УДК 631.147.37

Энергетическая оценка производства продукции животноводства*Андреев Л.Н.**Государственный аграрный университет Северного Зауралья***Аннотация**

В статье приведена информация по анализу затрат энергии, энергоёмкости и энергоэффективности животноводческих предприятий АПК. Рассмотрена задача по определению экономически целесообразного соотношения между затраченной энергией на производство определенной продукции и количеством произведенной продукции и вопросы, на которые можно получить ответы при решении данной задачи. Проанализирована схема потоков энергии в технологическом цикле животноводства, а также зависимости энергоёмкости и энергоэффективности производства продукции животноводства.

Ключевые слова: ЭНЕРГОЁМКОСТЬ ЖИВОТНОВОДСТВА, ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ ЖИВОТНОВОДСТВА, ЭКОНОМИЯ РЕСУРСОВ, ЗАТРАТЫ ЭНЕРГИИ

Введение

Основной задачей сельскохозяйственного предприятия является производство определенного количества продукции. Любая производственная деятельность связана с затратами энергии. И перед любым производством стоит вопрос - какое количество энергии потребуется при существующем уровне технологии для получения данной продукции, и вообще, есть ли смысл вкладывать такое количество энергии? Возможно целесообразнее на средства, вложенные в энергоресурсы приобрести готовую продукцию? Следовательно, всегда возникает задача в определении экономически целесообразного соотношения между затраченной энергией на производство определенной продукции и количеством произведенной продукции [1, 2] и в получении целевой функции, связывающей в виде математического выражения входящий в черный ящик поток энергии

($W_{\text{вх}}$) и выходящий из черного ящика поток продукции ($W_{\text{вых}}$).

В более широком смысле решение данной задачи позволяет ответить на следующие вопросы:

- определить необходимое количество энергии на производство заданного количества продукции;
- оценить эффективность производства (предприятия, технологии) по соотношению: "затрачено энергии - получено продукции";
- решить обратную задачу: по возможным энергетическим ресурсам оценить возможное производство определенного количества продукции.

Само производство рассматривается в данном случае как черный ящик, в который вкладывается затраченная энергия в виде:

- машин, механизмов, удобрений, семян, гербицидов и т.п.;
- энергоресурсов (электроэнергии, угля, газа, светлого топлива, дров и т.п.);
- затрат труда человека;
- энергии природы (солнце, осадки и т.п.);
- и т.д.

Из черного ящика получают продукцию СХП в виде зерна, мяса, молока и т.п.

Объекты и методы

Основное существенное отличие схемы потоков энергии в животноводстве по сравнению с растениеводством заключается в отсутствии прямого использования потока естественной энергии солнца. Поток солнечной энергии в данном случае используется косвенно, через энергию кормов [3, 4].

На основе общей схемы потоков энергий (рис. 1.) составим уравнение энергетического баланса для технологического цикла в животноводстве

$$Q_{\text{Э}1} + Q_{\text{Э}2} + Q_{\text{Э}3} + Q_{\text{Э}4} + Q_{\text{Э}5} + Q_{\text{Э}6} = Q_{\text{Э}7} + Q_{\text{Э}8}$$

$$\text{или } \sum Q_{\text{Э}i} = Q_{\text{Э}7} + Q_{\text{Э}8} \quad (1)$$

где $\sum Q_{\text{Э}i} = Q_{\text{Э}1} + Q_{\text{Э}2} + Q_{\text{Э}3} + Q_{\text{Э}4} + Q_{\text{Э}5} + Q_{\text{Э}6}$ - сумма потоков искусственной энергии.

Проведя ряд преобразований получим выражение для удельной энергоемкости продукции животноводства $\xi_{\text{ж}}$

$$\frac{\sum Q_{\mathcal{E}i}}{Q_{\mathcal{E}7}} = 1 + \frac{Q_{\mathcal{E}8}}{Q_{\mathcal{E}7}}. \quad (2)$$

Проанализируем зависимость $\xi_{\mathcal{E}} = f\left(\frac{Q_{\mathcal{E}8}}{Q_{\mathcal{E}7}}\right)$ графически (рис. 2).

Рис. 1. Общая схема потоков энергии в технологическом цикле животноводства

Рис. 2. Зависимость энергоемкости производства продукции животноводства от соотношения

Из графика (рис. 2) видно, что энергоемкость в животноводстве $\xi_{\text{ж}} \geq 1$.

Минимальная удельная энергоемкость продукции в животноводстве $\xi_{ж} = 1$ возможна при $Q_{ж8} = 0$, т.е. потери в окружающую среду отсутствуют. Учитывая, что практически всегда $Q_{ж8} > 0$, т.е. удельная энергоемкость продукции в животноводстве больше единицы.

Минимальная удельная энергоемкость продукции животноводства может быть получена на охоте на диких зверей и рыбалке в естественных водоемах.

Энергоэффективность в животноводстве $\mathcal{E}_{ж}$ определяется по выражению

$$\frac{Q_{\mathcal{E}7}}{\sum Q_{\mathcal{E}i}} = \frac{Q_{\mathcal{E}7}}{Q_{\mathcal{E}7} + Q_{\mathcal{E}8}} \quad (3)$$

Зависимость энергоэффективности производства в животноводстве $\mathcal{E}_{ж} = f\left(\frac{Q_{\mathcal{E}7}}{Q_{\mathcal{E}8}}\right)$

представлена в виде графика на рис. 3.

Анализ графика $\mathcal{E}_{ж} = f\left(\frac{Q_{\mathcal{E}7}}{Q_{\mathcal{E}8}}\right)$ показывает, что энергоэффективность в животноводстве не может быть больше единицы. Максимальную энергоэффективность, равную единице можно получить при $Q_{\mathcal{E}8} \rightarrow 0$ или $Q_{\mathcal{E}7} \rightarrow \infty$, либо при одновременном стремлении $Q_{\mathcal{E}8} \rightarrow 0$, а $Q_{\mathcal{E}7} \rightarrow \infty$. В этом случае $\mathcal{E}_{ж} \rightarrow 1$.

Рис. 3. Зависимость энергоэффективности производства продукции животноводства от соотношения

Предлагаемый методологический подход энергетической оценки производства

сельскохозяйственной продукции позволяет управлять энергопотреблением данного производства, и, следовательно, выбирать из технологических процессов наиболее эффективные с точки зрения соотношения “затраченная энергия – полученная энергия”.

С помощью полученных ранее зависимостей можно не только анализировать соотношения $W_{\text{вых.}}/W_{\text{вх.}}$, но и определить для известного объема произведенной продукции (P_i) потребное количество энергии (W)

$$W = \sum_{i=1}^n P_i \cdot k_i \cdot e_i \quad (4)$$

где P_i - объем производства продукции в общем случае, состоящей из "n" различных видов;

k_i - коэффициент пропорциональности между количеством произведенной продукции и затраченной на ее производство энергией. В основном определяется принятой технологией;

e_i - энергетический эквивалент i -го вида продукции.

Зная значения величин k_i , e_i и планируемый выпуск различных видов готовой продукции P_i , легко можно рассчитать для отдельной технологии или для конкретного хозяйства общее потребное количество энергии, обеспечивающее данное производство. Возможный набор различных источников энергии, обеспечивающий общее количество энергии, может состоять из большого количества различных источников. В определенной доле энергия, получаемая от различных источников не взаимозаменяема. Например, ни газ, ни уголь в конкретной технологии не сможет заменить электрическую энергию. С другой стороны, существуют пределы, в которых рассматриваемые источники энергии могут быть замещены друг другом. Например, тепловую энергию можно получить практически за счет любого из рассматриваемых источников.

Следовательно, можно попытаться определить не только объем необходимого количества энергии, но и определить наиболее привлекательный набор источников как по виду, так и по количеству. Под привлекательностью того или иного источника будем понимать доступность в данном регионе и экономическую целесообразность его использования.

Теоретически постановка задачи сводится к следующему [5]. Сельскохозяйственное предприятие является потребителем "m" источников энергии (A_1 ,

$A_2, \dots A_i, \dots A_m$). В общем случае в количество "m" входят невозобновляемые (электроэнергия, уголь, газ, моторное топливо и т.п.) и возобновляемые источники энергии (солнце, ветер, теплота земли и т.п.). Заданы объемы производства энергии каждым источником ($a_1, a_2, \dots a_i, \dots a_m$). Потребителями энергии в сельскохозяйственном предприятии являются "n" различных технологических процессов ($B_1, B_2, \dots B_j, \dots B_n$). Задаются объемы потребления каждым технологическим процессом ($b_1, b_2, \dots b_j, \dots b_n$). Известны также транспортные издержки (расходы) C_{ij} , связанные с доставкой единицы энергии от источника A_i к точке, в которой реализуется технологический процесс и потребляется энергия B_j . В настоящее время нередким является случай, когда по той или иной причине не может быть удовлетворена вся потребность в энергии. В этом случае следует удовлетворять в первую очередь те технологические процессы, которые, в случае необеспечения энергией, принесут максимальный ущерб. Поэтому в математической модели следует учесть величину технологического ущерба r_j^T , возникающего в результате неудовлетворения запроса технологического процесса B_j по энергии, на единицу производимой продукции. Разнообразные источники энергии имеют различную надежность энергоснабжения, а, следовательно, и различный удельный технологический ущерб u_{ij}^T при энергоснабжении j-го потребителя от i-го источника.

С учетом всего выше сказанного в качестве целевой функции будет выступать сумма затрат на передачу всех видов энергии, сумма технологического ущерба, обусловленная различным уровнем надежности различных источников и сумма технологического ущерба, возникающая от возможного неудовлетворения спроса на тот или иной вид энергоресурсов.

$$Z_1 = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_{ij} \cdot x_{ij} + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n x_{ij} \cdot y_{ij}^T + \sum_{j=1}^n r_j^T \cdot y_j \rightarrow \min \quad (5)$$

Решение уравнения 5 может быть сведено к решению обычной транспортной задаче линейного программирования.

Условия транспортной задачи (табл. 1) удобно задавать в нижеследующем виде [1]:

В данной постановке решение задачи сводится к определению затрат на получение и передачу данных энергоресурсов к данному технологическому процессу (C_{ij}). При известных значениях данной величины решение задачи позволяет определить набор энергоресурсов (по виду и количеству), обеспечивающий в данном хозяйстве все

используемые технологические процессы с минимальными затратами по энергоресурсам.

Таблица 1. Условия транспортной задачи

Источник энергоресурсов	Технологический процесс потребитель энергии						Объем производства энергии
	B_1	B_2	...	B_j	...	B_n	
A_1	C_{11}	C_{12}	...	C_{1j}	...	C_{1n}	a_1
A_2	C_{21}	C_{22}	...	C_{2j}	...	C_{2n}	a_2
...	...	...	...	...	...	...	...
A_i	C_{i1}	C_{i2}	...	C_{ij}	...	C_{in}	a_i
...	...	...	...	...	...	...	...
A_m	C_{m1}	C_{m2}	...	C_{mj}	...	C_{mn}	a_n
	b_1	b_2	...	b_j	...	b_n	
Объем потребления энергии							

Заключение

1. Разработан методологический подход энергетической оценки производства животноводства, позволяющий управлять энергопотреблением данного производства, и, следовательно, выбирать из технологических процессов наиболее эффективные с точки зрения соотношения “затраченная энергия – полученная энергия”.

2. Предложена математическая модель, разработанная на основе теории линейного программирования, позволяющая получить рациональную структуру используемых энергоресурсов. Модель учитывает затраты на передачу всех видов энергии, сумму технологического ущерба, обусловленного различным уровнем надежности различных источников и сумму технологического ущерба, возникающего от возможного неудовлетворения спроса на тот или иной вид энергоресурсов.

Список использованных источников

1. Карпов В.Н. Введение в энергосбережение. – С.-Петербург: СПбГАУ, 1999. – 72 с.
2. Шпилько А.В., Драгайцев В.И., Морозов Н.М., Кабанов П.Н. и др. Экономическая эффективность механизации сельскохозяйственного производства. – М.: Издательство Российской академии сельскохозяйственных наук. - 2001. - 346 с.
3. Базаров Е.И., Широков Ю.А. Агрозооэнергетика. – М.: Агропромиздат, 1987. – 156 с.
4. Тихомиров А.В. Повышение энергетической эффективности получения продукции животноводства // Техника в сельском хозяйстве. – 1989. - № 3 – С. 16-17.

5. Гольштейн Е.Г., Юдин Д.Б. Задачи линейного программирования транспортного типа. - М.: Наука, 1969. - 382 с.

Цитирование:

Андреев Л.Н. Энергетическая оценка производства продукции животноводства [Электрон. ресурс] // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. – 2021. – №6. – Режим доступа: http://agroecoinfo.ru/STATYI/2021/7/st_005.pdf. DOI: <https://doi.org/10.51419/20217005>.