

УДК 621.311.245

UDC 621.311.245

**СТАТИСТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ
ВЫХОДНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК РЕЗЕРВНОЙ
ВЕТРОЭЛЕКТРОСТАНЦИИ ДЛЯ ЛЕТНЕЙ
ДОИЛЬНОЙ ПЛОЩАДКИ**

**STATISTICAL OPERATION FACTORS
OF OUTPUT CHARACTERISTICS OF
STANDBY WIND POWER PLANT FOR
SUMMER MILKING GROUND**

Бабина Любовь Витальевна
аспирантка кафедры энергетики
*Азово-Черноморская государственная
агроинженерная академия, Зерноград, Россия*

Babina Lyubov Vitalyevna
postgraduate
*Azov-Blacksea State Agroengineering Academy,
Zernograd, Russia*

Проведено теоретическое обоснование параметров резервной ветроэлектростанции. Получены закон распределения скорости ветра и его статистические параметры, уравнения регрессии напряжения и мощности ветрогенератора от скорости ветра, подтверждены сходимость теоретических предположений и экспериментальных данных

There were conducted the theoretical explanations of standby wind power plant. There was obtained the distribution law of wind speed and its statistical operation factors, equations of the dependence of voltage regression and capacity of wind power plant upon wind speed, confirmed the convergence of theoretical supposition and experimental data

Ключевые слова: НАПРЯЖЕНИЕ, МОЩНОСТЬ, СКОРОСТЬ ВЕТРА, ЗАКОН РАСПРЕДЕЛЕНИЯ, СТАТИСТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ

Keywords: VOLTAGE, CAPACITY, WIND SPEED, DISTRIBUTION LAW, STATISTICAL OPERATION FACTORS

Для проверки теоретического обоснования параметров резервной ветроэлектростанции и возможности зарядки аккумуляторов были проведены экспериментальные исследования.

Проведение эксперимента и математическая обработка экспериментальных данных осуществлялись по следующему плану:

- определение оборудования;
- анализ точности измерения – проверка и калибровка приборов;
- проверка качества измерений – определение наибольшей ошибки измерения и выбраковка измерений;
- выполнение задач эксперимента.

Работа производилась только с поверенными приборами. Количество опытов определено в соответствии с рекомендациями.

Проводился пассивный эксперимент, так как изменение скорости ветра является пассивным экспериментом с диффузным объектом.

Взаимосвязи входных (скорости ветра) и выходных (силы тока и напряжения на выходе генератора) параметров устанавливаются в виде регрессионных зависимостей.

В процессе эксперимента необходимо установить характеристики резервной ветроэлектростанции. Для этого были выполнены следующие задачи:

1. Установить зависимость напряжения и мощности от скорости ветра.
2. Установить зависимость времени зарядки аккумулятора от скорости ветра.

Испытания проводились в хуторе Лагутник Азовского района Ростовской области. Экспериментальная ветроэлектростанция состоит из ветроустановки WE-1000, генератора постоянного тока 3,2 кВт 1450 об. П42 ОМ5 115/220 В IM1001, аккумуляторов 6СТ-190, инвертора напряжения ПН-2000.

Во время испытаний скорость ветра колебалась от 4 до 12 м/с. За весь период наблюдений было зафиксировано 1500 точек отсчета с различной скоростью ветра и соответствующими этой скорости напряжением и током в цепи зарядки. Скорость ветра измерялась на высоте 15 м, то есть на высоте оси ветроустановки. При каждом измерении скорости ветра фиксировались напряжение на генераторе и сила тока. Период проведения измерений – не более 40 секунд.

Мощность рассчитывалась по силе тока и напряжению по формуле:

$$P=U \cdot I, \quad (1)$$

где U – напряжение на выходе генератора, В;

I – ток в цепи, А.

Графики изменения напряжения и тока приведены на рисунках 1 и 2.

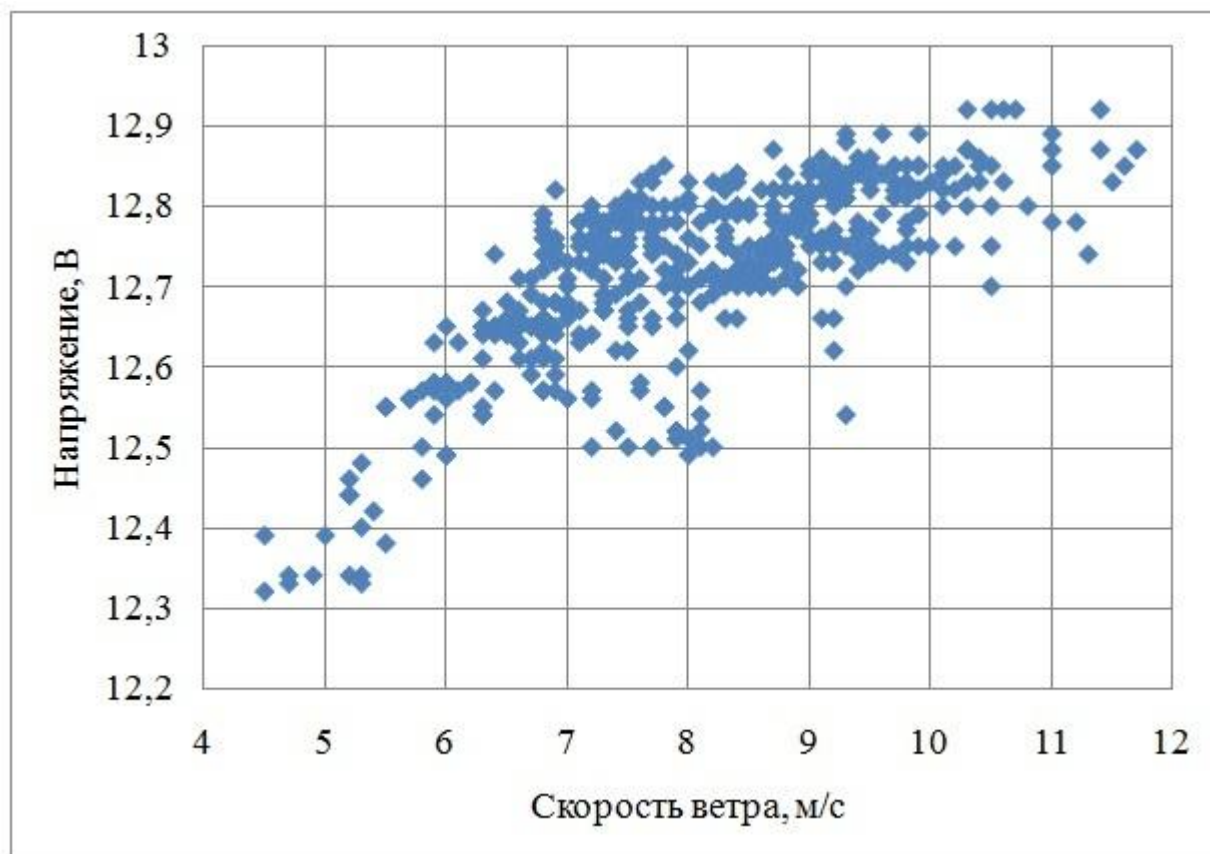


Рисунок 1 – Зависимость напряжения от скорости ветра

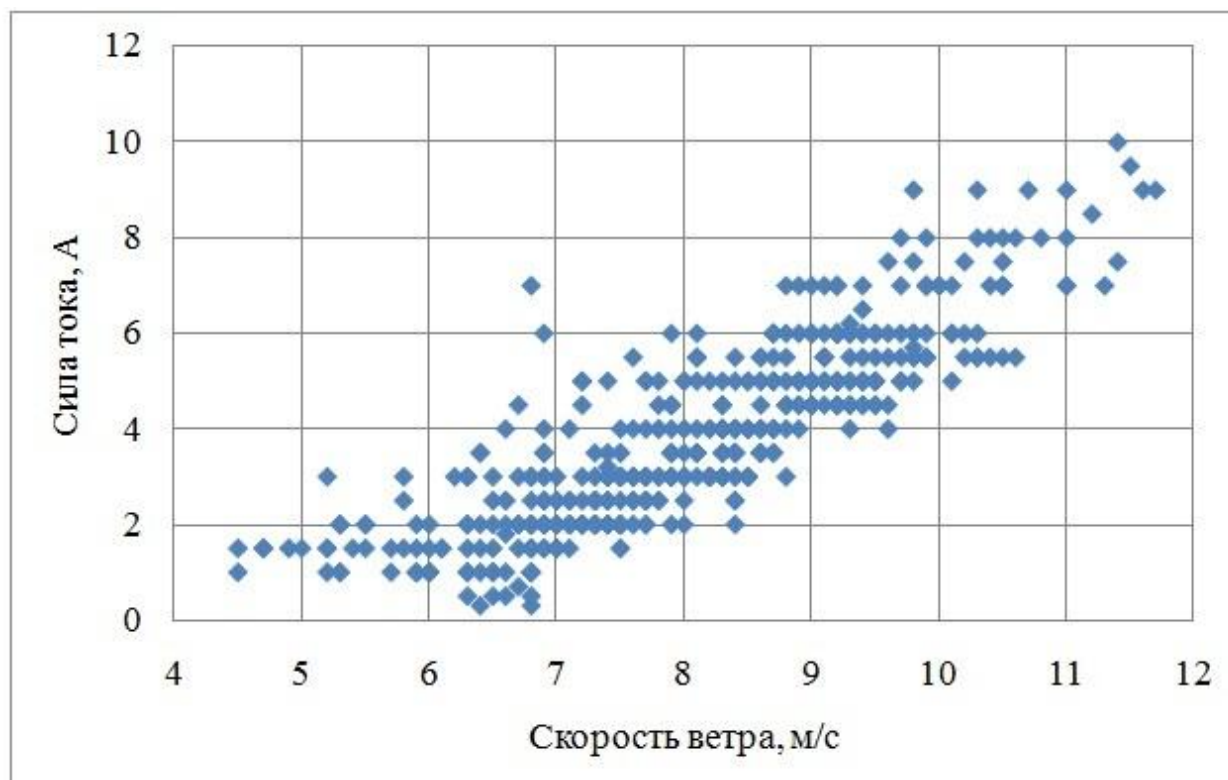


Рисунок 2 – Зависимость тока в цепи зарядки от скорости ветра

На рисунке 3 приведен график мощности генератора, определенной по полученным экспериментальным значениям напряжения и тока.

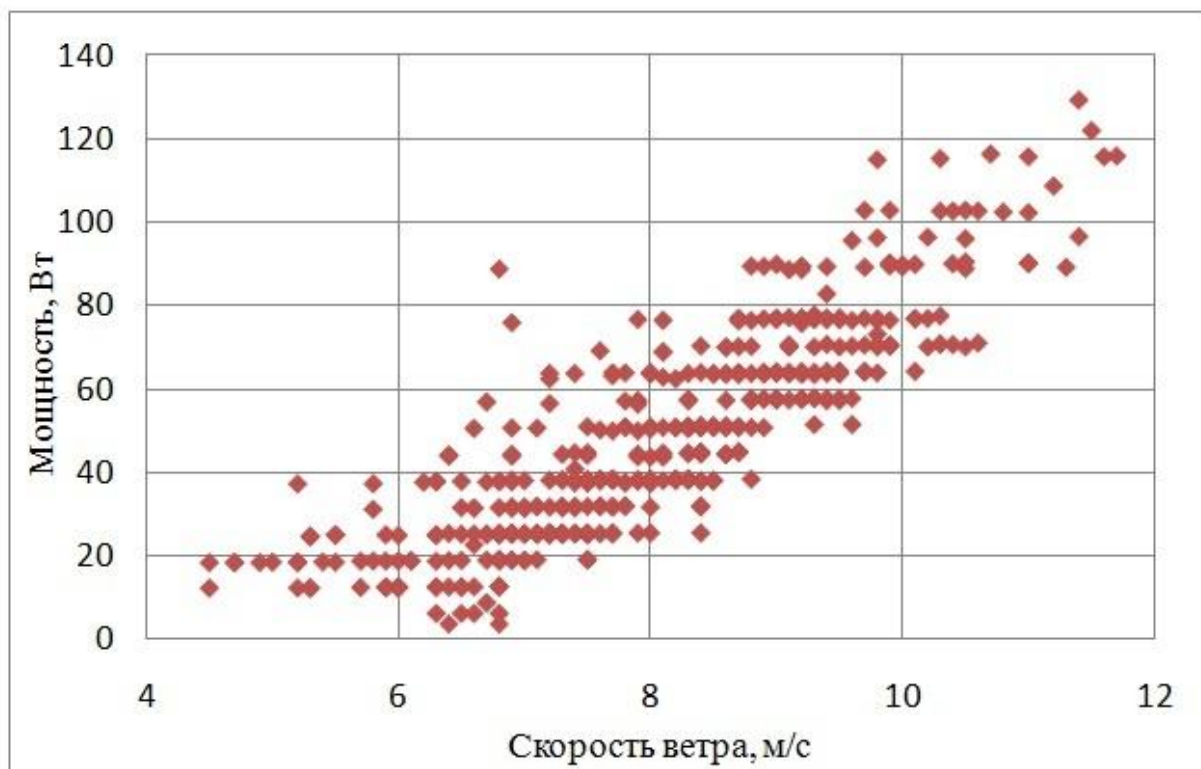


Рисунок 3 – Зависимость мощности от скорости ветра

На рисунке 4 показан график закона распределения скорости ветра. Проверка по критерию Пирсона гипотезы о том, что данный закон является нормальным законом, обеспечила следующие результаты: $\chi^2_{\text{набл}} = 3,11$, число степеней свободы $r = 7$, для уровня значимости 0,95 $\chi^2 = 2,17$. Так как $\chi^2_{\text{табл}} < \chi^2_{\text{набл}}$, то гипотеза о нормальном законе не отвергается.

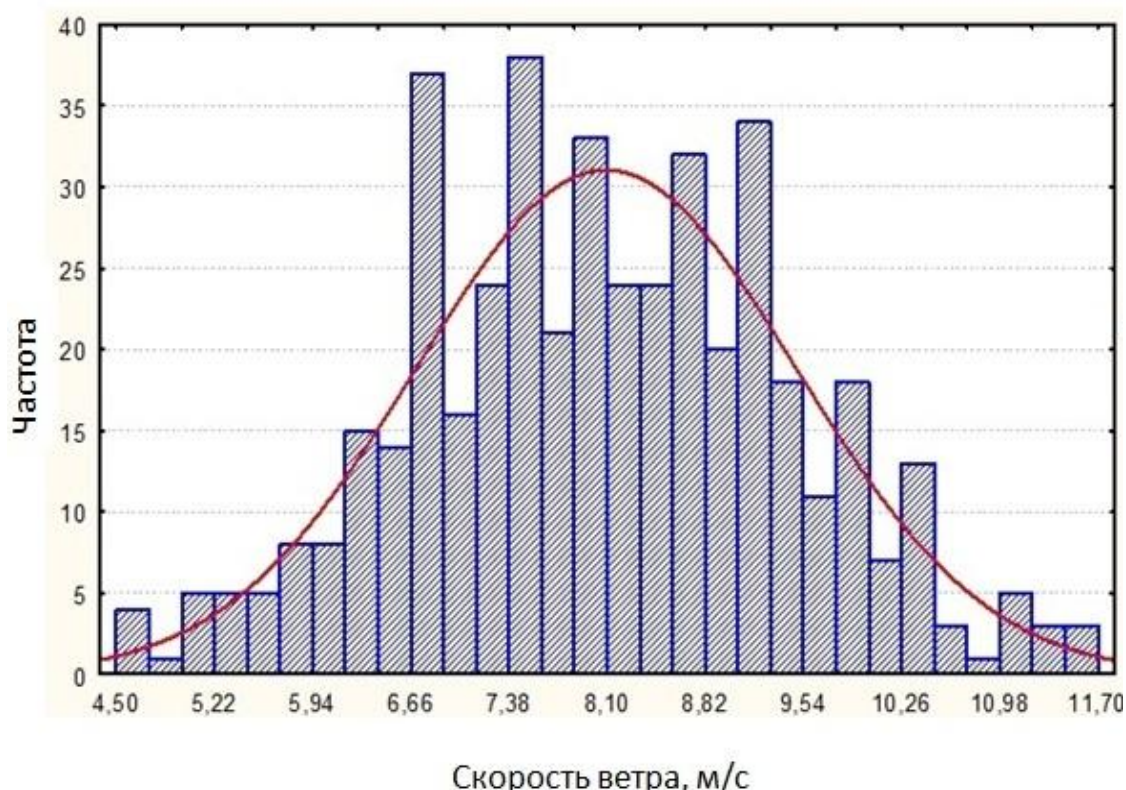


Рисунок 4 – Распределение скоростей ветра

С учетом данных метеорологических станций и обсерваторий [1], принимается, что скорость ветра в месте расположения экспериментальной установки распределена по нормальному закону. Параметры закона были рассчитаны с помощью программы "Статистика" и имеют следующие значения: математическое ожидание скорости ветра – 8,1 м/с, стандартное отклонение – 1,38 м/с.

Законы распределения напряжения и мощности для скорости ветра 6–8 м/с представлены на рисунках 5, 6.

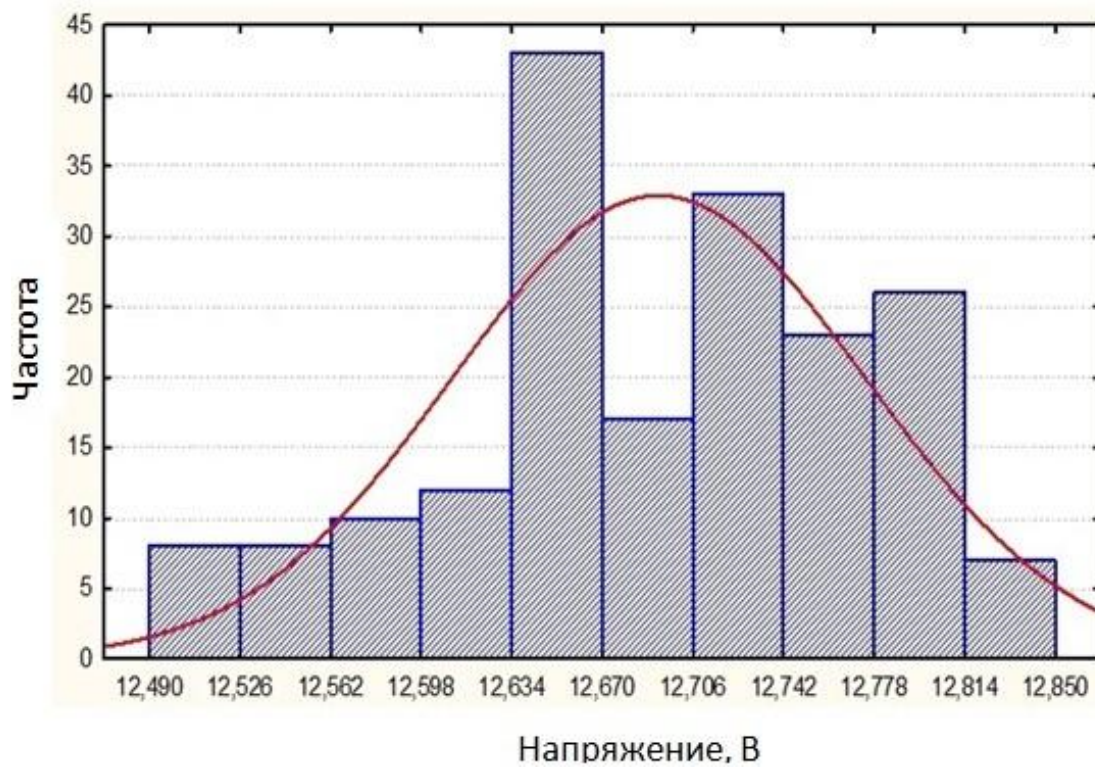


Рисунок 5 – Закон распределения напряжения при скорости ветра 6–8 м/с

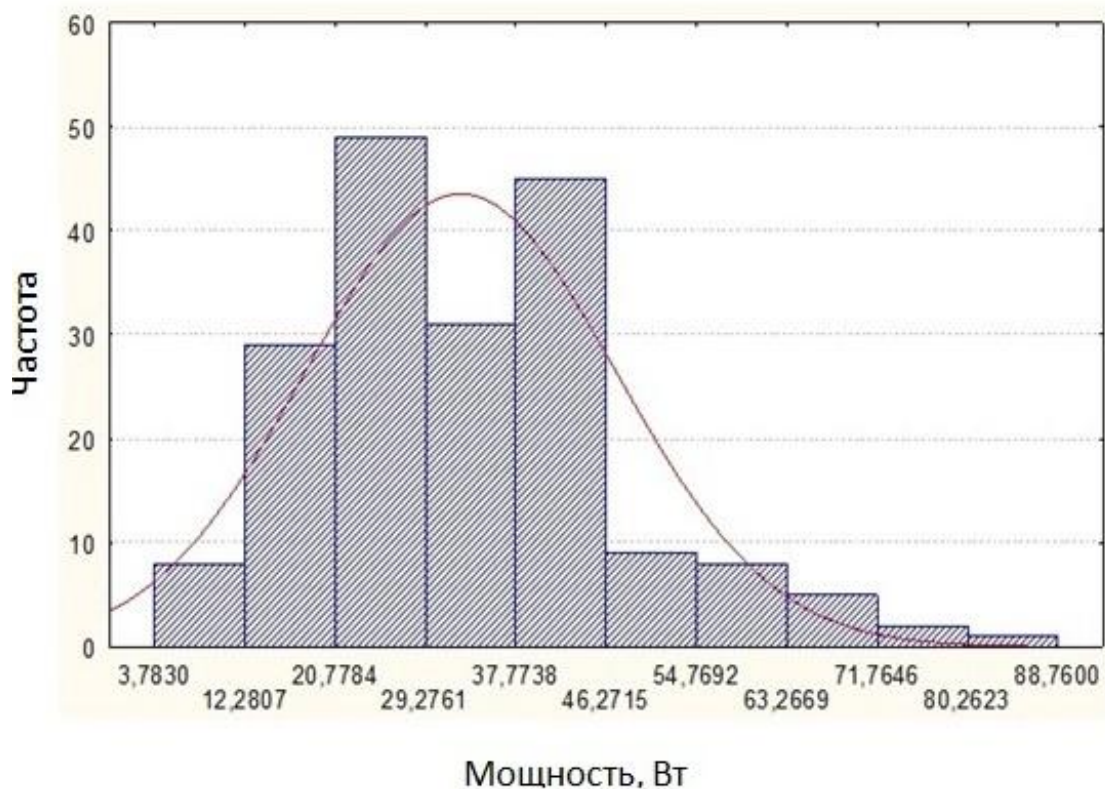


Рисунок 6 – Закон распределения мощности при скорости ветра 6–8 м/с

Отклонение напряжения от ожидаемых значений обусловлено влиянием большого числа факторов (порывами и провалами ветра, маховыми массами вращающихся частей, изменением направления ветра и др.), каждый из которых не зависит от других факторов, и влияние каждого фактора незначительно по отношению к интегральному влиянию. В этом случае наиболее вероятным законом распределения напряжения и мощности ветрогенератора будет нормальный закон распределения [2], что и было принято за нулевую гипотезу.

Как показала проверка гипотезы по критерию Пирсона, напряжение и мощность при любой скорости ветра действительно распределены по нормальному закону с вероятностью не менее 0,95. Параметры распределения указанных случайных величин по скоростям ветра представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Параметры распределения напряжения

Скорость ветра, м/с	4–6	6–8	8–10	10–12
Математическое ожидание	12,46	12,69	12,76	12,8
Стандартное отклонение	0,098	0,0832	0,0738	0,059

Таблица 2 – Параметры распределения мощности

Скорость ветра, м/с	4–6	6–8	8–10	10–12
Математическое ожидание	19,79	32,45	61,54	93,12
Стандартное отклонение	7,004	14,506	16,085	17,035

Графики напряжения и мощности, построенные по значениям их математического ожидания, приведены на рисунках 7 и 8.

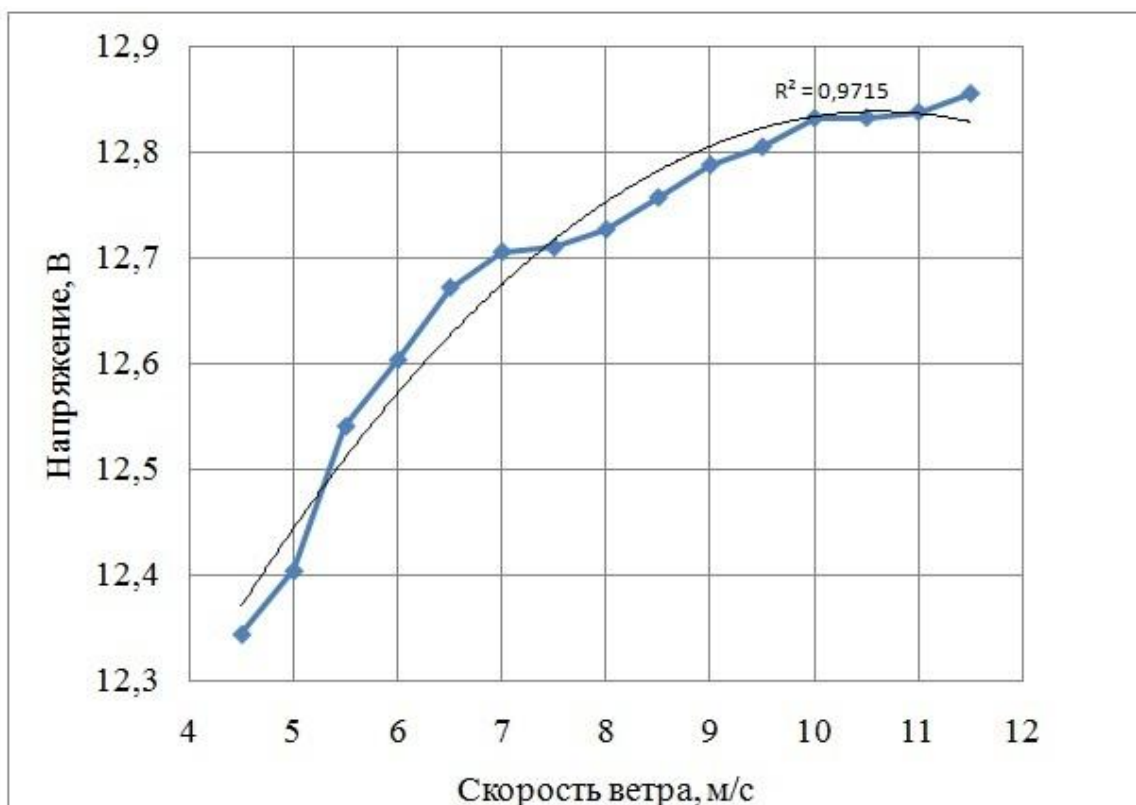


Рисунок 7 – Зависимость напряжения от скорости ветра

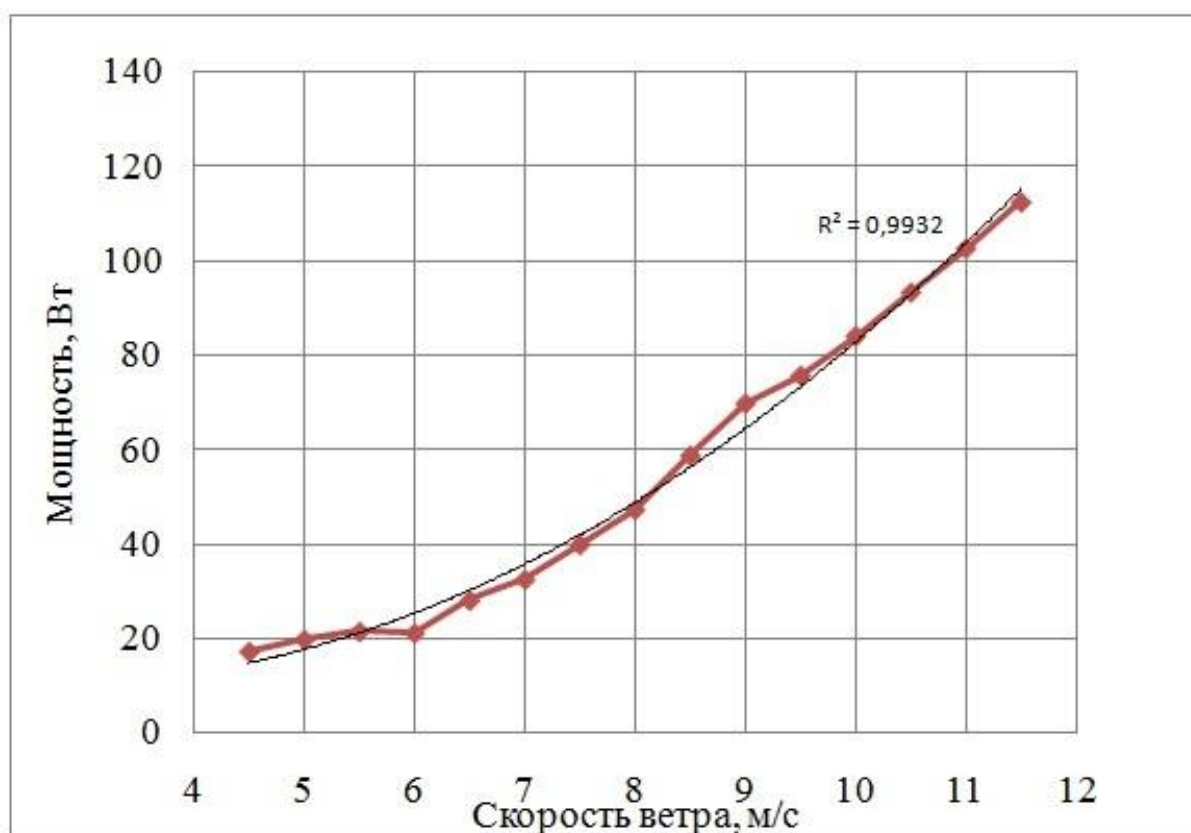


Рисунок 8 – Зависимость мощности от скорости ветра

Для определения численных значений напряжения и мощности и дальнейшего их использования в инженерных расчетах с помощью пакета стандартных программ Microsoft Excel "Линейная регрессия" были получены соответствующие уравнения регрессии.

$$U=11,42972+0,265242v-0,01249v^2, \tag{2}$$

$$P=33,19591-14,0632v+2,302501v^2, \tag{3}$$

где U – напряжение, В; P – мощность, Вт; v – скорость ветра, м/с.

Коэффициенты аппроксимации для этих уравнений, соответственно, составили 0,972 и 0,993. Проверка по критерию Фишера показала, что такая **высокая точность аппроксимации** не случайна.

Проверка значимости коэффициентов регрессии полученных уравнений (2) и (3) по критерию Стьюдента показала их значимость с **уровнем не хуже 0,05**.

Значения критерия Стьюдента для напряжения и мощности приведены в таблицах 3 и 4.

Таблица 3 – Критерий Стьюдента для напряжения

Коэффициент уравнения линейной регрессии	a_0	a_1	a_2
Значение критерия Стьюдента – наблюдаемое	103,69	9,17	-6,96
Значение критерия Стьюдента – табличное	2,18	2,18	2,18

Таблица 4 – Критерий Стьюдента для мощности

Коэффициент уравнения линейной регрессии	a_0	a_1	a_2
Значение критерия Стьюдента – наблюдаемое	1,48	-2,51	6,71
Значение критерия Стьюдента – табличное	2,18	2,18	2,18

В соответствии с полученными уравнениями, напряжение генератора при скорости ветра – 6 м/с будет составлять 12,57, что отличается от

расчетного на 1 %, а мощность при скорости ветра – 6 м/с будет соответствовать 31,71, что отличается от расчетной на 2 %.

Таким образом, экспериментальные испытания резервной ветроэлектростанции позволили получить:

- закон распределения скорости ветра и его статистические параметры;
- уравнения регрессии напряжения и мощности ветрогенератора в зависимости от скорости ветра;
- подтвердить сходимость теоретических предположений и экспериментальных данных.

Список литературы

1. Николаев В.Г. Национальный кадастр ветроэнергетических ресурсов России и методических основ их определения / В.Г. Николаев, С.В. Ганага, Ю.И. Кудряшов. – М.: Изд. «Атмограф», 2008. – 584 с.
2. Гмурман В.Е. Теория вероятности и математическая статистика: Учеб. пособие для вузов / В.Е. Гмурман. – 9 изд., стер.– М.: Высш. школа, 2003. – 479 с.