

МОДЕЛЬ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПОТОКОВ В ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ КОМПЛЕКСАХ

Кандидаты техн. наук, доценты ЗАЙЦЕВА Н. К., ГАРКУША К. Э.

Белорусский государственный аграрный технический университет

Повышение эффективности животноводства требует всесторонней оценки влияния различных факторов на производство животноводческой продукции. Сложность учета энергетических потоков в данной отрасли состоит в том, что здесь происходят биологические процессы превращения энергии, которая может выступать в нескольких формах.

Энергию, необходимую для процессов жизнедеятельности, животные получают из кормов. В то же время организм выделяет большое количество теплоты, что оказывает воздействие на микросреду обитания животных. Существенную долю энергозатрат составляют затраты, направленные на поддержание микроклимата в животноводческих помещениях.

Основной целью является создание оптимальных условий для выращивания высокопродуктивных животных при наименьших затратах энергии. Данная задача может быть решена с помощью моделирования. Если ранее моделирование применялось, в основном, в физических науках, то сегодня оно нашло приложение в химии, биологии и животноводстве и позволяет открывать новые закономерности, находить более эффективные и действенные способы исследования материальных процессов, прогнозировать последствия вмешательства в среду обитания животных.

Модель дает возможность адекватно отображать физические свойства и характеристики объекта. Удобство проведения исследований может определяться различными факторами: легкостью и доступностью получения информации, сокращением сроков и уменьшением материальных затрат.

В качестве модели принята экосистема (биогеоценоз), которая представляет собой однородный участок земной поверхности с определенным составом живых организмов (биоценоз) и условиями среды обитания (биотоп), объединенных обменом веществ и энергии в единый природный комплекс. Экосистема может быть природной и искусственной. Организмы, животные в экосистеме связаны общностью энергии и питательных веществ, которые необходимы для поддержания жизни.

Животные могут содержаться в двух средах: 1) природной, с выпасом на естественных пастбищах (экосистема: среда обитания – животное – растение) (рис. 1); 2) искусственной, без выпаса животных на пастбищах, со стойловым содержанием (экосистема: среда обитания – животное – корма) (рис. 2).

Природная экосистема с естественным содержанием животных заменяется искусственной. При этом продуктивность естественной экосистемы принимается меньшей или равной продуктивности искусственной.

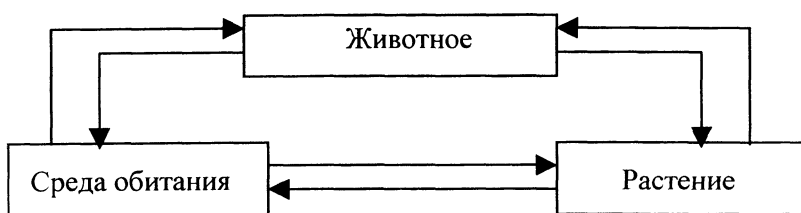


Рис. 1. Модель экосистемы при естественном, природном содержании животных

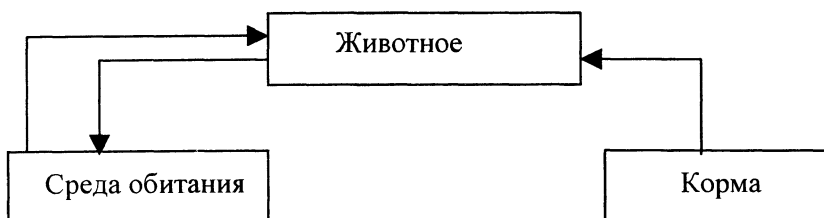


Рис. 2. Модель экосистемы при стойловом содержании животных

Сложные системы структурно представляются в виде набора взаимосвязанных подсистем. Такая структура обеспечивает компонентам одной подсистемы относительную независимость от компонентов любой другой подсистемы и одновременно улучшает управляемость системой в целом.

Рассмотрим компартментальную модель экосистемы животноводческого комплекса при стойловом содержании животных. Экосистема состоит из трех блоков: среда обитания, животное, корма (рис. 3).

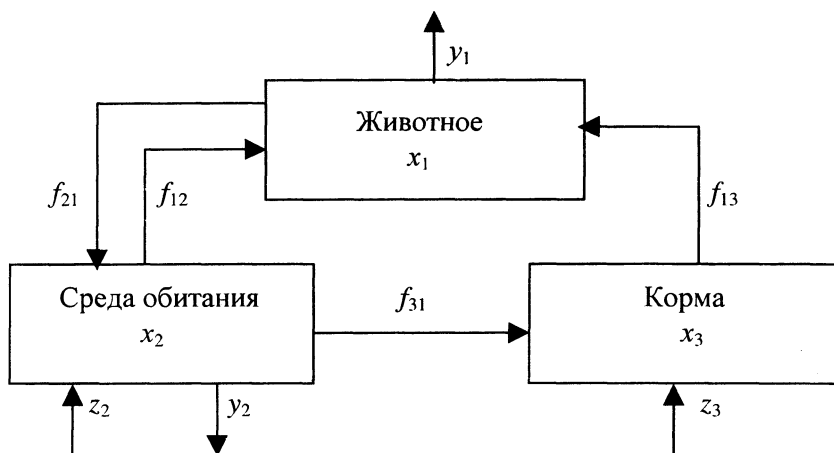


Рис. 3

Предположим, что экосистема находится в равновесии.

Функционирование экосистемы описываем величинами потоков энергии, поступившей в нее за отопительный период.

Пусть x_j – запас j -го компартмента экосистемы, $j = 1, 2, 3$; y_1 – продукция животноводства (внешний выходной поток энергии из i -го компартмента, $y_i \geq 0, i = 1, 2, 3$); y_2 – вынос продуктов жизнедеятельности животных

(углекислый газ, влага, теплота и т. д.); z_i – внешний входной поток энергии в i -й компартмент, $z_i \geq 0$, $i = 1, 2, 3$; z_2 – суммарная энергия сельхозтехники, топлива (отопление, вентиляция), электроэнергия, возобновляемые энергоисточники (солнечная энергия), человеческий труд; z_3 – суммарная энергия, расходуемая на приготовление кормов; f_{ij} – поток энергии из i -го компартмента в j -й, $f_{ij} \geq 0$, $i = j = 1, 2, 3$; f_{12} – суммарная энергия влияния окружающей среды обитания на животных; f_{21} – суммарная энергия влияния животных на среду обитания; f_{13} – суммарная энергия, вносимая с кормами и подстилкой; f_{31} – суммарная энергия влияния окружающей среды на нагрев кормов; f_{ii} – внутренние потоки энергии, $i = 1, 2, 3$; $Y = \sum_{i=1}^3 y_i$ – внешний суммарный выходной поток энергии из экосистемы; $Z = \sum_{i=1}^3 z_i$ – внешний суммарный входной поток энергии в экосистему; $T_i = \sum_{j=1}^3 f_{ij} + z_i = \sum_{j=1}^3 f_{ji} + y_i$ – суммарный поток энергии через i -й компартмент, $i = 1, 2, 3$; $T = \sum_{i=1}^3 T_i$ – суммарный поток энергии через экосистему.

Тогда F – потоковая матрица размером 5×5 :

$$F = \begin{pmatrix} f_{11} & f_{12} & f_{13} & 0 & T_1 \\ f_{21} & f_{22} & 0 & z_2 & T_2 \\ f_{31} & 0 & f_{33} & z_3 & T_3 \\ y_1 & y_2 & 0 & 0 & Y \\ T_1 & T_2 & T_3 & Z & T+Z \end{pmatrix},$$

$$T_1 = f_{11} + f_{12} + f_{13} + z_1; \quad T_2 = f_{21} + f_{22} + z_2; \quad T_3 = f_{31} + f_{33} + z_3;$$

$$Z = z_2 + z_3; \quad Y = y_1 + y_2; \quad T = T_1 + T_2 + T_3.$$

В качестве основных характеристик потоковых моделей экосистем рассматривают изменение информационной энтропии [1, 2], показатели энергетической нагрузки [1, 2] и эффективности по Дж. В. Коксу [3].

Изменение информационной энтропии при прохождении потоков энергии через систему ΔH и показатель энергетической нагрузки характеризуют уровень структурной организации сельскохозяйственной системы.

Показатель эффективности определяет эффективность использования энергии в экосистеме.

Изменение информационной энтропии определяется по зависимости:

$$\Delta H = H_2 - H_1 = \sum_{i=1}^3 \left(\frac{y_i}{\sum_{i=1}^3 y_i} \right) \ln \left(\frac{y_i}{\sum_{i=1}^3 y_i} \right) - \sum_{i=1}^3 \left(\frac{z_i}{\sum_{i=1}^3 z_i} \right) \ln \left(\frac{z_i}{\sum_{i=1}^3 z_i} \right);$$

$$\Delta H = \sum_{i=1}^3 \left(\frac{y_i}{Y} \right) \ln \left(\frac{y_i}{Y} \right) - \sum_{i=1}^3 \left(\frac{z_i}{Z} \right) \ln \left(\frac{z_i}{Z} \right).$$

Экосистема с отрицательным приростом энтропии считается термодинамически неустойчивой [1, 2].

Прирост информационной энтропии ΔH и плотность потока входной энергии σ характеризуют потерю энергии внутри экосистемы.

Плотность потока входной энергии определяется по зависимости

$$\sigma = \frac{Z}{A},$$

где A – площадь экосистемы.

В качестве показателя эффективности использования энергии в экосистеме E рассматривается отношение величины удельной первичной продуктивности экосистемы $Пр$ к затратам энергии топлива Q_1 и общим затратам энергии $\sum Q$, учитывая при этом разность между удельной первичной продуктивностью и продуктивностью экосистемы ($D \geq 0$):

$$E = \frac{Пр}{[(Q_1 + D)(\sum Q + D)]^{0.5}}.$$

Величина этого показателя растет с увеличением $Пр$ до уровня, характерного для замещенной системы, а также при снижении Q_1 относительно других видов энергозатрат при постоянной $Пр$.

В случае, если $Пр$ выше величины удельной первичной продуктивности замещенной системы, полагают $D = 0$ [4].

Относительная энергетическая эффективность экосистемы определяется по зависимости [5]

$$\Psi = \frac{Y}{\sum Q}.$$

Таким образом, энергетическая модель экосистемы животноводческого комплекса является наиболее универсальным и эффективным средством ее изучения, позволяет проводить экономические расчеты и прогнозировать последствия вмешательства в систему, судить об энергоэффективности системы по соотношению внешних суммарных входных и выходных потоков энергии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Денисенко Е. А. Механизмы функционирования и структурной организации агросистем. – М.: Ин-т геог. АН РФ, 1990.
2. Денисенко Е. А., Свирежев Ю. М., Бровкин В. А. Информационные меры как метод сравнительного анализа агросистем // Общ. биол. – 1991. – Т. 52. – № 5. – С. 691–698.

3. К о к с Д. В. Взаимосвязь между затратами и выходом продукции в агросистемах // Сельскохозяйственные экосистемы. – М.: Агропромиздат, 1987. – С. 186–208.

4. Ф е л ь д м а н О. В. Потоковые модели агросистем // Математическое моделирование. – 1999. – Т. 11, № 10. – С. 31–48.

5. Ф е л ь д м а н О. В., Д е н и с е н к о Е. А., Л о г о ф е т Д. О. Энергетический подход при оценке эффективности использования ресурсов // Пробл. окруж. среды и прир. рес. ВИНТИ АН РФ. – 1998. – № 6. – С. 66–81.

Представлена кафедрой
энергетики

Поступила 18.02.2002

УДК 631.171:65.011.56+621.1.016

УПРАВЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРНО-ВЛАЖНОСТНЫМ РЕЖИМОМ ХРАНЕНИЯ ОВОЩЕЙ И КАРТОФЕЛЯ

Докт. техн. наук, проф. ДЯЧЕК П. И.

Белорусская государственная политехническая академия

Решение задач управления температурно-влажностным (t – φ) режимом хранения картофеля и овощей базируется на информации о свойствах объекта управления, т. е. специализированного хранилища (с навалым или контейнерным расположением продукции) или бурта. Свойствами объекта определяются выбор средств и методов измерения контролируемых параметров, конструирование средств автоматического управления и, наконец, разработка систем реализации управляющего воздействия.

Решение этих задач основывается на технологических требованиях, с помощью которых можно выделить три направления, вытекающие из особенностей размещения продукции: навалом, в контейнерах и буртах (траншеях). При этом для каждого способа размещения продукции имеются особенности, связанные с реализацией технологического процесса. Поэтому выделим следующие периоды хранения: сушка поверхности, лечебный период, охлаждение, хранение, прогрев. Технологические требования к указанным периодам известны, и по этой причине представляется возможным найти способы и средства поддержания требуемых t – φ параметров хранения.

Существенное влияние на формируемый t – φ режим оказывают ограждения, особенно их наземная часть. Следует отметить, что вследствие наличия радиационного переноса теплоты на экранируемых ограждениями поверхностях штабеля (закрома) устанавливается примерно такая же температура, как и на внутренней поверхности стен и перекрытия. Если на стенах и на перекрытии есть выпадение конденсата, то такое же явление происходит и на их экранируемой поверхности. Гарантированное поддержание требуемых t – φ режимов в хранилище можно обеспечить только при наличии ограждающих конструкций, обладающих достаточными теплозащитными свойствами.