УДК 631.371:621.311.004.18
Ракутько С.А., к.т.н., доцент, ДальГАУ

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЯХ ОПТИЧЕСКОГО ОБЛУЧЕНИЯ АПК

Рассмотрены этапы преобразования энергии в технологическом процессе облучения и связанные с ними потери. Обобщенным параметром, характеризующим эффективность передачи энергии на каждом этапе предлагается считать коэффициент передачи. Изменение его величины так же является показателем эффективности усилий по энергосбережению на каждом этапе. Произведена численная оценка эффективности энергосберегающих мероприятий на примере выращивания растений в условиях светокультуры.

Rakutko S.A., Cand.Tech.Sci.

POWER-SAVING IN ELECTRO-TECHNOLOGIES OF OPTICAL IRRADIATION OF AGRARIAN AND INDUSTRIAL COMPLEX.

Stages of transformation of energy in technological process of an irradiation and the losses connected with them were examined. The generalized parameter describing efficiency of transfer of energy at each stage was offered to consider the transfer factor. Change of its value is a parameter of efficiency of efforts on power-saving at each stage. The numerical estimation of power-saving actions efficiency by the example of cultivation of plants in conditions of light-culture was made.

В настоящее время вопросы энергосбережения возведены в ранг государственной политики. По различным оценкам, энергоемкость ВВП в России сегодня в 2...3 раза выше, чем в США и в 3,5 раза выше, чем в Западной Европе. Эффективность использования электрической энергии в России в 6 раз ниже, чем в Японии; в 2 раза ниже, чем в США; в 1,2 раза ниже, чем в Германии; в 1,4 раза ниже, чем в Индии и Китае. Современная государственная политика в области цен на энергоресурсы заключается в том, чтобы в перспективе сравнять внутренние и мировые цены на энергоносители, что неизбежно приведет к дальнейшему повышению оплаты энергоресурсов. В этих условиях предприятия вынуждены принимать срочные меры по повышению энергетической эффективности [1].

При решении проблемы энергосбережения в электротехнологиях агропромышленного комплекса процессы, основанные на применении оптических излучений (ОИ) подлежат особому рассмотрению. Уже сейчас потери электроэнергии в них превышают половину отраслевых потерь всех электроустановок при доле потребляемой энергии 20%. В перспективе снижение этих потерь представляется наиболее важной задачей, что связано с перспективностью расширения масштабов применения оптического излучения [2].

Проблему энергосбережения в сельскохозяйственных установках ОИ следует отнести к одной из важных проблем отраслевой энергетики, для решения которой необходимо соответствующее научно-методическое обеспечения. Задачей последнего является разработка конкретных энергосберегающих мероприятий (ЭСМ), в числе которых могут быть правовые, организационные, научные, производственные, технические и экономические меры, направленные на эффективное использование энергетических ресурсов.

Рассмотрим подходы к оценке эффективности ЭСМ независимо от их природы. В наиболее общем смысле технологический процесс - последовательность операций, необходимых для выполнения определенного вида работ. Обычно понятие технологического процесса рассматривают в связи с конкретной отраслью производства (машиностроение, строительство, сельское хозяйство и т.д.). В результате осуществления технологических процессов в соответствующих отраслях происходит качественное изменение обрабатываемых объектов. Так, технологический процесс получения различных металлов основан на изменении химического состава, химических и

физических свойств исходного сырья; технологический процесс механической обработки построен на изменении формы и некоторых физических свойств обрабатываемых деталей; в основе технологического процесса в области химии лежат химические реакции, ведущие к изменению состава, строения и свойств исходных продуктов; технологический процесс культивирования растений есть последовательность операций по возделыванию почвы, обеспечению микроклиматических условий, ухода за растениями и т.п.

Излучение выступает важнейшим технологическим фактором в ряде процессов. В связи с важностью излучения в отдельных сельскохозяйственных технологических процессах целесообразно выделить в отдельный технологический процесс сам процесс облучения.

Таким образом, под технологическим процессом облучения (ТПО) будем понимать процесс создания требуемых спектральных характеристик излучения; обеспечения требуемого пространственного распределения потока или его распространению по поверхности; соблюдению требуемого закона изменения параметров излучения во времени.

Преобразования энергии в ТПО могут быть представлены последовательностью следующих этапов:

1-й этап – подача электроэнергии к источнику излучения;

2-й этап - генерирование потока в источнике излучения;

3-й этап - формирование пространственного распределения потока;

4-й этап - формирование поверхностного распределения энергии потока на облучаемом объекте;

V этап - поглощение лучистой энергии объектом и превращение ее в другой вид.

На рисунке 1 показаны этапы преобразования энергии в ТПО и связанные с ними потери (диаграмма Сэнка).

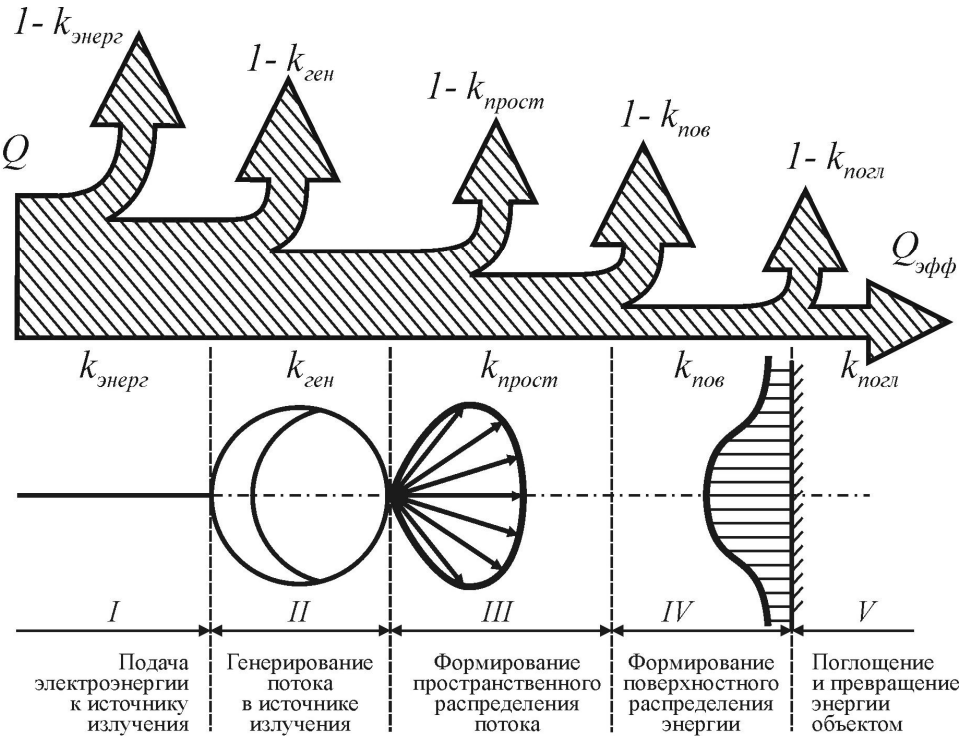

Рис. 1. Этапы преобразования энергии в ТПО и связанные с ними потери

Потери энергии неизбежно возникают на каждом этапе преобразования. Таким образом, подаваемая на начало i-го этапа энергия Q_i преобразуется в энергию Q_{i+1} на выходе этапа и энергию потерь $Q_{i+1}^{П}$ (рис. 2).

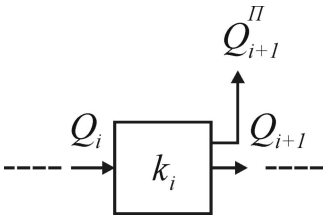

Рис. 2. Понятие коэффициента передачи этапа ТПО

Обобщенным параметром, характеризующим эффективность передачи энергии на i-ом этапе является коэффициент передачи k_{i} как отношение энергии на выходе данного этапа к потребляемой энергии. Изменение его величины так же является показателем эффективности усилий по энергосбережению на данном этапе.

Величина коэффициента передачи для отдельного этапа

$$k_i = \frac{Q_{i+1}}{\text{Q}_i}, \qquad (1)$$

где Q_{i+1} – энергия, передаваемая на следующий этап преобразования;

Q_i – энергия, полученная от предыдущего этапа преобразования

Коэффициент потерь для отдельного этапа

$$g_i = 1 - k_i. \qquad (2)$$

Значение коэффициента передачи всего ТПО

$$k = \prod_{i=1}^{n} k_i, \qquad (3)$$

где n – количество этапов преобразования энергии.

Значение коэффициента потерь всего ТПО

$$g = \sum_{i=1}^{n} (1 - k_i). \qquad (4)$$

Эти потери можно трактовать как резервы энергосбережения при внедрении ЭСМ. Для отдельных этапов коэффициенты k_i могут иметь свои размерности (лм/Вт для отдачи ИС, кг/лм для оценки количества синтезированного фотопродукта в облучаемом объекте). Это является полезным при вычислении результатов преобразования энергии в физических единицах, но неприемлемо для оценки эффективности ЭСМ в относительных единицах. При этом затрудняется так же расчет потерь.

Целью ЭСМ является такое проведение этапов ТПО, при котором потери будут наименьшими. На рисунке 3 показано, что некоторые ЭСМ позволяют провести отдельный этап, который в базовом варианте ТПО характеризовался коэффициентом передачи k_i, с большей эффективностью, характеризуемой величиной коэффициента передачи $k_i^{'}$.

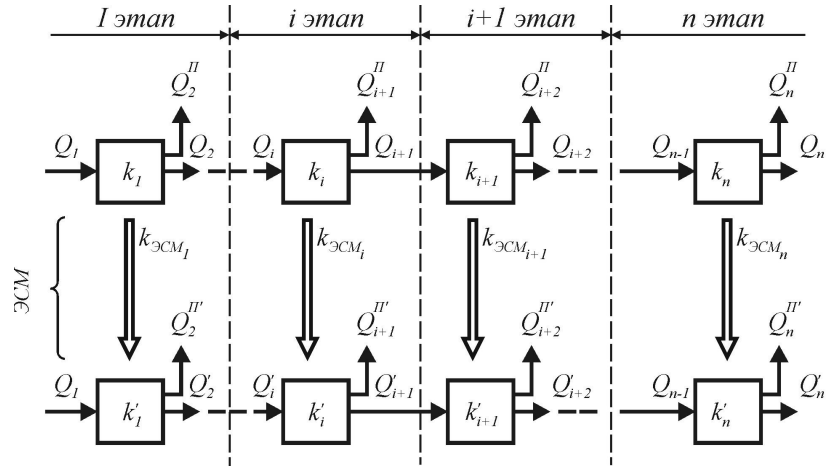

Рис. 3. К оценке эффективности ЭСМ

Очевидно, как минимум обязательно соблюдение условия

$$k_i^{'} > k_i, \qquad (5)$$

иначе проведение ЭСМ не имеет смысла (при этом затраты на сами ЭСМ пока не учитываем).

Введем понятие коэффициента эффективности ЭСМ i-го этапа как отношение энергии на его выходе при базовом варианте проведения ТПО к энергии на выходе данного этапа при внедрении ЭСМ

$$k_{ЭСМ_i} = \frac{Q_{i+1}}{Q'_{i+1}}. \quad (6)$$

Данный коэффициент показывает, насколько внедрение ЭСМ позволяет увеличить энергию на выходе данного этапа.

Поскольку

$$Q_{i+1} = k_i \cdot Q_i \quad (7)$$

и

$$Q'_{i+1} = k'_i \cdot Q_i \quad (8)$$

то

$$k_{ЭСМ_i} = \frac{Q_{i+1}}{Q'_{i+1}} = \frac{k_i \cdot Q_i}{k'_i \cdot Q_i} = \frac{k_i}{k'_i} \quad (9)$$

Таким образом, численно значение $k_{ЭСМ\,i}$ в относительных единицах для каждого этапа преобразования энергии может быть найдено как отношение коэффициентов передачи данного этапа до внедрения ЭСМ на данном этапе и после их внедрения.

Для последовательности этапов (то есть. всего ТПО)

$$k_{ЭСМ} = \prod_{i=1}^{n} k_{ЭСМ\,i}, \quad (10)$$

то есть численно значение $k_{ЭСМ}$ в относительных единицах для всего ТПО может быть найдено как произведение коэффициентов эффективности ЭСМ отдельных этапов.

Величина, обратная значению $k_{ЭСМ}$ показывает, во сколько раз внедрение ЭСМ повышает эффективность использования энергии

$$k_{П} = \frac{1}{k_{ЭСМ}}. \quad (11)$$

Рассмотрим численный пример оценки эффективности ЭСМ для ТПО растений в условиях светокультуры.

1-й этап – подача электроэнергии к источнику излучения. Реальные условия эксплуатации источников света (ИС) характеризуются значительными отклонениями условий питания от номинальных. Так, при повышении величины питающего напряжения увеличивается потребляемая ИС мощность и снижается их срок службы. Оценка коэффициента передачи энергии для реальных условий электрического питания на данном этапе дает величину $k_{энерг} = 0{,}5$ отн.ед.

Энергосберегающим мероприятием на данном этапе является стабилизация величины питающего напряжения. Очевидно, что стабилизация напряжения позволяет обеспечить $k'_{энерг} = 1$ отн.ед.

Тогда

$$k_{ЭСМ_{энерг}} = \frac{0{,}5}{1} = 0{,}5 \text{ отн.ед.}$$

2-й этап - генерирование потока в источнике излучения. Характеристикой эффективности данного этапа является отдача источника, которая задается при его изготовлении. Поэтому реальной возможностью энергосбережения на этом этапе является обоснованный выбор наиболее эффективного источника из предлагаемых промышленностью.

Пусть в базовом варианте ТПО использовались люминесцентные лампы ЛДЦ40 со световой отдачей 52,5 лм/Вт, то есть $k_{ген} = 52{,}5$. Альтернативой является применение современных компактных люминесцентных ламп со световой отдачей 70 лм/Вт, то есть $k'_{ген} = 70$.

Тогда

$$k_{ЭСМ_{ген}} = \frac{52.5}{70} = 0{,}75 \text{ отн.ед.}$$

3-й этап – формирование пространственного распределения потока. На этом этапе происходит передача потока энергии от облучателя к облучаемому объекту через поле излучения. Резервы энергосбережения заложены в применении облучателя со таким светораспределением, которое обеспечивает наибольшую долю передаваемого на облучаемый объект (в данном случае – ценоз) потока.

Расчет производится методами теоретической светотехники для двух вариантов пространственного распределения потока в нижнюю полусферу – равномерного (базовый вариант) и косинусного (предлагаемый вариант). Коэффициент использования потока от равномерного излучателя $k_{прост} = 0{,}29$. Коэффициент использования потока от косинусного излучателя $k'_{прост} = 0{,}5$.

Тогда $k_{\text{ЭСМ}_{\text{прост}}} = \frac{0,29}{0,5} = 0,58$ отн.ед.

4-й этап – формирование поверхностного распределения энергии потока на облучаемом объекте. На этом этапе происходит формирование распределения облученности по облучаемому объекту. Критерием полезности потока является коэффициент полезного использования $КПИ_{\text{Ф}} = k_{\text{пов}}$, расчет которого в простейшем случае производится через равномерность создаваемой облученности. Применяя более оптимальные компоновочные решения, возможно повышение значения коэффициента использования потока.

Пусть для базового варианта $k_{\text{пов}} = 0,3$, а в результате оптимизации компоновочных решений возможно достижение $k'_{\text{пов}} = 0,4$.

Тогда

$$k_{\text{ЭСМ}_{\text{пов}}} = \frac{0,3}{0,35} = 0,86 \text{ отн.ед.}$$

5-й этап – поглощение лучистой энергии объектом и превращение ее в другой вид. Эффективность восприятия растением энергии излучения зависит от многих факторов. Для численного примера положим, что оптимизация режимов облучения повышает продуктивность растений на 5%. В этом случае для базового варианта $k_{\text{погл}} = 1$, при оптимизации режимов е $k'_{погл} = 1,05$.

Тогда

$$k_{\text{ЭСМ}_{\text{погл}}} = \frac{1}{1,05} = 0,95 \text{ отн.ед.}$$

В таблице представлены результаты расчетов коэффициентов эффективности ЭСМ (в порядке возрастания эффекта)

Таблица

Результаты оценки эффективности ЭСМ на различных этапах ТПО растений в условиях светокультуры

№ этапа	Энергосберегающие мероприятия	$k_{\text{ЭСМ}\,i}$, отн.ед
I	Стабилизация условий электрического питания	0,5
III	Выбор оптимального облучателя	0,58
II	Выбор более эффективного источника излучения	0,75
IV	Улучшение компоновочных решений	0,86
V	Оптимизация режимов облучения	0,95
	Совокупность всех мероприятий	0,178

Итак, численные расчеты по предложенной методике (с учетом некоторой условности принятых исходных данных) показали, что наибольший эффект в целях обеспечения энергосбережения при облучении растений может дать стабилизация условий электрического питания. Наименьший эффект оказывает оптимизация режимов облучения.

Совместное применение рассмотренных ЭСМ повышает эффективность использования энергии в $1/0{,}178 = 5{,}6$ раза.

Безусловно, для полной экономической оценки эффективности конкретных ЭСМ необходим учет затрат на сами мероприятия, поскольку представленная методика учитывает только энергетический аспект передачи энергии в процессе облучения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Данилов, Н.И. Энергосбережение - от слов к делу / Н.И.Данилов.- Екатеринбург, Энерго-Пресс, 2000.

2. Карпов, В.Н. Термодинамические аспекты методологии энергосбережения в сельскохозяйственных электротехнологиях оптического облучения / В.Н.Карпов // Известия академии наук. Энергетика.-1994.-№1.-с.66-74.