

где  $E_B$  – по производству энергии ветра генератор кВт/ч;  $S$  – ветер района, улучшения условий работы породоразрушающего инструмента на вращающемся генератора;  $V$  – среднегодовая скорость ветра;  $k$  – значение общего коэффициента, характеризующего расход энергии при производстве энергии и работе ветрогенератора, равно 0,35.

В настоящее время солнечные электростанции производят 697 МВт, что составляет половину производства возобновляемой энергии в Казахстане. Солнечная энергия обладает огромным потенциалом в качестве возобновляемого источника энергии из-за малонаселенных больших территорий и климатических условий, особенно на юге Казахстана, где солнце светит от 2200 до 3000 ч в год. В летние месяцы (июнь–август) в силу своего географического положения южная часть Казахстана получает прямую солнечную радиацию в течение большей части светового дня, что составляет 83–96 % от максимально возможного значения. В то время как северная часть страны получает около 2000 ч солнечного света, южные города, такие как Кызылорда и Шымкент, получают 2936 и 2892 ч солнечного света ежегодно, что достаточно для удовлетворения спроса на электроэнергию в южном Казахстане. Для сравнения, среднее количество солнечных часов во Вьетнаме составляет 2200, в Китае – 2500, в Германии, Великобритании, Норвегии и Японии – менее 1000 в год. Для снижения тарифов необходимо наладить производство средств генерации в Казахстане. Необходимо разработать ветроэнергетическую установку, которая имела бы меньшую стоимость, но при этом могла бы работать непрерывно дольше.

По состоянию на май 2020 г. в стране было 97 проектов в области возобновляемых источников энергии с общей мощностью 1260 МВт, еще 19 проектов были одобрены правительством, девять из которых должны были быть запущены к декабрю 2020 г. (Сатубалдина, 2020).

Если интегрировать ветровую энергию с солнечной энергией в Казахстане, это принесло бы большой успех. Можно заметить, что программы и политика в области возобновляемых источников энергии поддерживают краткосрочный и долгосрочный потенциал возобновляемых источников энергии в Казахстане. Однако несмотря на многочисленные законодательные акты, к сожалению, стране предстоит пройти долгий путь, чтобы догнать развитые страны.

#### Л и т е р а т у р а

1. Антонов, О. Зеленая энергетика Казахстана в 21 веке: мифы, реальность и перспективы. Материалы обзора по состоянию на 2014 г.
2. Цыба, Ю., Кузьмин, Ю. (2017). Электр энергетикасының қазіргі жай-күйі: Қазақстанның Электр энергетикасы және жаңартылатын энергия көздерін пайдалану перспективалары. Алматы энергетика және байланыс университеті, ЭОЖ.
3. Сидорович, В. Әлемдік энергетикалық революция: жаңартылатын энергия көздері біздің әлемді қалай өзгертеді / В. Сидорович. – М. : Альпина Баспасы, 2015. – 208 б.

### **ОЦЕНКА СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ И ВЕТРОПОТЕНЦИАЛА РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН НА ПРИМЕРЕ КОСТАНАЙСКОЙ ОБЛАСТИ**

**Б. К. Есенбаев**

*Рудненский индустриальный институт, Республика Казахстан*

Научный руководитель К. С. Рыспаев

Солнечная инсоляция – это величина, определяющая количество облучения поверхности пучком солнечных лучей (даже отраженных или рассеянных облаками). Поверхностью может быть что угодно, в том числе и солнечная батарея, которая преоб-

разует энергию солнца в электрическую энергию. Измеряется инсоляция в  $\text{kВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^2$ , т. е. количество энергии солнца, полученное одним квадратным метром поверхности в течение одного часа. Естественно, полученные метрики рассчитаны для идеальных условий: полное отсутствие облачности и падение солнечных лучей на поверхность под прямым углом (перпендикулярно).

При расчете систем на солнечных батареях, солнечных коллекторах и т. д. перво-степенное значение имеет фактическая инсоляция, которая может быть определена лишь на основе наблюдений. Фактическая инсоляция на тот или иной участок поверхности зависит от ее ориентации относительно юга, угла к горизонту, конфигурации застройки вокруг деревьев, температуры, но самое главное – широты местности и, как следствие, времени года. Широта местности определяет зональность и сезонность распределения солнечной радиации. На экваторе угол падения солнечных лучей на земную поверхность максимальный, а к полюсам наблюдается его постоянное уменьшение. Так как между углом падения солнечных лучей и количеством солнечной радиации существует жесткая зависимость, то от экватора к полюсам величина солнечной радиации снижается, а значит, снижается и эффективность от использования солнечных батарей и солнечных коллекторов.

Из-за наклона оси вращения Земли относительно орбиты вокруг Солнца на нашей планете существуют времена года. Зимой день короче и солнце движется ближе к горизонту. Летом день длиннее и солнце поднимается выше. И чем дальше местность расположена от экватора, тем эта зависимость сильнее. Поэтому регионам, которые удалены от экватора в сторону полюсов Земли, следует учитывать и сезонную зависимость солнечной радиации от времени года.

В табл. 1 приведены краткие усредненные данные по энергии солнечного излучения для некоторых местности Казахстана с учетом климатических условий (частоты и силы облачности) на единицу горизонтальной поверхности.

Таблица 1

**Суммарная (прямая и рассеянная) солнечная радиация на горизонтальную поверхность при действительных условиях облачности,  $\text{МДж}/\text{м}^2$**

Казахстан	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Алматы	176	239	354	484	632	678	729	647	497	321	187	136
Аральск	182	285	446	614	794	848	769	710	534	337	182	132
Балхаш	193	289	465	599	750	791	779	703	523	322	193	142
Джезказган	176	266	419	540	689	746	735	662	501	287	172	132
Костанай	113	201	385	482	653	691	624	523	343	209	109	75
Рудный	105	193	381	461	624	666	645	553	368	205	105	75
Семей	142	230	418	536	687	716	702	582	436	245	143	107
Уральск	113	209	394	477	653	632	657	578	398	209	100	84
Нур-Султан	134	234	408	496	643	714	670	559	398	211	126	94

В табл. 2 представлено дневное поступление суммарной  $E$  и рассеянной  $E_p$  солнечной радиации и температура наружного воздуха  $T_b$ , по месяцам для г. Костанай.

**Дневное поступление суммарной  $E$  и рассеянной  $E_p$  солнечной радиации  
и температура наружного воздуха  $T_b$ , по месяцам для г. Костанай**

Показатель	Месяц года											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
$E$ , кВт · ч/м <sup>2</sup>	1,89	4,33	9,29	13,41	18,65	19,83	19,19	15,14	10,06	4,87	2,23	1,35
$E_p$ , кВт · ч/м <sup>2</sup>	1,76	3,18	5,95	7,54	9,33	9,78	10,27	8,11	6,14	3,24	1,54	1,14
$T_b$ , °C	-19	-15	-3	10	19	24	25	24	15	2	-10	-20

Произведем расчет выработки солнечной электростанции на основе значений инсоляции, которые указаны в табл. 2.

Допустим, что имеем в Костаная сетевую солнечную электростанцию мощностью 5 кВт и хотим рассчитать ее выработку электрической энергии в июле (так как в табл. 2 июль самый жаркий месяц в регионе). При условии, что солнечные модули установлены на оптимальный угол, выработка энергии составит:

$$Q_c E_p T = W,$$

где  $Q_c$  – мощность солнечной электростанции, кВт;  $E_p$  – дневное поступление рассеянной солнечной радиации, кВт · ч/м<sup>2</sup>;  $T$  – число дней в одном месяце.

Тогда для июня выработка электроэнергии составит:

$$Q_c E_p T = 5 \text{ кВт} \cdot 10 \text{ кВт} \cdot \text{ч/м}^2 \cdot 30 \text{ дней} = 1467 \text{ кВт} \cdot \text{ч}.$$

Но в январе эта же электростанция сгенерирует практически 11,7 % от выработки электроэнергии июня:  $Q_c E_p T = 5 \text{ кВт} \cdot 1,14 \text{ кВт} \cdot \text{ч/м}^2 \cdot 30 \text{ дней} = 171 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$ , что позволяет сделать вывод о низкой эффективности работы солнечной станции в осенне-зимний период.

Ветроэнергетический потенциал определяется как полная энергия ветрового потока какой-либо местности на определенной высоте над поверхностью земли.

Энергия ветра характеризуется скоростью, являющейся случайной переменной в пространстве и времени. Поэтому энергетические характеристики ветра представляются вероятностным описанием случайного процесса изменения ветроэнергетического потенциала. Основой вероятностного подхода является дискретизация временного процесса, позволяющая считать независимыми и постоянными все определяемые параметры на интервале дискретизации. В качестве временных интервалов стационарности обычно используются час, сутки, сезон, год.

Совокупность аэрологических и энергетических характеристик ветра объединяется в ветроэнергетический кадастр региона. Основными характеристиками ветроэнергетического кадастра являются:

- среднегодовая скорость ветра, годовой и суточный ход ветра;
- повторяемость скоростей, типы и параметры функций распределения скоростей ветра;
- вертикальный профиль средней скорости ветра;

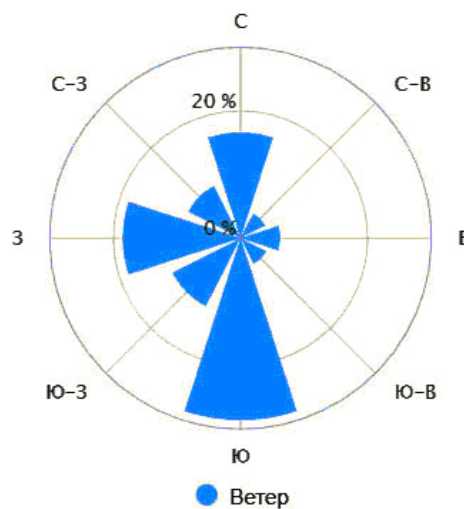
- удельная мощность и удельная энергия ветра;
- ветроэнергетические ресурсы региона.

Среднегодовая скорость ветра определяется как среднеарифметическое значение, полученное в результате измерений скорости через равные промежутки времени в течение заданного периода: сутки, месяц, год, несколько лет:

$$V_{\text{cp}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n V_i,$$

где  $V_i$  – скорость ветра в интервале измерения, м/с;  $n$  – количество интервалов измерений.

На рис. 1 представлена роза ветров Костанайской области.



Северный	Северо-Восточный	Восточный	Юго-Восточный	Южный	Юго-Западный	Западный	Северо-западный
16,6 %	4,3 %	6,2 %	4,5 %	28,6 %	12 %	18,5 %	9,2 %

Рис. 1. Роза ветров Костанайской области

Чтобы ветроустановка работала бесперебойно, требуется скорость ветра не менее 3 м/с. В 2018 г. «Жел электрик» установил прибор для измерения скорости ветра – анемометр. Анализ полученных данных показал, что средняя скорость в Костанайской области составила около 7 м/с.

Для численной оценки разброса скоростей ветра от среднего значения используется коэффициент вариации средних скоростей, который определяется выражением:

$$C_v = \frac{S_v}{V_{\text{cp}}},$$

где  $S_v$  – среднеквадратичное отклонение текущей скорости ветра от среднего значения;  $V_{\text{cp}}$  – средняя скорость ветра за исследуемый период времени.

#### Литература

1. Режим доступа: <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>.
2. Режим доступа: <https://world-weather.ru/archive/kazakhstan/kostanay/>.

3. Режим доступа: [https://studref.com/458879/tehnika/otsenka\\_vetroenergeticheskogo\\_potentsiala](https://studref.com/458879/tehnika/otsenka_vetroenergeticheskogo_potentsiala).
4. Режим доступа: <https://www.meteonova.ru/uv-index/28952-Kostanay.htm>.
5. Режим доступа: <https://www.betaenergy.ru/insolation/>.
6. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/eksperimentalnye>.

## ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНАЯ ТЕХНИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА СИЛОВЫХ МАСЛОНАПОЛНЕННЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ ПОВЫШАЕТ ДОСТОВЕРНОСТЬ ПРИ ВЫЯВЛЕНИИ ДЕФЕКТОВ

**И. К. Исмоилов, Д. А. Турсунов, Б. Т. Жабборов**

*Ферганский политехнический институт, Республика Узбекистан*

Научный руководитель Т. К. Жабборов

Научный консультант Н. В. Грунтович

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Надежность и бесперебойность работы энергетической системы во многом зависит от работы силовых трансформаторов и автотрансформаторов. Для устойчивого развития экономики в Республике Узбекистан и ее энергетики в настоящем и будущем есть необходимость эксплуатации большого количества существующих силовых трансформаторов со значительным сроком службы. Как показывает анализ данных Ферганского предприятия территориальных электросетей, у работающих трансформаторов срок службы превышает нормативный срок в 1,5–2 раза (см. таблицу) [1]. Поэтому, учитывая эти условия, необходимо совершенствовать системы сервисного обслуживания и проводить диагностирование трансформаторов с большим сроком службы.

### Силовые трансформаторы Ферганской энергосистемы Узбекистана по данным Ферганского предприятия электрических сетей, отработавших нормативный срок эксплуатации

Тип трансформаторов	Итого трансформаторов	Энергетические предприятия Узбекистана и количество трансформаторов		
		Фергана, тепловая паротурбинная электростанция	Андижан, тепловая паротурбинная электростанция	Наманган, тепловая паротурбинная электростанция
Трансформаторы напряжением 110 кВ	252	57	75	120
	100 %	22,61 %	29,76 %	47,61 %
Трансформаторы напряжением 220 кВ	267	62	80	123
	100 %	23,22 %	29,96 %	46,06 %
Парк блочных трансформаторов напряжением 110–220 кВ	14	7	3	4
	100 %	50 %	21,4 %	28,57 %
Парк силовых трансформаторов предприятий межсистемных сетей (Национальная электрическая сеть «Кыргызэнерго»)	6	1	3	2
	100 %	16,67 %	50 %	33,3 %