

УДК 631. 363

## **МОДЕЛЮВАННЯ КОРМОВИХ РАЦІОНІВ МОЛОЧНОГО ПОГОЛІВ'Я В СТІЙЛОВИЙ ПЕРІОД**

**Д.О. Мілько**, канд. техн. наук, *Таврійський державний агротехнологічний університет*

*В статті запропонована методика моделювання та розрахунок оптимального раціону годівлі високопродуктивних дійних корів у стійловий період з урахуванням енергетичної, протеїнової, вуглеводної, ліпідної, мінеральної, вітамінної поживності та кількості сухої речовини за критерієм мінімальної вартості кормів.*

**Ключові слова:** *оптимізація, кормовий раціон, поживні речовини, високопродуктивні корови, мінімальна вартість раціону.*

**Постановка проблеми.** Одним з найголовніших чинників розвитку галузі виробництва продукції тваринництва є вдосконалення кормової бази. Вдосконалення кормової бази проводиться у декількох напрямках, а саме через вдосконалення технічного та технологічного забезпечення виконання операцій збирання, заготівлі, зберігання та приготування кормів, за принципами енергозберігання, зменшення втрат кормів, зменшення втрат поживних речовин підчас виконання технологічних операцій. Також слід зауважити, що оцінка кормової цінності може виконуватися за різними методиками, такими як вміст сухої речовини, вміст обмінної енергії, вміст основних поживних речовин та за методикою оцінки вмісту чистої енергії лактації. Для одержання високих надоїв дуже важливо, щоб тварина отримала всі необхідні складові для життєдіяльності, розвитку плоду та продукування молока.

Організм високопродуктивних корів в окремі періоди лактації працює на межі, а іноді й за межею своїх фізіологічних можливостей. Тому для збереження продуктивності таких тварин дуже важливою умовою при організації годівлі є нормування раціону. Високопродуктивні тварини чутливі як до нестачі, так і до надлишку енергії та інших елементів живлення, їх

співвідношення в раціоні і умов використання, а тому дуже швидко реагують на це істотними змінами обмінних процесів і зниженням продуктивності. Ось чому ці біологічні особливості високопродуктивних молочних корів слід враховувати при нормуванні та організації їх годування [1].

Однак розрахувати кількість необхідних поживних речовин для тварини — це тільки половина проблеми. Не менш значущою проблемою є приготування такої кормосуміші, яка б містила всі необхідні поживні речовини необхідного розміру і вологості та інші фізико-механічні властивості. Дуже важливим при вирішенні задачі складання оптимізованого раціону, який би повністю забезпечив тварину поживними речовинами, є створення такої моделі, що дозволила б максимально точно підібрати компоненти раціону, причому не витрачаючи зайвих коштів.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Багато вчених досліджували проблеми підбору оптимальних складових раціону як в плані зниження його собівартості, так і збалансованості вмісту необхідних поживних речовин.

В 20-30 роках ХХ сторіччя питання про оцінку поживності кормів в СРСР розглядала комісія на чолі з професором Е. А. Богдановим. Основою для пропонованої одиниці поживності було вирішено узяти крохмальні еквіваленти, але для спрощення її дещо видозмінили, узявши за одиницю поживну цінність не 1 кг крохмалю, а 1 кг вівса, тому і назвали її вісв'яний. Недоліки вісв'яних кормових одиниць ті ж, що і у крохмальних еквівалентів: ця одиниця базується на продуктивній дії перетравних поживних речовин, але різні види тварин по-різному перетравлюють корми та використовують поживні речовини.

Враховуючи недоліки вісв'яних кормових одиниць, в 1963 році було запропоновано оцінювати поживність кормів за обмінною енергією — в енергетичних кормових одиницях (ЕКО). Обмінна енергія є частиною енергії раціону, яку тварина використовує для забезпечення своєї життєдіяльності і утворення продукції. Тому оцінка по обмінній енергії об'єктивно характеризує енергетичну поживність корму для тварини. За 1 ЕКО запропоновано 10 МДж обмінної енергії.

Оцінку поживності раціонів диференціюють по окремих елементах живлення, кількість яких постійно зростає по мірі поглиблення знань про фізіологічну роль поживних речовин ув процесах обміну. У недавньому минулому

потреба тварин визначалася за 6 елементами живлення: кормові одиниці, перетравний протеїн, кальцій, фосфор, кухонна сіль і каротин, але така оцінка не враховує необхідності балансування усього комплексу поживних, мінеральних, біологічно активних речовин.

Нові деталізовані норми годівлі враховують ширший комплекс незамінних чинників живлення. При цьому виходять з того, що для отримання високої продуктивності, забезпечення здоров'я і високих відтворювальних функцій тварин необхідно забезпечити усіма без виключення поживними речовинами, яких вони потребують, незалежно від того, у великих або малих дозах вони потрібні для організму. Виникла необхідність диференціювання окремих елементів живлення.

Сучасна комплексна оцінка поживності враховує вміст окремих елементів живлення та їх взаємний вплив та проводиться відповідно до прийнятих норм. У деталізованих нормах годівлі оцінюють енергетичну поживність за вмістом обмінної енергії, протеїнову — за сирим, перетравним протеїном, вмістом амінокислот; вуглеводну — за кількістю крохмалю, цукру, клітковини; ліпідну — за вмістом жиру; мінеральну — за вмістом макро- і мікроелементів (кухонної солі, кальцію, фосфору тощо); вітамінну — за вмістом каротину та вітамінів. Обов'язковий нормований показник — суха речовина [2].

**Формулювання цілей.** Розробка економіко-математичної моделі та розрахунок оптимального раціону годівлі високопродуктивних дійних корів у стійловий період з урахуванням енергетичної, протеїнової, вуглеводної, ліпідної, мінеральної, вітамінної поживності та кількості сухої речовини за критерієм мінімальної вартості раціону.

**Основна частина.** Висока молочна продуктивність корів можлива тільки в умовах нормальної годівлі й необхідної концентрації обмінної енергії та поживних речовин у сухій речовині раціонів. Зокрема, за добових надойв молока 40 кг поживність 1 кг сухої речовини раціону має рівнятися 11,2 МДж обмінної енергії.

Надходження фізіологічно корисної енергії з кормом визначається кількістю споживаної сухої речовини, концентрацією обмінної енергії в сухій речовині і рівнем годівлі. На кожні 100 кг живої маси високопродуктивні тварини здатні з'їдати до 4,5 кг сухої речовини. Надлишок сухої

речовини може призводити до неповного поїдання кормів, зниження поживної цінності раціонів і зменшення надоїв. При низькому її рівні в раціоні досить важко створити необхідну концентрацію енергії і поживних речовин.

Особливістю харчування корів є дуже швидке збільшення потреби в протеїні, що не покривається тільки мікробним білком. Тривалий дефіцит протеїну в раціоні спричиняє значне зниження не тільки надоїв, але й зниження вмісту жиру і білка в молоці. Надлишок протеїну в раціонах не засвоюється організмом, що веде до здороження молока. Оптимальне співвідношення цукрів та перетравного протеїну в зимовий період в раціонах лактуючих корів змінюється в межах 0,8-1,0:1,2 [3].

Дефіцит клітковини в раціонах корів призводить до зниження жирності молока, а її надлишок — до зниження енергетичної поживності раціонів. При запланованому рівні годівлі загальна добова кількість сирової клітковини не повинна перевищувати фізіологічну норму — 5000 г.

За узагальненими даними потреба в жирі у корів становить 40-65 % від жиру, що виділяється з молоком добового надою. Оптимальний вміст сирого жиру в раціонах корів має становити 3-4 % від сухої речовини.

Нестача фосфору в організмі корів викликає явище м'язової слабкості та зниження продуктивності корів до 800 кг на рік. При нестачі кальцію в раціоні або порушенні регуляції кальцієвого обміну у корови спостерігається слабкість кістяка. Дефіцит каротину позначається, у першу чергу, на стані репродуктивної функції високопродуктивних корів. Надлишок фосфору в раціоні корів не впливає на молочну продуктивність, але призводить до декальцинації кісток. Тому співвідношення кальцію до фосфору у високопродуктивних корів можуть становити 2,5-3:1. У раціоні може бути більше норми кальцію і каротину — це не шкідливо [3].

За вищевказаних особливостей та потреб визначимо оптимальний добовий кормовий раціон на стійловий період для високопродуктивних дійних корів масою 600 кг з добовим надоєм 40 кг та жирністю 4 %. Для забезпечення такої продуктивності корів необхідно, щоб в раціоні містилася певна кількість необхідних поживних речовин (табл. 1) [3, 4].

**Таблиця 1.** *Норми годівлі дійних корів живою масою 600 кг з добовим надоєм 40 кг*

| Межі норми | Суша речовина, кг | Обмінна енергія, МДж | Перетравний протеїн, г | Сира клітковина, г | Крохмаль, г | Цукри, г | Сирий жир, г | Кухонна сіль, г | Кальцій, г | Фосфор, г | Каротин, мг |
|------------|-------------------|----------------------|------------------------|--------------------|-------------|----------|--------------|-----------------|------------|-----------|-------------|
| Min        | 27                | 296                  | 3038                   | 4480               | 5155        | 3010     | 792          | 190             | 190        | 130       | 1385        |
| Max        | 28,2              | 320                  | 3054                   | 5000               | 6036        | 3325     | 1110         | -               | -          | 140       | -           |

До раціону і відповідно до системи змінних включається сіно лучне ( $x_1$ ), сінаж багаторічних трав ( $x_2$ ), силос бобово-злаковий різнотрав'яний ( $x_3$ ), кормовий буряк ( $x_4$ ) та концентровані корми ( $x_5$ ), які використовуються у вигляді комбікормів-концентратів, а також кухонна сіль ( $x_6$ ) та трав'яне борошно люцернове ( $x_7$ ), поживність та вартість яких надана в таблиці 2 [3, 4].

В раціоні повинні враховуватися обмеження щодо використання певних видів кормів. Так, добова норма сіна високої якості в розрахунку на 100 кг живої маси тварини, повинна бути не менше 1 кг силосу або сінажу — не більше 4 кг. Кормові буряки як молокогінний корм бажано давати корові в кількості 1-1,5 кг на кожний кілограм молока, але не більше 40 кг на добу. Норма включення комбікорму в раціон високопродуктивних корів коливається в межах 8-15 кг на голову на добу. Оптимальна ж норма трав'яного борошна коровам складає не більше 3 кг.

Таким чином, система обмежень матиме вигляд:

За кількістю сухої речовини

- не менше:  $0,83x_1 + 0,45x_2 + 0,25x_3 + 0,12x_4 + 0,87x_5 + 0,9x_7 \geq 27$ ;
- сухої речовини не більше:  $0,83x_1 + 0,45x_2 + 0,25x_3 + 0,12x_4 + 0,87x_5 + 0,9x_7 \leq 28,2$ .

*Таблиця 2. Поживність та вартість 1 кг кормів*

| Поживні речовини       | Сіно лучне | Сінаж багаторічних трав | Силос бобово-злаковий | Кормовий буряк | Комбікорм | Кухонна сіль, г | Трав'яне борошно люцернове |
|------------------------|------------|-------------------------|-----------------------|----------------|-----------|-----------------|----------------------------|
| Суха речовина, кг      | 0,83       | 0,45                    | 0,25                  | 0,12           | 0,87      | -               | 0,9                        |
| Обмінна енергія, МДж   | 6,95       | 4,9                     | 1,8                   | 1,6            | 10,5      | -               | 8,6                        |
| Перетравний протеїн, г | 57         | 38                      | 16                    | 9              | 130       | -               | 119                        |
| Сира клітковина, г     | 233        | 146                     | 93                    | 13             | 55        | -               | 211                        |
| Крохмаль, г            | 12,8       | 9,4                     | 2,5                   | -              | 435       | -               | -                          |
| Цукри, г               | 28         | 12,1                    | 3,3                   | 76             | 35        | -               | 40                         |
| Сирий жир, г           | 18         | 13                      | 10                    | 2              | 50        | -               | 29                         |
| Кухонна сіль, г        | -          | -                       | -                     | -              | -         | 1000            | -                          |
| Кальцій, г             | 6,3        | 3,4                     | 3,9                   | 0,6            | 6         | -               | 17,3                       |
| Фосфор, г              | 2,1        | 1,1                     | 0,6                   | 0,3            | 7,5       | -               | 3                          |
| Каротин, мг            | 19         | 26                      | 46                    | -              | -         | -               | 220                        |
| Вартість 1 кг, грн.    | 0,9        | 0,4                     | 0,4                   | 1,5            | 2,5       | 0,65            | 3                          |

За енергетичною поживністю

- обмінної енергії не менше:  $6,95x_1 + 4,9x_2 + 1,8x_3 + 1,6x_4 + 10,5x_5 + 8,6x_7 \geq 296$ ;
- обмінної енергії не більше:  $6,95x_1 + 4,9x_2 + 1,8x_3 + 1,6x_4 + 10,5x_5 + 8,6x_7 \leq 320$ .

За протеїновою поживністю

- перетравного протеїну не менше:  $57x_1 + 38x_2 + 16x_3 + 9x_4 + 130x_5 + 119x_7 \geq 3038$ ;
- перетравного протеїну не більше:  $57x_1 + 38x_2 + 16x_3 + 9x_4 + 130x_5 + 119x_7 \leq 3054$ .

За вуглеводною поживністю

- сирій клітковини не менше:  $233x_1 + 146x_2 + 93x_3 + 13x_4 + 55x_5 + 211x_7 \geq 4480$ ;
- сирій клітковини не більше:  $233x_1 + 146x_2 + 93x_3 + 13x_4 + 55x_5 + 211x_7 \leq 5000$ ;
- крохмалю не менше:  $12,8x_1 + 9,4x_2 + 2,5x_3 + 435x_5 \geq 5155$ ;
- крохмалю не більше:  $12,8x_1 + 9,4x_2 + 2,5x_3 + 435x_5 \leq 6136$ ;
- цукрів не менше:  $28x_1 + 12,1x_2 + 3,3x_3 + 76x_4 + 35x_5 + 40x_7 \geq 3010$ ;
- цукрів не більше:  $28x_1 + 12,1x_2 + 3,3x_3 + 76x_4 + 35x_5 + 40x_7 \leq 3325$ .

За ліпідною поживністю

- сирого жиру не менше:  $18x_1 + 13x_2 + 10x_3 + 2x_4 + 50x_5 + 29x_7 \geq 792$ ;
- сирого жиру не більше:  $18x_1 + 13x_2 + 10x_3 + 2x_4 + 50x_5 + 29x_7 \leq 1110$ .

За мінеральною поживністю

- кухонної солі не менше:  $x_6 \geq 190$ ;
- кальцію не менше:  $6,3x_1 + 3,4x_2 + 3,9x_3 + 0,6x_4 + 6x_5 + 17,3x_7 \geq 190$ ;
- фосфору не менше:  $2,1x_1 + 1,1x_2 + 0,6x_3 + 0,3x_4 + 7,5x_5 + 3x_7 \geq 130$ ;
- фосфору не більше:  $2,1x_1 + 1,1x_2 + 0,6x_3 + 0,3x_4 + 7,5x_5 + 3x_7 \leq 140$ .

За вітамінною поживністю

- каротину не менше:  $19x_1 + 26x_2 + 46x_3 + 220x_7 \geq 1385$ .

За кількістю окремих кормів у раціоні

- сіна не менше:  $x_1 \geq 6$ ;
- силосу або сінажу не більше:  $x_4 + x_3 \leq 24$ ;
- кормового буряку не більше:  $x_4 \leq 40$ ;
- комбікорму не менше:  $x_5 \geq 8$ ;
- комбікорму не більше:  $x_5 \leq 15$ ;
- трав'яного борошна не більше:  $x_7 \leq 3$ .

Критерій оптимальності — мінімальна вартість раціону:

$$Z = 0,9x_1 + 0,4x_2 + 0,4x_3 + 1,5x_4 + 2,5x_5 + 0,65x_6 + 3x_7 \rightarrow \min.$$

За оптимальним планом у добовий раціон корови з заданою масою та продуктивністю слід включити 6 кг сіна, 7,1 кг сінажу, 9,3 кг силосу, 28,4 кг кормового буряку, 12,8 кг комбікорму, 60 г кухонної солі та 3 кг трав'яного борошна. При цьому кількість сухої речовини склала 27,7 кг, обмінної енергії — 298,8 МДж, потреба в перетравному протеїні, цукрах, кухонній солі та каротині задоволена по мінімуму, а забезпеченість раціону сирією клітковиною

та фосфором сягнула максимальної межі, вміст крохмалю становив 5743 г, сирого жиру — 1077,5 г, кальцію — 244 г.

**Висновки.** В результаті проведених розрахунків за запропонованою методикою та складу покупних кормів при поточному рівні цін вартість раціону складе 95,6 грн. на добу. В свою чергу, це свідчить про значне зниження питомих втрат на приготування та заготівлю кормів, що в кінцевому етапі значно зменшить собівартість виробництва молока.

## Бібліографія

1. Мілько Д. О. Модель конверсії енергії корму в продукцію молочного скотарства / Д.О. Мілько // Праці Таврійського державного агротехнічного університету. — Мелітополь, 2011. — Вип. № 11. — Т.5.— С.142-147.
2. Мілько Д. О. Вплив якісних показників основних компонентів збалансованого раціону на продуктивність молочного скотарства / Механізація та електрифікація сільського господарства. — Глеваха, 2013. — Вип. № 97. — Т.1. — С. 592-598.
3. *Норми годівлі, раціони та поживність кормів для різних видів сільськогосподарських тварин: довідник* / Г. В. Проваторов, В.І Ладика, Л. В. Бондарчук — 2-ге вид., стер. — Суми: Університетська книга, 2009. — 489 с.
4. *Трончук І.С.* Структура і поживність раціонів для дійних корів із річним надоєм молока від шести до дев'яти тисяч кілограмів / І.С. Трончук, Т. М. Рак, Н. В. Чижанська // Вісник Полтавської державної аграрної академії. — Полтава, 2012. — № 1. — С. 107-111.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ КОРМОВЫХ РАЦИОНОВ МОЛОЧНОГО ПОГОЛОВЬЯ В СТОЙЛОВЫЙ ПЕРИОД

*В статье предложена методика модирования и расчет оптимального рациона кормления высокопродуктивных дойных коров в стойловый период с учетом энергетической, протеиновой, углеводной, липидной, минеральной, витаминной питательности и количества сухого вещества по критерию минимальной стоимости кормов.*

**Ключевые слова:** оптимизация, кормовой рацион, питательные вещества, высокопродуктивные коровы, минимальная стоимость рациона.

### **MODELING DAIRY COW FEED RATIONS IN STALL PERIOD**

*The modeling technique and computation of optimal ration for highly productive dairy cows at stall period considering energy, protein, carbohydrate lipid, mineral, vitamin nutritiousness and dry matter quantity with the minimum of the ration cost as an optimality criterion are proposed in the article.*

**Key words:** optimization, feed ration, nutrients, highly productive cows, minimum of the ration cost.