

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ РАЗЛИЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРОИЗВОДСТВА МОЛОКА

А.Ф. ТРОФИМОВ, член-корр. НАН РБ, д. в. н., профессор; **В.Н. ТИМОШЕНКО**, д. с.-х. н., профессор; **А.А. МУЗЫКА**, к. с.-х. н., доцент; **И.А. КОВАЛЕВСКИЙ**, к. с.-х. н., с. н. с. (РУП “Институт животноводства НАН Беларуси”, г. Жодино)

В современной действительности повышение конкурентоспособности технологий производства продукции животноводства имеет первостепенное значение. Производимая продукция должна быть конкурентоспособной по энергоресурсопотреблению.

Проблема ресурсосбережения особенно актуальна для Беларуси, испытывающей большой дефицит энергоносителей. Затраты на производство сельскохозяйственной продукции в нашей стране удовлетворяются за счет собственных источников только на 8 % и с каждым годом этот процент снижается.

По мнению ряда авторов [1,4,5], выход из создавшейся ситуации следует искать не только в экономии энергоресурсов путем ограничения их использования, но и в разработке ресурсоэффективных технологий. Это подтверждается тем, что в Беларуси затраты энергоресурсов на производство единицы животноводческой продукции в 3-4 раза превышают уровень таковых в США и в других развитых странах.

В животноводстве основным показателем, характеризующим энергоемкость технологических процессов или технологии в целом, является полная энергоемкость, представляющая собой сумму прямых и овеществленных энергозатрат, отнесенных к единице объема произведенной продукции или выполненной работы. Полные затраты энергии состоят из эксплуатационных (прямых и косвенных) и инвестици-

онных. Эксплуатационные затраты энергии включают в себя расход топлива, тепловой, электрической и других видов энергии технологическим оборудованием и машинами.

Энергетическую оценку конкурентоспособности технологий производства молока выполняли по методу В.Ф. Сичкаря, В.И. Сотникова [3] с использованием уравнения:

$$K_{tex} = [(Q_6 \cdot V_6) / (Q_n \cdot V_n)] \cdot n_n / n_6$$

где Q_6, Q_n - совокупные затраты энергии на производство продукции животноводства при использовании базовой и оцениваемой технологий, МДж;

V_6, V_n - энергосодержание полученной продукции при использовании базовой и оцениваемой технологий, МДж;

n_n, n_6 - количество животных соответственно при базовой и оцениваемой технологиях, гол.

При $K_{tex} > 1$ - эффективность оцениваемой технологии выше базовой - технология конкурентоспособна; при $K_{tex} = 1$ - эффективность оцениваемой технологии сопоставима с базовой - технология соответствует существующему уровню эффективности технологий; при $K_{tex} < 1$ - эффективность оцениваемой технологии ниже базовой - технология неконкурентоспособна.

Использование предложенной методики дает возможность объективно оценивать ресурсоэнергопотребление при различных технологи-

ях производства продуктов животноводства, выбирать из них более эффективные и обосновывать пути и способы совершенствования этих технологий.

Для сравнительной оценки использовали следующие варианты технологий:

1. Беспривязное содержание животных на глубокой соломенной подстилке (базовая);
2. Технология с использованием при доении автоматизированных установок (манипулятор, бокс-санпункт, учет молока) (оцениваемая 1);
3. Технология с использованием АСУ ТП и кормовых станций для выдачи концентратов (оцениваемая 2).

Согласно ранее выполненным исследованиям [2] совокупные затраты энергии состоят из следующих показателей:

$$Q_{(6, n)} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 \text{ (МДж)},$$

где $Q_{1..6}$ - совокупная энергия, идущая на воспроизводство поголовья стада (ремонтных животных - Q_1), переносимая основными средствами производства (кроме поголовья продуктивного стада - Q_2), переносимая оборотными средствами (кроме кормов и подстилки - Q_3), связанная с прямыми и косвенными затратами труда (Q_4), овеществленная в кормах (Q_5) и подстилке (Q_6).

Для оценки технологий были приняты следующие параметры, общие для всех вариантов технологий (табл. 1).

1. Производственная программа и технологические показатели

| № п/п | НАИМЕНОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ | ЕДИНИЦА ИЗМЕРЕНИЯ | ЗНАЧЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ |
|-------|---|-------------------|----------------------|
| 1 | ОБЩЕЕ ПОГОЛОВЬЕ КОРОВ | ГОЛ. | 100 |
| 2 | УДОЙ НА КОРОВУ В ГОД | КГ | 4000 |
| 3 | ВАЛОВОЙ НАДОЙ МОЛОКА | Ц | 4000 |
| 4 | ЕЖЕГОДНАЯ ВЫБРАКОВКА КОРОВ | % | 25 |
| 5 | ЕЖЕГОДНЫЙ ВВОД ПЕРВОТЕЛОК | ГОЛ. | 25 |
| | | % | 25 |
| 6 | ВЫХОД ТЕЛЯТ НА 100 КОРОВ | ГОЛ. | 95 |
| 7 | ЖИВАЯ МАССА ТЕЛЕНКА ПРИ РОЖДЕНИИ | КГ | 30 |
| 8 | СРЕДНЯЯ ЖИВАЯ МАССА ОДНОЙ КОРОВЫ | КГ | 550 |
| 9 | ПОТРЕБНОСТЬ В КОРМАХ НА ОДНУ КОРОВУ В ГОД | К.ЕД | 4400 |
| 10 | РАСХОД МОЛОКА НА 1 ТЕЛЕНКА ДО 20 ДНЕЙ | КГ | 120 |
| 11 | РАСХОД МОЛОКА НА ВСЕХ ТЕЛЯТ ДО 20-ДНЕВНОГО ВОЗРАСТА | Ц | 114 |

Содержание животных на глубокой соломенной подстилке в помещении, представляющем собой здание прямоугольной формы, с центральным кормовым проходом, длина которого 72 м, а ширина 18 м. Основу здания составляют несущие железобетонные полурамы, образующие собой каркас. Наружные стены выполнены из сборных керамзитобетонных панелей толщиной 20 см. Кровля шиферная по деревянной обрешетке. Кормление коров осуществляется с "кормового стола". Раздача кормов с использованием мобильного транспорта. Доеение в доильно-молочном блоке на установке типа «Елочка».

Совокупная энергия, идущая на воспроизводство стада (ремонтных животных) - Q_1 - будет одинакова для всех вариантов технологии и рассчитывается по формуле:

$$Q_1 = \sum q_{жi} n_i \text{ (МДж)},$$

где $q_{жi}$ - энергетический эквивалент выращивания одного ремонтного животного i -го возраста (МДж/год);

n_i - количество выращиваемых ремонтных животных i -го возраста.

$$Q_1 = 4900,0.$$

Совокупная энергия, переносимая основными средствами производ-

ства, рассчитывается по формуле:

$$Q_2 = Q'_2 + Q''_2.$$

Здесь $Q'_2 = \sum q_{mi} n_i m_i t_{ca}$ - затраты совокупной энергии, переносимой $i = 1$ машинами и оборудованием, МДж/год,

где q_{mi} - энергетический эквивалент по i -й машине или оборудованию, МДж/кг, МДж (кг/г), МДж/км;

n_i - количество машин и оборудования i -й марки;

t - годовые затраты времени (пробег), (км);

t_{ca} - срок службы изделия лет;

m_i - масса машин и оборудования i -й марки, кг.

При базовом варианте - $Q'_2 = 536,5$. При варианте с частичной автоматизацией - $Q'_2 = 551,5$. При варианте с АСУ ТП - $Q'_2 = 561,5$.

$Q''_2 = \sum q_{зci} n_i S_i t_{ca}$ - затраты совокупной энергии, переносимые зданиями и сооружениями на валовой продукт, МДж/год,

где $q_{зci}$ - энергетический эквивалент по i -му зданию или сооружению, МДж/м² в г

n_i - количество зданий, сооружений i -го назначения;

S_i - площадь i -го здания или сооружения, м²;

t_{ca} - срок службы зданий или сооружений, лет.

Этот показатель будет одинаков при всех вариантах: $Q''_2 = 1103,6$.

Таким образом, при базовом варианте: $Q_2 = 536,5 + 1103,6 = 1640,1$. При использовании частичной автоматизации: $Q_2 = 551,5 + 1103,6 = 1655,1$. При использовании АСУ ТП: $Q_2 = 561,5 + 1103,6 = 1755,1$.

Расчет энергии, переносимой оборотными средствами, ведется по формуле:

$$Q_3 = Q'_3 + Q''_3 + Q'''_3 + Q''''_3 \text{ (МДж)}.$$

Здесь $Q_3 = \sum q_i N_i n_i t_i + \sum q_{эi} z_i$ - затраты совокупной энергии на потребленную электроэнергию, МДж/год,

где q_i - энергетический эквивалент электроэнергии, МДж/кВтЧ;

N_i - установленная мощность i -го потребителя электроэнергии, кВт;

t_i - время работы электропривода i -й машины, ч;

n_i - количество i -х потребителей электроэнергии;

z_i - электроэнергия, утраченная i -м потребителем.

При базовом варианте: $Q'_3 = 2152,7$. При частичной автоматизации: $Q'_3 = 2169,8$. При использовании АСУ ТП: $Q'_3 = 2175,6$.

$Q''_3 = \sum q_{ni} p_i t_i$ - затраты совокупной энергии на потребление горюче-смазочных материалов (ГСМ), МДж/год,

где q_{ni} - энергетический эквивалент i -го вида топлива, кг;

p_i - количество i -х установок, машин;

g_{ni} - удельный расход топлива i -й машин, кг/ч;

t_i - время работы i -й машины, установки.

При базовом варианте: $Q''_3 = 2576,4$. При частичной автоматизации:

$Q''_3 = 2574,4$. При использовании АСУ ТП: $Q''_3 = 2572,6$.

$Q'''_3 = \sum q_{ni} M_{ni}$ - затраты энергии на использование твердого, жидкого, $i = 1$ газообразного топлива, МДж/год,

где q_{ni} - энергетический эквивалент i -го вида топлива, МДж/кг;

M_{ni} - масса i -го вида топлива, кг.

При базовом варианте: $Q'''_3 = 1147,5$. При частичной автоматизации:

$Q'''_3 = 1146,1$. При использовании АСУ ТП: $Q'''_3 = 1136,3$.

$Q''''_3 = \sum q_{oi} m_i O_i$ - затраты совокупной энергии на оборотные средства, МДж/год,

где q_{oi} - энергетический эквивалент i -х оборотных средств, МДж/кг;

m_i - масса i -го оборотного средства, кг;

O_i - количество i -х оборотных

средств.

При базовом варианте: $Q''''_3 = 1739,9$. При частичной автоматизации:

$Q''''_3 = 1730,1$. При использовании АСУ ТП: $Q''''_3 = 1728,7$.

Таким образом, Q_3 при базовом варианте составит: $Q_3 = 2152,7 + 2576,4 + 1147,5 + 1739,9 = 7616,5$.

При использовании частичной механизации: $Q_3 = 2169,8 + 2574,4 + 1146,1 + 1730,1 = 7620,4$. При использовании АСУ ТП: $Q_3 = 2175,6 + 2572,6 + 1139,3 + 1728,7 = 7616,2$.

Совокупная энергия, связанная с прямыми и косвенными затратами труда, рассчитывается по следующей формуле:

$$Q_4 = \sum q_{ni} p_i t_i,$$

где q_{ni} - энергетический эквивалент труда работников фермы, МДж/чел.-ч.;

p_i - количество работников i -й профессии;

t_i - количество часов, отработанных i -м работником i -й профессии, ч.

При использовании базовой технологии: $Q_4 = 1220,5$. При использовании частичной механизации: $Q_4 = 1129,6$. При использовании АСУ ТП: $Q_4 = 947,8$.

Для расчета совокупной энергии, овеществленной в кормах, используют следующую формулу:

$$Q_5 = Q'_5 + Q''_5 + Q'''_5 \text{ (МДж/год)}$$

Для расчетов по всем вариантам технологий был принят следующий рацион кормления коров дойного стада (табл. 2).

Здесь $Q'_5 = \sum q_{nki} C_i V_i$ - затраты

совокупной энергии на производство i -го вида корма, МДж/год,

где q_{nki} - энергетический эквивалент на производство сухого вещества i -го вида корма, МДж/год;

C_i - содержание сухого вещества в 1 кг i -го корма;

V_i - количество i -го вида корма, кг.

Этот показатель будет одинаков для всех вариантов: $Q'_5 = 3941,4$.

$Q''_5 = \sum q_{ki} V_i C_i$ - совокупная энергия кормовых средств, переносимая на валовой продукт, МДж/год,

где q_{ki} - энергетический эквивалент i -го вида корма, МДж/кг;

V_i - количество i -го вида корма, кг;

C_i - содержание сухого вещества в 1 кг i -го корма.

Этот показатель будет одинаков для всех вариантов: $Q''_5 = 6795,3$.

$Q'''_5 = \sum q_{vi} p_i$ - затраты совокупной энергии на потребляемую воду, МДж/год,

где q_{vi} - удельное потребление воды животными i -х возрастных групп, м³/гол в год;

p_i - количество животных i -х возрастных групп.

Этот показатель будет одинаков для всех вариантов: $Q'''_5 = 234,1$.

Таким образом, $Q_5 = 3941,4 + 6795,3 + 234,1 = 10970,8$.

Совокупная энергия, овеществленная в подстилке, рассчитывается по следующей формуле:

$Q_6 = \sum q_p V_i L_i$ - затраты совокупной энергии на производство i -го вида подстилки, МДж/год,

2. Среднегодовая структура кормов и их потребность для коров

| Корма | % по питательности | ТРЕБУЕТСЯ КОРМОВ НА ГОД В НАТУРЕ | |
|------------------|--------------------|----------------------------------|-----------------|
| | | НА 1 КОРОВУ, Ц | НА 100 КОРОВ, Т |
| СЕНО | 8 | 8,3 | 83 |
| СЕНАЖ | 10 | 16,6 | 166 |
| СИЛОС | 16 | 46,4 | 464 |
| КОРНЕКЛУБНЕПЛОДЫ | 5 | 19,3 | 193 |
| КОНЦЕНТРАТЫ | 31 | 14,4 | 144 |
| ЗЕЛЕННЫЕ КОРМА | 30 | 82,0 | 820 |

где q_p - энергетический эквивалент сухого вещества на производство i -го вида подстилки, МДж/кг;

V_1 - количество сухого вещества в 1 кг i -го вида подстилки;

L_i - количество i -го вида подстилки, кг.

Этот показатель будет одинаков при всех вариантах: $Q_6 = 3738,4$.

Таким образом, совокупные затраты энергии на производство продукции животноводства при использовании базовой технологии составят:

$$Q_6 = 4900 + 1640,1 + 7616,5 + 1220,5 + 10970,8 + 3738,4 = 30086,3.$$

При использовании оцениваемой технологии с применением частичной автоматизации:

$$Q_n = 4900 + 1755,1 + 7620,2 + 1129,6 + 10970,8 + 3738,4 = 29837,7.$$

При использовании оцениваемой технологии с применением АСУ ТП:

$$Q_n = 4900 + 1655,1 + 7516,2 + 847,8 + 10970,8 + 3738,4 = 28728,3.$$

Энергосодержание полученной продукции рассчитывается по формуле:

$$V_{(6,n)} = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + V_5 + V_6 \text{ (Дж)},$$

где V_1, V_6 - энергосодержание, соответственно: молока (V_1), живой массы выбракованных животных (V_2), прироста выращиваемых животных (V_4), экскрементов (V_5), подстилки (V_6).

Здесь $V_1 = q_m a n$, где q_m - энергосодержание молока, МДж/кг;

a - среднегодовой удой, кг; n - среднегодовое поголовье коров, гол.

Этот показатель одинаков при всех вариантах технологий: $V_1 = 8000$.

$$V_2 = q_x \sum M_i n_i,$$

где m - количество групп животных i -й массы;

q_x - энергосодержание живой массы i -го выбракованного

животного, МДж/кг;

M_i - живая масса i -го выбракованного животного, кг;

n_i - количество i -х выбракованных животных.

Этот показатель одинаков при различных вариантах технологий: $V_2 = 1258,1$.

$$V_3 = q_n \sum M_{ni} n_i,$$

где q_n - энергосодержание живой массы приплода, МДж, кг;

m - количество групп животных i -й массы;

M_{ni} - живая масса приплода i -го животного, кг;

n_i - количество животных приплода i -й массы, кг.

Этот показатель одинаков при всех вариантах технологии: $V_3 = 976,4$.

$$V_4 = q_p \sum M_{pi} n_{pi},$$

где q_p - энергосодержание живой массы прироста животного, МДж/кг;

M_{pi} - прирост массы i -го животного, кг;

n_{pi} - количество i -х животных.

Этот показатель будет одинаков при всех вариантах технологий: $V_4 = 1274,3$.

$$V_5 = q_s M_3 d_s,$$

где q_s - энергосодержание сухого вещества экскрементов, МДж/кг;

M_3 - количество экскрементов, кг;

d_s - содержание сухого вещества в 1 кг экскрементов, кг.

Этот показатель будет одинаков при всех вариантах технологий: $V_5 = 587,1$.

$$V_6 = \sum q_{yi} M_{yi} \Gamma_{yi},$$

где n - количество видов подстилки;

q_{yi} - энергосодержание i -го вида подстилки, МДж/кг;

M_{yi} - количество i -го вида подстилки, кг;

Γ_{yi} - содержание сухого вещества в 1 кг i -го вида подстилки, кг.

Этот показатель одинаков при всех вариантах технологий: $V_6 = 2497,3$.

В связи с этим энергосодержание полученной продукции при базовой технологии составит:

$$V_6 = 8000 + 1258,1 + 976,4 + 1274,3 + 587,1 + 2497,3 = 14593,2.$$

При других вариантах $V_n = 14593,2$.

При оценке технологии с частичной автоматизацией получается следующий результат:

$$K_{\text{тех}} = (30086,3 - 14593,2) / (29837,7 - 14593,2) \times (100 / 100) = 1,01.$$

Следовательно, предлагаемая технология конкурентоспособна, т.к. сопоставима с базовой и даже несколько ее превышает ($K_{\text{тех}} > 1$).

При оценке технологии с применением АСУ ТП:

$$K_{\text{тех}} = (30013,7 - 14593,2) / (28728,3 - 14593,2) \times (100 / 100) = 1,1.$$

Таким образом, технология с использованием АСУ ТП и кормовых станций для выдачи концентратов более эффективна ($K_{\text{тех}} > 1$), чем базовая.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кива А.А., Рабштына В.М., Сотников В.Н. Биоэнергетическая оценка и снижение энергоемкости технологических процессов в животноводстве. - М.: Агропромиздат, 1990. - 176 с.
2. Методические рекомендации по биоэнергетической оценке технологий производства продукции животноводства / ВАСХНИЛ. - М., 1985. - 45 с.
3. Сичкарь В.Ф., Сотников В.И. Оценка конкурентоспособности технологий для производства продукции животноводства / Международный аграрный журнал. - 1998. - №1. - С. 26-29.
4. Яковчик Н.С., Лапотко А.М. Энергосбережение в сельском хозяйстве. - Барановичи: Укруп. тип., 1999. - 380 с.
5. Яковчик Н.С., Плященко С.Н., Лапотко А.М., Коронец И.Н. Энергосбережение в животноводстве. - Барановичи: Баранов. тип., 1998. - 292 с.