

УДК 631.363.636.085

## МЕТОДОЛОГИЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ БИОТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ЖИВОТНОВОДСТВА

Шацкий В.В., д.т.н.

*В статье представлены концепция и методология повышения качества функционирования биотехнической системы животноводства.*

**Постановка проблемы.** Основной проблемой повышения качества функционирования животноводства является разработка методологии обоснования структуры, параметров и качества функционирования производства животноводческой продукции, как постоянно развивающейся сложной многоуровневой биотехнической системы. Развитие основных биологических объектов одноименной системы “почва → корм → животное → почва” в определенном природой порядке и условиях взаимозависимости, скорректированной человеческой деятельностью, ставит задачи выбора концепции оптимизации параметров развивающейся биотехнической системы и качества ее функционирования.

**Анализ последних исследований.** Определены закономерности развития технико-технологического обеспечения производства из условий обеспечения его конкурентоспособности, где не обозначено качество взаимодействия биологических объектов. Также в научной литературе не рассмотрены вопросы оптимизации технико-технологических систем производства по критерию качества функционирования биологической системы в условиях его постоянного гармоничного развития элементов.

**Цель работы** – разработка методологии повышения качества функционирования биотехнической системы и ее элементов путем оптимизации параметров технико-технологического обеспечения технологий, максимально использующие природные процессы обращения с биологическими объектами системы.

**Методология.** Концепцией и критерием оптимизации параметров биотехнической системы являются повышающаяся эффективность обеспечения максимальной реализации природных функции и генетического потенциала биологических объектов при взаимодействии их в одноименной системе с функциями технико-технологического обеспечения производства путем создания благоприятных условий функционирования этих объектов, с определением моделированием качества функционирования этих объектов и системы в целом в соответствии с повышением продуктивности животных.

Критерием, определяющей качество функционирования и развития технологических процессов биотехнической системы, является состояние и динамика взаимозависимого развития потенциала и качества

функціонування біологічних об'єктів (елементів) и, как следствие, системи в целом. Показатель качества функціонування біотехнічної системи определяется уровнями функціональних показателів качества біологічних об'єктів, как основных технологических показателів качества их функціонування [1].

Это можно представить функціональною залежністю с соответствующим  $j$ -м уровнем продуктивности животных (состояния системы)

$$K_{\Phi C_j} = f(K_{P;f(E_{GP})_j}, K_{K;f(E_{PK})_j}, K_{G;f(E_{KG})_j}, K_{W;f(F_{k_2})_j}) \quad (1)$$

где  $K_{\Phi C_{Yi}}$  – качество функціонування біотехнічної систем, соответствующее  $j$ -му уровню продуктивности:

$K_{P;f(E_{GP})_j}, K_{K;f(E_{PK})_j}, K_{G;f(E_{KG})_j}$  – функціональний показатель качества почвы, корма и животного в функции потенциала продуцирования предыдущего объекта системы, соответствующие  $j$ -му уровню системы;

$K_{W;f(F_{k_2})_j}$  – функціональний показатель качества работника в функции функционально-качественного наполнения технико-технологического обеспечения производства [2] (биотехнічної системи), соответствующий  $j$ -му уровню системы.

**Основная часть.** Темп развития качества функціонування біотехнічної системи определяются в зависимости от повышения качества функціонування біологічного об'єкта – животного, ростом его продуктивности на протяжении определенного времени.

В связи с тем, что качество функціонування біологіческих об'єктів в системе “почва→корм→животное→почва” определяется способностью реализовывать свою функцию последующему ( $i+1$ ) элементу и принимать продукт функціонування предыдущего ( $i-1$ ) об'єкта, то  $i$ -й біологіческий об'єкт должен иметь для этого соответствующий потенциал и это должно быть отображено в соответствующих формулах.

Качество функціонування почвы  $K_p$ , или качество почвы, оценивается эффективностью использования дополнительного потенциала плодородия при его улучшении внесением органического удобрения  $E_{GP}$ , полученного от скармливания дополнительно полученного корма  $\Delta K$  животному

$$K_p = \frac{\Delta K}{k_{GP} E_{GP}}, \quad (2)$$

где  $\Delta K$  – дополнительно полученный корм при внесении органического удобрения, МДж/сут;

$E_{GP}$  - энергия непереваримой части рациона (навоза), МДж/сут;

$k_{GP}$  – коэффициент использования навоза в качестве удобрения.

Дополнительно полученный корм при внесении органического удобрения определяется исходя из конверсии энергии навоза в корм с учетом потерь

массы и органического вещества

$$\Delta K = E_{GP} \frac{k_{KY}}{k_{ЭН}} k_{GP} (1 - k_{ПВ}) (1 - k_{Порг}), \quad (3)$$

где  $k_{KY}$  – коэффициент конверсии энергии органического удобрения в выращенный корм;

$k_{ЭН}$  – энергетический эквивалент навоза, МДж;

$k_{ПВ}, k_{Порг}$  – уровни потерь влаги и органического вещества навоза.

Для оценки качества функционирования почвы воспользуемся результатами агрохимической науки. Исследования [3, 4] показывают, что каждая тонна внесенного в почву навоза дает за время его действия прибавку урожая сельскохозяйственных культур, равную 1ц зерна.

Потери органического вещества при хранении и переработке навоза составляют от 12,2 до 40,0% [3], а использование питательных и энергетических свойств навоза животного сегодня не превышает 15-20%.

Согласно наших расчетов количество непереваримого органического материала сенажно-концентратного рациона кормления (навоза), продуцируемого в сутки одной коровой продуктивностью 3800 кг/год составляет 30 кг, а при 7000 кг/год – 37,51 кг. Его использование в качестве удобрения изменяется от 30 до 85%.

При таких условиях использования органического материала, его физических потерь, потерь органического вещества в технологии переработки определено количество выхода органического удобрения, дополнительно выращенный корм на основе использования этих удобрений и значения показателя качества почвы в зависимости от продуктивности животного диапазоне 3800-7000 кг молока в год.

Изменение количества органических удобрений с 4,05 до 20,99 кг на голову в сутки привело к получению дополнительно выращенного корма энергетической ценностью 4,46 - 23,09 МДж, соответственно (табл.1). Количественная оценка показателя качества почвы определенного по (2) показывает, что он изменяется в диапазоне 0,223-0,327.

Таблица 1 - Показатели качества почвы

Продуктивность животного, $Y$ , кг/год	Кол-во произведенного навоза, кг/сут/гол	Коэффициент использования навоза, $k_{GP}$	Кол-во органических удобрений кг/сут/гол	Дополнительный урожай пшеницы $\Delta K$ , МДж	Энергия навоза, $E_{GP}$ , МДж/сут/гол	Качество почвы, $K_p$
3800	30.00	0.3	4.05	4.46	66.48	0.223
4700	32.11	0.5	8.55	9.40	71.16	0.264
5400	33.75	0.6	11.70	12.69	74.80	0.283
6000	35.16	0.7	15.14	16.65	77.92	0.305
6500	36.34	0.8	18.53	20.38	80.52	0.316
7000	37.51	0.85	20.99	23.09	83.12	0.327

Полученная закономерность показателя качества функционирования почвы  $K_p$  в соответствии с продуктивностью животных (кг молока в год) аппроксимируется в графическое изображение (рис. 1) и аналитическую зависимость  $K_p = -0,1697 \ln Y - 1,1736$

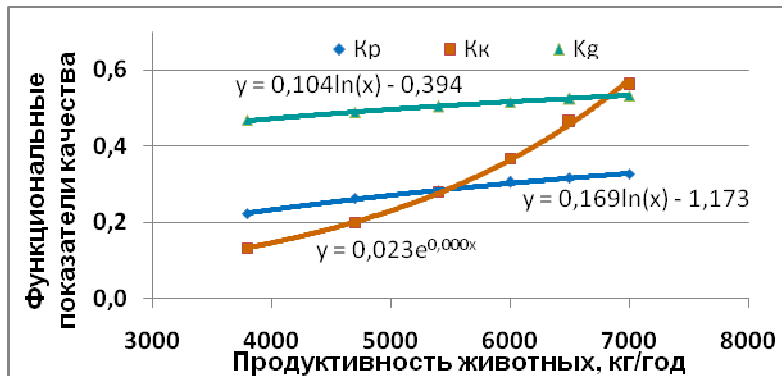


Рисунок 1 - Зависимость функциональных показателей качества биологических объектов

Закономерность показателя качества почвы показывает низкий уровень использования навоза в качестве органического удобрения, что негативно сказывается на качестве выращенного корма и экологии производства.

Качество кормления животных зависит от качества подготовки кормов - степени измельчения и сбалансированности его компонентов по питательности и энергии, что проявляется во влиянии этих факторов на переваримость рациона и, как следствие, на продуктивность животных и выход непереваримой части корма. Поэтому показатель качества корма оценивается концентрацией обменной энергии в 1 кг сухого вещества, выраженного в МДж, соотношением энергий основной продукции и непереваримой части рациона (навоза), структурой кормового рациона и степенью сохранности питательных веществ корма:

$$K_K = \frac{OE_{f(T)}}{(K_{f(T)} + \Delta K)k_{CB}} \frac{Y}{BE_{GP}} k_{cmp} k_{csp}, \quad (4)$$

где  $K_{f(T)}$ ,  $OE_{f(T)}$  - количество и обменная энергия корма, прошедшего технологическую подготовку, МДж;

$\Delta K$  - дополнительно выращенный корм от внесения органических удобрений, МДж;

$k_{CB}$  - доля сухого вещества в корме;

$Y$  - суточный удой (чистая энергия лактации), МДж/сут;

$k_{cmp}$  - показатель структуры корма;

$k_{csp}$  - показатель сохранности сухого вещества корма.

Распределение энергии корма в организме лактирующей коровы показывает, что соотношение ( $Y/VE_{GP}$ ) энергий суточного удоя  $Y$  и  $VE_{GP}$  непереваримой части рациона для низкопродуктивных коров составляет 0,5-0,6, а для высокопродуктивных животных (более 7000 кг/год) – 1,0 - 1,2 [5]. Поэтому принимаем диапазон изменения соотношения  $Y/VE_{GP}$  0,6-0,95 при продуктивности животного 3800-7000 кг молока в год.

Существующее техническое оснащение заготовки консервированных стебельных кормов обеспечивает измельчение частиц не менее 40мм, при требовании – не более 20мм. При этом показателем структуры корма, отражающий отношение  $n_1^h/n_1^f$  как степень измельчения стебельного корма, изменяется от 0,5 до 1,0.

В процессе заготовки и хранения стебельных кормов возникают потери питательных веществ, которые для силоса составляют от 20 до 40-50%, сенажа - 10-20%, сена - 15-35% [6], что в среднем составляет 35%. Потери биохимических процессов при хранении силоса в среднем достигают 16% [7]. Поэтому коэффициент сохранности кормов изменяется от 0,65 до 0,85. Показатель качества корма в соответствии с продуктивностью животных изменяется в пределах 0,132...0,560 (табл.2, рис. 1).

Таблица 2–Показатели качества корма

Удой, кг/год	Обменная энергия рациона, МДж	Концентрация ОЕ в 1кг СВ (МДж) рациона	Структура частиц корма, $n_1^h/n_1^f$	Соотношение энергий удоя и навоза, $Y/VE_{GP}$	Сохранность корма. $k_{exp}$	Показатель качества корма, $K_k$
3800	154.008	0.677	0,5	0.600	0,650	0.132
4700	168.228	0.683	0,6	0.700	0,700	0.201
5400	179.288	0.686	0,7	0.780	0,750	0.281
6000	188.768	0.689	0,8	0.845	0,790	0.368
6500	196.668	0.692	0,9	0.902	0,825	0.463
7000	204.568	0.694	1,0	0.950	0,850	0.560

Полученная количественная оценка функционирования корма показывает низкий уровень его использования из-за высоких потерь органического вещества при консервирования и хранении. В таких условиях повышение продуктивности животных требует увеличения количества и качества кормов за счет расширения площадей выращивания. Устранение этих недостатков и повышения плодородия почвы, на основе повышения уровня использования навоза в качестве органического удобрения, позволит не только избежать расширения площадей выращивания, но и повысить качество функционирования животных.

Показателем качества функционирования животного выступает эффективность продуцирования молока и органического материала (навоза), выраженных отношением количества энергии продуцируемых продуктов к валовой энергии потребляемого корма:

$$K_G = \frac{(Y + Y_{\Delta K})k_Y + E_{GP}}{BE} \quad (5)$$

где  $Y$  – количество продуцируемого молока без изменения параметров биологических объектов, кг/сут;

$Y_{\Delta K}$  - количество дополнительно продуцируемого молока при изменении параметров биологических объектов, кг/сут;

$E_{GP}$  – энергия непереваримого корма рациона (навоза животного), МДж/сут;

$BE$  - валовая энергия корма, МДж;

$k_Y$  – показатель энергетической ценности молока, МДж/кг.

При повышении продуктивности животных с 3800 до 7000 кг молока в год суточное потребление валовой энергией корма увеличивается 227,84... 295,36 МДж. В молоко животным трансформируется 17,6...25,0%. Не переваримая часть корма при этом составляет 29,18...28,14% (табл.3, рис. 1).

Таблица 3 – Качество функционирования животных

Продуктивность животного, $Y$ , кг/год	Валовая энергия корма, МДж/сут	Энергия продуцируемого молока, МДж/сут	Энергия органического материала, МДж/сут	Показатель качества животных, $K_G$
3800	227.84	40,15	66.48	0.468
4700	246.83	49,66	71.16	0.489
5400	261.60	57,06	74.80	0.504
6000	274.26	63,40	77.92	0.515
6500	284.81	68,68	80.52	0.524
7000	295.36	73,97	83.12	0.532

Показатель качества функционирования животного при повышении качества корма (валовая энергия корма увеличивается с 227,84МДж на 29,6%) растет с 0,468 до 0,532 (на 13,7%) согласно зависимости  $K_G = 0,1046 \ln Y - 0,3946$ .

Качество функционирования работника в биотехнической системе животноводства оценивается качеством взаимодействия биологических объектов в управляемой работником системе путем создания и реализации им технологических процессов. Это целесообразно оценить функционально-качественным наполнением технологии производства  $F_{k2} = 0,0042e^{0,0009Y}$  [1]

На основании вышеизложенного, также с учетом того, что производство животноводческой продукции на 60% зависит от кормообеспечения, на 25% от генетики и на 15% от технологии, определено значение показателя качества функционирования биотехнической системы производства молока в зависимости от продуктивности животных. Согласно зависимости

$$K_{\Phi C} = \frac{OE_{f(T)}}{(K_{f(T)} + \Delta K)k_{CB}} \frac{Y_C}{BE_{GP}} k_{exp} k_{cmp} \lambda_K + \frac{(Y + Y_{\Delta K})k_Y + E_{GP}}{BE} \lambda_G + \frac{\Delta K}{k_{GP} E_{GP}} \lambda_P + K_W \lambda_W, \quad (6)$$

этот показатель нелинейно повышается с 0,244 до 0,772, что аппроксимируется в выражение  $K_{\Phi C} = 5E-08Y^2 - 0,0004Y + 1,109$  (рис.2).

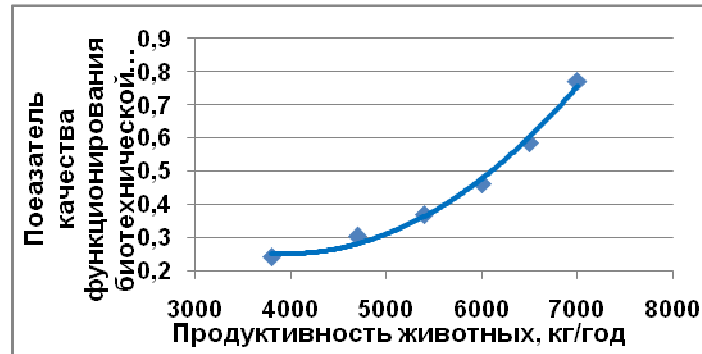


Рисунок 2 - Зависимость показателя качества функционирования биотехнической системы от продуктивности животных

Опережающий рост показателя качества функционирования биотехнической системы перед повышением продуктивности животных (см.рис.2) объясняется качественным (18 раз) технико-технологическим улучшением производства, кормообеспечения животных (в 4 раза), что требует повышения качества функционирования почвы в 1,45 раза за счет возврата в нее части произведенного растительного сырья в виде органического удобрения.

Такое системное взаимозависимое взаимодействие элементов биологической системы позволяет провести оценку функционирования биотехнической системы с минимальными потерями, связанными с природными биохимическими процессами в продукции функционирования почвы и животного.

Резервами снижения потерь являются процессы консервирования и использования кормовых ресурсов, а также обращения с органическим материалом (навозом) при использовании его для органического удобрения.

Повышение количества использования навоза на органические удобрения по новым технологиям, где максимально сохраняются его питательные свойства и энергия, позволяет сократить площади, занимаемые под выращивание кормов и снизить затраты на их производство.

Моделирование функционирования конверсии корма, потребляемого животным, в основную продукцию и навоз, использования этого навоза на органические удобрения при производстве кормов в рамках биотехнической

системи, показує ефективність технологій бережного оброблення с органічним сирьом для виробництва органічних добрив.

Повищення рівня використання поживної і енергетичної цінностей навоза, отриманого від тваринних біотехнічної системи, шляхом зниження фізичних втрат і втрат органічного речовини в біохімічних процесах сумарно с 82% до 25,3%, дозволяє збільшити кількість органічних добрив в 5,2 рази при збільшенні продуктивності тварин с 3800 до 7000 кг молока в рік. Використання цих добрив дозволяє збільшити частку додатково отриманого корму в загальному кормовому балансі біотехнічної системи с 2,0 до 7,8%.

Ураховуючи, що енергетична ефективність застосування органічних добрив в середньому становить 0,5, а корму в загальних енергетичних витратах виробництва становлять 55-60%, то отримання додаткового корму (7,82-8,84% від потреби тварин в кормах при продуктивності 7000...8000 кг/рік) є перспективним напрямком підвищення якості функціонування біотехнічної системи за рахунок підвищення ефективності ресурсів, якості біологічних об'єктів і екології виробництва.

Представлена модель біотехнічної системи, де якість біологічних об'єктів проявляється при їх взаємозалежному взаємодії в технологічних процесах, а рівень цих процесів визначається якістю біологічних об'єктів і функціонально - якісним наповненням технічного і технологічного забезпечення, може виступати в ролі інструменту оптимізації структури, параметрів і якості функціонування технологічних процесів виробництва тваринницької продукції в відповідній методології.

Методологія може бути використана для обґрунтування основних положень технічної політики в тваринництві і вироблення рішень стратегічного управління галуззю.

В місці с тим ця методологія представляє можливість виставляти вимоги до конструктивно-технологічному рішення обладнання для забезпечення визначеного рівня якості функціонування біологічних об'єктів і технології виробництва.

## Список літератури

1. Шацький В.В. Концепція і методологія удосконалення біотехнічної системи тваринництва/ Вісник харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка, вип.157 «Технічні системи і технології тваринництва», «Технічний сервіс машин для рослинництва»// Харків. 2016. с.111-118.

2 Шацький В.В Теоретико-методологічні принципи аналізу функціонально-якісного наповнення техніко-технологічного забезпечення свиноводства / В.В.Шацький, С.М. Коломієць / Вісник Харківського



національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка, вип.132 «Технічні системи і технології тваринництва»// Харків. 2013. С.130.-138..

3 Агрохимия. - 2-е изд., перераб. и доп. под ред. Смирнов П.М., Муравин Э.А. - М.:Колос, 1984. -304с

4. Навоз. Использование навоза./Электронный ресурс: petrovskoye.ru/2012-06-20-10-20-32/320-navoz-ispolzovanie.html.

5 Теорія і практика нормованої годівлі великої рогатої худоби: [Монографія] за ред. В.М.Кандиби, І.І.Ібатулліна, В.І.Костенка. – Житомир:, ПП «Рута». 2012. – 860 с.

6 Пути снижения потерь при заготовке и хранении кукурузного силоса (ФРГ) // Реферативный журнал «Корма и кормление сельскохозяйственных животных», 1985, №12, С.3.

7 Современная технология заготовки силоса./электронный ресурс:skotovodstvo. blogspot.com/2011/09/blog-post.html

## **Анотація**

### **Методологія підвищення якості функціонування біотехнічної системи тваринництва**

Шацький В.В.

*Представлені концепція і методологія підвищення якості функціонування біотехнічної системи тваринництва.*

## **Abstract**

### **Methodology of upgrading of functioning of biotechnical system of animal husbandry**

V. Shatsky

*Conception and methodology of quality of functioning of the biotechnical system of animal husbandry is presented.*