

Предложенный метод расчета тягового усилия учитывает основные факторы процесса рыхления грунта, однако требует экспериментальной проверки.

1. Принципы формирования и структура математической модели обоснования конструктивно-технологических параметров рабочих органов глубокого рыхления почвы / А. С. Путрин [и др.]: Труды сотрудников и преподавателей факультета механизации сельского хозяйства. – Оренбург: Изд-во ОГАУ, 1999. – Т. 3. – С. 51–54.

2. Кленин Н. И., Сақун В. А. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины. – М.: Колос, 1980. – 582 с.

3. Сабликков М. В. Сельскохозяйственные машины. Основы теории и технологического расчета. – М.: Колос, 1968. – 295 с.

4. Бабков В. Ф., Безрук В. М. Основы грунтоведения и механики грунтов. – М.:

Высшая школа, 1976. – 285 с.

5. Месчан С. Р. Начальная и длительная прочность глинистых грунтов. – М.: Недра, 1978. – 207 с.

6. Зеленин А. Н., Баловнев В. И., Керов И. П. Машины для земляных работ. – М.: Машиностроение, 1975. – 422 с.

7. Маслов Н. Н. Основы инженерной геологии и механики грунтов. – М.: Высшая школа, 1982. – 511 с.

8. Дорожные машины / Т. В. Алексеева [и др.]. – М.: Машиностроение, 1972. – Ч. 1. – 504 с.

Материал поступил в редакцию 29.04.11.

Леонтьев Юрий Петрович, кандидат технических наук, профессор кафедры «Мелиоративные и строительные машины» Тел. 8 (499) 976-45-13,

Макаров Александр Алексеевич, аспирант

Тел. 8 (499) 900-60-26, 8 (909) 972-69-41

УДК 502/504:620.9

С. А. АНДРЕЕВ, А. В. ВАГИН

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В. П. Горячкина»

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ИСТОЧНИКОВ С УЧЕТОМ РАБОЧЕГО ПРОСТРАНСТВА ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

Отмечен повышенный интерес мировой общественности к освоению новых энергетических источников. Проанализирован теоретический подход к оценке эффективности энергетических источников на основе векторного произведения плотности энергии на скорость ее распространения в упругой среде. Показана целесообразность и представлена методика практической оценки эффективности с учетом величины пространства, занимаемого соответствующим преобразователем, а также окружающего пространства, где размещение аналогичных преобразователей недопустимо.

Энергетические источники, оценка эффективности, плотность потока энергии, коэффициент полезного действия, преобразователей энергии.

There is mentioned an increased interest of the world public to the development of new energy sources. The theoretical approach to the efficiency assessment of energy sources is analyzed on the basis of a vector product of the energy density by its spreading speed in the elastic medium. There is shown a feasibility and given a method of practical assessment of the efficiency taking into account a workspace size occupied by the appropriate converter as well as the environment where the placement of analogical converters is not permissible.

Energy sources, assessment of efficiency, density of energy flux, efficiency of energy converters.

Современный период развития человечества характеризуется интенсивным поиском новых энергетических источников. В последние десятилетия мы наблюдаем новый всплеск интереса к использованию энергии Солнца, ветра, геотермального тепла, а также многочисленных видов энергий, при получении которых используются химические и биологические процессы. Возврат к перечисленным источникам энергии происходит на качественно новом уровне, с использованием самых современных знаний и технических средств. Большие надежды на развитие энергетики связаны с освоением так называемых возобновляемых источников. В то же время, по мнению авторов, деление энергетических источников на возобновляемые и невозобновляемые является весьма условным [1], а при оценке их эффективности необходим общий подход.

Обычно эффективность энергетических источников оценивается по их КПД. Другие факторы (возобновляемость, экологическая стабильность, экономическая целесообразность, социальная значимость и проч.) учитываются на интуитивном уровне, с большой долей субъективизма. Кроме того, сам по себе КПД для разных энергетических преобразователей рассчитывается по-разному. Для ветродвигателей это обычно коэффициент использования энергии ветра, для фотоэлектрических установок – КПД фотоэлементов, для геотермальных тепловых насосов – коэффициент трансформации тепла. Наконец, традиционная методика оценки не учитывает взаимное влияние преобразователей друг на друга, что негативно сказывается на результате.

Наиболее удачным теоретическим критерием эффективности энергетических источников можно признать плотность потока энергии, рассмотренную академиком П. Л. Капицей [2]. В основу сравнения он закладывал векторное произведение скорости распространения деформации среды v и плотности энергии: $F : U = vF$. При этом в стационарном режиме $\operatorname{div}U$ характеризует величину преобразования энергии из одного вида в другой. Сам же вектор U , подчиняясь традиционному взгляду, П. Л. Капица называл вектором Умова–Пойнтинга.

Несмотря на логичность и физическую закономерность использования понятия вектора, приходится признать,

что для практического использования этот критерий неудобен. Каждый раз при оценке эффективности очередного энергоисточника необходимо заново рассматривать среду распространения энергии и оценивать ее деформацию. Кроме того, скорость распространения энергии также весьма абстрактна и не всегда может быть определена. Наконец, применяя вектор Умова–Пойнтинга, довольно сложно оценить взаимовлияние разнородных источников, тем более учесть их возобновляемость, экологическую стабильность и социальную значимость. Поэтому, оставляя общую оценку эффективности за методом П. Л. Капицы, определим алгоритм частных подходов к анализу наиболее распространенных энергетических источников с учетом вышеперечисленных факторов.

Начнем с ветроэнергетической установки. Как уже отмечалось, эффективность ветродвигателей оценивается коэффициентом преобразования энергии ветра. Эта величина k представляет собой отношение энергии, преобразованной в механическую E_M , к общей кинетической энергии ветра E_B , приходящейся на поверхность, ометаемую ветроколесом:

$$k = \frac{E_M}{E_B}. \quad (1)$$

Для современных ветродвигателей величина k находится в пределах 0,14...0,50. Если сравнивать между собой исключительно ветродвигатели (причем, ветродвигатели одного типа), коэффициента k оказывается вполне достаточно. Известно, что при размещении двух и более ветродвигателей на расстоянии меньшем ушестеренного диаметра ветроколеса общая эффективность каскада уменьшится. Понятно, что при различном пространственном размещении ветродвигателей относительно друг друга (последовательно по отношению к направлению ветра, под углом или параллельно) степень взаимовлияния будет различной. Однако при всех случаях «перегрузка» пространства дополнительными ветродвигателями недопустима. В свое время в работе [3] было показано, что при использовании 12 ветроустановок, расположенных в трех рядах с мощностью 15 кВт каждая, на местности с преобладающей скоростью ветра 5 м/с площадь изымаемой земли составит 26,5 га. И это только при рассмотрении процесса на плоскости. Очевидно, что упомянутая «перегрузка»

относится и к третьей координате, т. е. к высоте. Таким образом, преобразованную энергию следует рассматривать не по отношению к энергии, приходящейся на поверхность, ометаемую ветроколесом, а ко всему объему, занимаемому ветроустановкой, с учетом пространства, в котором расположение других установок недопустимо (рис. 1). Указанное требование приобретает особую актуальность в свете учета ограниченности мирового пространства и возрастающими требованиями к рациональному использованию среды. На начальном этапе рассматриваемый объем может характеризоваться априори заданным геометрическим телом правильной формы: кубом, параллелепипедом, шаром и т.д. В дальнейшем, с целью уточнения оценки и экономии пространства, форму тела можно усложнить. Объем рассматриваемого тела будем именовать *рабочим пространством* преобразователя.

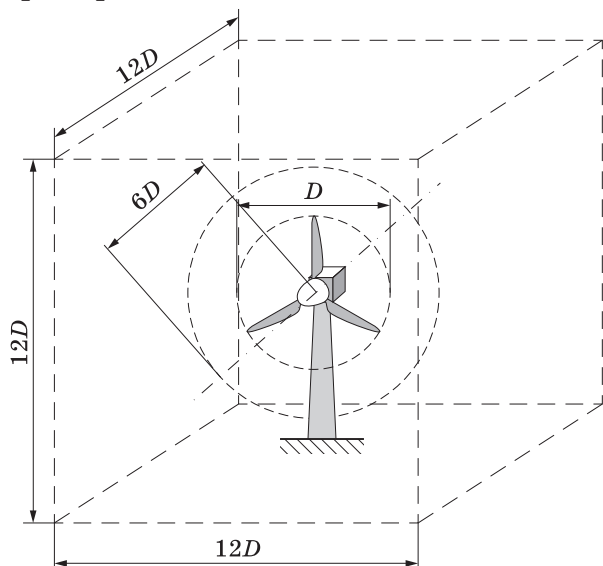


Рис.1. К учету взаимовлияния ветродвигателей

Итак, сравнительную эффективность ветродвигателя можно описать следующим выражением:

$$k_{\text{ср}} = \frac{E_{\text{дв}}}{V_{\text{уст}} + \Delta V}, \quad (2)$$

где $V_{\text{уст}}$ – объем, занимаемый ветроустановкой; ΔV – объем пространства в окрестности ветроустановки, в котором размещение других установок недопустимо; в случае использования куба рабочее пространство преобразователей составит величину $\Delta V = (2 \times 6D)^3 = 1728D^3$.

Чтобы не утратить информацию о входном воздействии (общем объеме энергии, приходящейся на ветродвигатель), целесообразно скомбинировать традиционный и предлагаемый подходы. Для

этого на эксплуатируемый объем следует делить не $E_{\text{дв}}$, а коэффициент k , определяемый в соответствии с выражением (1):

$$k_{\text{н}} = \frac{k}{V_{\text{уст}} + \Delta V}. \quad (3)$$

Понятно, что в качестве единицы измерения предлагаемого показателя будет выступать отношение $1/\text{м}^3$. Надо отметить, что рассматриваемый показатель $k_{\text{н}}$ является промежуточным и впоследствии должен быть скорректирован на величину влияния экономических, экологических, социальных факторов. Кроме того, чрезмерно интенсивная эксплуатация ряда источников может привести к их истощению. Поэтому при комплексной оценке эффективности следует принимать во внимание соотношение скоростей потребления энергии и ее возобновления. В таком случае рассматриваемый показатель из коэффициента превратится в функцию.

Однако вернемся к анализируемому показателю $k_{\text{н}}$. Для оценки эффективности гелиоэнергетических источников рассуждения аналогичны. Здесь введение третьей координаты еще более очевидно, так как фотоэлектрическая пластина, находясь под воздействием солнечного излучения, препятствует его попаданию на другую пластину (рис. 2). Стремясь к максимальному эффекту, мы не отказываемся от мысли расположения нескольких фотоэлектрических пластин «одна над другой», в виде этажерки, но в таком случае рабочее пространство быстро растет. Так же, как это было с ветроустановками, традиционный коэффициент полезного действия фотопреобразователей следует делить на знаменатель выражения (3).

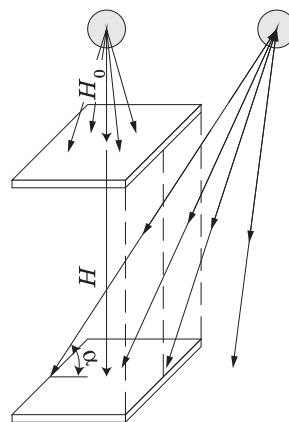


Рис.2. К учету взаимовлияния гелиоэнергетических преобразователей

Значение «высоты» рабочего пространства как составляющей объема может быть определено следующим образом.

Без учета рассеянного света расстояние между фотоэлементами зависит от их площадей: чем больше площади, тем меньше расстояние. Строго говоря, это расстояние (или «высота») будет также зависеть от расстояния от источника и от угла, под которым этот источник находится по отношению к плоскости фотоэлементов. Однако в первом приближении, при равенстве площадей фотоэлементов, можно считать: $h = A \operatorname{tg} \alpha$. В последнем выражении h – искомая высота; A – линейный размер фотоэлементов в плоскости рассмотрения; α – угол, образуемый между плоскостью нижнего фотоэлемента и Солнцем.

Если в гелиопреобразователях используется тепловая составляющая (для нагрева теплоносителя или термоэлектрического элемента), рабочее пространство окажется несколько меньшим, так как прямые солнечные лучи составляют только часть преобразуемой энергии. Однако это уменьшение найдет отражение в значении КПД, рассчитанного традиционным путем.

При использовании геотермальных преобразователей, работающих с тепловыми насосами, рабочее пространство должно охватывать не только сам тепловой насос, но также значительный объем подземных теплообменных аппаратов (рис.3).

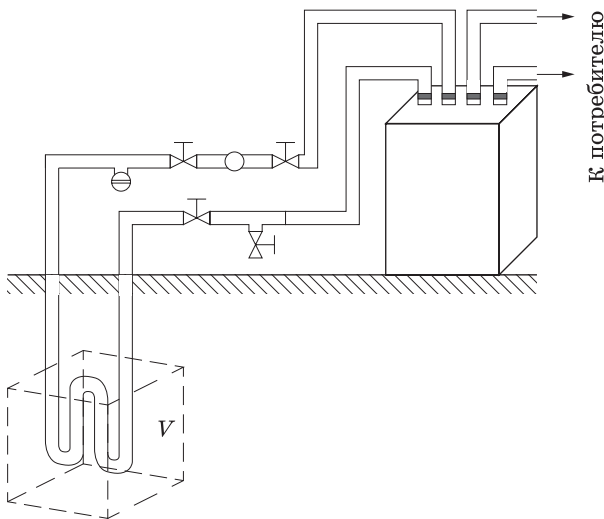


Рис. 3. К учету взаимного влияния геотермальных преобразователей

Следует иметь в виду, что «перегрузка» рабочего пространства в этом случае чревата промерзанием грунта и снижением эффективности преобразования. К сожалению, из-за невнимания к этому вопросу, а также вследствие значительной инерционности процесса случаи промерзания грунта нередки.

Если использование тепловых насо-

сов осуществляется по схемам «воздух – воздух» или «воздух – вода», взаимным влиянием нескольких установок можно пренебречь. Однако и в этом случае к объему собственно теплового насоса необходимо добавлять значительный объем теплообменников первичного контура.

Несколько сложнее определить рабочее пространство преобразователей для производства биотоплива, биогаза и т.д. Дело в том, что место эксплуатации таких преобразователей может быть на удалении от мест происхождения сырья. Однако общий подход остается таким же: объем пространства, занимаемый непосредственно преобразователем, должен быть суммирован с объемом пространства, используемым для выращивания соответствующих культур. Причем площадь сельскохозяйственных земель рассчитывается по известной урожайности растений, а высота рабочего пространства определяется аналогично расстоянию между параллельно устанавливаемыми фотоэлектрическими преобразователями гелиоустановок.

Понятно, что рассчитанное таким образом рабочее пространство окажется довольно большим, а эффективность энергисточника – низкой. В связи с этим подобные преобразователи являются конкурентоспособными только в тех случаях, когда в качестве сырья используются отходы других производств, например: при утилизации навоза животноводческих ферм для получения биогаза или при пиролизической переработке растительных отходов, остающихся в процессе деревообработки.

Таким образом, изложенный подход предполагает более строгое сравнение энергетических источников, требуя приведения традиционных коэффициентов к рабочему пространству преобразователей. Ведь именно объем технических средств в совокупности с объемами вспомогательных объектов в конечном итоге определяет степень человеческого наступления на природу. Следует отметить, что с ростом численности населения, с увеличением энергопотребления величина рабочего пространства преобразователей будет возрастать. Одновременно будет расти «ценность» окружающей среды. Поэтому из ряда энергетических источников, обладающих примерно одинаковым КПД, следует выбирать тот, который характеризуется минимальным рабочим пространством. С другой стороны, оценка эффективности энергетических источников с учетом

рабочего пространства преобразователей побуждает к разработке более рациональных, малогабаритных конструкций, например ветродвигателей с горизонтальной осью и отсутствием традиционной «хвостовой» части для ориентации по направлению ветра. В таком ветродвигателе могут применяться либо виндрозы, либо электромеханические исполнительные механизмы, управляемые автоматическими устройствами. Кроме того, учет рабочего пространства преобразователей определяет целесообразность разработки комбинированных устройств, допускающих одновременную эксплуатацию двух и более источников в пределах одного объема, например преобразователей световой энергии с одновременным использованием тепловой составляющей излучения.

Следует признать, что для всесторонней оценки эффективности энергетических источников учет рабочего пространства преобразователей недостаточен. Действительно, некоторые преобразователи могут иметь незначительный объем и обладать весьма высоким КПД, как, например, атомные электростанции. Однако такие преобразователи могут проигрывать по показателям экологической безопасности или по экономическим критериям. Весьма важен и социальный фактор, с учетом которого та же атомная энергетика не находит единодушной поддержки. Кроме того, при эксплуатации ряда энергетических источников мы сталкиваемся с их природной ограниченностью. Для каждого источника существует критическое значение нагрузки, превышение которой приводит к его скорому истощению. Например, сверхинтенсивная эксплуатация земель при выращивании растений, используемых в качестве сырья для биотоплива, определяет истощение почвы, а впоследствии потребует длительного периода для ее восстановления.

Таким образом, дальнейшая работа по совершенствованию критерия эффективности должна вестись в направлении учета экономических, экологических и социальных факторов, а также соотно-

шения интенсивности их эксплуатации и возобновления.

Выводы

Объективную картину об эффективности энергетических источников с теоретической точки зрения обеспечивает плотность потока энергии, определяемая векторным произведением плотности энергии на скорость ее распространения в упругой среде и характеризуемая вектором Умова.

Для сравнения разнородных энергетических источников помимо традиционного КПД необходимо принимать во внимание величину пространства, занимаемого соответствующим преобразователем, а также окружающего пространства, где размещение аналогичных преобразователей недопустимо.

Дальнейшее совершенствование показателя эффективности разнородных энергетических источников должно сопровождаться разработкой алгоритма учета экономических, экологических и социальных факторов, а также учета соотношения интенсивности их эксплуатации и возобновления.

1. Андреев С. А., Судник Ю. А., Вагин А. В. К вопросу о возобновляемости углеводородных энергоносителей // Международный научный журнал. – № 11. – 2011. – С. 81–87.

2. Капица П. Л. Энергия и физика: доклад на научной сессии, посвященной 250-летию Академии наук СССР // Вестник АН СССР. – 1976. – № 1. – С. 34–43.

3. Андреев С. А., Грустливый Н. М. Экологические аспекты эксплуатации ветроэлектрических станций / Повышение эффективности сельской электрификации: сб. науч. трудов МГАУ. – М.: МГАУ, 1996. – С. 93–97.

Материал поступил в редакцию 01.06.11.

Андреев Сергей Андреевич, кандидат технических наук, доцент

Тел. 8-906-783-71-60

E-mail: asa@usa.net

Вагин Антон Викторович, аспирант

Тел. 8-906-042-09-25

E-mail: alonesatir@yandex.ru