.2. Показники відтворення корів	102
12.3.Розрахунок показників молочної продуктивності корів за лактацією	103
12.4. Корегування молока на вміст основних компонентів (fat yield – вміст жиру, protein yield – вміст білка, lactose yield – вміст лактози).....	106
Завдання до розділу 12.....	108
13. ОЦІНКА РІВНЯ ГЕНЕТИЧНОГО РІЗНОМАНІТТЯ	113
13.1. Показники генетичної відстані	113
13.2. Індекс фіксації С. Райта	114
13.3. Рівень гетерозиготності.....	116
Завдання до розділу 13.....	118

14. ПРИКЛАДИ ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ АНАЛІЗУ ДАНИХ В СЕЛЕКЦІЇ ТА БІОТЕХНОЛОГІЧНИХ ПІДХОДАХ.....	120
14.1. Оцінка племінної цінності бугаїв-плідників і корів	120
молочних порід	120
14.2. Відтворення стада як основна складова ефективного виробництва молока.....	136
14.3. Ефективність застосування різних біотехнологічних методів в молочному скотарстві	145
15. Перспективні напрями в селекції тварин.....	154
16. ДОДАТКИ	156
17. Символи та умовні позначення.....	206
18. Список використаних джерел	207

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 успадкованості 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 корови Selz-PralleAftershock 3918

[\(https://www.selzpralldairy.com/\)](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).

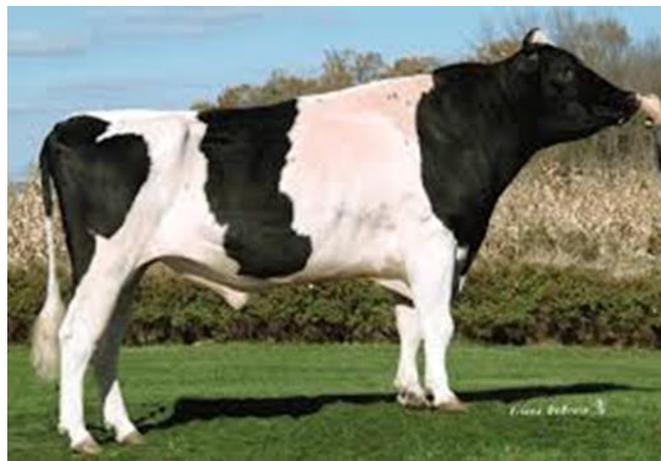


Рис.3. Фото бугая-плідника голштинської породи Jenny-LouMrshlToystory-ET,

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

[\(https://www.genex-deutschland.de\)](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.

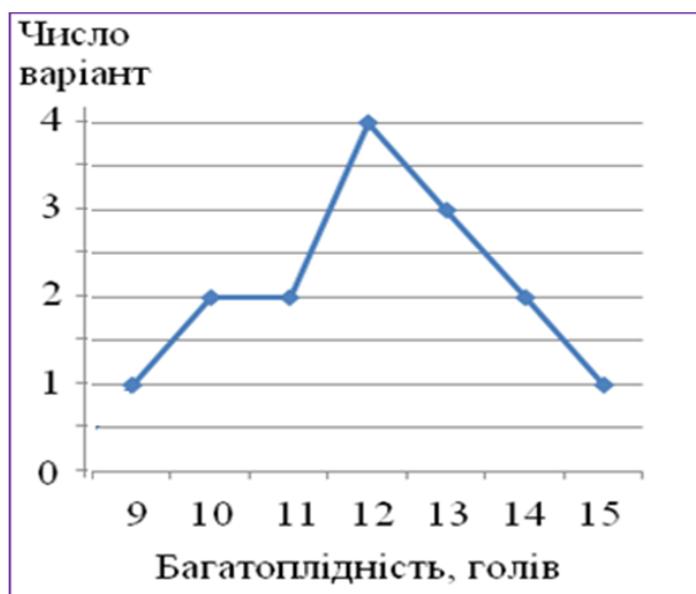


Рис. 5. Полігон розподілу багатоплідності свиноматок

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.

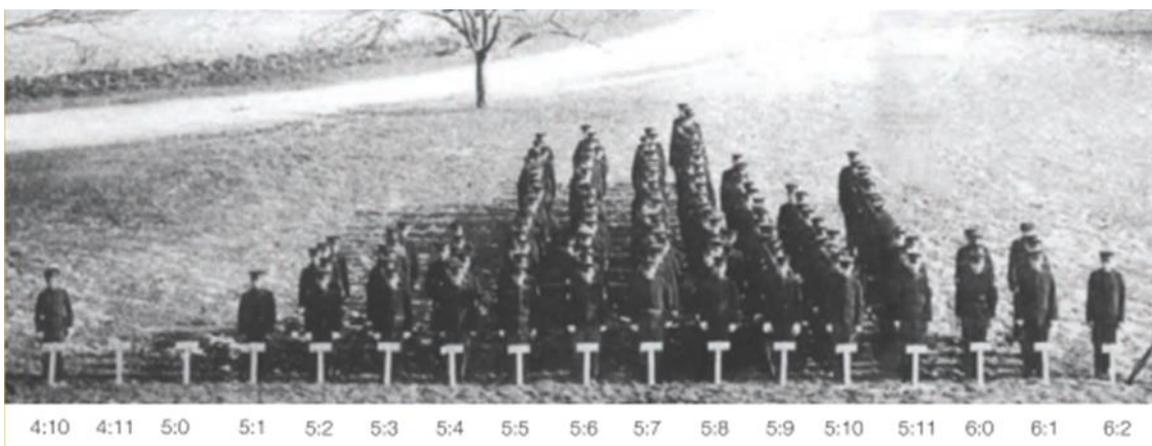


Рис. 6. Нормальний розподіл на прикладі величини росту студентів аграрного коледжу (А. F. Blakeslee, 2014)

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
Ігріва	UA 3200961494	416
Ігріва	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).

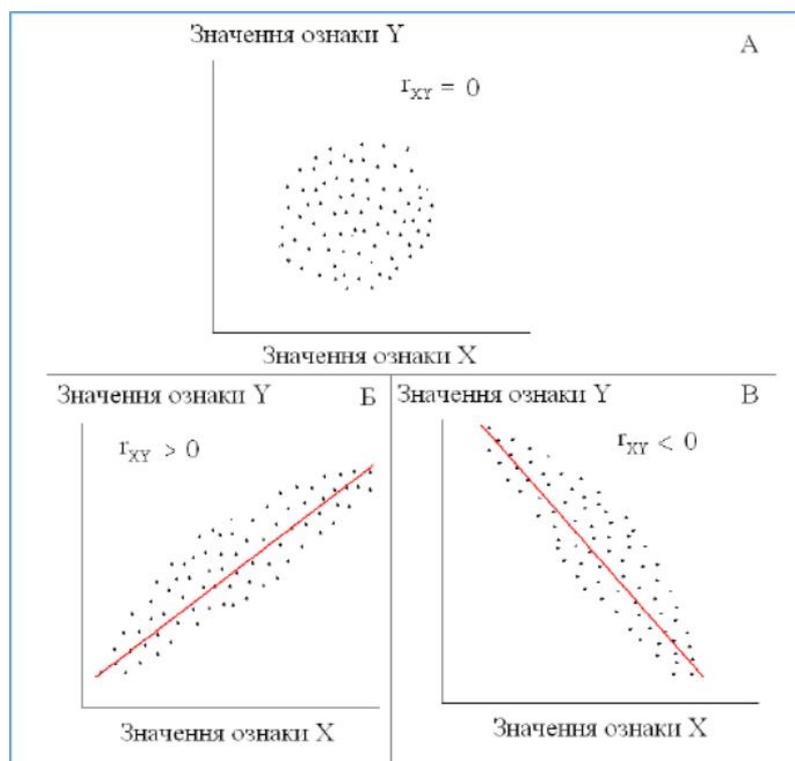


Рис. 7. Розподіл значень двох кількісних ознак в залежності від корелятивного зв'язку між ними.

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:

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

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 числа 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:

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

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:

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

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 Стьюдента (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

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

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

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

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

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

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 надоем молока і вмістом жиру в молоці корів відображено на рисунку 8.

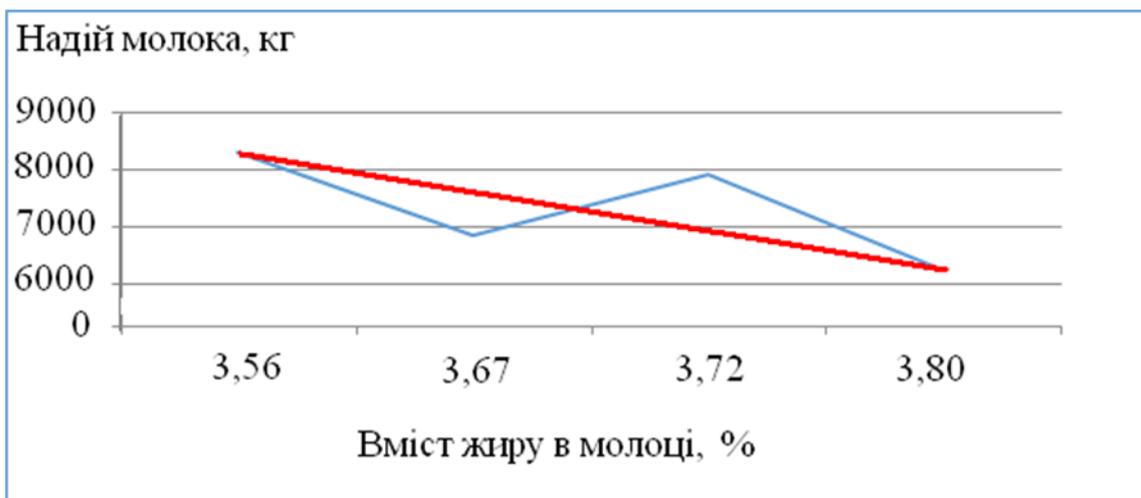


Рис. 8. Зв'язок між надоем молока і вмістом жиру в молоці корів

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
Троль 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:

$$M = 8120,0 \text{ кг}$$

$$k = 2$$

$$M_{A1} = 7472,5 \text{ кг}$$

$$M_{A2} = 8767,5 \text{ кг}$$

$$M_{B1} = 8040,0 \text{ кг}$$

$$M_{B2} = 8200,0 \text{ кг}$$

$$M_{A1B1} = 7350,0 \text{ кг}$$

$$M_{A1B2} = 7595,0 \text{ кг}$$

$$M_{A2B1} = 8730,0 \text{ кг}$$

$$M_{A2B2} = 8805,0 \text{ кг}$$

$$L_A = 2$$

$$L_B = 2$$

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

$$v_A = 2 - 1 = 1$$

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

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

$$v_B = 2 - 1 = 1$$

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

$$SS_{AB} = 2 \cdot ((7350,0 - 7472,5 - 8040,0 + 8120,0)^2$$

$$+ (7595,0 - 7472,5 - 8200,0 + 8120,0)^2 + (8730,0 - 8767,5 - 8040,0 + 8120,0)^2$$

$$+ (8805,0 - 8767,5 - 8200,0 + 8120,0)^2)$$

$$= 14450,0 \text{ кг}^2$$

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

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

$$SS_H = (7500,0 - 7350,0)^2 + (7200,0 - 7350,0)^2 + (7850 - 7595,0)^2$$

$$+ (7340 - 7595,0)^2 + (8340,0 - 8730,0)^2 + (9120,0 - 8730,0)^2$$

$$+ (8600,0 - 8805,0)^2 + (9010,0 - 8805,0)^2$$

$$= 563300,0 \text{ кг}^2$$

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

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

$$SS_{II} = (7500,0 - 8120,0)^2 + (7200,0 - 8120,0)^2 + (7850,0 - 8120,0)^2$$

$$+ (7340,0 - 8120,0)^2 + (8340,0 - 8120,0)^2 + (9120,0 - 8120,0)^2$$

$$+ (8600,0 - 8120,0)^2 + (9010,0 - 8120,0)^2$$

$$= 3983000,0 \text{ кг}^2$$

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
Дюоз 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 УСПАДКОВУВАНOSTI

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 успадковуваність, 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:

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

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

$$SS_{II} = (6860 - 7203)^2 + (7700 - 7203)^2 + (7110 - 7203)^2 + (6400 - 7203)^2$$

$$+ (7050-7203)^2 + (7900-7203)^2 + (7400-7203)^2$$

$$= 1566142,8 \text{ кг}^2$$

$$v_A = 3 - 1 = 2$$

$$v_H = 7 - 3 = 4$$

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

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

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

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

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

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:

$$h^2 = 4 \cdot \sigma_{HS}^2 / \sigma_y^2,$$

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

σ_y^2 – 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:

$$\sigma^2_{HS} = (MS_A - MS_H)/k,$$

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

Загальна фенотипічна дисперсія кількісної ознаки розраховується за формулою:

$$\sigma^2_y = \sigma^2_{HS} + \sigma^2_e,$$

де $\sigma^2_e = MS_H$.

Відповідно до таблиці 1 отримуємо наступні значення:

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

$$\begin{aligned} SS_H &= (7190 - 7575)^2 + (7960 - 7575)^2 + (7910 - 8145)^2 + (8380 - 8145)^2 \\ &+ (7935 - 7830)^2 + (7725 - 7830)^2 \\ &= 428950,0 \text{ кг}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} SS_{II} &= (7190 - 7850)^2 + (7960 - 7850)^2 + (7910 - 7850)^2 + (8380 - 7850)^2 \\ &+ (7935 - 7850)^2 + (7725 - 7850)^2 \\ &= 755050,0 \text{ кг}^2 \end{aligned}$$

$$v_A = 3 - 1 = 2$$

$$v_H = 6 - 3 = 3$$

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

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

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

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

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

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:

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

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

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

$$v_A = 3 - 1 = 2$$

$$v_H = 6 - 3 = 3$$

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

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

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

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

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

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	МММБ	БММБ	МБМБ	БММБ	ММББ	БМББ	МБББ	ББББ	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.

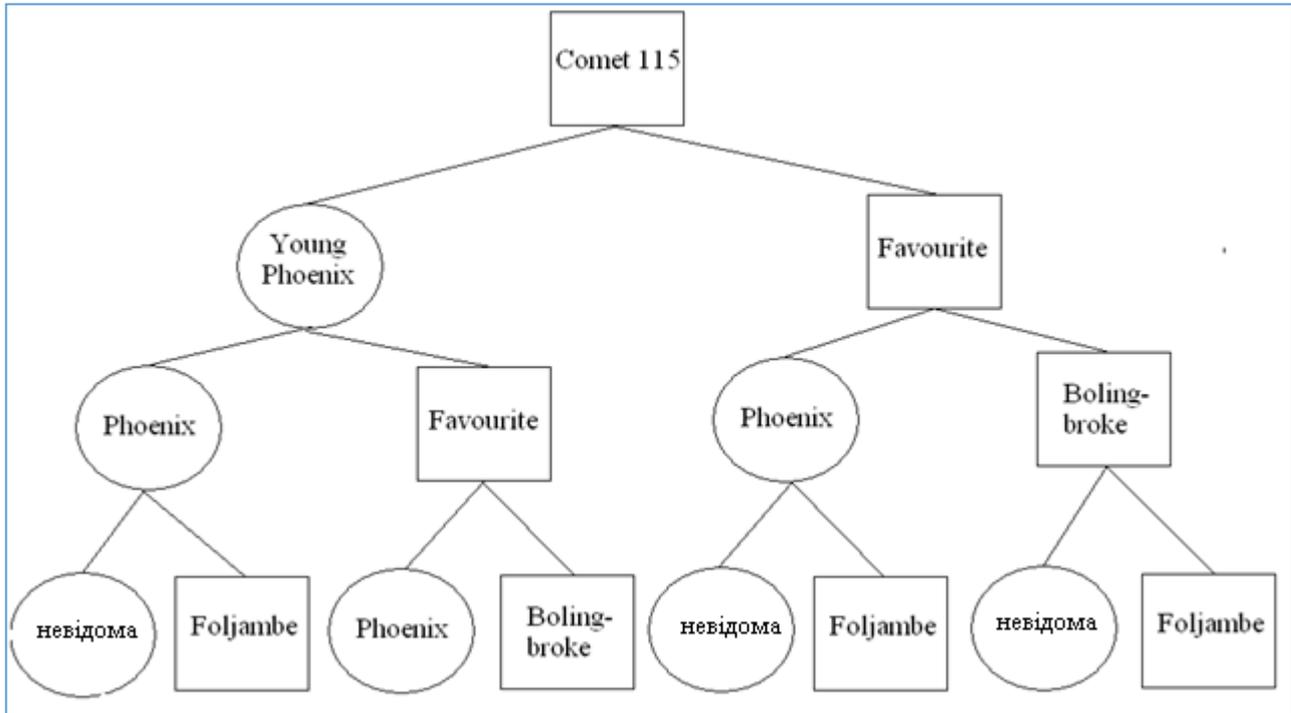
Бугай Варяг є єдиним загальним предком корови Альфа, який зустрічається як у батьківській, так і материнській стороні родоводу, і він не є інбредним, тобто $f_a = 0$. Число рядів між коровою Альфа і бугаєм Варягом по материнській стороні родоводу дорівнює 1, а по батьківській 2. Таким чином, коефіцієнт 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
		311 Брітва, т.-гн., 1978	82 Ізобільная	2 Безпечний ▼ 21 Ізба
			Тост, чистокр.	2996 Факотум 3090 Тематіка
		643 АТАКА, вор., 1987	40 Аршин, т.-гн., 1977	48 Бубна
	54 Інбар			2 Безпечний ▼ 87 Інфра II
	227 Ава, руд., 1966		244 Алфсна	ч/в 3152 Елсфант 6 Албанка
			T 11 Волонад 9	9Велкій Візірь 96 Дата 23
			237 Айва	Альбіні Вергушка

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;

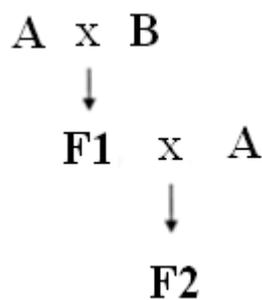
HET_{kj} – частка локусів в генотипі тварини, гетерозиготних за генами k -ї і j -ї порід;

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:

$$\begin{array}{c} A \times B \\ \downarrow \\ F1 \end{array}$$

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:

$$\begin{array}{c} A \times B \\ \downarrow \\ F1 \times A \\ \downarrow \\ F2 \end{array}$$

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

голштинська порода $M_A = 427$ днів

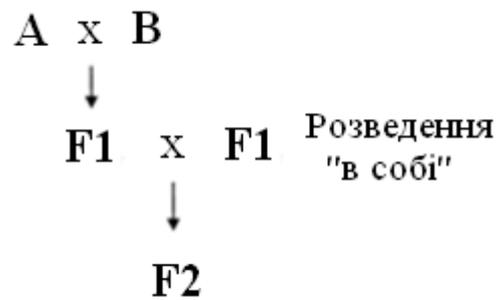
монбельярдська порода $M_B = 395$ днів

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 геррефордської (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
геррефордська 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 надоєм молока 7000 кг і стандартним фенотипічним відхиленням (σ_y) надою молока 1400кг. Припустимо, що 10% корів з найнижчим надоєм 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 надоєм 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 успадкованості 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 успадкованості 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 успадкованості 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 успадкованості 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 цілі розведення, яка містить генетичні дисперсії цих ознак і генетичні коваріанси між ними;.

У найпростішому випадку цілі 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:

$$P_1 = \begin{matrix} & \begin{matrix} \text{МЖ} & \text{МБ} \end{matrix} \\ \begin{matrix} \text{МЖ} \\ \text{МБ} \end{matrix} & \begin{bmatrix} \sigma^2_1 & \text{cov}_{12} \\ \text{cov}_{12} & \sigma^2_2 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

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:

$$P_1 = \begin{matrix} & \begin{matrix} \text{МЖ} & \text{МБ} \end{matrix} \\ \begin{matrix} \text{МЖ} \\ \text{МБ} \end{matrix} & \begin{bmatrix} 3025,0 & 2232,5 \\ 2232,5 & 2034,0 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

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

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

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:

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

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

В результаті вирішення системи рівнянь отримуємо:

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

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;

МЖ_{ср.} – середня кількість молочного жиру у стаді;

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

МБ_{ср.} – 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 успадковуваності	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 надоем 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):

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

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

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

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 180028882	15.07.2004	1	10.06.2006	13.03.2007	26.05.2007
АбрикапаUA 180028882	15.07.2004	2	26.05.2007	02.03.2008	12.08.2008
АбрикапаUA 180028882	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
AA	2	0
Aa	1	1
Aa	1	1
AA	2	0
aa	0	2
Aa	1	1
aa	0	2
aa	0	2
AA	2	0
aa	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		xy	\sqrt{xy}
		в популяції X	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		
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.

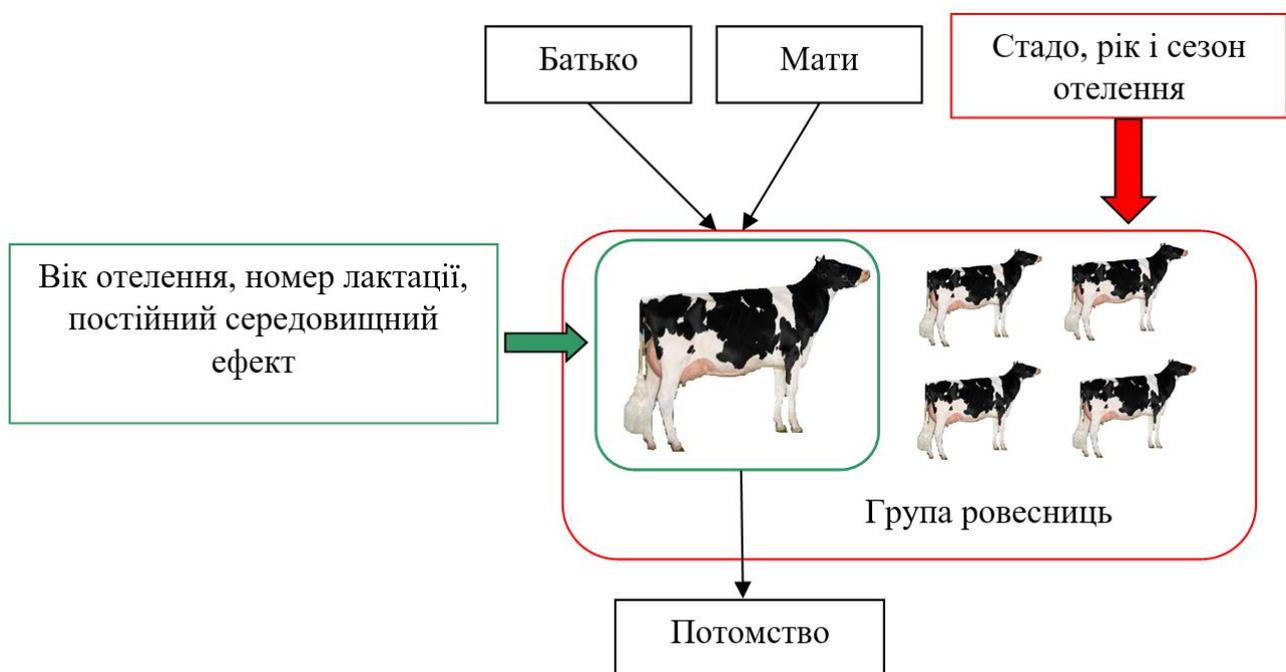


Рис. 1. Генетичні і середовищні фактори, вплив яких враховується при оцінюванні племінної цінності бугаїв-плідників і корів молочних порід при використанні «моделі тварини»

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).

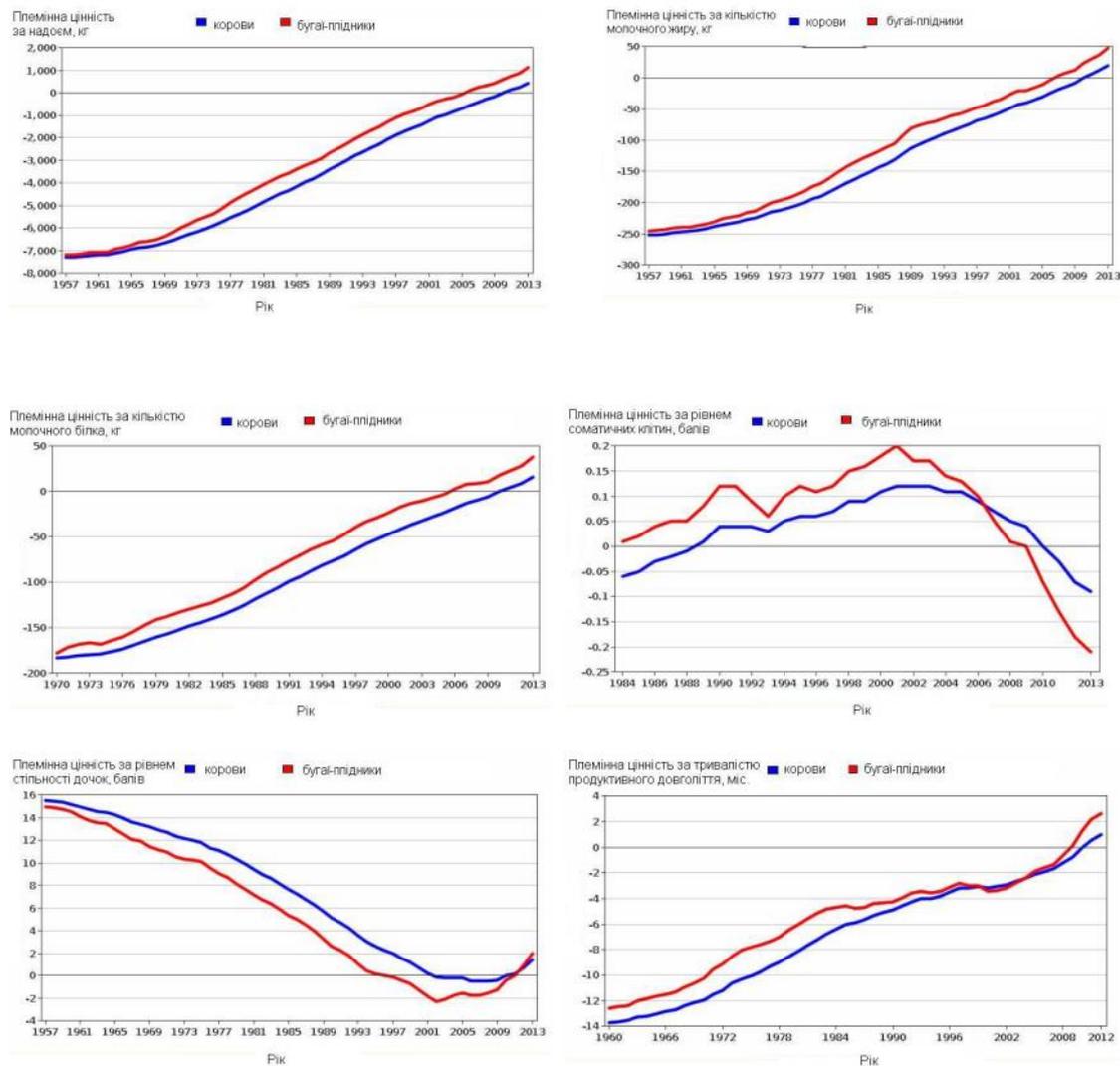


Рис. 2. Генетичні тренди за надоем, кількістю молочного жиру і білка, рівнем соматичних клітин в молоці, рівнем стільності і продуктивним довголіттям в голштинській породі США [16]

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:

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

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_a^2	σ_p^2	σ_e^2		
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).

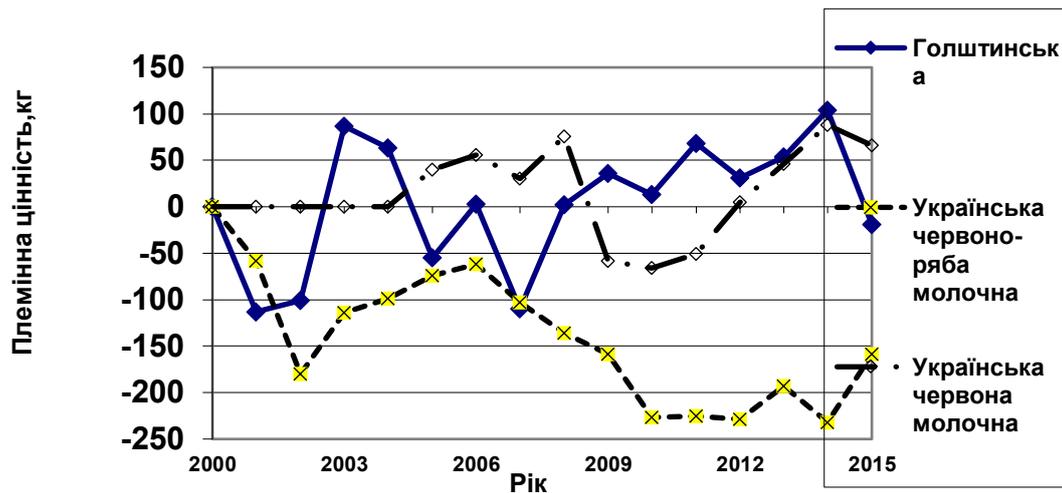


Рис. 3. Генетичні тренди надою за 305 днів лактації по чотирьох молочних породах України

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

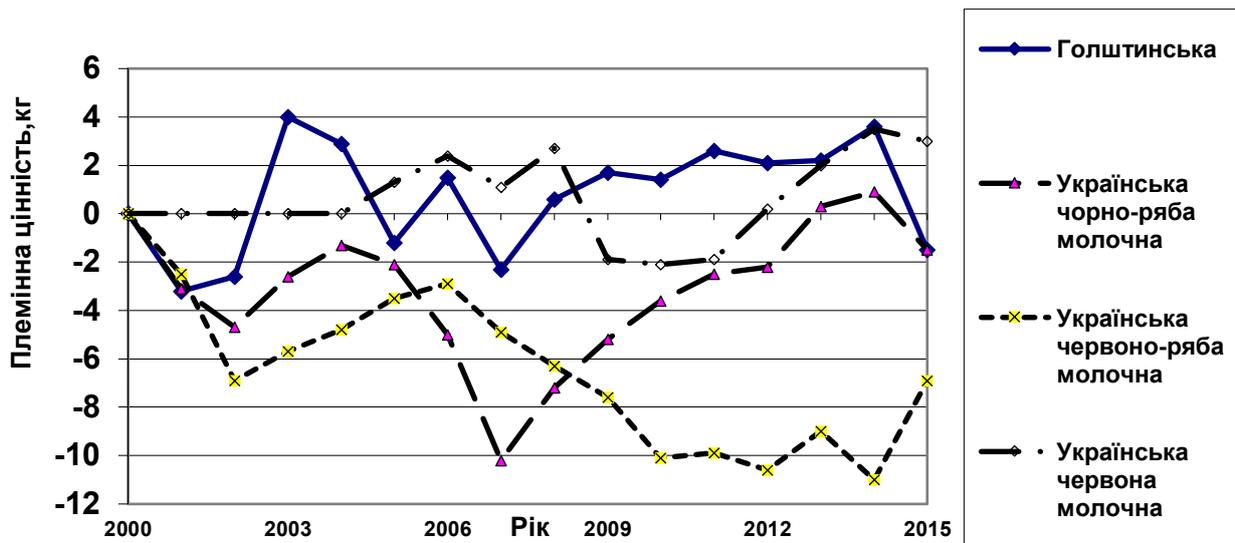


Рис. 4. Генетичні тренди кількості молочного жиру за 305 днів лактації по чотирьох молочних породах України

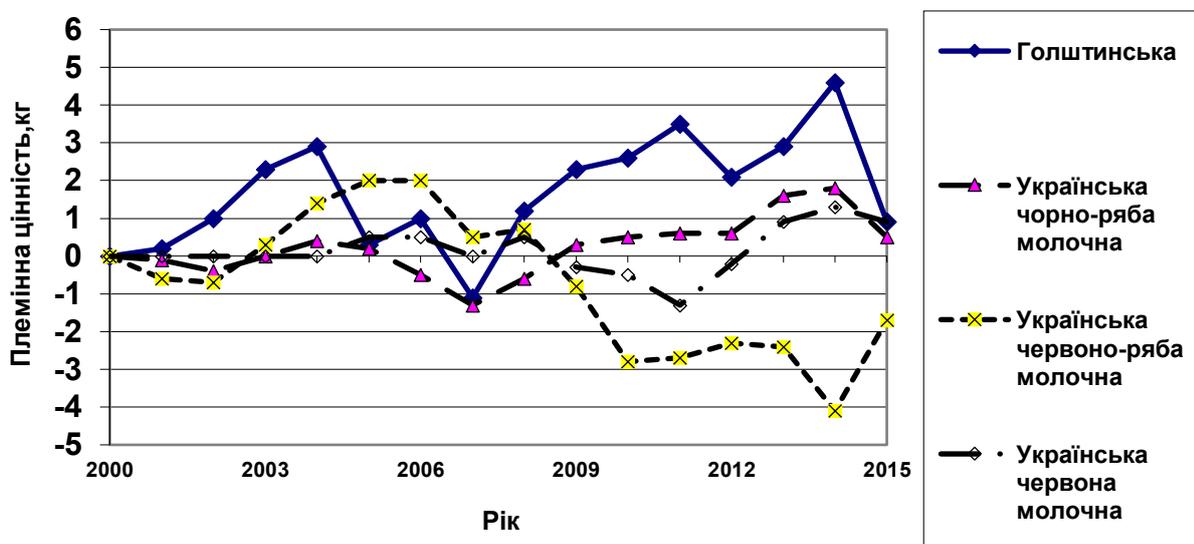


Рис. 5. Генетичні тренди кількості молочного білка за 305 днів лактації по чотирьох молочних породах України

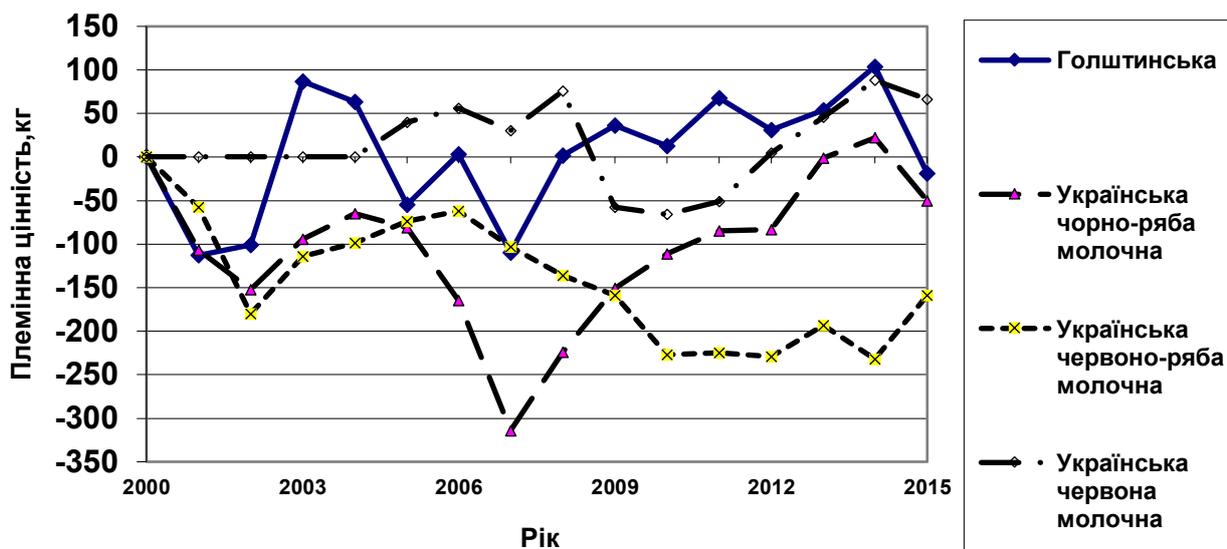


Рис. 6. Генетичні тренди міжотельного періоду по чотирьох молочних породах України

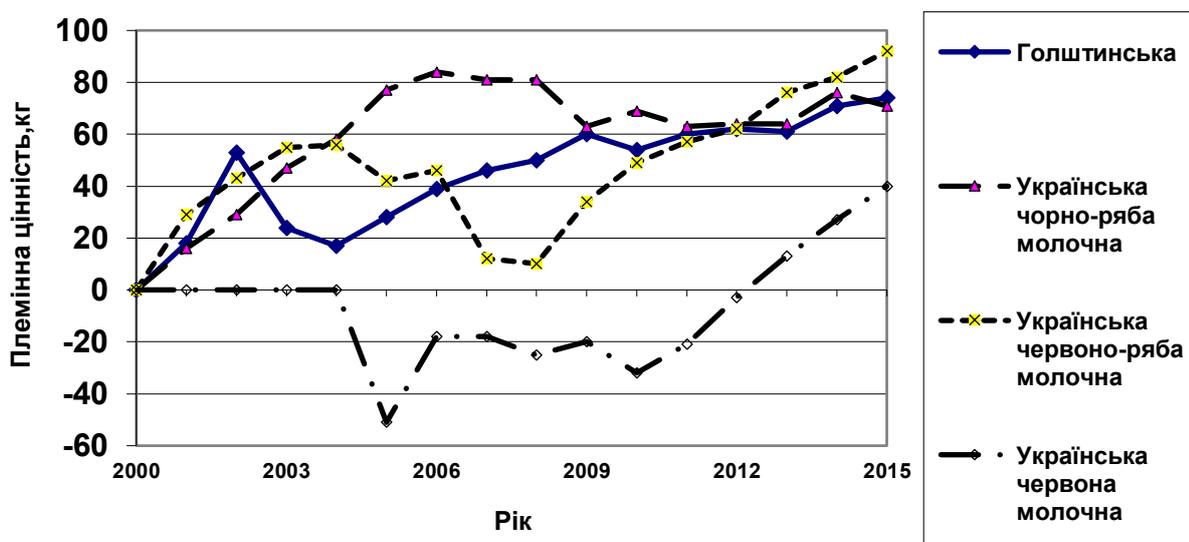


Рис. 7. Генетичні тренди продуктивного довголіття по чотирьох молочних породах України

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 суперовуляції – 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 i -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.

Таблиця 4

Ефективність методів відтворення

Метод відтворення	Число осіменінь 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			

Додаток 4.

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 S² 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	S ²	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 надої 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 надоем 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 надоем молока 8000 кг і стандартним фенотипічним відхиленням (σ_y) надою молока 1600кг при бракуванні 10% корів з найнижчим надоем 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 надоем молока 8500 кг і стандартним фенотипічним відхиленням (σ_y) надою молока 1500кг при бракуванні 17% корів з найнижчим надоем молока.

Коефіцієнт успадкованості 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 успадкованості 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 успадковуваності 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 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	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 надоем по стаду 6400 кг оцінку племінної цінності корів здійснюють за середнім надоем 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 надоєм молока 7750 кг, вмістом в молоці жиру 3,85% і білка 3,38% оцінити корів.

Економічний селекційний індекс (I) для відбору молочних корів буде:

$$I = 65,4 \cdot (\text{МЖ} - 298,4) + 59,8 \cdot (\text{МБ} - 262,0),$$

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
Абрикапа UA 1800288882	1	23	32	74	355	0,84
Абрикапа UA 1800288882	2	-	-	163	435	0,18
АбрикапаUA 1800288882	3	-	-	214	-	0,13
АбрикосаUA 1800137957	1	20	30	83	368	0,62
АбрикосаUA 1800137957	2	-	-	140	417	0,23
АбрикосаUA 1800137957	3	-	-	87	365	0,55
АбрикосаUA 1800137957	4	-	-	74	361	0,84
АбрикосаUA 1800137957	5	-	-	73	-	0,88
АгатаUA 1800505242	1	20	29	82	365	0,64
АгатаUA 1800505242	2	-	-	107	-	0,36
АзаліяUA 1800176452	1	32	41	245	531	0,11
АзаліяUA 1800176452	2	-	-	577	-	0,04
АйстраUA 1800176446	1	28	37	285	-	0,09
АкадемкаUA 1800496454	1	16	25	81	360	0,66
АкадемкаUA 1800496454	2	-	-	150	437	0,21
АкадемкаUA 1800496454	3	-	-	109	391	0,35
АкадемкаUA 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 ЕСМ₄ за наведеними даними та провести ранжування

Корова, №	Надій за лактацією, 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.