

## Розділ 8

# ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА СИСТЕМИ. УПРАВЛІННЯ ПРОЄКТАМИ ТА ПРОГРАМАМИ В АГРОІНЖЕНЕРІЇ

---

---

УДК 631.15+631.17

### ЦІЛЬОВА ФУНКЦІЯ БІОТЕХНІЧНОЇ СИСТЕМИ ВИРОБНИЦТВА ПРОДУКЦІЇ ТВАРИННИЦТВА ТА АЛГОРИТМ ЇЇ РЕАЛІЗАЦІЇ

**Вячеслав Братішко<sup>1</sup>, д. т. н., Василь Хмельовський<sup>1</sup>, д. т. н., Віктор Ребенко<sup>1</sup>, к. т. н.,  
Володимир Кузьменко<sup>2</sup>, к. т. н., Віталій Ткач<sup>2</sup>, к. т. н.,**

<sup>1</sup> *Національний університет біоресурсів і природокористування України,  
вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ, Україна,  
e-mail: vbratishko@nubip.edu.ua*

<sup>2</sup> *Національний науковий центр «Інститут механізації  
та електрифікації сільського господарства»,  
вул. Вокзальна, 11, смт Глеваха, Фастівський р-н, Київська обл., Україна,  
e-mail: nnc-imesg@ukr.net*

<https://doi.org/10.31734/agroengineering2020.24.136>

**Братішко В., Хмельовський В., Ребенко В., Кузьменко В., Ткач В. Цільова функція біотехнічної системи виробництва продукції тваринництва та алгоритм її реалізації**

У статті в загальному вигляді розглянуто біотехнічну систему виробництва продукції тваринництва, представлену у вигляді структурної схеми, що містить взаємопов'язані ланки, де вхідними параметрами виступають чинники, функціонально пов'язані з деякою цільовою функцією біотехнічної системи. Проаналізовано низку цільових функцій оцінювання ефективності функціонування біотехнічної системи виробництва продукції тваринництва, що набули найбільшого поширення: сукупні або питомі енергетичні витрати, якість функціонування біотехнічної системи, техніко-економічні показники тощо, визначальною з яких є собівартість кінцевої продукції.

Запропоновано, що оцінювання ефективності виконання технологічних процесів та функціонування біотехнічної системи виробництва продукції тваринництва може здійснюватися за показником технологічного рівня – кількістю технологічних операцій, що виконуються на відповідному (вищому) рівні технологічного устрою з урахуванням їх вагомості.

Підвищення ефективності функціонування біотехнічної системи виробництва продукції тваринництва відповідно до визначеної цільової функції, головною складовою якої є мінімізація собівартості продукції заданої якості, вимагає здійснення аналізу та відповідного ранжування вхідних параметрів, що чинять вплив на цільову функцію.

Сформовано цільову функцію біотехнічної системи виробництва продукції тваринництва та алгоритм її реалізації, що полягають у забезпеченні мінімальної собівартості продукції тваринництва за дотримання нормативних вимог щодо якості продукції, максимально можливих за таких умов продуктивності та показника технологічного рівня біотехнічної системи.

Застосування наведеного алгоритму дозволяє обґрунтувати раціональні параметри технічного забезпечення системи технологічних процесів виробництва продукції тваринництва з погляду забезпечення найменшої собівартості кінцевої продукції та найбільшої продуктивності виробництва при забезпеченні найвищого показника технологічного рівня біотехнічної системи.

**Ключові слова:** алгоритм, біотехнічна система, продуктивність, собівартість, тваринництво, цільова функція, якість.

**Bratishko V., Khmeliovskiy V., Rebenko V., Kuzmenko V., Tkach V.**

**Target function of the biotechnical system of animal breeding products and algorithm of its implementation**

The article considers the biotechnical system of animal breeding, presented in the form of a structural scheme containing interconnected links, where the input parameters are factors, functionally related to some target function of the biotechnical system. The work analyses a number of target functions for assessing the efficiency of the biotechnical system of animal breeding, which are the most common, i.e. total or specific energy costs, quality of the biotechnical system, technical and economic indicators, etc., which determine the final product cost.

It is proposed to make evaluation of the efficiency of technological processes and functioning of the biotechnical system of animal breeding on the basis of the technological level – the number of technological operations performed at the appropriate (higher) level of technological structure.

Improving the efficiency of the biotechnical system of animal breeding production in accordance with the defined target function, the main component is to minimize the cost of products of the set quality, which requires analysis and appropriate ranking of input parameters that effect the target function.

The target function of the biotechnical system of animal breeding production and the algorithm of its implementation are shaped in the work. It suggests ensuring the minimum cost of animal breeding products in compliance with the regulatory requirements for product quality, which is maximum possible under such conditions of productivity and technological level of the biotechnical system.

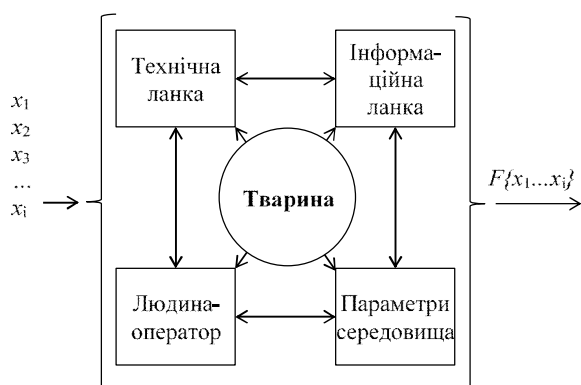
Application of the above-described algorithm allows substantiating the rational parameters of technical support for the system of technological processes of animal breeding production in terms of ensuring the lowest cost of final products and the highest productivity while securing the highest technological level of the biotechnical system.

**Key words:** algorithm, biotechnical system, productivity, prime cost, animal breeding, target function, quality.

**Постановка проблеми.** Використання системного підходу до аналізу стану галузі виробництва продукції тваринництва дає уявлення про процес виробництва як про цілісну взаємопов'язану багаторівневу біотехнічну систему (БТС), що складається з окремих ланок, головною з яких є тварина, як джерело отримання кінцевої продукції.

При цьому для встановлення взаємозв'язку між складовими БТС застосовують метод системного аналізу, а мета досліджень полягає в обґрунтуванні шляхів та підвищенні ефективності функціонування БТС виробництва продукції тваринництва в сільськогосподарських підприємствах України.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Результати аналізу публікацій у наукових виданнях України та світу свідчать, що біотехнічні системи як об'єкт досліджень вивчають переважно на теренах колишнього СРСР та меншою мірою – країн колишнього соцтабору. У загальному вигляді БТС [2; 23] виробництва продукції тваринництва можна зобразити у вигляді структурної схеми (рис. 1), що містить взаємопов'язані ланки, де вхідними параметрами виступають чинники ( $x_1, x_2, x_3, \dots, x_i$ ), функціонально пов'язані з деякою цільовою функцією біотехнічної системи  $F\{x_1 \dots x_i\}$ .



**Рис. 1.** Структурна схема БТС виробництва продукції тваринництва

**Fig. 1.** Structural scheme of the biotechnical system of animal breeding production

Порівняно з усталеним баченням [20], в окрему ланку БТС можна виділяти інформаційну складову системи, оскільки вона припиняє виконувати функції управління роботою окремого робочого органа чи технічного засобу, а набуває самостійних функцій управління технологічними процесами, прогнозування технологічних параметрів виробництва, контролю та автоматичного регулювання. Це відповідає сучасним тенденціям розвитку галузі на основі застосування концепції «точного тваринництва», яке спрямоване на врахування індивідуальних потреб тварин та інтелектуалізацію прийняття рішень щодо забезпечення раціональних параметрів утримування поголів'я та виконання технологічних процесів на фермах. Так, доволі складно порівняти вагомість впливу на ефективність виробництва продукції тваринництва, наприклад, технічних засобів для приготування кормів та програмно-інформаційної системи складання збалансованих раціонів годівлі тварин і птиці.

Цільова функція БТС визначається для кожного окремого випадку оцінювання БТС. Для умов БТС виробництва продукції тваринництва цільовими функціями можуть виступати: мінімізація енергетичних витрат під час виробництва продукції, мінімізація негативного впливу на довкілля, органічність виробництва (наближення до умов природного утримування тварин), максимізація якості або кількості продукції, мінімізація земельної площі об'єкта виробництва тощо. Множина вхідних параметрів зумовлюється цільовою функцією і є відмінною в кожному окремому випадку аналізу системи.

Серед цільових функцій оцінювання ефективності функціонування БТС виробництва продукції тваринництва, що набули найбільшого поширення, можна узагальнено виділити такі: сукупні або питомі енергетичні витрати [29], якість функціонування БТС, техніко-економічні показники [21], серед яких визначальним є собівартість кінцевої продукції.

При цьому порівняльна енергетична оцінка, на жаль, не дозволяє достовірно оцінити ефективність функціонування БТС, оскільки вартість енергетичних еквівалентів, наприклад, для рідкого

палива та грубих кормів, буде різнитися в декілька разів (питома теплота згоряння рідкого палива – 41,9–44,5 МДж/кг, сіна – 14,7–16,7 МДж/кг), а спроби їх взаємоузгодження зазвичай ґрунтуються на експертному оцінюванні та мають низьку емпіричну достовірність. На думку Є. І. Храпача, аналіз ефективності функціонування БТС за приведеними енергетичними витратами є доцільним у разі застосування перспективних техніко-технологічних рішень, які поки що не знайшли практичного застосування у виробництві.

Фундаментальні погляди на функціонування БТС виробництва продукції тваринництва містяться в працях В. В. Шацького [27; 28], який як цільову функцію БТС пропонує використовувати інтегральний показник якості її функціонування. До переваг запропонованого методу можна зарахувати системний погляд на виробництво, яке розглядається як замкнутий цикл виробництва продукції тваринництва та кормів з урахуванням забезпечення родючості ґрунтів, що є одним з актуальних питань сьогодення. Проте рисами згаданого методу є складність практичного застосування пропонуєваних моделей, зокрема встановлення значень коефіцієнтів – складових цільової функції, які, своєю чергою, базуються на енергетичних еквівалентах, а також обмеження її застосування сферою виробництва молока. Автор пропонує оцінювати біотехнічну систему за комплексним показником якості, що об'єднує якість функціонування тварини, ґрунту, працівника, а також якість корму.

Системний підхід до оцінювання ефективності функціонування біотехнічної системи виробництва молока пропонує також А. І. Фененко [24], розкриваючи вплив на собівартість виробленого молока таких чинників, як створення кормової бази, придбання й лікування корів, забезпечення нормативних параметрів комфорту утримання, забезпечення режимних характеристик функціонування комплексу машин, кваліфікації кадрів. Перевагою названого підходу є застосування придатних до практичного використання економічних методів оцінювання ефективності функціонування БТС, яка базується на створенні сприятливих комфортних умов праці з використанням машин та обладнання, які враховують фізіологічні принципи взаємодії БТС виробництва молока «корм – корова – комфорт утримання – комплекс машин – кадри» [1; 25; 26].

Отже, в умовах сучасного виробництва як цільову функцію БТС виробництва продукції тваринництва доцільно розглядати собівартість тваринницької продукції певної якості.

**Постановка завдання.** Завданням досліджень є обґрунтування цільової функції БТС виробництва продукції тваринництва та алгоритму її реалізації для пошуку раціональних параметрів технічного забезпечення системи технологічних процесів виробництва за визначеними критеріями.

**Виклад основного матеріалу.** На наш погляд, у загальному вигляді цільова функція БТС виробництва продукції тваринництва полягає в забезпеченні мінімальної собівартості продукції тваринництва  $S$  при забезпеченні нормативних вимог щодо якості  $Y_N$  (як продукції, так і виконання технологічних операцій, впливу на довкілля тощо) та максимально можливої за таких умов продуктивності  $P$  і може бути записана у вигляді системи рівнянь

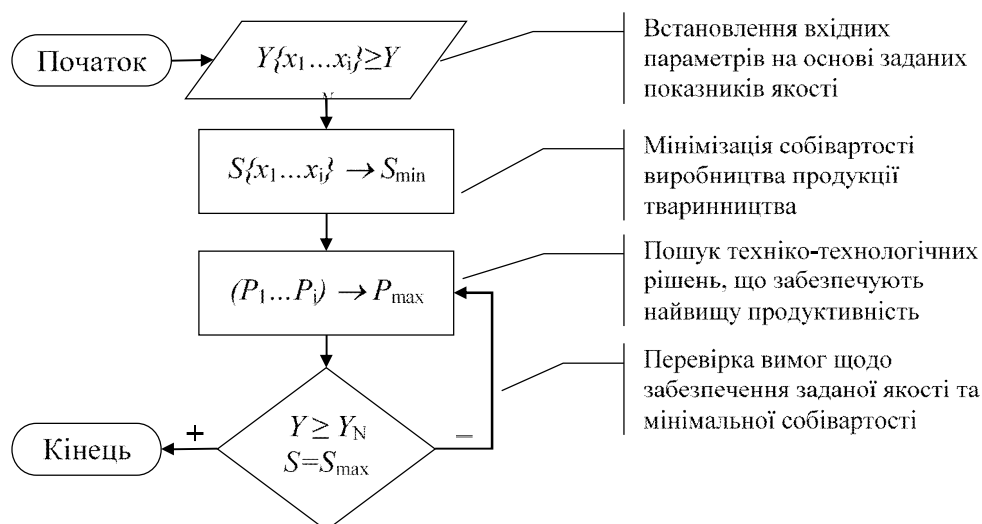
$$F\{x_1, x_2, \dots, x_i\} = \begin{cases} Y\{x_1, x_2, \dots, x_i\} \geq Y_N, \\ S\{x_1, x_2, \dots, x_i\} \rightarrow S_{\min}, \\ (P_1 \dots P_i) \rightarrow P_{\max}. \end{cases} \quad (1)$$

Алгоритм розв'язання системи рівнянь (1) можна подати в такому вигляді (рис. 2).

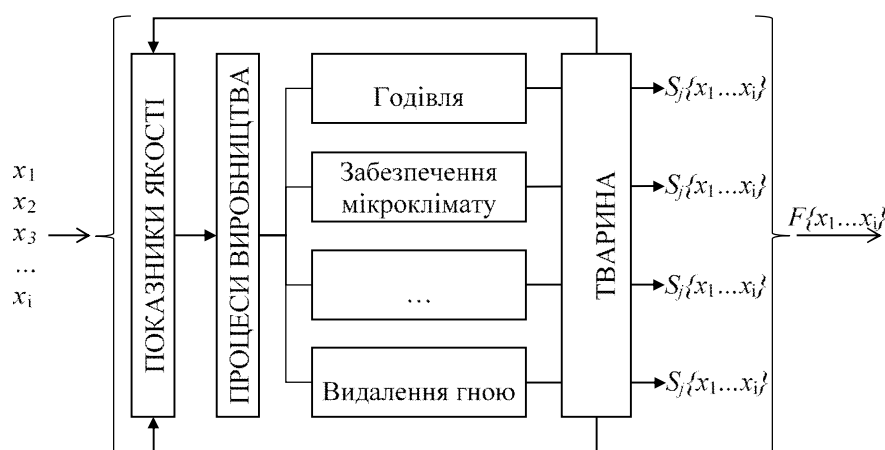
Як бачимо, цільова функція (1) та алгоритм її реалізації (див. рис. 2) можуть бути використані під час аналізу БТС виробництва продукції тваринництва на рівні окремого регіону, сільськогосподарського підприємства, тваринницької або птахівницької ферми та окремого виробничого модуля.

При цьому встановлення низки вхідних параметрів БТС виробництва продукції тваринництва, що залежать від показників якості, відбуватиметься на основі застосування положень зоотехнічних вимог, відомчих норм технологічного проектування [3–12], норм національних та міждержавних стандартів класу 13 «Захист довкілля та здоров'я. Безпека» згідно з класифікатором ДК 004:2008 [14], а також вимог нормативних документів до якості продукції тваринництва та птахівництва [16–19].

Однак в аналізі ефективності БТС було б помилкою не враховувати світовий досвід щодо забезпечення ефективності функціонування складних виробничих та організаційних структур на основі забезпечення якості їх управління, прикладом реалізації яких є вимоги міжнародних стандартів груп ISO 9000 та ISO 10000. Очевидно, що виробництво продукції тваринництва потрібно розглядати не лише як біотехнічну, а й як складну організаційну структуру, якісне управління якою є важливим елементом забезпечення ефективності її функціонування.



**Рис. 2.** Алгоритм реалізації цільової функції БТС виробництва продукції тваринництва  
**Fig. 2.** Algorithm for implementing the target function of the biotechnical system of animal breeding production



**Рис. 3.** Структурна схема БТС виробництва продукції тваринництва з урахуванням процесного підходу  
**Fig. 3.** Structural scheme of the biotechnical system of animal breeding production, taking into account the process approach

Одним із головних принципів, покладених в основу системи управління якістю, є застосування процесного підходу до аналізу виробництва [15], згідно з яким виробництво можна розглядати як сукупність, набір процесів, які володіють такими ознаками, як взаємопов'язаність, необхідність та контрольованість.

З урахуванням положень ДСТУ ISO 9001 [15] можна визначити процес як сукупність взаємопов'язаних робіт (дій, операцій), для яких використовують ресурси і які перетворюють входи на виходи, тобто забезпечують якісну та/або кількісну зміну деяких параметрів. З наведеного

визначення можна зробити висновок, що під час оцінювання функціонування БТС виробництва продукції тваринництва аналізованими процесами мають бути «технологічні процеси створення тваринницької продукції» [22], зокрема годівлі, напування, забезпечення мікроклімату, видалення та перероблення гною чи посліду тощо, які пов'язані між собою згаданими показниками якості та відповідають наведеним ознакам.

При цьому людина-оператор може виступати і як об'єкт, що формує вхідні параметри до виконання технологічних процесів БТС згідно з вимогами стандартів класу 13 за ДК 004:2008

нарівні з параметрами середовища, так і як виконавець окремої технологічної операції (під час виконання операцій штучного осіменіння чи підгортання корму на кормовому столі тощо), витрати на виконання якої впливають на собівартість продукції. А інформаційна ланка стає ознакою технологічного рівня виконання процесу (операції). А отже, можемо розглядати БТС виробництва продукції тваринництва як дволанкову систему: тварина – сукупність взаємопов'язаних технологічних процесів.

З урахуванням цього можна подати структурну схему БТС виробництва продукції тваринництва в такому вигляді (див. рис. 3).

Відповідно до загальних уявлень про науково-технічний прогрес, порівняльна ефективність виконання технологічних процесів та функціонування БТС виробництва продукції тваринництва при цьому також може здійснюватися за кількістю технологічних операцій, що виконуються на відповідному (вищому) рівні технологічного устрою з урахуванням їх вагомості, наприклад:

$$K_T = \frac{\sum_{i=1}^5 a_i n_i + \dots + \sum_{i=5}^5 a_i n_i}{\sum_{i=1}^5 n_i}, \quad (2)$$

де  $K_T$  – показник технологічного рівня технологічного процесу;  $i$  – технологічний рівень:  $i = 1$  – ручна праця,  $i = 2$  – механізовані операції,  $i = 3$  – автоматизовані операції,  $i = 4$  – автоматичні операції,

$i = 5$  – роботизовані операції;  $n_i$  – кількість технологічних операцій  $i$ -го технологічного рівня;  $a_i$  – коефіцієнт вагомості операції  $i$ -го технологічного рівня, наприклад,  $a_1 = 1$ ,  $a_2 = 2$ ,  $a_3 = 3$ ,  $a_4 = 4$ ,  $a_5 = 5$ ;

$$K_S = \frac{1}{T_N} \sum_{j=1}^{T_N} a_j K_T^j, \quad (3)$$

де  $K_S$  – показник технологічного рівня БТС;  $T_N$  – загальна кількість  $j$ -тих технологічних процесів БТС;  $a_j$  – коефіцієнт вагомості  $j$ -го технологічного процесу в БТС.

Слід зауважити, що особливістю функціонування БТС виробництва продукції тваринництва в умовах України є відносно низький рівень оплати праці робітників ферми, що може призводити до економічної доцільності використання ручної праці замість спеціалізованих технічних засобів під час виконання деяких технологічних операцій, наприклад, підгортання об'ємистого корму на кормовому столі та роздавання підстилки тощо.

Тому показник технологічного рівня БТС потрібно враховувати під час формування цільової функції БТС таким чином: цільова функція БТС полягає у забезпеченні мінімальної собівартості продукції тваринництва  $S$  при забезпеченні нормативних вимог щодо якості  $Y_N$  та максимально можливих за таких умов продуктивності  $P$  й показника технологічного рівня БТС  $K_S$ .

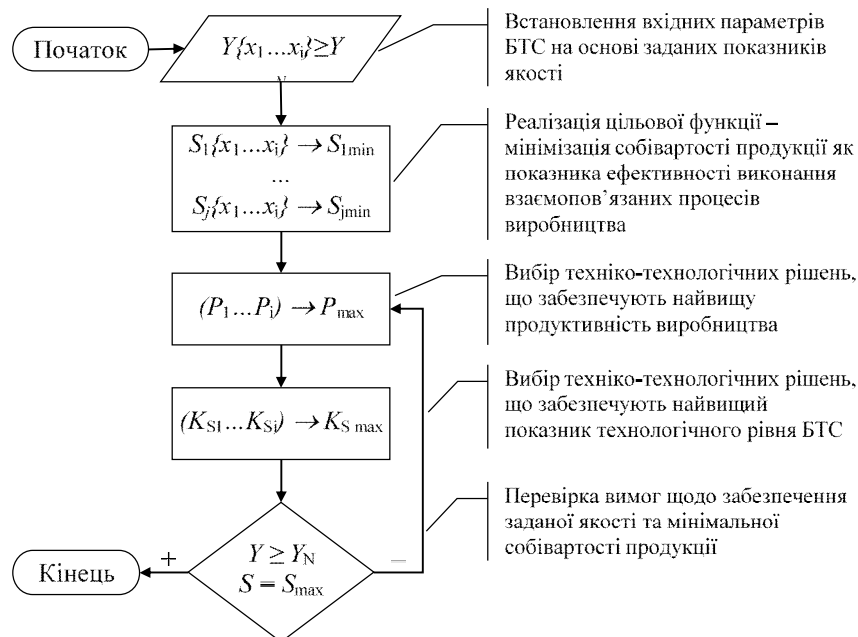


Рис. 4. Алгоритм реалізації цільової функції БТС виробництва продукції тваринництва

Fig. 4. Algorithm for implementing the target function of the biotechnical system of animal breeding production

Враховуючи наведене, можемо записати уточнені цільову функцію та алгоритм реалізації цільової функції БТС виробництва продукції тваринництва з урахуванням процесного підходу (див. рис. 4):

$$F\{x_1, x_2, \dots, x_i\} = \begin{cases} Y\{x_1, x_2, \dots, x_i\} \geq Y_N, \\ S\{x_1, x_2, \dots, x_i\} \rightarrow S_{\min}, \\ (P_1 \dots P_i) \rightarrow P_{\max}, \\ (K_{S1} \dots K_{Si}) \rightarrow K_{S_{\max}}. \end{cases} \quad (4)$$

Отже, поставлена мета щодо підвищення ефективності функціонування БТС виробництва продукції тваринництва відповідно до визначеної цільової функції, головною складовою якої є мінімізація собівартості продукції заданої якості, вимагає здійснення аналізу та відповідного ранжування вхідних параметрів БТС, що чинять вплив на цільову функцію. Як вхідні параметри БТС мають бути враховані чисельність та структура поголів'я, норми та склад раціонів годівлі, проектно-технологічні та будівельні рішення, структура та продуктивність технічних засобів і обладнання для виконання технологічних операцій [13], кількість обслуговуючого персоналу, кількісні, якісні та вартісні показники кінцевої продукції тощо, а також відповідні їм економічні показники, що характеризують їхній вплив на собівартість продукції.

### Висновки

У результаті аналітичних досліджень було сформульовано функцію біотехнічної системи виробництва продукції тваринництва та запропоновано алгоритм її реалізації. Застосування наведеного алгоритму дає змогу обґрунтувати раціональні параметри технічного забезпечення системи технологічних процесів виробництва продукції тваринництва з позиції забезпечення найменшої собівартості кінцевої продукції та найбільшої продуктивності виробництва при забезпеченні найвищого показника технологічного рівня БТС.

### Бібліографічний список

1. Адамчук В. В., Фененко А. И. Концептуальные аспекты развития ферм по производству молока. *Молочное дело*. 2010. № 12. С. 14–17.
2. Ахутин В. М., Немирко А. П., Першин Н. Н. и др. Биотехнические системы: теория и проектирование: учеб. пособие: Москва: ГОУ ОГУ, 2008. 204 с.
3. ВНТП-АПК-01.05. Скотарські підприємства. Київ: Мінагрополітики України, 2005. 96 с.
4. ВНТП-АПК-02.05. Свилярські підприємства (комплекси, ферми, малі ферми). Київ: Мінагрополітики України, 2005. 97 с.

5. ВНТП-АПК-03.05. Вівчарські і козівничі підприємства. Київ: Мінагрополітики України, 2005. 87 с.
6. ВНТП-АПК-04.05. Підприємства птахівництва. Київ: Мінагрополітики України, 2005. 90 с.
7. ВНТП-АПК-05.07. Підприємства звірівництва та кролівництва. Київ: Мінагрополітики України, 2005. 65 с.
8. ВНТП-АПК-06.07. Конярські підприємства. Київ: Мінагрополітики України, 2007. 55 с.
9. ВНТП-АПК-07.06. Об'єкти ветеринарної медицини. Київ: Мінагрополітики України, 2006. 42 с.
10. ВНТП-АПК-08.07. Об'єкти для заготівлі, зберігання та приготування кормів для тваринництва. Київ: Мінагрополітики України, 2007. 70 с.
11. ВНТП-АПК-09.06. Системи видалення, обробки, підготовки та використання гною. Київ: Мінагрополітики України, 2006. 100 с.
12. ВНТП-АПК-11.07. Комбікормові підприємства. Київ: Мінагрополітики України, 2007. 44 с.
13. ГСТУ 46.012-2000. Техніка сільськогосподарська. Методи економічної оцінки техніки для тваринництва. [Чинний від 2001-02-01]. Київ: Мінагрополітики України, 2000. III. 18 с. (Галузевий стандарт України).
14. Державний класифікатор 004:2008. Український класифікатор нормативних документів: наказ Держспоживстандарту України від 26.08.2008 р. № 301. Київ: Держспоживстандарт України, 2008.
15. ДСТУ ISO 9001:2009. Системи управління якістю. Вимоги. [Чинний від 2009-09-01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2009. 26 с.
16. ДСТУ 3662:2015. Молоко-сировина коров'яче. Технічні умови. [Чинний від 2018-01-01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2015. 12 с.
17. ДСТУ 5028:2008. Яйця курячі харчові. Технічні умови. [Чинний від 2010-06-01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2010. 27 с.
18. ДСТУ 6030:2008. М'ясо. Яловичина та телятина в тушах, півтушах і четвертинах. Технічні умови. [Чинний від 2011-07-01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2011. 18 с.
19. ДСТУ 7158: 2010. М'ясо. Свинина в тушах і півтушах. Технічні умови. [Чинний від 2011-07-01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2011. 14 с.
20. Лапин А. П., Баранов Ю. Н., Тимохин О. В. Обоснование биотехнической системы для повышения безопасности работ в животноводстве. *Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. Техника и технологии агропромышленного комплекса*. 2009. № 2. С. 21–24.
21. Мусин А. М. Методы технико-экономической оценки биотехнических систем животноводства / Рос. акад. с.-х. наук Всерос. науч.-исслед. ин-т электрификации сел. хоз-ва. Москва: [б. и.], 2005. 81 с.
22. Мусин А. М. Эффективность биотехнических систем животноводства. Москва: ГНУ ВИЭСХ, 2010. 88 с.
23. Мустецов Т. М., Нечипоренко А. С. Теорія біотехнічних систем: навч. посіб. Харків: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2015. 188 с.

24. Напрями технологічного і технічного відтворення індустриальних ферм з виробництва молока / А. І. Фененко, С. П. Москаленко, Р. Б. Кудринський, П. М. Михайленко, В. В. Ткач. *Вісник аграрної науки*. 2012. № 5. С. 48-52.
25. Фененко А. І., Москаленко С. П., Ткач В. В., Пономаренко О. В. Раціональні параметри та режимні характеристики функціонування складових біотехнічної системи виробництва молока. *Молочное дело*. 2013. № 3. С. 16-18.
26. Фененко А. І. Техніко-технологічна концепція розвитку механізації молочного тваринництва. *Техніка АПК*. 1996. № 1. С. 6-7.
27. Шацкий В. В. Концепция и методология совершенствования биотехнической системы животноводства. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка*. 2016. Вип. 157. С. 111-118.
28. Шацкий В. В. Методология совершенствования технологического обеспечения животноводства. *Науковий вісник НУБіП України. Серія: Техніка та енергетика АПК*. 2016. Вип. 254. С. 334-344.
29. Шацкий В. В., Коломиец С. М. Теоретико-методологические принципы анализа функционально-качественного наполнения технико-технологического обеспечения свиноводства. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка*. 2013. Вип. 132. С. 130-138.

*Стаття надійшла 17.10.2020*