

УДК 44.39.01

С. А. Мокроусов, Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова  
И. А. Козлов, аспирант, Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова

## ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК В УДМУРТСКОЙ РЕСПУБЛИКЕ

Приводится приблизительная оценка экономической целесообразности промышленного использования ветроэнергетических установок в Удмуртской Республике.

**Ключевые слова:** ветроэнергетическая установка, возобновляемые источники энергии, электроэнергия.

На данном этапе развития науки и техники нельзя не принимать во внимание проблему постепенного истощения невозобновляемых природных ресурсов [1] и возрастающие требования экологической безопасности процесса получения тепловой и электрической энергии [2]. В связи с этим все больше внимания уделяется использованию возобновляемых источников энергии.

Одной из альтернатив традиционным способам получения электроэнергии на данный момент является использование ветроэнергетических установок (ВЭУ), позволяющих получать электрическую энергию из природных возобновляемых источников (в данном случае – ветра) (табл. 1).

Таблица 1. Значения и вариации среднегодовых скоростей ветра в районах УР [3]

№	Район	Среднегодовая скорость ветра, м/с	Вариации, м/с	
			4,0	4,8
1	Алнашский	4,3	4,0	4,8
2	Балезинский	3,9	3,6	4,3
3	Вавожский	4,1	3,8	4,6
4	Воткинский	3,4	3,1	3,8
5	Глазовский	4,3	4,0	4,8
6	Граховский	4,0	3,7	4,4
7	Дебесский	4,2	3,9	4,7
8	Завьяловский	4,0	3,7	4,4
9	Игринский	4,1	3,8	4,6
10	Камбарский	3,6	3,3	4,0
11	Каракулинский	4,3	4,0	4,8
12	Кезский	4,2	3,9	4,7
13	Кизнерский	4,0	3,7	4,4
14	Киясовский	4,3	4,0	4,8
15	Красногорский	4,1	3,8	4,6
16	Малопургинский	4,1	3,8	4,6
17	Можгинский	3,7	3,4	4,1
18	Сарапульский	4,1	3,8	4,6
19	Селтинский	4,3	4,0	4,8
20	Сюмсинский	4,3	3,9	5,2
21	Увинский	4,2	3,9	4,7
22	Шарканский	3,4	3,2	4,1
23	Юкаменский	4,0	3,7	4,4
24	Якшур-Бодьинский	3,9	3,6	4,3
25	Ярский	4,2	3,9	4,7
26	г. Воткинск	3,4	3,1	3,8
27	г. Глазов	3,4	3,1	3,8
28	г. Ижевск	4,0	3,2	3,9
29	г. Можга	4,0	3,7	4,4
30	г. Сарапул	3,4	3,1	3,8

В соответствии со значениями среднегодовой скорости ветра по районам в качестве ВЭУ, наиболее подходящей для УР, следует принять ВЭУ-3 [4] стоимостью (включая весь комплект сопутствующего оборудования) 170 тыс. р. Определение мощности ветровых электрических установок:

$$P = \eta \varepsilon A v^3 \cdot 10^{-3}, \text{ кВт},$$

где  $\eta$  – суммарный КПД использования энергии ветра;  $A$  – ометаемая площадь ветроколеса диаметром  $d$ , м;  $v$  – скорость ветра, м/с.

Для данной ветроустановки принимается:

$$\eta = 0,45; \quad d = 3,4 \text{ м}.$$

Доставка и установка составит  $\approx 17\%$  от начальной стоимости ВЭУ, что составляет 28,9 тыс. р.; эксплуатационные расходы при сроке эксплуатации 20 лет не превышают 50 % стоимости ВЭУ, что составляет 85 тыс. р. Таким образом, стоимость ВЭУ, включая начальные и эксплуатационные расходы, составит 283,9 тыс. р. Количество часов использования ВЭУ при различных скоростях ветра составит 7008 ч в год, выработка электрической энергии  $\approx 4259,7$  кВт·ч/год (из табл. 2). При этом суммарная выработка электроэнергии за весь срок эксплуатации составит 4259,7 кВт·ч  $\times$  20 лет = 85194 кВт·ч, следовательно, стоимость 1 кВт·ч вырабатываемой электроэнергии будет 283900/85194 = 3,33 руб.

На данный момент тарифы на электроэнергию в УР составляют 2,56 руб. за кВт·ч для городского населения в домах, оборудованных газовыми плитами, и 1,79 руб. за кВт·ч для сельского населения. Кроме того следует учесть, что для наиболее эффективно промышленного применения ВЭУ их целесообразно использовать массово на малолесистых равнинных и горных участках местности, при этом следует учесть, что при установке ВЭУ земля в местах их установки и поблизости от них вследствие особенностей работы данных типов электрогенераторов становится надолго непригодной для использования ее в качестве сельхозугодий. Таким образом, можно заключить, что использование ВЭУ для получения электроэнергии в УР целесообразно только в отдаленных районах, напрямую не связанных центральными коммуникациями в условиях объективных трудностей в связи с доставкой традиционных видов топлива.

Таблица 2. Показатели работы ВЭУ

Показатель	Скорость ветра, м/с									
	1	2–3	4–5	6–7	8–9	10–11	12–13	14–15	16–17	18–20
$t$ , ч	1750	2712	2537	1137	350	175	61	17	17	1,75
$P$ , кВт	0	0,06	0,2–0,4	0,7–1,1	1,7–2,5	2,9–3,3	3,4	3,4	3,4	3,4
$N$ , кВт·ч	0	162,7	507–1014	795–1250	595–875	507–577	207	57,8	57,8	57,8

Чтобы при действующих тарифах на электроэнергию применение ВЭУ в УР стало целесообразным, их стоимость при той же выработке электроэнергии должна составлять порядка 120–130 тыс. р. На данный момент в каталогах предприятий, специализирующихся на выработке данных типов энергетических установок, ВЭУ с такой выработкой электроэнергии данной ценовой категории отсутствуют. Следовательно, для повышения рентабельности ВЭУ в УР следует либо идти по пути повышения КПД ВЭУ, либо их удешевления при сохранении действующих значений выработки электроэнергии.

#### Библиографические ссылки

1. Мазур И. И. Глобальная энергетическая безопасность // Век глобализации. – 2008. – № 1. – С. 57–70.
2. Об охране окружающей среды : Федеральный закон, ст. 40. – URL: <http://www.zakonrf.info/zakon-ob-ohrane-okrsredy/40/> (дата обращения: 14.06.2012).
3. Климат Ижевска / под ред. канд. геогр. наук Ц. А. Швер. – Л. : Гидрометеоиздат, 1979.
4. <http://www.kombitel.ru/?id=431&page=veu-3/5> (дата обращения: 12.07.2012).

S. A. Mokrousov, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

I. A. Kozlov, Post-graduate, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

#### Prospects of Wind Turbines Application in Udmurtia

*The paper presents the approximate estimation of economic feasibility of wind turbines industrial application in Udmurtia.*

**Key words:** wind turbine, renewable energy sources, electric power.

УДК 621.757

**В. Г. Осетров**, доктор технических наук, профессор, Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова

**Е. С. Слащев**, аспирант, Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова

**И. С. Трифонов**, магистрант, Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова

## РАСЧЕТ ТОЧНОСТИ СБОРКИ СОЕДИНЕНИЙ С МНОГОЗВЕННОЙ РАЗМЕРНОЙ ЦЕПЬЮ МЕТОДОМ ГРУППОВОЙ ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМОСТИ

*Рассматривается метод групповой взаимозаменяемости, сочетающий в себе метод компенсации погрешностей, а также впервые представлены рекуррентные формулы верхних и нижних отклонений групповых допусков, которые используются при составлении программ для ЭВМ.*

**Ключевые слова:** метод групповой взаимозаменяемости, размерная цепь, рекуррентные формулы, сборка, верхнее и нижнее отклонения.

**П**риведенный анализ работ [1, 2, 3] показывает, что метод групповой взаимозаменяемости носит описательный характер и формализован недостаточно – отсутствуют формулы, которые раскрывают все параметры групповых допусков и компенсации погрешностей.

В процессе проектирования сборочных соединений ставятся задачи наилучших условий структуры и значений параметров, таких как величина замыкающего звена, параметры групповых допусков и т. д. Размер замыкающего звена размерной цепи является

качественной характеристикой соединения, а распределение размеров замыкающего звена в пределах его допуска может оказаться чрезмерно малым. Для текущего управления качественными параметрами сборочного соединения вероятностных характеристик недостаточно. В то же время при целенаправленном подборе деталей в сборочные комплекты можно добиться для каждой партии сборок значительного выхода изделий с одним фиксированным значением размера замыкающего звена и, следовательно, с наилучшими характеристиками. На приведенном примере