

В республике разработана и в 2011 г. утверждена национальная программа развития местных и возобновляемых энергоисточников на 2011-2015 года, основной целью которой является увеличение объемов использования собственных энергоресурсов и развитие новых тенденций в области энергетики с доведением доли местных видов ТЭР в балансе котельно-печного топлива до 30%.

Основными направлениями данной программы являются увеличение использования в энергетических целях древесного топлива и торфа, использование соломы, коммунальных отходов, стоков и вторичных энергоресурсов для выработки электрической и тепловой энергии, внедрение биогазовых, ветроэнергетических и гелиоустановок, тепловых насосов, восстановление и строительство новых гидроэлектростанций.

Важная роль в развитии возобновляемой энергетики в Беларуси отводится созданной в 2009 году ассоциации «Возобновляемая энергетика», главным предметом деятельности которой является формирование экономической, социальной и научно-технической политики по использованию ВИЭ в различных областях экономики страны.

Анализ эксплуатации энергетического оборудования в АПК показал, что она осуществляется по разработанной еще в конце прошлого столетия нормативно-технической документации, не соответствующей современным уровням хозяйствования и без учета технического состояния электрооборудования и сроков его эксплуатации. Это приводит к снижению надежности и высокой трудоемкости и стоимости ТО и ТР электрооборудования. В связи с этим назрела необходимость перехода на инновационный путь развития энергетического сервиса в АПК.

Особое значение в развитии энергетического сервиса имеет диагностика электрооборудования. Известно, что диагностический мониторинг приводит к снижению затрат на ремонт оборудования и затрат на техническое сопровождение на 50-80 %, объемом материально-производственных процессов на 30 %, а также к повышению рентабельности производства на 20-60 %, повышению надежности работы оборудования и снижению ущерба от его отказов.

Выводы:

1. С целью повышения экономической эффективности и конкурентоспособности сельскохозяйственной продукции необходимо разработать концепцию инновационного развития энергообеспечения АПК на период до 2020 г.

2. Для обеспечения высокой надежности работы и эффективности функционирования технических систем АПК следует осуществить разработку и широкое внедрение современного энергетического сервиса.

3. Для подготовки высококвалифицированных инженеров-электриков необходимо восстановить дисциплину «Диагностика электрооборудования» в программе изучения дисциплин по специальности 1-74 06 05 01 «Энергетическое обеспечение сельскохозяйственного производства» (электроэнергетика).

УДК 621.382:621.315

## **РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ СОВМЕСТНОЙ РАБОТЫ АВТОНОМНЫХ КОМБИНИРОВАННЫХ ЭНЕРГОУСТАНОВОК НА ОСНОВЕ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ И ВЕТРОГЕНЕРАТОРА**

**Азизов П.М.**, аспирант, **Лисовский В.В.**, к.т.н., доцент

Белорусский государственный аграрный технический университет

Для определения оптимальной конфигурации автономной комбинированной установки на основе использования энергии ветра и солнца необходимо решить достаточно сложную задачу по выбору типов ее основных компонентов и выработке рекомендаций по их рациональному комплексированию. Решению первой части задачи посвящена работа [1], где описан метод определения оптимальной конфигурации такой установки и предложена

математическая модель комбинированной системы. Рассмотрим теоретические результаты, полученные на основе моделирования работы предлагаемой энергоустановки.

Мощность солнечного излучения, а также средние часовые значения скорости ветра и температуры окружающей среды приведены в [1].

Скорость ветра и мощность солнечного излучения принимаются посто-янными на протяжении шага моделирования (1 час). Технические и эконо-мические параметры компонентов системы представлены в таблицах 1–2.

Таблица 1 – Параметры фотоэлектрических модулей

Тип	$P_{mp}$ , Вт	$V_{mp}$ , В	$I_{mp}$ , А	$U_{xx}$ , В	$I_{кз}$ , А	$T_{ном}$ , °С	$A$ , м <sup>2</sup>	Цена, долл.	Обслуживание
BP350	50	17,3	2,89	21,8	3,17	47±2	0,451	350	50 % стоимости
BP3125	125	17,6	7,1	22,1	7,54	47±2	1,018	600	50 % стоимости

Таблица 2 – Параметры ветрогенераторов

Тип	$P_{ном}$ , Вт	$V_{сг}$ , м/с	$V_{ном}$ , м/с	$V_{со}$ , м/с	Цена, долл.	Обслуживание
WT600	600	2,5	12	25	1500	25 % стоимости
BWCXL1000	1000	2,5	11	25	2500	25 % стоимости

На первом этапе разрабатывается модель надежности системы. Рассмотрено несколько конфигураций энергоустановки с различными сочетаниями мощностями фотоэлектрического и ветрогенератора, а также с различной емкостью аккумуляторной батареи.

Результаты моделирования для  $r_{деф} = 0$  и указанного профиля нагрузки приведены на рисунке 1. Из графиков можно сделать вывод, что при низкой емкости аккумуляторных батарей системе необходима большая мощность фотоэлектрического генератора, чтобы удовлетворить требования надежности.

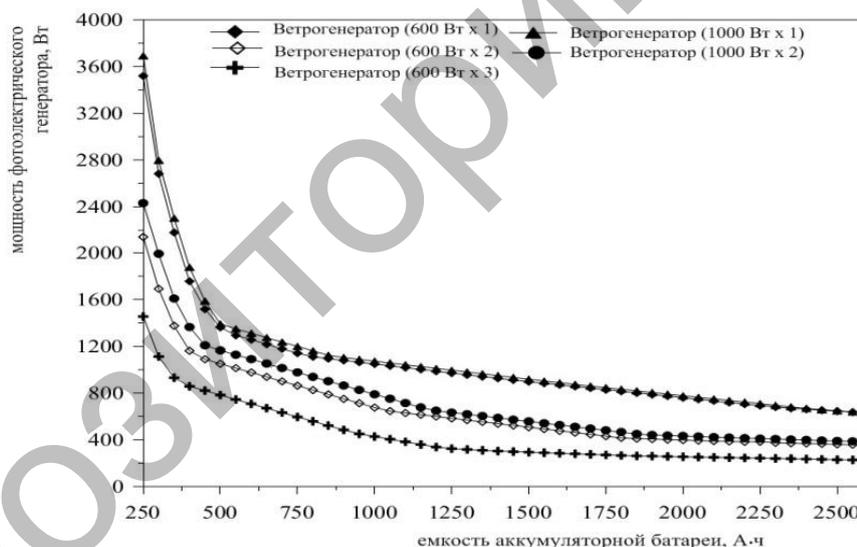


Рисунок 1 – Конфигурации комбинированной энергоустановки, обеспечивающие  $r_{деф} = 0$

На рисунке 2 представлен вклад возобновляемых источников и избыточная энергия как функции мощности фотоэлектрического генератора для ветрогенераторов различной мощности.

В соответствии с полученными результатами, избыток энергии растет с увеличением числа ветрогенераторов. Видно, что для фотоэлектрической установки мощностью от 0 до 450 Вт, избыток энергии практически равен нулю для конфигураций с одним ветрогенератором и существенно возрастает с увеличением числа ветрогенераторов.

Из графиков на рисунках 1 и 2 можно сделать вывод вклад возобновляемых источников является линейной функцией мощности энергоустановки и не зависит от емкости аккумуляторных батарей.

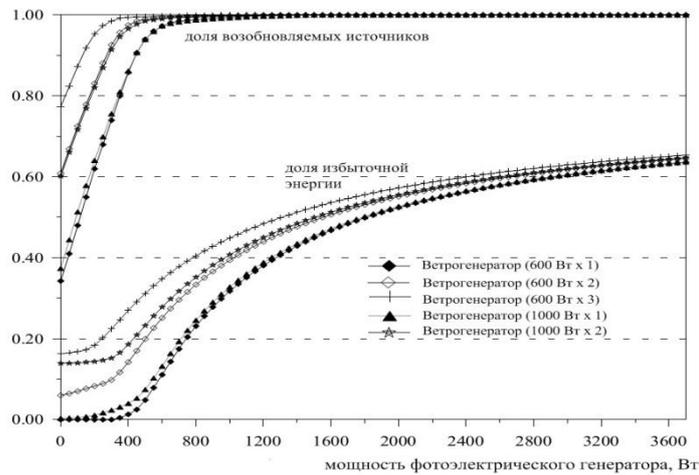


Рисунок 2 – Зависимость вклада возобновляемых источников и доли избыточной энергии от мощности фотоэлектрического генератора для различных ветрогенераторов(1012А·ч)

При условии полной автономности, более 30 % выработанной энергии теряется, если не использовать аккумуляторные батареи большой емкости. Уменьшение доли энергии, выработанной возобновляемыми источниками, уменьшает потери неиспользованной энергии.

Результаты моделирования также показывают, что при вкладе возобновляемых источников, равным 85%, неиспользованная энергия составляет 5% для конфигураций с одним ветрогенератором.

Из графиков на рисунке 5 видно, что величина емкости аккумуляторной батареи не влияет на выработанную избыточную энергию. Таким образом, основной вклад в избыточную энергию вносит фотоэлектрический генератор. При этом, случае низкой доли избыточной энергии потребность нагрузки не удовлетворяется.

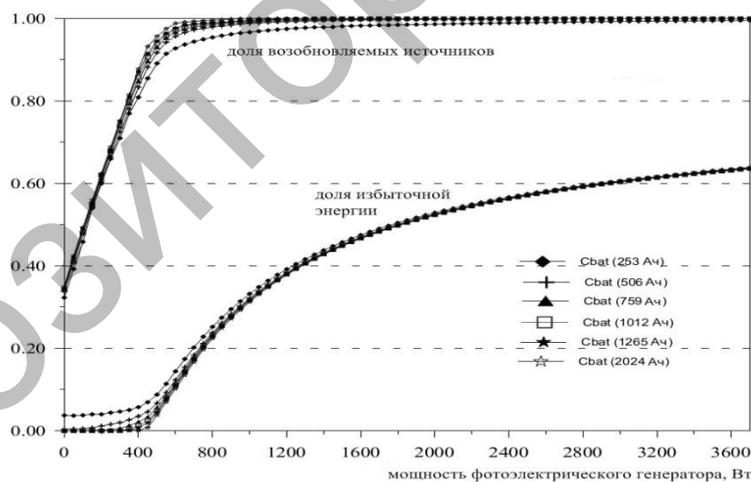


Рисунок 3 – Зависимость вклада возобновляемых источников и доли избыточной энергии от мощности фотоэлектрического генератора (при одном ветрогенераторе мощностью 600 Вт)

После технической оценки, нормированная стоимость энергии используется для экономической оценки полученных конфигураций.

Результаты расчетов для конфигураций с  $r_{\text{деф}} = 0$  представлены на рисунках 2 и 3. На рисунках показаны графики расчета стоимости энергии при различных комбинациях фотоэлектрических генераторов, ветрогенераторов и аккумуляторных батарей.

На рисунке 4 представлены результаты расчетов стоимости энергии для конфигураций энергоустановки с различными типами фотоэлектрических модулей и аккумуляторных батарей.

Результаты моделирования показывают, что:- фотоэлектрические модули мощностью 125 Вт предпочтительнее модулей мощностью 50 Вт;

- конфигурация с аккумуляторными батареями емкостью 253 А·ч предпочтительнее конфигурации с батареями емкостью 102 А·ч;

- с экономической точки зрения, оптимальная конфигурация определяется минимальной стоимостью энергии при  $r_{\text{деф}} = 0$ .

Из графиков, следует, что:- использование малых турбин (3 шт. по 600 Вт) дешевле, чем использование одного ветрогенератора мощностью 1000 Вт. Для различных конфигураций со 100 % надежностью, наименьшая стоимость энергии наблюдается у систем с одинаковой емкостью аккумуляторных батарей, соответствующей удвоенному дневному потреблению. - Стоимость электроэнергии зависит от выбора конкретных компонентов, и наиболее экономичным будет решение с одним ветрогенератором мощностью 600 Вт.

Оптимальные результаты представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты оптимизации конфигурации энергоустановки

Мощность ветрогенератора, Вт	600x1	600x2	600x3	1000x1	1000x2
Мощность ФЭ генератора, Вт	1375	1125	875	1500	1250
Емкость аккумуля. батарей, А·ч	506	759	759	759	759
Стоимость (LCE), долл. /кВт·ч	1,46	1,51	1,59	1,70	1,95

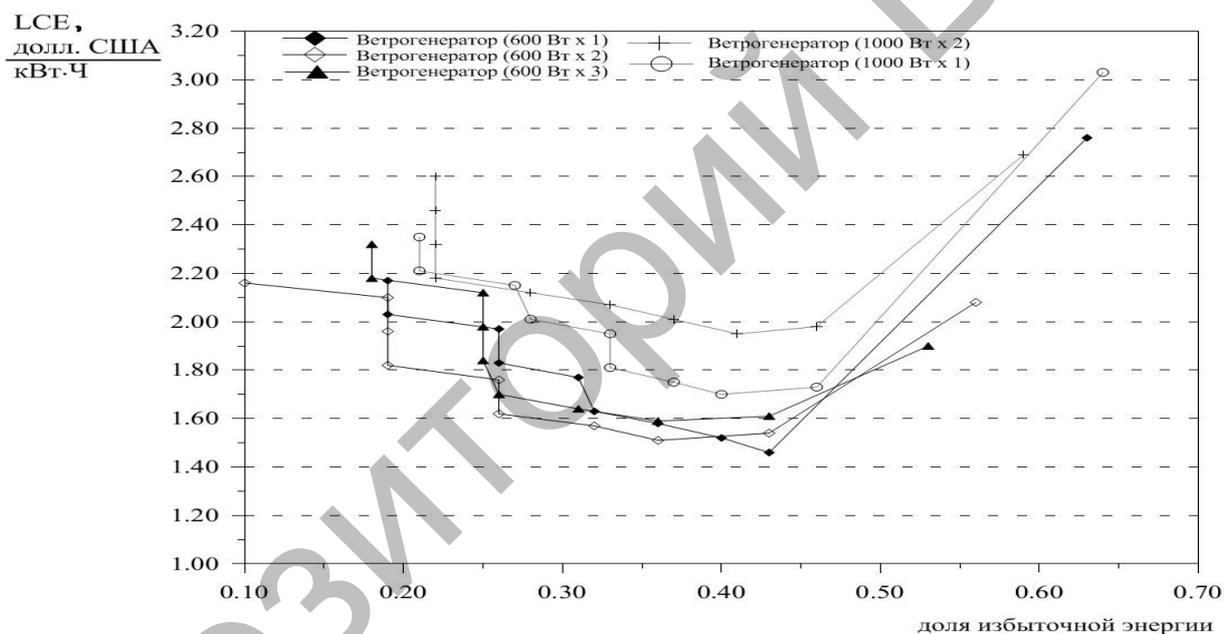


Рисунок 4 – Зависимость стоимости энергии от доли избыточной энергии рассмотренных энергоустановок

На рисунке 4 представлена зависимость стоимости от избыточной энергии. Можно видеть, что существует оптимальное значение избыточной энергии (43-46 %), для которого стоимость энергии минимальна. Снижение избыточной энергии при сохранении показателе надежности приводит к росту стоимости энергии.

Выводы. Результаты моделирования для  $r_{\text{деф}} = 0$  и определенного профиля нагрузки показывают, что получении полного вклада возобновляемых источников ( $k_{\text{возобн}} = 1$ ), более 30 % выработанной энергии не используется. С другой стороны, если вклад возобновляемых источников составляет 85%, уровень избытка энергии снижается до 5%.

Для различных конфигураций системы со 100 % надежностью, наименьшая стоимость энергии наблюдается при величине емкости аккумуляторной батареи (750 А·ч), соответствующей двойному дневному потреблению, и с избытком выработанной энергии в 40%.

## Литература

1. Азизов П.М., Лисовский В.В. Метод определения оптимальной конфигурации автономных комбинированных энергоустановок на основе фотоэлектрических преобразователей и ветрогенератора. Материалы Международной научно-технической конференции «Энергосбережение- важнейшее условие инновационного развития АПК», Минск, 2013, 219-223с.

УДК 621.311

## К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОГО ПОТОКА ИСТОЧНИКОВ ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Степанцов В.П., к.т.н., доцент

Белорусский государственный аграрный технический университет

Под эффективным потоком следует понимать упавший на приемник поток оптического излучения (ОИ), поглощенный и преобразованный им в другие виды энергии, оказывающий какое-либо воздействие (физическое, химическое, биологическое или иное) на приемник, ожидаемое или нежелательное. Следовательно, эффективный поток определяется спектральной плотностью потока излучения  $\varphi_{e\lambda}$ , определяемой как отношение однородного потока излучения  $\Delta\Phi_\lambda$  на полосе спектра к принятой в ширине спектра  $\Delta\lambda$ , и спектральной чувствительностью приемника к монохроматическому потоку  $g_\lambda$  [1]:

$$g_\lambda = C \frac{\Delta\Phi_{a\lambda}}{\Delta\Phi_\lambda},$$

где  $C$  – коэффициент, определяемый выбором единиц измерения величины, например, для световой системы величин  $\text{лм}\cdot\text{Вт}^{-1}$ ;  $\Delta\Phi_{a\lambda}$  – поглощенный приемником поток монохроматического излучения, Вт;  $\Delta\Phi_\lambda$  – полный поток монохроматического излучения, падающий на приемник, Вт.

При известной спектральной плотности потока излучения  $\varphi_{e\lambda}$  и спектральной чувствительности приемника  $g_\lambda$  эффективный поток определим как

$$\Phi_{эф} = C \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \varphi_{e(\lambda)} \cdot g(\lambda) \cdot d\lambda, \quad (1)$$

где  $\lambda_1$  и  $\lambda_2$  – диапазон определения эффективного потока, нм.

В качестве примера использования формулы (1) определим эффективный поток  $\Phi_{эф}$ , излучаемый светодиодным светильником LDP-240X3R при его применении для досвечивания растений в условиях защищенного грунта.

Светодиодный светильник LDP-240X3R включает 240 светодиодов – 168 красных (излучающих в диапазоне 650...660 нм), 24 красных (620...630 нм) и 48 синих (440...450 нм) Светильник, с принудительным охлаждением, работает как в режиме 240\*1 Вт, так и в режиме 240\*3 Вт (переключается тумблером). Один светодиод излучает световой поток 20...30 лм (в режиме 1 Вт) или 40...60 лм (в режиме 3 Вт) [2].

При досвечивании функцией отклика является спектральная чувствительность листа растений в диапазоне фотосинтетически активной радиации (ФАР), относительные значения которой в относительных единицах к излучаемому потоку приведены в виде графика на рисунке 1 [3, 4]. Там же представлена спектральная плотность потока излучения светильника в приведенных выше диапазонах.

Значение эффективного потока светильника в диапазоне ФАР определим с точностью  $\pm 0,5$  % методом численного интегрирования усредненных значений относительной спектральной чувствительности реакции растений на ОИ в диапазонах, излучаемых светодиода-