

УДК 620.92(477)

ПОТЕНЦИАЛ И НЕОБХОДИМОСТЬ РАЗВИТИЯ НЕТРАДИЦИОННЫХ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В УКРАИНЕ

А. Н. Лимаренко

Соискатель

Кафедра теплогазоснабжения,
вентиляции и теплоэнергетикиПолтавский национальный технический
университет им. Юрия Кондратюка

пр. Первомайский, 24, г. Полтава, Украина, 36601

E- mail: tonus82@mail.ru

У статті розглядається потенціал і темпи розвитку нетрадиційних відновлюваних джерел енергії в Україні. Аналізуються аргументи «за» і «проти» енергетичного потенціалу нетрадиційних відновлювальних джерел енергії за допомогою технічно-досяжних і економічно-доцільних значень показників

Ключові слова: нетрадиційні поновлювані джерела енергії, сонячна, вітрова, геотермальна, біомаса, енергія

В статье рассматривается потенциал и темпы развития нетрадиционных возобновляемых источников энергии в Украине. Анализируются аргументы «за» и «против» энергетического потенциала нетрадиционных возобновляемых источников энергии с помощью технически-достижимых и экономически-целесообразных значений показателей

Ключевые слова: нетрадиционные возобновляемые источники энергии, солнечная, ветровая, геотермальная, биомасса, энергия

1. Введение

Проблема стабильного и надежного энергоснабжения является актуальной для всех стран мира, в частности и для экспортеров и импортеров энергоносителей. Обострение энергетического вопроса в XXI веке заставляет искать альтернативы традиционным энергоносителям. Такой альтернативой стали нетрадиционные и возобновляемые источники энергии.

Сокращение мировых запасов традиционных видов топлива и постоянное повышение цен на энергоносители спровоцировали бурное развитие альтернативной энергетики с использованием возобновляемых источников энергии. Становится ясно, что в XXI веке газ и нефть постепенно перейдут из экономической категории в политическую. Для того, чтобы обеспечить свою энергетическую независимость, государства, не обладающие достаточной ресурсно-сырьевой базой, должны интенсивно развивать альтернативные источники энергии. Таким образом, в будущем, по прогнозам экспертов, доля «зеленой» энергии в мировом производстве электроэнергии будет постоянно увеличиваться.

Несмотря на большое количество критиков и сторонников развития нетрадиционных и возобновляемых источников энергии, все больше стран-импортеров традиционных энергоносителей выделяют средства на реализацию данного направления.

2. Анализ исследований и публикаций

Отечественные ученые и практики рассматривают использование НВИЭ как один из вариантов уменьше-

ния энергетической зависимости Украины от импортных нефти и газа.

Данную проблему изучали зарубежные и отечественные ученые, такие как Ю. Д. Арбузов (использование солнечной энергии), М. С. Плешка (теплонасосные солнечные системы отопления), Ю. С. Васильев (ветроэнергетические установки), Ю. Я. Калинин (получение тепла из недр земли), В. А. Калининко (возобновляемые источники энергии), Э. О. Боганов (источники энергии на земле), Д. Л. Дудук (нетрадиционная энергетика) и др. Но несмотря на многолетние исследования и проведенные опыты, проблема остается открытой.

3. Формирование целей и задач

Учитывая актуальность данного исследования, мы ставим перед собой задачу описать энергетический потенциал нетрадиционных возобновляемых источников энергии Украины, что позволит определить достоинства, экономическую эффективность и инвестиционную привлекательность проектов НВИЭ.

4. Исследование нетрадиционных и возобновляемых источников энергии

Потенциал нетрадиционных возобновляемых источников энергии определяется климатическими характеристиками, объемами отходов производства и промышленной переработки его продукции, развитием технологий и т. д. Особенности природных

условий и хозяйственной деятельности определяют региональные различия потенциала НВИЭ. При анализе возможностей и перспектив использования нетрадиционных и возобновляемых источников энергии и оценки их будущих ролей в энергокомплексах Украины, по нашему мнению, важно рассматривать не только каждый ресурс изолированно, но и проводить типологию областей на основе характеристики уровня обеспеченности ресурсами комплекса нетрадиционных возобновляемых источников энергии, которые имеют наибольшее значение для страны в целом.

По нашему мнению, исследование имеющихся нетрадиционных и возобновляемых источников энергии в совокупности по областям Украины позволит не только определить преимущество в обеспеченности указанными ресурсами, но и идентифицировать для потенциальных инвесторов зоны наибольшей заинтересованности в развитии тех или иных нетрадиционных возобновляемых источников энергии.

Чаще всего к возобновляемым источникам энергии относят энергию, которую можно классифицировать по таким видам энергии:

1. тепловая и лучистая энергия (энергия солнечного излучения и тепла Земли);
2. механическая энергия (энергия ветра и потоков воды);
3. химическая энергия (энергия, заключенная в биомассе).

Предлагаем рассмотреть каждую из представленных видов энергии, которая используется в Украине, более детально.

Солнечная энергия

Потенциал солнечной энергии в Украине является достаточно высоким для широкого внедрения гелиосистем как теплоэнергетического, так и фотоэлектроэнергетического оборудования практически на всей территории. Солнечное излучение в Украине составляет 3500 - 5200 МДж/м² в год [1]. Сезонный период для активного использования солнечной энергии в северных регионах продолжается с апреля по сентябрь, а в южных с марта по октябрь, что составляет 1900 - 2400 ч/год. Общее среднегодовое солнечное излучение варьируется от 1070 кВт ч/км² в северных районах Украины до 1400 кВт ч/км² на юге страны.

По уровню интенсивности солнечного излучения (радиации) на территории Украины необходимо выделить четыре зоны, которые описаны ниже. В первой и второй зонах находятся все южные области Украины; более половины территории нашей страны находятся в третьей зоне, четвертая зона наименее пригодна для использования солнечной энергии. В целом территория Украины относится к зонам с средней интенсивностью солнечной радиации. В реальных условиях величина плотности прямой и диффузной, солнечной радиации зависит от широты местности, прозрачности атмосферы, характеристик земной поверхности, а также от времени суток и времени года. По этой причине величина годового попадания солнечной радиации на 1 м² с поверхности земли существенно варьируется для различных регионов Украины и имеет статический характер распределения [2]. Однако вполне очевидной определяющей тенденцией

при этом является увеличение плотности солнечной радиации и количество солнечных дней в направлении с севера на юг с соответствующим увеличением годового попадания солнечной радиации на 1 м² поверхности земли. Количество летней энергии солнечной радиации в крупных городах Украины: Симферополь - 4,99 ГДж/м², Одесса - 4,88 ГДж/м², Донецк - 4,44 ГДж/м², Киев - 4,12 ГДж/м², Сумы - 3,89 ГДж/м², Львов - 3,85 ГДж/м² [3]. Годовой технически достижимый энергетический потенциал солнечной энергии в Украине с эквивалентным 6 млн. у.т. его использование позволяет сэкономить около 5 млрд. м³ природного газа. Увеличение потребления солнечной энергии во многих регионах решило бы проблемы горячего водоснабжения в теплое время года.

Геотермальная энергия

Геотермальная энергия - это энергия земных недр, которая находится в твердых породах Земли и подземных водах. Тепло в земных недрах есть частично первичным теплом, возникшее в процессе формирования нашей планеты, и частично - теплом, которая выделяется при распаде радиоактивных элементов, таких как уран, торий и калий. С приближением к центру Земли температура увеличивается (около 25 °С/км), в ядре Земли она составляет более 6000 °С. Под земной корой находится слой расплавленных и горячих пород - магма. Иногда горячая магма поднимается на поверхность в виде лавы. Магма, температура которой достигает 1400 °С, обогревает окружающие породы и воду, которая в них содержится [4]. Количество тепла, накопленная в земных недрах, очень велика и составляет около 35 ТВт на 10 км, что в 50 000 раз превышает количество тепла, накопленную во всех месторождениях природного газа в мире. Дождевая вода проникает вглубь Земли, где обогревается ее теплом. Некоторые источники с теплой, горячей водой и паром находятся настолько близко к поверхности Земли (до 3 км), что могут добываться с помощью бурения. Часть теплой воды через расколы (структуры, возникающие в результате движения пород) и щели попадает на поверхность Земли в виде источников или гейзеров. Но большинство воды находится глубоко под землей в щелях и порах твердых пород. Такие природные накопления воды и водяного пара называются геотермальными резервуарами или месторождениями. Высокие температуры наблюдаются в тех зонах, где происходят или происходили в недалеком геологическом прошлом вулканические явления.

Украина располагает значительными ресурсами геотермальной энергии. Данные показатели технического и целесообразно экономического потенциала оценивались с учетом технической базы, экономической ситуации и задач «Программы развития НВИЭ в Украине» в разделе «Геотермальная энергетика». По разным оценкам, ресурсы геотермальной теплоты с учетом разведанных запасов и КПД преобразования геотермальной энергии смогут обеспечить работу ГеТЭС общей мощностью до 200 - 250 млн. кВт (при глубинах бурения скважин до 7 км и сроках работы станций до 50 лет), а также систем геотермального теплоснабжения общей мощностью до 1,2-1,5 млрд. кВт (при глубинах бурения буровых скважин до 4 км при

том же периоде эксплуатации). Это эквивалентно запасам $3,4 \cdot 10^{11}$ тонн у.т. [5].

Освоение только разведанных ресурсов термальных вод и парогидротерм позволит покрыть более 10 % потребностей Украины в тепловой и электрической энергии, значительно сократить потребление органического топлива. К тому же эти цифры могут быть увеличены, так как исследовано только 45 % территории Украины.

В Украине было заложено более 12 000 скважин для определения теплового поля, большинство из которых подробно изучены и проанализированы В. Гордиенко. По этим данным составлен атлас геотермальной энергии по разным глубинам. Из него видно, что наиболее перспективным для добычи высокопотенциальных энергоресурсов является Карпатский геотермический район, который характеризуется высоким геотермическим градиентом и соответственно высокими температурами горных пород по сравнению с другими регионами Украины [6].

Температура пород в скважинах, пробуренных в Карпатах, на глубине 4 км достигает $+210$ °С, на глубинах до 6 км температура горных пород в районе достигает $+230-275$ °С, а наиболее доступными считаются геотермальные буровые скважины глубиной от 550 м до 1,5 км, где температура воды достигает $+40-60$ °С. Кроме того, необходимо отметить экономическую целесообразность использования термальных вод таких месторождений как Береговское, Косинское, Залужское, Терезьянское, Велятинское, Великопаладское и др. Перспективным районом для развития геотермальной энергетики является Крым. Глубины пробуренных скважин здесь невелики: до 2000 м, температура термальных вод на устье $50-70$ °С, их минерализация - $20-70$ г/л, температура же горных пород на глубинах $3,5-4$ км может достигать $160-180$ °С. На современном этапе низкопотенциальные геотермальные энергоресурсы Крыма используются для теплоснабжения.

Третьим перспективным районом для развития геотермальной энергетики является Днепровско-Донецкая впадина, включающая в себя области: Черниговскую, Полтавскую, Харьковскую, Луганскую и другие. Этот регион является одновременно большим и мощным потребителем тепловой и электрической энергии. С точки зрения геологии ее, в Украине сложились все предпосылки для использования этой технологии. В техническом плане, учитывая развитие науки и техники в Украине, тоже не может быть каких-либо ограничений в применении этой технологии [7].

Ветроэнергетика

Энергия движения атмосферных потоков, т. е. энергия ветра является превращенной формой солнечной энергии. Ветер возникает из-за разницы температур нагрева континентов и морей, полюсов и экватора, то есть из-за разницы давлений между отдельными тепловыми зонами. Известно, что около 2 % солнечной энергии, доходящей до поверхности Земли, превращается в кинетическую энергию ветра, которая составляет около 2700 ТВт. Примерно 25 % этой энергии приходится на стометровую толщину слоя атмосферного воздуха, окружающего непосредственно поверхность Земли. Ветры, дующие над поверхностью континентов (если учесть различные виды потерь, а также возможности размещения ветровых станций), имеют энерге-

тический потенциал мощностью 40 ТВт. Лишь 10 % этой мощности превышает весь потенциал континентальной водной энергии и в 20 раз больше, чем мощность всех существующих на сегодняшний день в мире электростанций [8].

Ресурсы энергии ветра являются неисчерпаемыми. Для использования энергии ветров в открытом море там, где позволяет глубина дна, устанавливают ветровые электростанции, энергия которых оценивается в 20 ТВт. С точки зрения возможности использования ветра в энергетических целях для его характеристики анализируют две величины - скорость и повторяемость.

Поскольку скорость ветра наименьшая вблизи земли и растет с увеличением высоты, ветрогенераторы размещают на высоте от нескольких десятков до около 100 м. Оптимальная средняя скорость ветра для энергетического использования составляет $4-25$ м/с. При скорости ветра ниже минимального порога аэродинамическая сила ветра не создает необходимого крутящего момента турбины, в то время как при превышении максимальной скорости ветра создается крутящий момент, который может вызвать механическое повреждение ветровой энергетической установки (ВЭУ).

Повторяемость - это сумма часов за год, в которых ветер дует с определенной скоростью. От этого показателя зависит целесообразность построения ветроэлектростанций. При повторяемости примерно 2000 часов в год и более сооружения ВЭУ считают рентабельными. Для определения энергетических запасов ветра необходимы подробные многолетние метеорологические наблюдения. На первом этапе оцениваются региональные ресурсы (макропоказатели). Для расчета каждой конкретной ветроэлектростанции необходимо учесть еще много факторов, которые могут влиять на эффективность установки. Инвесторы, желающие строить электростанцию или ветровую ферму и планируют получить дофинансирование из фондов Евросоюза для вышеупомянутой установки, должны обязательно представить годовые результаты измерений ветра на территории, где необходимо установить ветровую установку.

Украина имеет достаточно высокий климатический потенциал ветровой энергии, который обеспечивает продуктивную работу не только автономных узлов питания, но и мощных ветроэлектростанций. Считается, что до нее установленная мощность ветроэлектрических станций (ВЭС) в составе централизованной энергосистемы Украины может составлять до 16 000 МВт, а достижимое производство электроэнергии может составлять $25-30$ ТВт/год. Эту величину часто принимают как потенциал ветроэнергетики. Необходимая площадь под строительство ВЭС составляет $2500-3000$ м², что вполне реально с учетом мелководной части Азовского и Черного морей [9].

По другим оценкам в Украине можно использовать 7000 м² территорий для строительства ВЭС суммарной мощностью 35000 МВт, что позволит обеспечить около 2,5 % от общего годового электропотребления в Украине.

Институтом возобновляемой энергетики НАМ Украины проведено исследование и создан «Атлас энергетического потенциала возобновляемых источ-

ников энергии Украины», что имеет вид сборника картографических, табличных и текстовых материалов, систематизированных по основным направлениям внедрения возобновляемых источников энергии на уровне областей Украины и АР Крым. Ветроэнергетический потенциал различных территорий Украины характеризуется среднегодовыми скоростями ветра на уровне 7,0-8,5 м/с (на континенте - на высоте около 100 м, а на акватории - около 50 м). Это позволяет использовать ветротехнику мегаваттного класса мощности с годовым коэффициентом использования мощности на уровне 0,3-0,4, что есть достаточно эффективно.

Наиболее подходящими регионами для строительства ветро-электрических станций большой мощности является Крым, Карпаты, побережье Черного и Азовского морей, Донбасс. Эксплуатация тихоходных многолопастных ветроустановок с повышенным крутящим моментом для выполнения механической работы (помола зерна, поднятия и перекачки воды и т.п.) является эффективной практически на всей территории Украины, которая имеет территориальные возможности для строительства рентабельных ВЭС как на суше, так и на морских акваториях в пределах территориальных вод.

Гидроэнергетика

Современная украинская гидроэнергетика представлена гидроэлектростанциями большой мощности. Это 6 гидроэлектростанций Государственной акционерной генерирующей компании «Днепроэнерго» (каскад Киевских ГЭС и ГАЭС: Каневская, Кременчугская, Днепродзержинская, Днепровская и Каховская ГЭС), а также Днестровская ГЭС в составе Государственной акционерной энергетической компании «Днестрэнерго». Суммарная установленная мощность гидроагрегатов на ГЭС двух компаний - 4700 МВт. К сожалению, на объекты малой гидроэнергетики Украины долгое время не обращали внимания, что связано с развитием централизованного электроснабжения. Если в начале 50-х гг. количество построенных малых гидроэлектростанций в Украине составляла 956 с общей мощностью 30 000 кВт, то на сегодня в Украине сохранилось всего 48 действующих малых гидроэлектростанций, большинство из которых нуждается в реконструкции [10]. К ним относятся такие сравнительно мощные станции, как Гайворонская, Корсунь-Шевченковская, Ладыжинская и др. Влияние природных и временных факторов в условиях бесхозяйственного отношения к этим станциям привел к развалу целого направления в энергетике. Сейчас основой гидроэнергетики Украины является каскад Днепровских ГЭС, объединенных в ходе реструктуризации энергетической отрасли в государственную акционерную гидроэнергетическую компанию «Днепроэнерго». Уникальность предприятия в том, что каскад ГЭС, расположенный по Днепру почти на тысячу километров, имеет мощность 3,94 тыс. МВт с годовой выработкой около 10 млрд. кВт/ч электроэнергии, что в энергетическом балансе Украины составляет около 6 %. За время своего существования она выработала более 207 млрд. кВт/ч дешевой энергии. По современным

оценкам, в условиях рыночной экономики, чистая прибыль для народного хозяйства только от продажи электроэнергии составила более 20 млрд. грн. Годовая выработка Днепровской ГЭС составляет более 4 млрд. кВт/ч, что составляет треть общей выработки электроэнергии на ГЭС, или более 2 % от общегосударственного выработки электроэнергии всеми электростанциями страны.

Гидроэлектростанции имеют особое значение при регулировании частоты и выполнения графика нагрузок в энергосистеме, что объясняется мобильностью работы гидротурбин в переменных режимах и исключительной оперативностью управления гидроагрегатами.

В то же время, 4700 МВт гидроэнергетической мощности Украины составляют около 9 % суммарной мощности энергосистемы, этой мощности недостаточно для обеспечения мобильного резерва энергосистемы, так как для надежной и стабильной работы мощность должна составлять не менее 15 % (по данным мировой практики). В дневное и пиковое время суток, включая и выходные дни, 2/3 регулирующих мощностей Объединенной энергосистемы Украины реализуется на Днепровской ГЭС [11].

подавляющее большинство малых рек имеют длину менее 10 км и площадь водосбора от 20,1 до 500 км (87 % всего количества и 72 % всей длины малых рек Украины). Значительное их количество в бассейнах Вислы, Южной Буга (9,2 %) и Дуная (8,3 %): суммарная длина указанных рек в бассейне Вислы составляет 84 %, Причерноморье - 64 % их общей длины.

Средняя площадь водозабора малой реки в Украине составляет около 10 км, средняя длина - 3 км, плотность речной сети 0,31 км/м. Ширина речного бассейна колеблется от 5 - 10 км в горных районах до 10-15 км на остальной территории. Наибольший наклон водозабора наблюдается у рек Закарпатской (23 %), наименьший - у рек Приднепровской низменности (6,7 %). Потенциальные гидроэнергетические ресурсы малых рек распределены на территории Украины чрезвычайно неравномерно, в горных областях (Львовской, Закарпатской, Ивано-Франковской и Черновецкой), что составляет 71,7 % всех энергетических ресурсов малых рек, а в семи областях Подольской возвышенности (Винницкой, Житомирской, Киевской, Кировоградской, Тернопольской, Хмельницкой и Черкасской) - только 14,2 %. Наибольшей водоносной является Закарпатская область - 4532,0 млн. кВт ч/год (36,3 %), а также Львовская - 1814 млн. кВт ч/год (14,5 %). Херсонская и Запорожская области почти не имеют потенциальных запасов энергии малых рек [12].

На часть притоков рек Днестра, Тисы, Прута и Южного Буга приходится 82 % всех гидроэнергетических ресурсов Украины по малым рекам, а всего, с учетом правобережных притоков Днепра и Припяти, в западной части Украины сосредоточено около 90 % всех запасов гидроэнергии.

Биомасса

Биомасса является органическим веществом растительного или животного происхождения, может использоваться и в качестве альтернативного источника энергии. Обычные формы биомассы - это древесина, солома, осадок сточных вод, коммунальные отходы.

Значительное количество биомассы образуются при производстве и переработке продукции растениеводства (солома от зерновых, лузга, початки кукурузы, отходы лесной, деревообрабатывающей промышленности и производства бумаги). К биомассе также относится растительный материал, который специально выращивается в энергетических целях, например, плантации тополей, ив и т.д. Среди отходов животного происхождения следует отметить биогаз, получаемый путем ферментации животного навоза и помета [13].

Также биогаз добывают в отстойниках и на свалках для органических отходов.

Биомассой называют и пиролизный (древесный) газ, что возникает при окислении древесины. Этот газ может использоваться для двигателей внутреннего сгорания или для сжигания в газовых котлах. Еще одной из форм биомассы является жидкая форма. Чаще всего используются эфиры жирных кислот рапсового масла (так называемый биодизель), метанол или этанол, которые еще называют биоэтанолом и используют, между прочим, в качестве составляющей бензина.

На сегодняшний день мировые ресурсы биомассы - источник примерно 44 ЭДж энергии в год. Это составляет около 10 % энергии, используемой в мире, официально подтвержденные ресурсы биомассы в мире составляют около 276 ЭДж/год. Предполагается что 100 % подсолнечной лузги и 80 % стеблей подсолнечника будут использованы в качестве топлива. В расчете предполагается, что навоз используется для производства биогаза [14]. С навоза только 62 % доступны для анаэробного сбраживания. Надо подчеркнуть также неравномерность распределения биомассы по территории Украины. Северо-западные области Украины лидируют в производстве древесной биомассы, но значительно уступают отходам в производстве отходов сельского хозяйства. Юго-восточные и центральные регионы, с развитым сельским хозяйством, имеют значительный потенциал биомассы.

5. Выводы

Рассмотрев основные виды нетрадиционных возобновляемых источников энергии, которые используются в Украине, можем сделать следующие выводы:

1. К развитию нетрадиционных возобновляемых источников энергии относятся:

- обеспечение диверсификации топливно-энергетического баланса субъектов страны за счет увеличения производства электрической и тепловой энергии на базе нетрадиционных возобновляемых источников энергии, и в конечном счете, повышение доли нетрадиционных возобновляемых источников энергии в балансе производства и потребления электрической тепловой и первичной энергии страны;
- повышение экологической безопасности в локальных территориях, т.е. снижение вредных выбросов от электрических и котельных установок в городах со сложной экологической обстановкой, в местах массового отдыха населения, санитарно-курортных местностях и заповедных зонах;

- развитие наукоемких технологий и оборудования. В технологиях возобновляемой энергетики реализуются последние достижения многих научных направлений и технологий: метеорологии, аэродинамики, электроэнергетики, теплоэнергетики, генераторо- и турбостроения, микроэлектроники, силовой электроники, нанотехнологии, материаловедения и т.д.

Таким образом, развитие наукоемких технологий имеет значительный социальный и макроэкономический эффект в виде создания дополнительных рабочих мест за счет сохранения и расширения научной, производственной и эксплуатационной инфраструктуры энергетики, а также создания возможности экспорта наукоемкого оборудования.

2. Основными преимуществами нетрадиционных возобновляемых источников энергии являются:

- наиболее быстрый и дешевый способ решения проблем энергоснабжения (электроэнергия, тепло, топливо) удаленных труднодоступных населенных пунктов, не подключенных к сетям общего пользования (фактически речь идет о жизнеобеспечении 2–5 млн. человек);
- сооружение нетрадиционных возобновляемых источников энергии – наиболее быстрый и дешевый способ энергообеспечения предприятий малого и среднего бизнеса, а это дополнительные рабочие места в деревнях и малых городах, где безработица – прямой путь к нищете;
- сооружение объектов нетрадиционных возобновляемых источников энергии не требует больших единовременных капитальных вложений и осуществляется за короткое время (1 – 3 года), в отличие от 5 – 10-летних периодов строительства объектов традиционной энергетики;
- сокращение дефицита мощности и энергии в дефицитных энергосистемах, т.е. устранение препятствий в развитии промышленности;
- развитие инновационных направлений в промышленности, расширение внутреннего спроса на изделия машиностроения, а также расширение экспортных возможностей.

Поэтому, только на основе расширения внутреннего спроса возможно устойчивое развитие страны, как справедливо утверждают настоящие экономисты всех общественных формаций.

6. Перспективы дальнейших исследований

В дальнейших исследованиях возможно рассмотрение использования попутных газов нефтяных месторождений для выработки электрической энергии.

Литература

1. Калиниченко, В. А. Возобновляемые источники энергии [Текст] / В. А. Калиниченко, Р. Титко. – Варшава – Краков – Полтава, 2010. – 525 с.
2. Дудук, Д. Л. Нетрадиционная возобновляемая энергетика [Текст] / Д. Л. Дудук, С. С. Мазепа. Львов, 2009. – 188 с.

3. Соловей, О. И. Нетрадиционные та возобновляемые источники энергии [Текст] / О. И. Соловей, Ю. Г. Лега. - Черкасы, 2007. - 498 с.
4. Коробков, В. А. Преобразование энергии океана [Текст] / В. А. Коробков. - Л. : Судостроение, 1986. - 280 с.
5. Твайделл, Дж. Возобновляемые источники энергии [Текст] / Дж. Твайделл, А. Уэйр А. ; пер. с англ. - М. : Энергоатомиздат, 1990. - 392 с.
6. Калинин, Ю. Я. Нетрадиционные способы получения энергии [Текст] / Ю. Я. Калинин, А. Б. Дубинин. - Саратов : СПИ, 1983. - 70 с.
7. Дворов, И. М. Геотермальная энергетика [Текст] / И. М. Дворов. - М. : Наука, 1976. - 192 с.
8. Фатеев, Е. М. Ветро двигатели и ветроустановки [Текст] / Е. М. Фатеев. - М. : ОГИЗ-Сельхозгиз, 1948. - 544 с.
9. Шефтер, Я. И. Ветронасосные и ветроэлектрические агрегаты [Текст] / Я. И. Шефтер, И. В. Рождественский. - М. : Колос, 1967. - 376 с.
10. Сичкарев, В. И. Волновые энергетические станции в океане [Текст] / В. И. Сичкарев, В. А. Акуличев. - М. : Наука, 1989. - 132 с.
11. Васильев, Ю. С. Экология использования возобновляющихся энергисточников [Текст] / Ю. С. Васильев, Н. И. Хрисанов. - Л. : Изд-во Ленингр. ун-та, 1991. - 343 с.
12. Jeannin, P.-Y. Modelling flow in phreatic and epiphreatic karst conduits in the Hoelloch Cave (Muotathal, Switzerland) / P.-Y. Jeannin // Water Resources Res. - 2001. - № 37. - P. 191-200.
13. Luescher, M. Temperature distribution in karst systems: the role of air and water fluxes / M. Luescher and P.-Y. Jeannin // Terra Nova. - 2004. - № 16. - P. 344-350.
14. Klimchouk, A. Le grotte del massiccio di Arabika / A. Klimchouk // La Rivista del CAI. - 1991. - № 112(1). - P. 37-47.

Для спрощення прийняття керуючих рішень на промислових підприємствах пропонується використовувати морфологічний критерій, який дозволяє виокремити необхідну модель за точністю її опису вхідних даних, а також наглядно представити результати розрахунків. З метою підвищення ефективності вибору оптимальної математичної моделі опису обсягів енергоспоживання пропонується використовувати багатокритеріальні моделі з оцінюванням їх результатів за мінімізацією

Ключові слова: багатокритеріальна модель, якість моделі опису даних, морфологічний критерій

Для упрощення прийняття управляючих рішень на промислових підприємствах пропонується використовувати морфологічний критерій, який дозволяє виокремити необхідну модель по точності її опису вхідних даних, а також наглядно представити результати розрахунків. С целью повышения эффективности выбора оптимальной математической модели описания объемов энергопотребления предлагается использовать многокритериальные модели с оценением их результатов по минимизации

Ключевые слова: многокритериальная модель, качество модели описания данных, морфологический критерий

УДК 517.4: 519.652

ПРОБЛЕМИ ВИБОРУ ОПТИМАЛЬНОЇ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ НА ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВАХ

А. В. Волошко

Кандидат технологічних наук, доцент

Кафедра електропостачання*

E-mail: a-voloshko@yandex.ua

Я. С. Бедерак

Інженер

Приватного акціонерного товариства «АЗОТ»
вул. Першотравнева, 72, м. Черкаси, Україна, 18003

E-mail: yarbak2010@yandex.ua

Т. М. Лутчин

Аспірант*

E-mail: 11best11@mail.ru

*Інститут енергозбереження та енергоменеджменту

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут»

вул. Борщагівська, 115, м. Київ, Україна, 03056

1. Вступ

На сьогодні для більшості промислових підприємств проблемним залишаються питання організації

збору даних для побудови та розробки відповідної математичної моделі для відновлення відсутніх облікових даних енергоспоживання [1 – 6] та встановлення так званих «стандартів» споживання енергії.