

МЕХАНИЗАЦИЯ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ АПК

MECHANIZATION OF AGROINDUSTRIAL COMPLEX

УДК 631.371:621.311

Ракутько С.А., к.т.н., доцент, ДальГАУ

ПРИКЛАДНАЯ ТЕОРИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ БИОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Предложена прикладная научная теория, ориентированная на обеспечение энергосбережения в биоэнергетических системах АПК. На основе предлагаемой теории возможно проектирование и оценка эффективности энергосберегающих мероприятий, обоснование режимов и формирование алгоритмов проведения энерготехнологических процессов.

Rakutko S.A.

APPLIED SCIENTIFIC THEORY IN AGRICULTURAL BIOENERGY SYSTEMS

Applied scientific theory oriented to provision of energy saving in agricultural bioenergy systems is offered. On the base of offered theory it is possible designing and estimation of efficiency of energy saving actions, motivation of mode of undertaking and control algorithm formation of power-technological processes.

Современное состояние агропромышленного комплекса характеризуется высокой энергоемкостью производимой продукции. Проблема энергосбережения в АПК является одной из важнейших проблем отраслевой энергетики. Решение ее невозможно без соответствующего научно-методического обеспечения. Задачей последнего является как обоснование конкретных энергосберегающих мероприятий, так и разработка общей теории энергосбережения.

Целью настоящей работы является обоснование основных положений и практической значимости новой прикладной научной теории, разработанной автором - прикладной теории энергосбережения в энерготехнологических процессах, (ПТЭЭТП), проводимых в сельскохозяйственных биоэнергетических системах.

Научная теория представляет собой систему универсальных высказываний, поддающихся экспериментальной проверке и логической верификации, позволяющих: объяснять сущность, предсказывать тенденции развития системы, получать рекомендации по проектированию алгоритма управления системой. Для прикладной научной теории обязательным является ее изложение в точных терминах и понятиях с указанием меры и измерительной процедуры [1,2].

Структура прикладной научной теории включает:

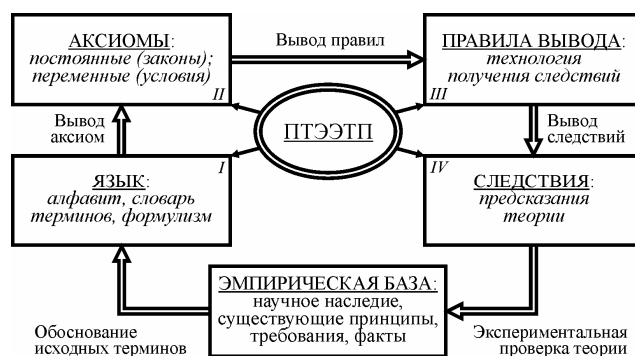


Рис. 1. Структура ПТЭЭТП как научной теории

1. Язык — совокупность терминов и понятий, отражающих сущность и закономерности развития системы.

2. Аксиоматику — исходные принципы, законы, утверждения, принятые в теории в качестве истинных.

3. Правила вывода — набор формул для получения результатов теории, не противоречащих ее исходным принципам.

4. Следствия — выводы, полученные по правилам теории.

Структура ПТЭЭТП как научной теории показана на рисунке 1.

Рассмотрим составные части, входящие в соответствующие подсистемы ПТЭЭТП.

1. В подсистему языка теории входит алфавит, словарь и формулизм теории.

Алфавит представляет собой список букв и знаков, которые могут быть использованы для написания текстов в некотором математи-

6. Энергетический блок – абстракция ЭТП или его отдельного этапа.

7. Характеризующие энергетический блок параметры: энергия на его входе (Q_n), выходе

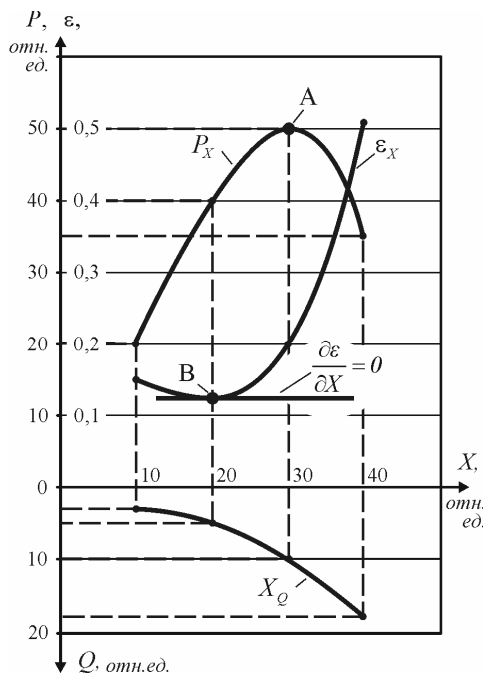


Рис. 3. Характеристики типичного ЭТП

(Q_k), потери (ΔQ), энергоёмкость ε .

8. Энергосберегающее мероприятие (ЭСМ) – мероприятие любой природы, направленное на эффективное использование энергетических ресурсов.

9. Коэффициент эффективности ЭСМ $k_{ЭСМ}$ (или i -го этапа ЭСМ $k_{ЭСМ_i}$) – величина, являющаяся численной мерой эффективности мероприятия.

10. Продуктивность ИБЭС P – количество продукта, производимого системой.

11. Прибыль Π – денежное выражение разницы между доходом, получаемым при реализации продукции ИБЭС и затратами на ее получение.

Формулизм теории (утверждения, формулы и соотношения) связывает понятия, входящие в словарь, с помощью знаков, определенных алфавитом теории. Формулизм ПТЭЭТП составляют следующие соотношения:

1. Уравнение энергетического баланса блока

$$Q_n = Q_k + \Delta Q \Big|_{\zeta, \xi} \quad (1)$$

2. Выражение для энергоёмкости в абсолютных единицах

$$\varepsilon = \frac{Q_n}{Q_k} \Big|_{\zeta, \xi} \quad (2)$$

Индекс « ζ, ξ » является показателем того, что состояние энергетического блока рассматривается при данных значениях обобщенных координат.

3. Выражение для энергоёмкости в относительных единицах

$$\varepsilon = k_\varepsilon \varepsilon_n \quad (3)$$

где k_ε – коэффициент отклонения энергоёмкости;

ε_n – номинальное значение энергоёмкости.

4. Критерий оптимизации функционирования ИБЭС

$$\frac{\partial \Pi}{\partial X_j} = 0; \sum_{j=1}^m \frac{\partial \Pi}{\partial X_j} \rightarrow \min \quad (4)$$

5. Условие оптимизации

$$\frac{\partial \varepsilon}{\partial X_j} = 0; \sum_{j=1}^m \frac{\partial \varepsilon}{\partial X_j} \rightarrow \min \quad (5)$$

6. Коэффициент эффективности i -го этапа ЭСМ

$$k_{ЭСМ_i} = \frac{\varepsilon_i}{\varepsilon'_i} \quad (6)$$

где ε_i – энергоёмкость этапа в базовом варианте его проведения;

ε'_i – энергоёмкость этапа при проведении ЭСМ.

7. Функциональные зависимости $\varepsilon = f_\xi(\zeta)$, характеризующие зависимость энергоёмкости этапа с параметром ξ от величины параметра ζ .

2. Подсистема аксиом реализует функцию фиксации утверждений формулизма теории как истинных высказываний (постоянные аксиомы) и задает начальные, краевые, граничные условия и ограничения (переменные аксиомы).

Основными аксиомами ПТЭЭТП следует считать следующие:

2.1 Действие закона оптимума. В соответствии с этим законом, любой фактор X , воздействующий на живые организмы, имеет лишь определенные пределы положительного влияния. Как недостаточное, так и избыточное действие фактора отрицательно сказывается на жизнедеятельности организмов. Функция отклика живого организма от величины воздействующего на организм фактора P_x имеет более или менее четко выраженный максимум.

2.2 Нелинейность функциональной зависимости величины формируемого фактора X от интенсивности энергетического воздействия Q , причем для достижения одинаковых приращений величины формируемого фактора необходимо прилагать все большие приращения интенсивности воздействия. Такая закономерность характерна для процессов, потери энергии в которых увеличиваются с увеличением интенсивности энергетического воздействия.

2.3 При функционировании ИБЭС соблюдается закон сохранения энергии.

2.4 Для любого состояния ИБЭС может быть измерена или вычислена энергоемкость ее любого энергетического блока.

2.5 Зависимость энергоемкости энергетического блока от внешних воздействий однозначно определяется некоторой функциональной зависимостью.

2.6 В рыночной среде функционирования ИБЭС определяющим параметром ее эффективности является прибыль.

3. Подсистема правил вывода представляет собой список формул, которые являются эквивалентными. В ПТЭЭТП такими правилами являются следующие.

3.1 Значение энергоемкости n последовательно соединенных энергетических блоков подчиняется мультипликативному закону

$$\varepsilon = \prod_{i=1}^n \varepsilon_i . \quad (7)$$

3.2 При параллельном соединении n энергетических блоков (с долей потребляемой энергии α_i каждым), выполняется аддитивный закон для обратных величин

$$\frac{1}{\varepsilon} = \sum_{i=1}^n \frac{\alpha_i}{\varepsilon_i} . \quad (8)$$

3.3 Коэффициент общей эффективности из n ЭСМ вычисляется по мультипликативному закону

$$k_{\text{ЭСМ}} = \prod_{i=1}^n k_{\text{ЭСМ}_i} . \quad (9)$$

4. Выводы и следствия ПТЭЭТП определяют практическую значимость теории и формы ее реализации в сельскохозяйственном производстве.

4.1 Проектирование и оценка эффективности отдельных ЭСМ.

Теоретической схемой для энергетического анализа ЭТП является совокупность абстрактных объектов – энергетических блоков, ориентированная, с одной стороны, на применение соответствующего математического ап-

парата, с другой – на проектирование возможных реальных ситуаций. Отдельные блоки представляют собой идеализированные представления (теоретические модели), основной характеристикой которых является энергоемкость [6]. Для более глубокого анализа процессов в энергетических блоках с учетом их физической природы может применяться наиболее адекватный в каждом конкретном случае математический и понятийный аппарат: вектор Умова-Пойнтинга при электроэнергетическом анализе, световой вектор (вектор Гершуна) при фотоэнергетическом анализе, зависимости продуктивности биообъекта от внешних воздействий при биоэнергетическом анализе. Основой энергетического анализа является метод конечных отношений (МКО), предложенный и обоснованный доктором технических наук, профессором В.Н.Карповым [3].

Отдельный этап ЭТП может быть проведен различными альтернативными вариантами. На рисунке 4 показано дерево альтернативных вариантов проведения этапов ЭТП по сравнению с базовым вариантом.

Оптимальной ветвью дерева (j -й вариант ЭСМ) является такая, на которой наблюдается минимальное значение энергоемкости данного этапа

$$\varepsilon_i^{\text{опт}} = \text{MIN}\{\varepsilon_i'\} . \quad (10)$$

Значение оптимального коэффициента эффективности ЭСМ на данном этапе

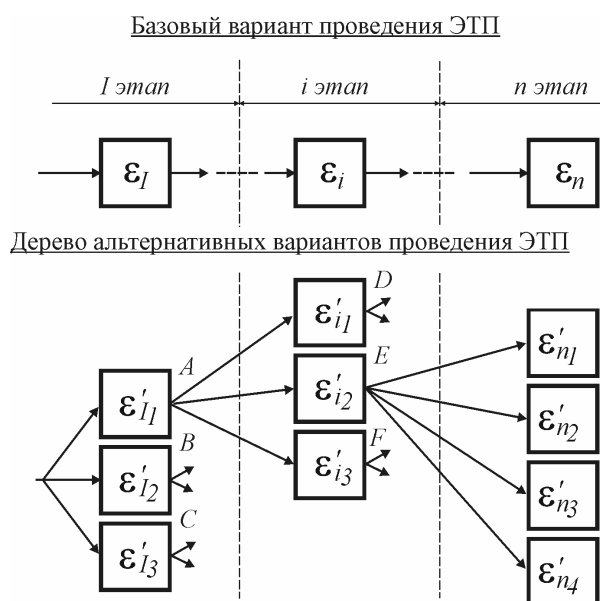


Рис. 4. Оптимизация проведения этапов ЭТП

$$k_{\text{ЭСМ}_i}^{\text{ОПТ}} = \frac{\varepsilon_i}{\varepsilon_i^{\text{ОПТ}}} \quad (11)$$

Значение коэффициента эффективности ЭСМ для оптимизированного ЭТП

$$k_{\text{ЭСМ}}^{\text{ОПТ}} = \prod_{i=1}^n k_{\text{ЭСМ}_i}^{\text{ОПТ}} = \prod_{i=1}^n \frac{\varepsilon_i}{\text{MIN}\{\varepsilon_{ij}\}} \quad (12)$$

4.2 Обоснование режима проведения ЭТП. Выбор режима производится по функциональным зависимостям $\varepsilon = f_{\xi}(\zeta)$ (рис.5).

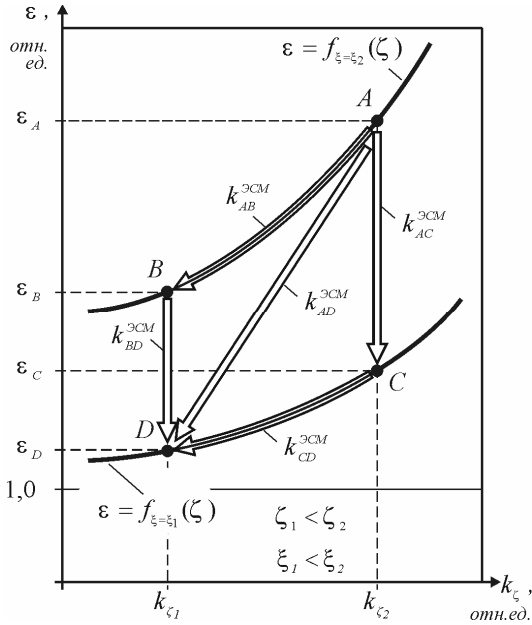


Рис. 5. К обоснованию снижения энергоемкости ЭТП

Пусть кривая $\varepsilon = f_{\xi=\xi_2}(\zeta)$ характеризует зависимость энергоемкости этапа с параметром $\xi = \xi_2$ от величины параметра ζ (заданного относительной величиной $k_{\zeta} = \zeta/\zeta_n$), а кривая $\varepsilon = f_{\xi=\xi_1}(\zeta)$ - этапа с параметром $\xi = \xi_1$ (причем $\xi_1 < \xi_2$). В базовом варианте (т.А на графике) энергоемкость этапа ε_A .

Анализ таких зависимостей показывает, что снижение энергоемкости возможно различными путями:

- переход к режиму эксплуатации с энергоемкостью $\varepsilon_B < \varepsilon_A$, соответствующему в т.В на графике. Пусть такой переход обеспечивается техническим мероприятием – изменением величины параметра от ζ_2 к ζ_1 ($\zeta_1 < \zeta_2$), (а в более общем случае – стабили-

зации параметра ζ при наличии случайных или систематических его отклонений);

- переход к режиму эксплуатации с энергоемкостью $\varepsilon_C < \varepsilon_A$, соответствующему в т.С на графике. Пусть такой переход обеспечивается организационным мероприятием – обеспечением режима эксплуатации с параметром $\xi_1 < \xi_2$;

- переход к режиму эксплуатации с энергоемкостью $\varepsilon_D < \varepsilon_C, \varepsilon_B < \varepsilon_A$, соответствующему в т.Д на графике. Такой переход обеспечивается совместным выполнением указанных выше организационно-технических мероприятий.

Эффективность отдельных ЭСМ независимо от их природы характеризуется значениями соответствующих коэффициентов эф-

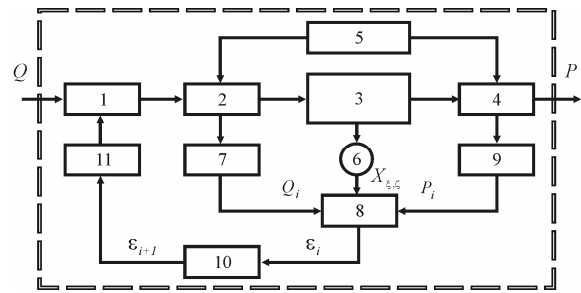


Рис. 6. Схема энергосберегающей системы управления ЭТП

фективности $k_{qp}^{\text{ЭСМ}}$, которые символически показаны на рисунке в виде переходов между соответствующими режимами q и p эксплуатации [5].

4.3 Формирование энергосберегающего алгоритма управления.

Для непрерывных процессов представляет интерес разработка энергосберегающего алгоритма управления ЭТП, задачей которого является поддержание минимального значения энергоемкости в любой момент времени. Наиболее перспективным представляется способ, при котором минимальное значение энергоемкости ищется непосредственно при проведении ЭТП, по результатам постоянного мониторинга его параметров.

Структурная схема энергосберегающей системы управления показана на рисунке 6. Входом системы является поток энергоносителя Q , выходом - поток производимой продукции с энергосодержанием P .

Система работает следующим образом.

На вход объекта управления 3, под которым можно подразумевать как ЭТП в целом, так и его отдельный этап, через блок автоматизированного управления объектом 1 и блок определения расхода энергоносителя 2 подается поток энергоносителя Q . Результатом ЭТП является производство продукта, количество которого в виде потока производимой продукции P проходит через блок определения производительности 4. На выходе блока 6 формируется значение характеризующего процесс параметра $X_{\xi, \zeta}$ в обобщенных координатах ξ и ζ . Задатчик моментов времени 5 с некоторым интервалом выдает метки времени, в соответствии с которыми изменяется количество подаваемого на объект управления энергоносителя, а в блоках 7 и 9 вычисляются соответственно мгновенные значения расхода энергоносителя Q_i и мгновенные значения производительности P_i . В блоке 8 производится определение мгновенного значения энергоемкости ε_i в заданные моменты времени при текущем значении характеризующего процесс параметра $X_{\xi, \zeta}$.

В блоке 10 по результатам анализа динамики изменения энергоемкости до текущего момента времени производится прогноз ее значения ε_{i+1} на следующий момент времени. В блоке 11 производится принятие решения о необходимости изменения количества подаваемого на объект управления энергоносителя. Соответствующий сигнал подается на блок автоматизированного управления объектом 1 [4, 7].

Заключение. Таким образом, ПТЭЭТП представляет собой систему поддающихся доказательству универсальных высказываний, позволяющих объяснять энергетическую сущность, устройство и механизмы работы ИБЭС, прогнозировать ее поведение, формулировать рекомендации по оптимизации режимов проведения ЭТП.

Требования к языку ПТЭЭТП удовлетворяются принципом физической реализуемости и наблюдаемости. В состав языка включены понятия, представленные в терминах измеряемых величин, что позволяет экспериментально

проверять результаты теории и согласовывать их с универсальными законами природы.

Требования к аксиоматике ПТЭЭТП удовлетворяются тем, что в ее основе лежат универсальные законы (в т.ч. закон сохранения энергии). При энергетическом анализе используется МКО. Объект приложения теории – ИБЭС – характеризуется измеримыми объективными величинами.

Требования к правилам вывода ПТЭЭТП удовлетворяют принципу тензорных преобразований, оставляющих неизменными законы, лежащие в основе теории.

В заключение автор выражает искреннюю признательность своему учителю, д.т.н., профессору В.Н.Карпову, личные беседы с которым помогли сформулировать изложенные выше положения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андреев, И.Д. Теория как форма организации научного знания [Текст] / И.Д.Андреев.- М.: Наука, 1979.- 304 с.
2. Баженов, Л.Б. Строеие и функции естественнонаучной теории [Текст] / Л.Б.Баженов.- М.: Наука, 1978.-232 с.
3. Карпов, В.Н. Энергосбережение: метод конечных отношений [Текст] / В.Н.Карпов.-СПб, 2005.-138с.
4. Ракутько, С.А. Общие принципы энергетического анализа прикладной теории энергосбережения и их практическое применение [Текст] / С.А.Ракутько // Энергетический вестник.- СПб: СПбГАУ, 2009.-С.90-96.
5. Ракутько, С.А. Энергетический анализ электротехнологических процессов переработки сельскохозяйственной продукции и их оптимизация [Текст] / С.А.Ракутько // Матер. Межд. научно-технич. конф. «Инновац. технологии переработки с.-х. сырья в обеспечении качества жизни: наука, образование и производство». г.Воронеж, ВГТА, 2008.-С.308-312.
6. Ракутько, С.А. Оценка эффективности энергосберегающих мероприятий в электротехнологиях оптического облучения [Текст]/ С.А.Ракутько // Механизация и электрификация сельского хозяйства.- 2008.-№11.-С.31-33.
7. Ракутько, С.А. Энергосберегающая система управления энерготехнологическими процессами [Текст] / С.А.Ракутько // Сб.тр. VI межд. науч.-практич. конф. «Исследование, разработка и применение высоких технологий в промышленности».- 16.10.2008, СПб. / Под ред. А.П.Кудинова, Г.Г.Матвиенко. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2008.- С.39-41.