

УДК 621

## КЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ВЬЕТНАМА И ПОТЕНЦИАЛ НЕТРАДИЦИОННЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Акад. НАН Беларуси, докт. техн. наук, проф. ХРУСТАЛЕВ Б. М.,  
канд. техн. наук НГО Туан Киет, магистр НГУЕН Тху Нга

*Белорусский национальный технический университет,  
Научный энергетический институт Вьетнамской академии наук и технологий*

**Потенциал энергии ветра.** Имея морское побережье протяженностью более 3 тыс. км и муссонный тропический климат, Вьетнам считается государством с достаточно большим потенциалом энергии ветра. Тем не менее, как и во многих развивающихся странах, во Вьетнаме потенциал энергии ветра не учитывается в энергобалансе страны должным образом. В настоящее время главными источниками данных по-прежнему являются гидрометеостанции. Средняя скорость ветра за все время наблюдений гидрометеостанциями относительно низкая: порядка 2–3 м/с – на островах и 5–8 м/с – на материковой части.

Перед лицом этой проблемы Всемирный банк (ВБ) принял решение в 2010 г. начать проект создания карты энергии ветра для четырех государств – Камбоджи, Лаоса, Таиланда и Вьетнама. Исследования будут базироваться на данных гидрометеостанций с имитационной моделью оценки энергии ветра на высоте 65 и 30 м, соответствующей высоте ветряной турбины, подающей электроэнергию как в энергосеть, так и в изолированную систему (не связанную с энергосетью). Гидрологические расчеты выполняются Национальным гидрометцентром (VNIHM) и Американской организацией информации, атмосферы и океана (NOOA). С 2004 г. для получения данных измерений NOOA поддерживает связь с 24 гидрометеостанциями Вьетнама. Согласно этим исследованиям у Вьетнама самый большой потенциал энергии ветра среди четырех указанных выше стран. На 39 % территории Вьетнама скорость ветра превышает 6 м/с на высоте 65 м, что эквивалентно 512 ГВт, на 8 % территории скорость ветра эквивалентна 112 ГВт, что считается хорошим потенциалом ветряной энергии (табл. 1).

Однако в разработанной под эгидой АСЕАН программе развития энергетической инфраструктуры технический потенциал энергии ветра определен как более низкий в силу того, что рассматривались лишь районы, в ко-

торых скорость ветра классифицирована как «относительно высокая», «высокая» и «очень высокая». В этом исследовании допускается версия, что 20 % мощности данных групп – это технические потенциальные возможности, соответствующие 22400 МВт.

Таблица 1

**Потенциал энергии ветра во Вьетнаме на высоте 65 м**

Средняя скорость ветра	Низкая, <6 м/с	Средняя, 6–7 м/с	Относительно высокая, 7–8 м/с	Высокая, 8–9 м/с	Очень высокая, >9 м/с
Площадь, км <sup>2</sup>	197242	100367	25679	2178	111
Площадь, %	60,60	30,80	7,90	0,70	>0
Потенциал, МВт		401444	102716	8748	452

Тем не менее многие специалисты полагают, что результаты оценки потенциала энергии ветра во Вьетнаме, полученные Всемирным банком, оптимистичны. Это отражено в табл. 2, в которой сравниваются скорость ветра (карта ветра ВБ) и скорость реального измерения ветра в ряде мест страны. В этих расчетах могут содержаться отдельные погрешности по причине того, что это продукт имитационной программы.

Таблица 2

**Скорость ветра согласно исследованиям ВБ и натурных измерений**

Пункт	Среднегодовая скорость ветра на высоте 65 м над уровнем земли, м/с	
	данные ЭКВ	данные ВБ
Монгкай, Куангнинь	5,80	7,35
Ванли, Намдинь	6,88	6,39
Шамшон, Тханьхоа	5,82	6,61
Киань, Хатинь	6,48	7,02
Кунгнинь, Куангбинь	6,73	7,03
Золинь, Куангчи	6,53	6,52
Фьонгмай, Биньдинь	7,30	6,56
Тубонг, Кханьхоа	5,14	6,81
Фьокминь, Ниньтхуан	7,22	8,03
Далат, Ламдонг	6,88	7,57
Тутфонг, Биньтхуан	6,89	7,79
Зуенхай, Чавинь	6,47	7,24

Проект «Изучение потенциала энергии ветра», реализуемый Электроэнергетической корпорацией Вьетнама (ЭКВ), – это первый вьетнамский проект, призванный оценить потенциальную энергию ветра в приморских районах. В проекте используется принцип «снизу вверх». Так, данные ветра измеряются для ряда пунктов, затем экстраполируются в данные, характерные для района. На основе таких измерений при рассмотрении факторов влияния (расстояние, соединение с электроэнергосистемой, рельеф местно-

сти, возможность перемещения оборудования, расходы на аренду земли и проблемы экологии) получена возможность реализации проекта.

Таким образом, в проекте условно определена общая площадь районов, позволяющая получать энергию за счет ветра. Общая площадь этих районов эквивалентна мощности 1785 МВт. Центральный Вьетнам имеет наибольшие возможности – 880 МВт и сконцентрированы они в провинциях Куангбинь и Биньдинь. Затем следует Южный Вьетнам, где потенциал ветра сосредоточен главным образом в провинциях Ниньтхуан и Биньтхуан (табл. 3). Нужно отметить, что эти данные пока не совершенны, так как проект сосредоточен лишь на изучении потенциала ветра в районах, расположенных вдоль морского побережья.

Таблица 3  
Технический потенциал энергии ветра во Вьетнаме

Регион	Технический потенциал, МВт
Северный Вьетнам	50
Центральный Вьетнам	880
Южный Вьетнам	855
Всего	1785

**Потенциал солнечной энергии.** Во Вьетнаме потенциал энергии солнца достаточно велик. Однако она не может использоваться равномерно в силу особенностей рельефа страны и климата.

*Западный и Северо-Восточный регионы:*

- районы, находящиеся на высоте  $\geq 1500$  м. В сентябре и октябре пасмурно, в этот период больше всего дождей. С ноября по март мало солнечного света. В апреле – августе ежедневное среднее количество солнечных часов доходит до самого высокого уровня и может составлять 6–7 ч в день, средний показатель общего солнечного излучения также самый высокий, превышает  $3,5 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$  в день, а в некоторых местах превышает  $5,8 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$ . В остальные месяцы средний показатель общего солнечного излучения ниже  $3,5 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$ ;

- районы, находящиеся на высоте  $< 1500$  м. Солнечная погода держится с мая по август. Самое большое количество солнечных часов (8–9 ч в день) приходится на апрель – июнь и октябрь. С декабря по февраль количество солнечных часов снижается до 5–6 ч в день. С мая по июль солнечного света мало, небо затянуто тучами, часто идут дожди. Самый высокий средний показатель общего солнечного излучения приходится на февраль – май и сентябрь – примерно  $5,2 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$  в день. В остальные месяцы года средний показатель общего солнечного излучения равен или больше  $3,5 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$  в день.

*Дельта Красной реки.* Солнечная погода держится с мая по ноябрь. Наиболее высокий уровень солнечного излучения с мая по октябрь, в январе – марте – уменьшается. Самое низкое среднее количество солнечных часов приходится на февраль и март (менее 2 ч в день), а самое большое – на май (6–7 ч), несколько снижается в июне, затем вновь держится на высоком уровне в июле – октябре. Средний показатель общего солнечного излучения изменяется аналогичным образом, более  $3,5 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$  в день с мая по октябрь.

*Север Центрального Вьетнама.* Чем южнее, тем солнечная погода начинается раньше. Больше всего солнечного света в апреле – октябре, в ян-

варе – марте его количество снижается. Самое низкое среднее количество солнечных часов приходится на февраль и март (меньше 3 ч в день), а высокое – на май (7–8 ч), чуть снижается в июне, затем вновь держится на высоком уровне в июле – октябре. Среднее количество излучения изменяется аналогичным образом: больше 3,5 кВт·ч/м<sup>2</sup> в день с мая по октябрь. В мае – июле средний показатель общего солнечного излучения может превышать 5,8 кВт·ч/м<sup>2</sup> в день.

*Юг Центрального Вьетнама.* Чем южнее, тем солнечная погода начинается все раньше и держится до конца года. Середина года – это самое солнечное время, обычно солнце восходит в 6–7 ч и заходит в 16–17 ч. Показатель общего солнечного излучения с марта по октябрь постоянно превышает 3,5 кВт·ч/м<sup>2</sup>, а в некоторые месяцы составляет приблизительно 5,8 кВт·ч/м<sup>2</sup> в день.

*Плато Тэйнгун.* Это также очень солнечный регион. Здесь высокие показатели общего солнечного излучения и уровень прямого излучения света. Средний показатель общего солнечного излучения высок, обычно превышает 4,1 кВт·ч/м<sup>2</sup>. Несмотря на то, что среднее количество солнечных часов меньше всего в июле – сентябре, но все же достигает 4–5 ч в день.

*Юго-Восточный регион и дельта реки Меконг.* В этом регионе круглый год обилие солнечного света. Высоки как средний показатель общего солнечного излучения, так и уровень прямого излучения. Солнечно почти на протяжении всего года, редко бывает пасмурно. Средний уровень излучения обычно превышает 4,1 кВт·ч/м<sup>2</sup>. Во многих местах в течение долгих месяцев показатель общего солнечного излучения превышает 5,8 кВт·ч/м<sup>2</sup>.

Ниже приводятся среднегодовые показатели общего солнечного излучения и количество солнечных дней в году в ряде местностей, представляющих каждый регион. Применяв плиту гелиобатареи в системе, не связанной с энергосистемой этих местностей, с батареями мощностью 120 кВт, коэффициентом полезного действия 15 %, можно получить вырабатываемую электроэнергию, количество которой демонстрирует табл. 4

Таблица 4

Потенциал солнечной энергии в типичных местностях

Местность	Широта	Общее количество излучения		Количество солнечных часов в год, ч	Количество электроэнергии в год от гелиобатареи 120 кВт·ч/год
		кал/(см <sup>2</sup> ·день)	кВт·ч / / (м <sup>2</sup> ·день)		
Хазянг	2°49'	300,6	3496	1437,0	86,22
Лаокай	22°30'	320,0	3722	1588,4	95,30
Диенбиен	21°21'	383,2	4456	2014,9	120,89
Хоабинь	20°51'	325,0	3780	1620,9	97,25
Тханьхоа	18°48'	357,3	4155	1668,0	100,08
Куангчи	16°44'	353,0	4105	1886,7	113,20
Плейку	13°59'	407,6	4740	2377,0	142,62
Куиньон	13°46'	404,3	4702	2558,5	153,51
Ньячанг	12°15'	456,2	5305	2553,7	153,22
Фантхиет	10°57'	510,5	5937	2911,1	174,66
Сокчанг	9°36'	404,8	4708	2399,6	143,97

## ВЫВОД

Как видим, эффективность среднегодового солнечного излучения по сравнению с северными провинциями на плато Тэйнгвен в южной части Центрального Вьетнама и провинциях Южного Вьетнама высокая и стабильная в течение всего года. Системы, использующие солнечную энергию и установленные в Северном Вьетнаме, обойдутся дороже систем, используемых на Юге. Как следствие – они должны обладать большой мощностью, чтобы компенсировать недовыработку энергии за долгие зимние месяцы.

Представлена кафедрой  
теплогазоснабжения и вентиляции

Поступила 25.05.2009

УДК 621.3.036

### ОПРЕДЕЛЯЮЩАЯ РОЛЬ ТЕМПЕРАТУРНОГО ГРАФИКА ПРИ ОЦЕНКЕ УДЕЛЬНОГО РАСХОДА ОРГАНИЧЕСКОГО ТОПЛИВА

Докт. техн. наук, проф. **НЕСЕНЧУК А. П.**, канд. техн. наук **РЫЖОВА Т. В.**,  
магистр **КОВАЛЕВ С. С.**, канд. техн. наук, доц. **ЧЕРНЫШЕВИЧ В. И.**,  
магистр **ШИДЛОВСКИЙ В. В.**

*Белорусский национальный технический университет,  
ОАО «Минский автомобильный завод»,  
УП «Авторемпромпроект»,  
Государственный институт переподготовки кадров «Газ-институт»*

Управление температурой печи при нагреве (термообработке) не является основным условием соблюдения технологии. Все операции, связанные с ведением режима, должны выполняться в строгом соответствии с температурным графиком, который индивидуален для конкретной садки (конечно, если рабочее пространство спроектировано исходя из классических принципов и соответствует температурному графику).

Удельный расход органического топлива находится из выражения

$$BQ_n\eta_{н.т} + Q_{эжз} = 1,05 \left( Q_1 + \sum_{i=1}^n Q_i \right); \quad b = \frac{B}{P}, \quad (1)$$

где  $B$  – расход топлива на теплотехнологию нагрева (термообработки), кг/ч;  $\eta_{н.т}$  – коэффициент использования топлива [1, 2],  $\eta_{н.т} = \frac{h_T - h_{т.ух} + h_{в.о}}{h_T}$ ;  
 $b$  – удельный расход топлива, кг/кг;  $h_T$  – пирометрическая характеристика