Лекционная презентация по теме

«Факторы, влияющие на энергетические показатели ВЭУ и ВЭС»

по курсу «Проектирование и эксплуатация ВЭС»

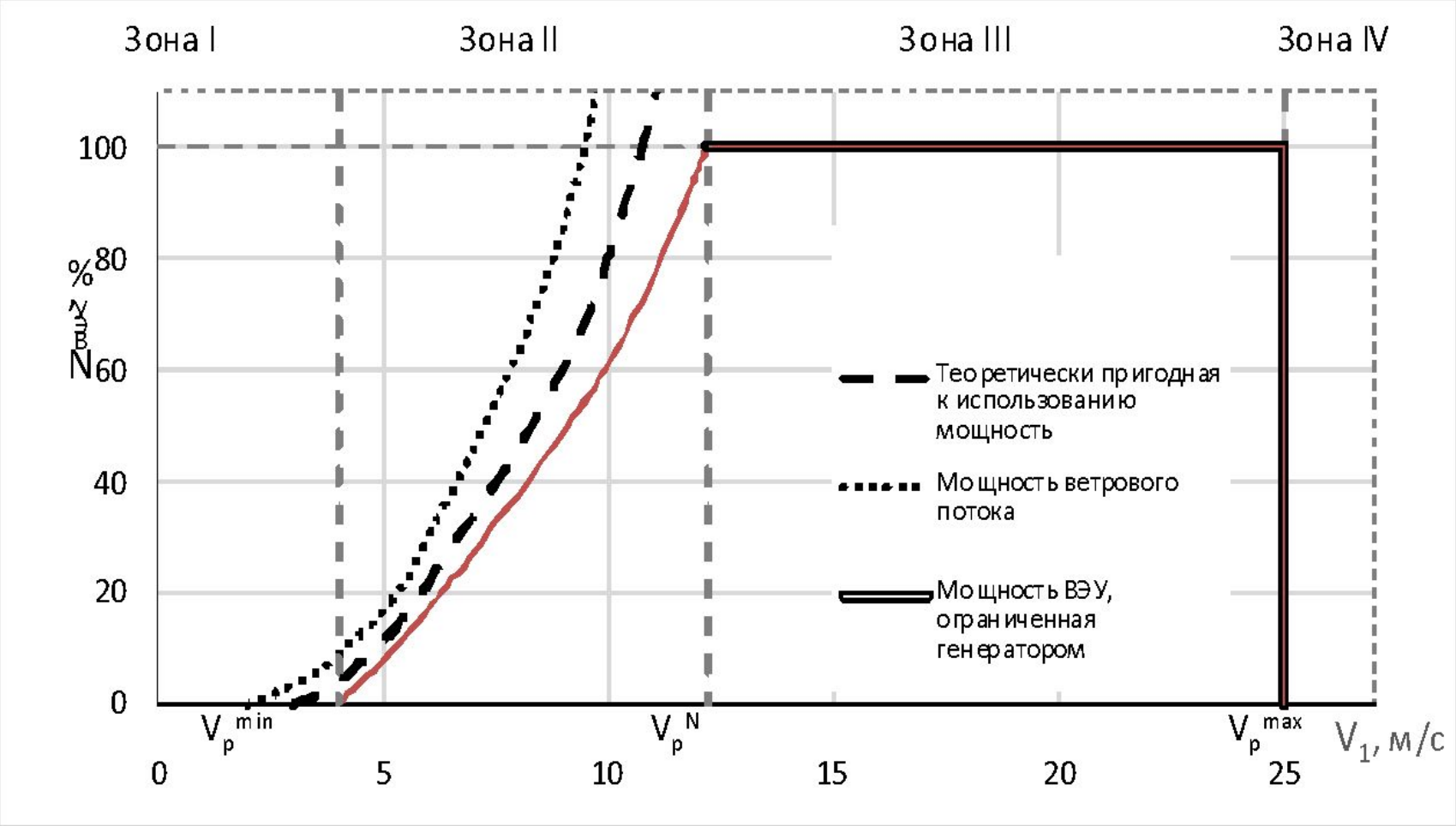
Разработчик ст.преп. Дерюгина Г. В.

2021 г.

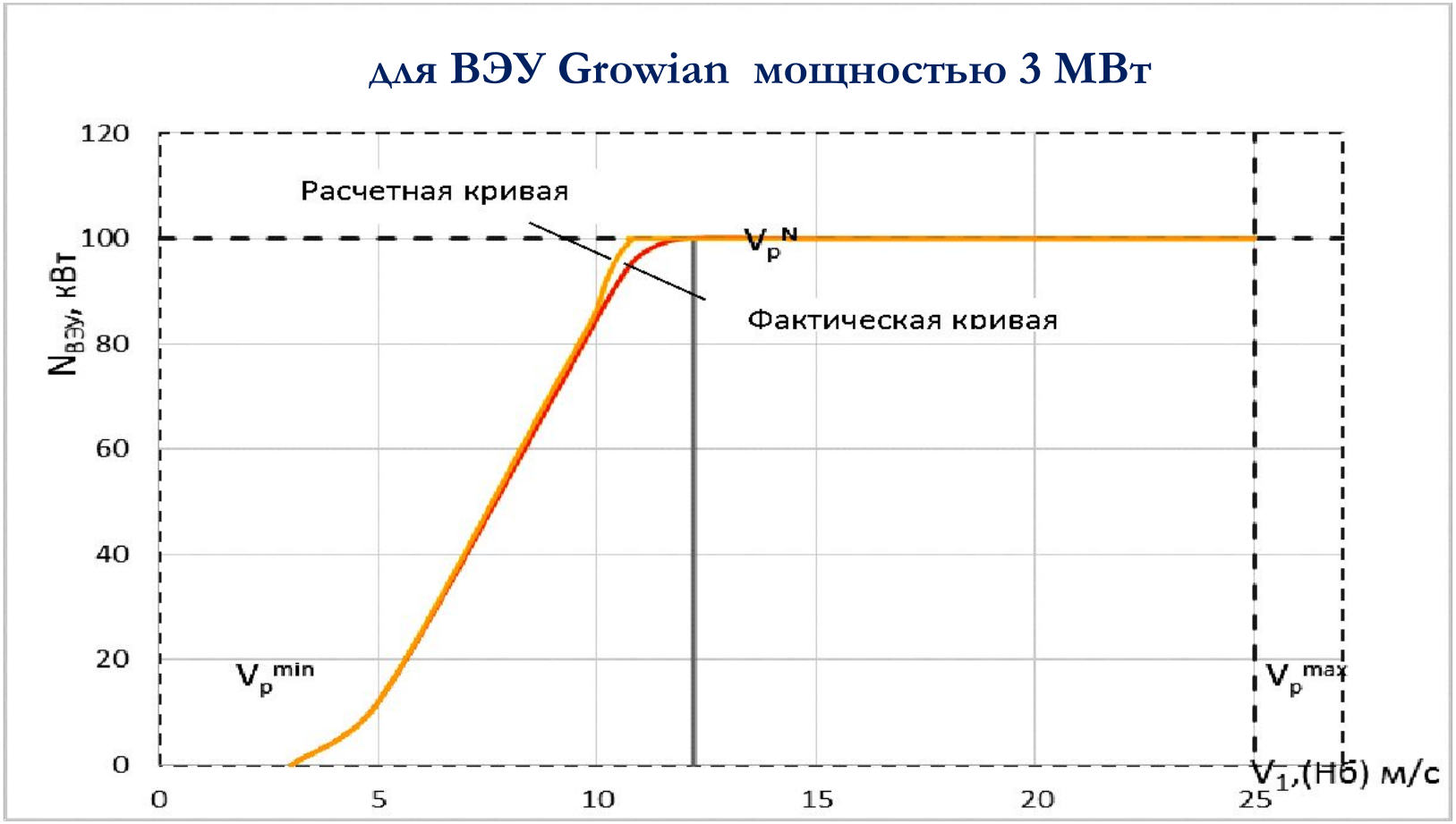
Содержание:

1. Модельная и натурная мощностные характеристики ВЭУ *N(V)*
2. Влияние различных факторов на энергетические показатели ВЭУ

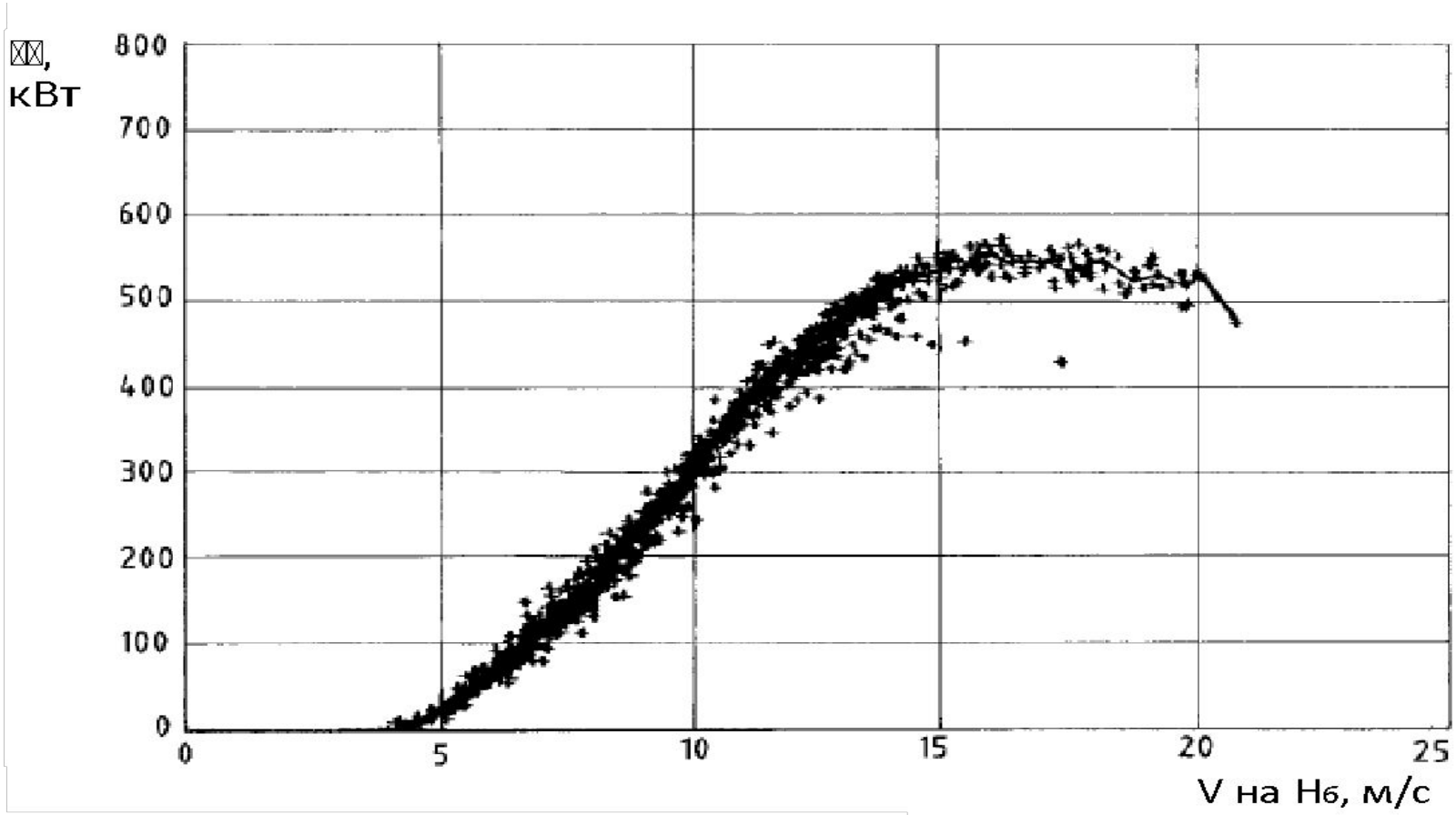
Модельная мощностная характеристика ВЭУ



Модельная и натурная *N*вэу(*V*)



Натурная мощностная характеристика ВЭУ со *stall*-регулированием (по ГОСТР54418.12 или IEC 61400-12)



Построение натурной мощностной характеристики ВЭУ

Проводится по эксплуатационным данным ВЭУ в соответствии с

ГОСТ Р 54418.12.2-2013

(Верифицированный стандарт IEC61400-12)

Возобновляемая энергетика. Ветроэнергетика. Установки ветроэнергетические. Часть 12-2. Измерение показателей мощности ветроэнергетической установки с использованием анемометра, установленного на гондоле

Требования к исходным данным для построения натурной мощностной характеристики ВЭУ:

- 10-и минутные данные;

- данные, соответствующие нормальному рабочему режиму ВЭУ, т.е. исключаются периоды, когда:

- ВЭУ не работала из-за неисправности системы;
- Величина скорости ветра находится за пределами рабочего диапазона ВЭУ;
- ВЭУ остановлена вручную, находится в тестовом режиме или режиме обслуживания;
- ВЭУ имела ухудшение рабочих характеристик (снижение крутящего момента);
- Вводились ограничения мощности ВЭУ;
- Имели место возможные обледенения.

Количество ошибок, относящихся к различным системам ВЭУ Komai KWT300, и продолжительности простоев по данным ошибкам (эксплуатационные данные за 2016 г. ВДК в п. Усть-Камчатск)

Система	Кол-во ошибок, шт			Кол-во ошибок, % от общего кол-ва			Продолжительность простоя из-за ошибки, ч		
	ВЭУ №1	ВЭУ №2	ВЭУ №3	ВЭУ №1	ВЭУ №2	ВЭУ №3	ВЭУ №1	ВЭУ №2	ВЭУ №3
Установка ВЭУ на ветер	248	171	257	15.2	10.0	15.9	20	78	3
Предохранительная цепь	46	112	42	2.8	6.6	2.6	88	45	11
Контроллер лопастей	18	5	0	1.1	0.3	0.0	0	4	0
Гидравлическая система	188	111	253	11.5	6.5	15.7	181	93	21
Инвертер	88	145	67	5.4	8.5	4.2	70	25	17
Сеть	150	140	184	9.2	8.2	11.4	0	0	0
ИБП	183	23	162	11.2	1.4	10.0	0	1	0
Условия окружающей среды	27	26	28	1.7	1.5	1.7	13	0	1
Холодный климат	101	0	50	6.2	0.0	3.1	76	0	48
Мониторинг вибраций	104	282	136	6.4	16.6	8.4	1	2	2
Управление питанием	3	2	4	0.2	0.1	0.2	0	0	0
Останов	17	38	8	1.0	2.2	0.5	0	0	0
Системные коды состояния	71	179	42	4.4	10.5	2.6	0	0	0
Другие	..	..	…	…	..	..	..	..	..
Общие статус коды	279	385	260	17.1	22.6	16.1	1 574	801	991
Итого	1 629	1 703	1 613	-	-	-	2 028	1 050	1 094
							23%	12%	12%

Метод «бинов»

Расчет средних значений нормализованной скорости ветра и нормализованной генерируемой мощности для каждого бина 0,5 м/с (или 1 м/с) скорости ветра проводится по выражениям:

$$\bar{v}_{n} = \frac{1}{N_{n}} \sum_{i=1}^{N_{n}} v_{n,i,n}$$

$$\bar{P}_{n} = \frac{1}{N_{n}} \sum_{i=1}^{N_{n}} P_{n,i,n}$$

где $\bar{v}_{n}$ и $\bar{P}_{n}$ – соответственно нормализованная и усредненная скорость ветра и генерируемая мощность в бине n; $v_{n,i,n}$ и $P_{n,i,n}$ – соответственно нормализованная скорость ветра набора данных i в бине n; нормализованная генерируемая мощность по набору данных i в бине n; N_{n} – число наборов данных по 10-ь мин в бине n.

Требования к бинам:

- каждый бин включает минимум 30 минут выборочных данных;
- база данных включает минимум 180 ч выборочных данных.

Пример 1

Дано: ряд 10-и минутных наблюдений за скоростью ветра и мощностью ВЭУ

V, м/с	5	6	6,5	5,5	7	8	6,5
Nвэу, кВт	95	110	120	110	120	130	110

Определите:

а) Значение мощности ВЭУ по натурной мощностной характеристике при скорости ветра 6,5 м/с;

б) Значение скорости ветра по натурной мощностной характеристике при мощности ВЭУ 114 кВт.

Решение примера 1

Определение точек натурной характеристики

V, м/с	5	6	6,5	5,5	7	8	6,5
Nвэу, кВт	95	110	120	110	120	130	110

Диапазон 5-6 м/с

V, м/с	5	5,5	6	**5,5**
Nвэу, кВт	95	110	110	**105**

Диапазон 6-7 м/с

V, м/с	6	6,5	7	6,5	**6,5**
Nвэу, кВт	110	120	120	110	**115**

Диапазон 7-8 м/с

V, м/с	7	8	**7,5**
Nвэу, кВт	120	130	**125**

Натурная характеристика

V, м/с	5,5	6,5	7,5
Nвэу, кВт	105	115	125

Ответ

а) Значение мощности ВЭУ по натурной мощностной характеристике при скорости ветра 6,5 м/с – 115 кВт

б) Значение скорости ветра по натурной мощностной характеристике при мощности ВЭУ 114 кВт – 6,4 м/с

Факторы, влияющие на энергетические показатели ВЭУ

1. Плотность воздуха
2. Размеры ВЭУ (диаметр рабочего колеса $D_{рк}$ и высота башни $H_б$)
3. Модель вертикального профиля ветра (ВПВ)
4. Обледенение

Среднемноголетняя плотность воздуха определяется по формулам:

- плотность сухого воздуха *ρ* может быть определена путем применения закона идеального газа:

$$\rho(t^0, h) = 3{,}4837 \cdot \frac{P}{t^0},$$

где t^0 – температура окружающей среды в градусах Кельвина, Р – атмосферное давление в кПа зависит от высоты над уровнем моря и определяется по эмпирической формуле:

$$P = 101{,}29 - 0{,}011837 \cdot \nabla + 4{,}793 \cdot 10^{-7} \cdot \nabla^2,$$

где ∇, м – высота над уровнем моря.

Пример 2

Требуется ли коррекция на плотность воздуха мощностной характеристики ВЭУ для условий точки А: ∇=2000 м и среднемноголетняя температура 35^0С?

Ответ обосновать расчетом.

Решение примера 2

Давление воздуха:

$$P_1(\nabla_1) = 101,29 - 0,011837 \cdot 2000 + 4,793 \cdot 10^{-7} \cdot 2000^2 = 79,53 \text{ кПа}.$$

Плотность воздуха:

$$\rho(t^0, \nabla) = 3,4837 \cdot \frac{79,53}{(273+35)} = 0,899 \text{ кг/м}^3.$$

Отклонение плотности воздуха в точке А от стандартного значения:

$\Delta\rho$=1,226-0,899=0,32 кг/м^3 > 0,05 кг/м^3.

Ответ: Коррекция мощностной характеристики требуется.

,

Коррекция модельной мощностной характеристики ВЭУ на плотность воздуха

С регулируемыми лопастями:

Производится пересчет скорости ветра по формуле:

$$V_1(H_1) = V_0(H_0) \cdot \left(\frac{\rho_0(H_0, t_0)}{\rho_1(H_1, t_1)}\right)^{1/3}.$$

С нерегулируемыми лопастями:

Производится пересчет мощности по формуле:

$$N_1 = N_0 \frac{\rho_1}{\rho_0}$$

Пример 3

Дано: Мощностная характеристика ВЭУ модели АВЭУ-30 для стандартных условий в таблице:

N, кВт		0,0	0,0	1,0	2,3	4,7	8,2	13,0	24,0	30,0	30,0	30,0
V, м/с	Δ=0 м, t=15^{0}C	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	….	25,0

Проведите коррекцию мощностной характеристики ВЭУ модели АВЭУ-30 на реальные условия площадок:

а) ∇=2000 м и среднегодовая температура - +20 ^{0}C;

б) ∇=0 м и среднегодовая температура - - 20 ^{0}C.

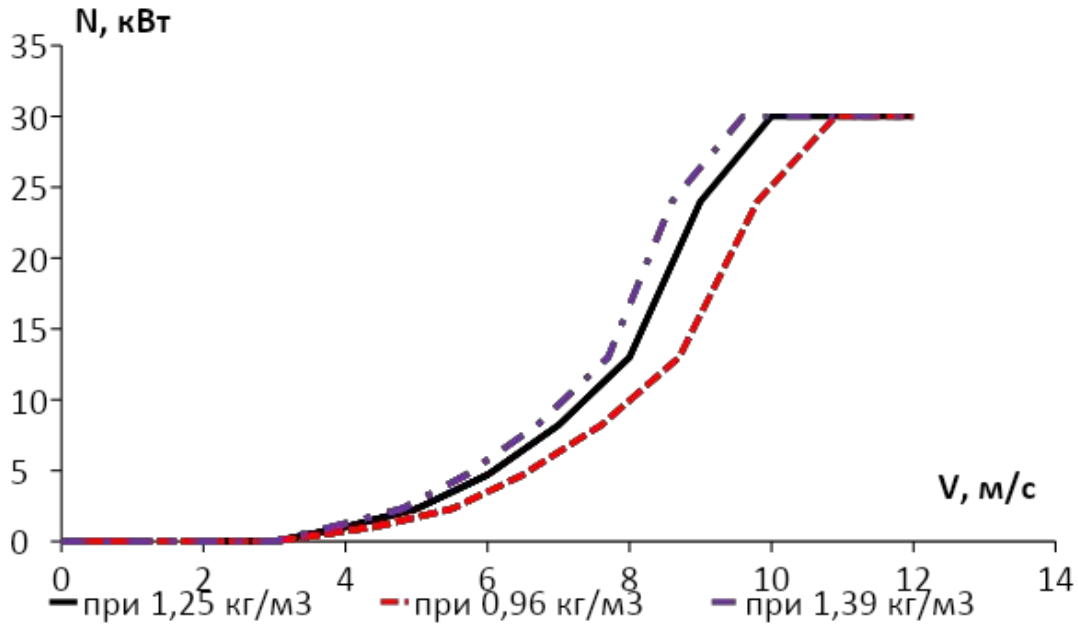
Решение примера 3:

Пересчет энергетической характеристики ВЭУ с регулируемыми лопастями с поправкой на плотность воздуха

$$N_1(V_1) = N_0(V_0) \cdot \left(\frac{\rho_0(t_0, \Delta_0)}{\rho_1(t_1, \Delta_1)}\right)^{1/3}$$

Энергетические характеристики модели АВЭУ-30 при разных значениях ρ

N, КВт		0,0	0,0	1,0	2,3	4,7	8,2	13,0	24,0	30,0	30,0	30,0
V, м/с	Δ=0 м, t=15^{0}C; ρ=1,25 кг/м^3	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	….	25,0
	Δ=2000 м, t=20^{0}C; ρ=0,96 кг/м^3	0,0	3,0	4,4	5,5	6,5	7,6	8,7	9,8	10,9	….	25,0
	Δ=0 м,t=-20 ^{0}C; ρ=1,39 кг/м^3	0,0	3,0	3,8	4,8	5,7	6,7	7,7	8,6	9,6	….	25,0



Влияние плотности воздуха на мощностную характеристику ВЭУ модели АВЭУ-30

Пример 4

Дано: Мощностная характеристика ВЭУ модели Е31-20 для стандартных условий представлена в таблице:

V, м/с	1	3	4	6	8	10	12	14	17	19	21	23	26
N, кВт	0	0	2	16	36	50	58	60	55	47	36	27	0

Проведите коррекцию мощностной характеристики ВЭУ модели Е31-20 на реальные условия площадок:

а) ∇=2000 м и среднегодовая температура - +20 ^{0}С;

б) ∇=0 м и среднегодовая температура - -20 ^{0}С.

в) ∇=50 м и среднегодовая температура - +5 ^{0}С

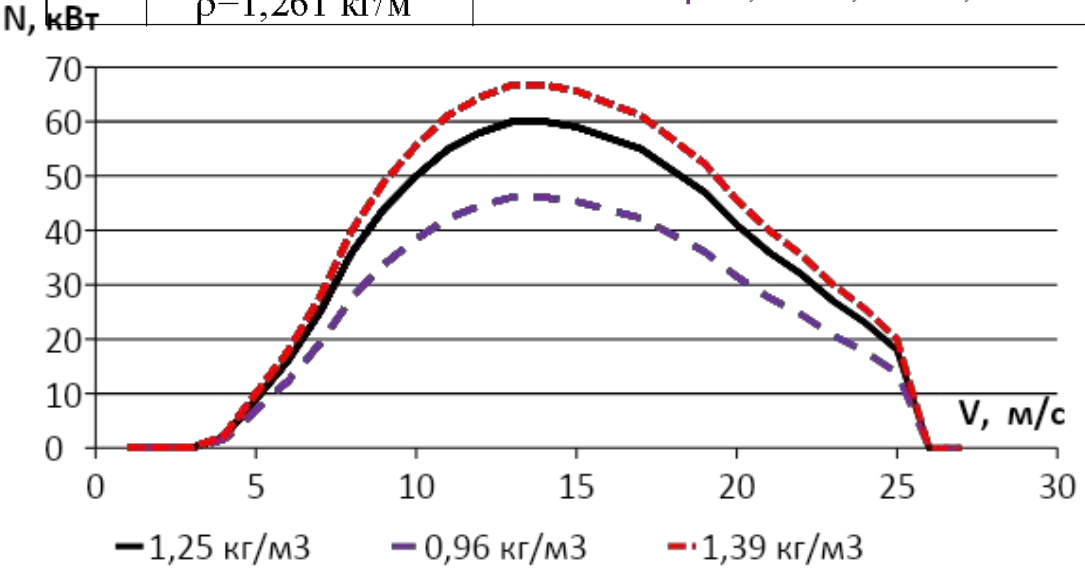
Решение примера 4:

Пересчет энергетической характеристики ВЭУ с нерегулируемыми лопастями с поправкой на плотность воздуха:

$$N_1 = N_0 \frac{\rho_1}{\rho_0}$$

Энергетические характеристики модели Е31-20 при разных значениях ρ

V, м/с		1	3	4	6	8	10	12	14	17	19	21	23	26
N, кВт	Δ=0 м, t=15^{0}C; ρ=1,25 кг/м^3	0	0	2	16	36	50	58	60	55	47	36	27	0
	Δ=2000 м, t=20^{0}C; ρ=1,01 кг/м^3	0	0	1,5	12,3	27,6	38,4	44,5	46,1	42,2	36,1	27,6	20,7	0
	Δ=0 м,t=-20 ^{0}C; ρ=1,39 кг/м^3	0	0	2,2	17,8	40,0	55,6	64,5	66,7	61,2	52,3	40,0	30,0	0
	Δ=50 м, t=5 ^{0}C; ρ=1,261 кг/м^3	Δρ=1,226-1,261=0,03 кг/м^3, коррекция не требуется												

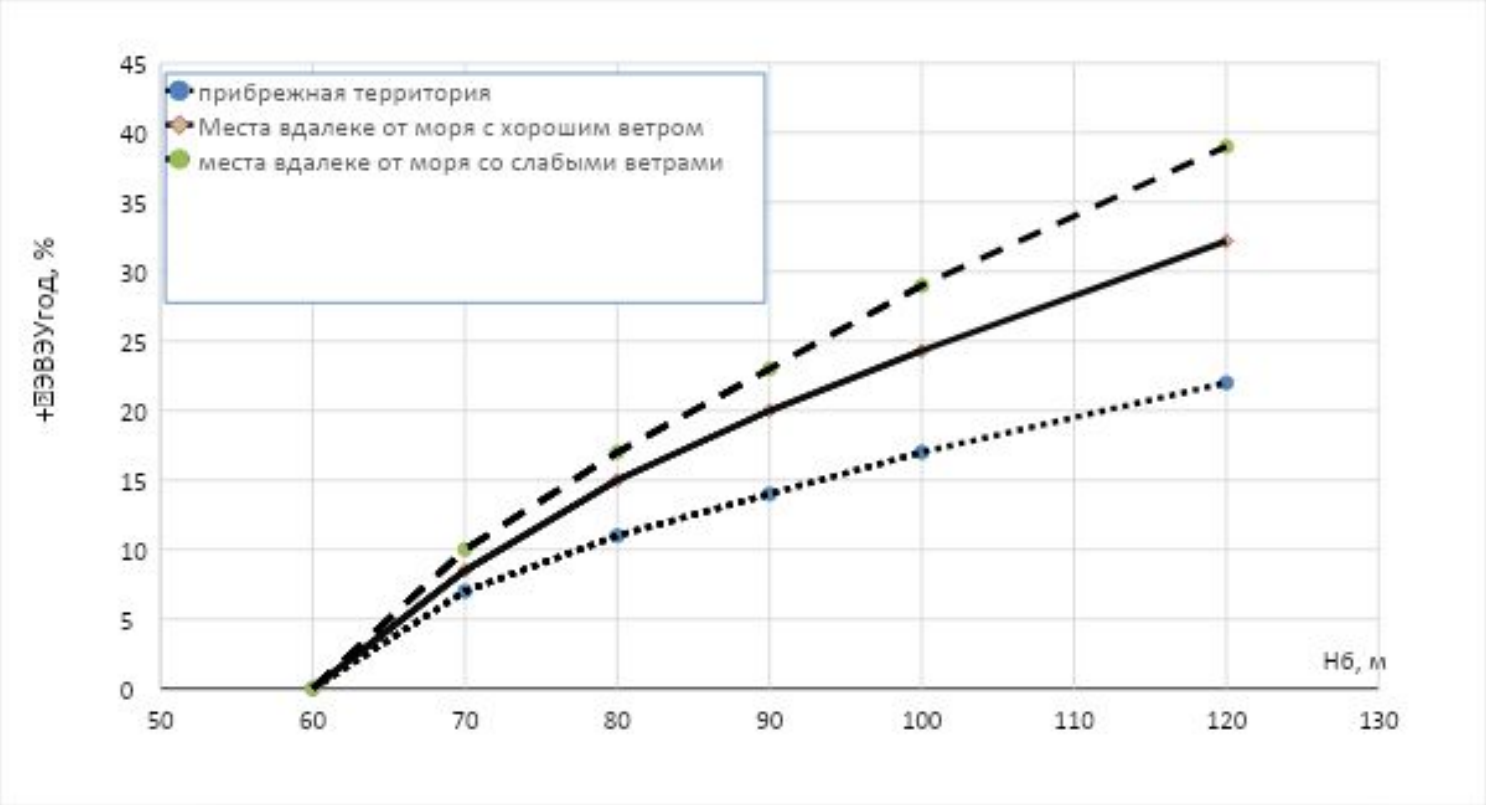


Влияние плотности воздуха на мощностную характеристику ВЭУ модели Е31-20

Влияние высоты башни на годовую выработку ВЭУ

$$\Delta Э^{i,i+1} = \frac{Э_{i+1} - Э_i}{Э_{i+1}} \cdot 100\%,$$

где i –высота от поверхности земли, $Э_i$–годовая выработка ВЭУ на высоте i.



Прирост $Э^{год}_{ВЭУ}$ (%) при изменении $H_б$ от 80 до 120 м для прибрежных и внутренних территорий на суше

Пример 5

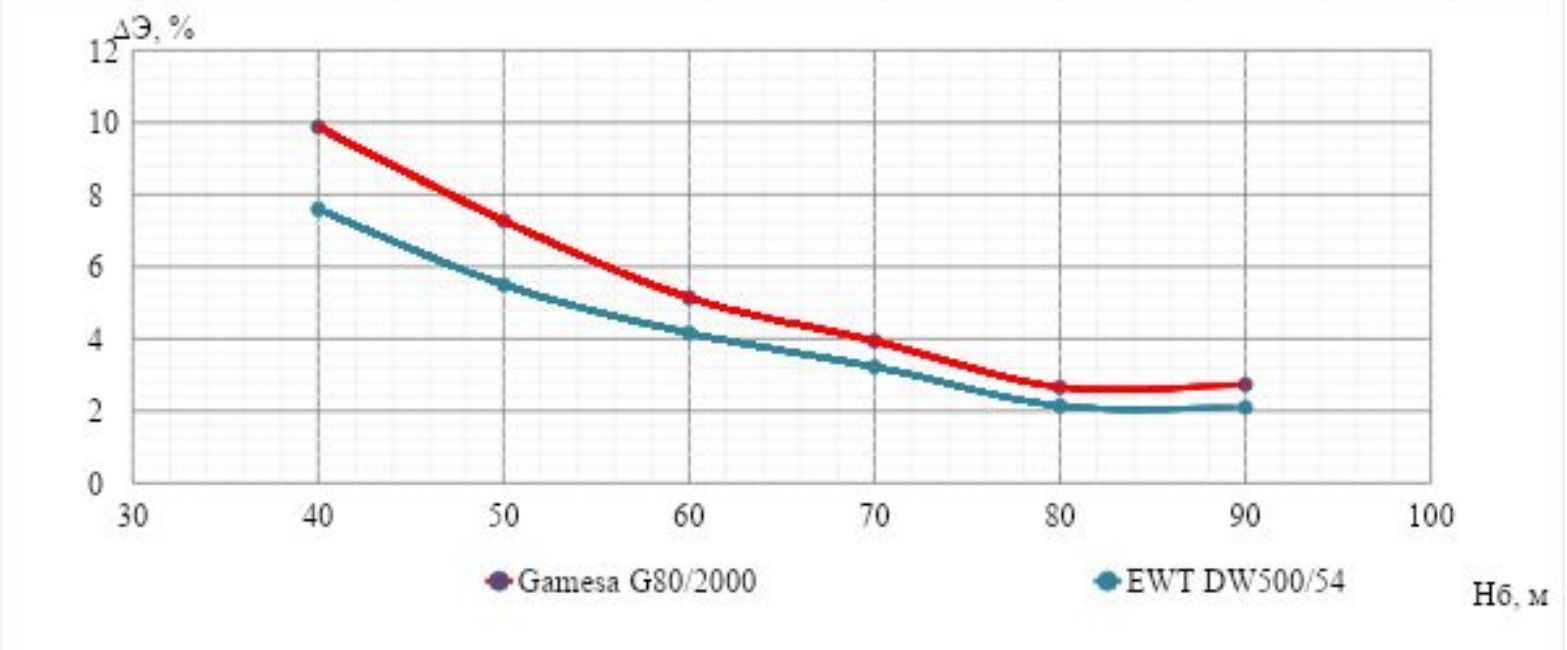
Дано: Значения годовой выработки двух моделей ВЭУ с разной высотой башни: Gamesa G80/2000, EWT DW 500/54 приведены в таблице:

Фирма	**Модель**	**Высота башни $H_б$=*i*, м**						
		30	40	50	60	70	80	90
		Годовая выработка $Э_{ВЭУ}$, МВт·ч						
Gamesa	G80/2000	6194,3	6805,9	7301,1	7676,6	7979,1	8191,1	8415,1
EWT	DW 500/54	2130,9	2292,8	2418,9	2519,5	2600,8	2656,5	2718,1

Проанализируйте относительный прирост годовой выработки по высоте башни.

Решение примера 5: Относительный прирост годовой выработки двух типов ВЭУ при увеличении высоты башни $H_б$

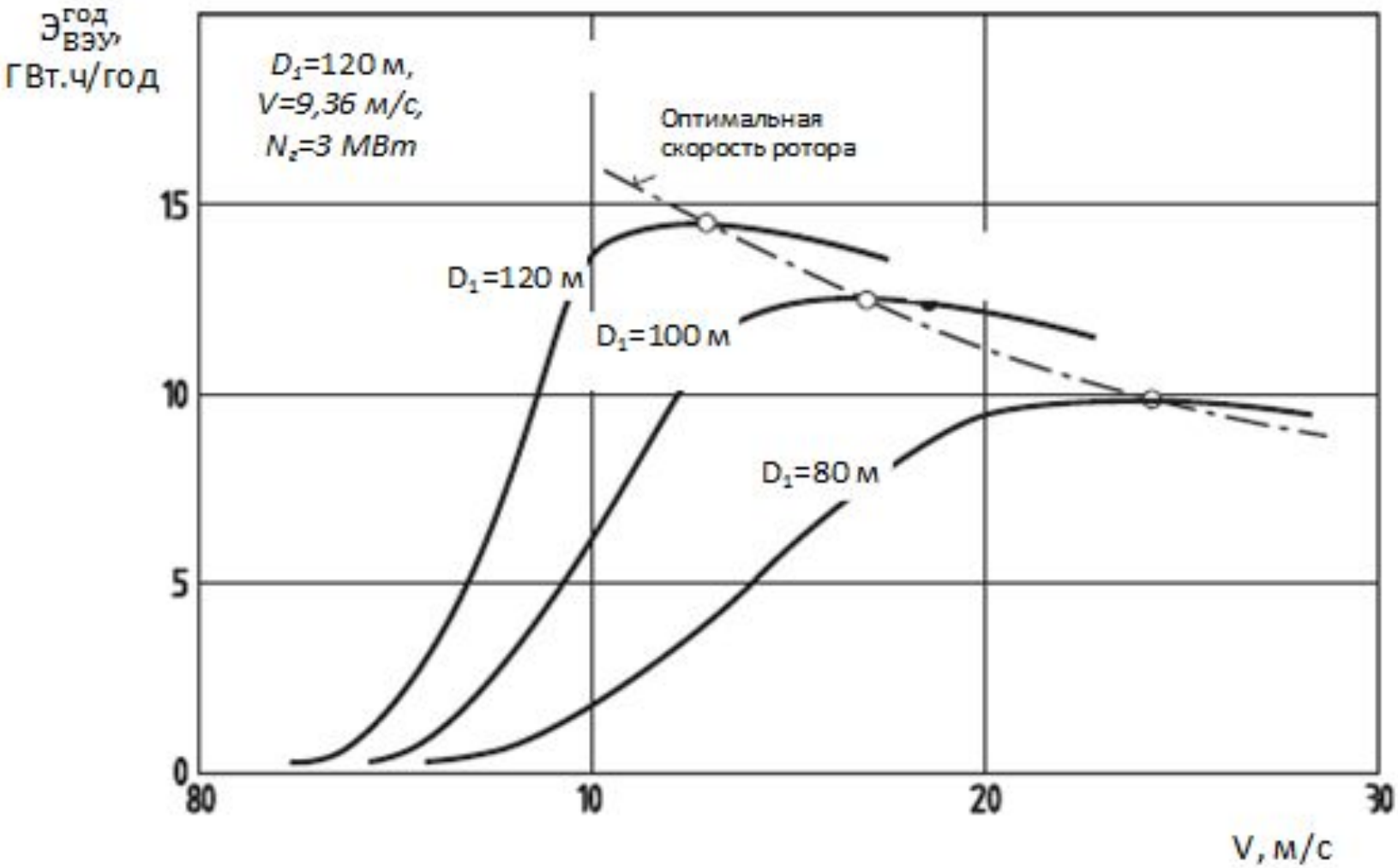
Производитель	Модель	Высота башни $H_б$=i, м					
		40	50	60	70	80	90
		относительное изменение $\Delta Э_{ВЭУ}$, %					
Gamesa	G80/2000	9,9	7,3	5,1	3,9	2,7	2,7
EWT	DW 500/54	7,6	5,5	4,2	3,2	2,1	2,1



Вывод: Неэффективно увеличение высоты башни ВЭУ более 80 м.

Влияние диаметра ВК на годовую выработку ВЭУ

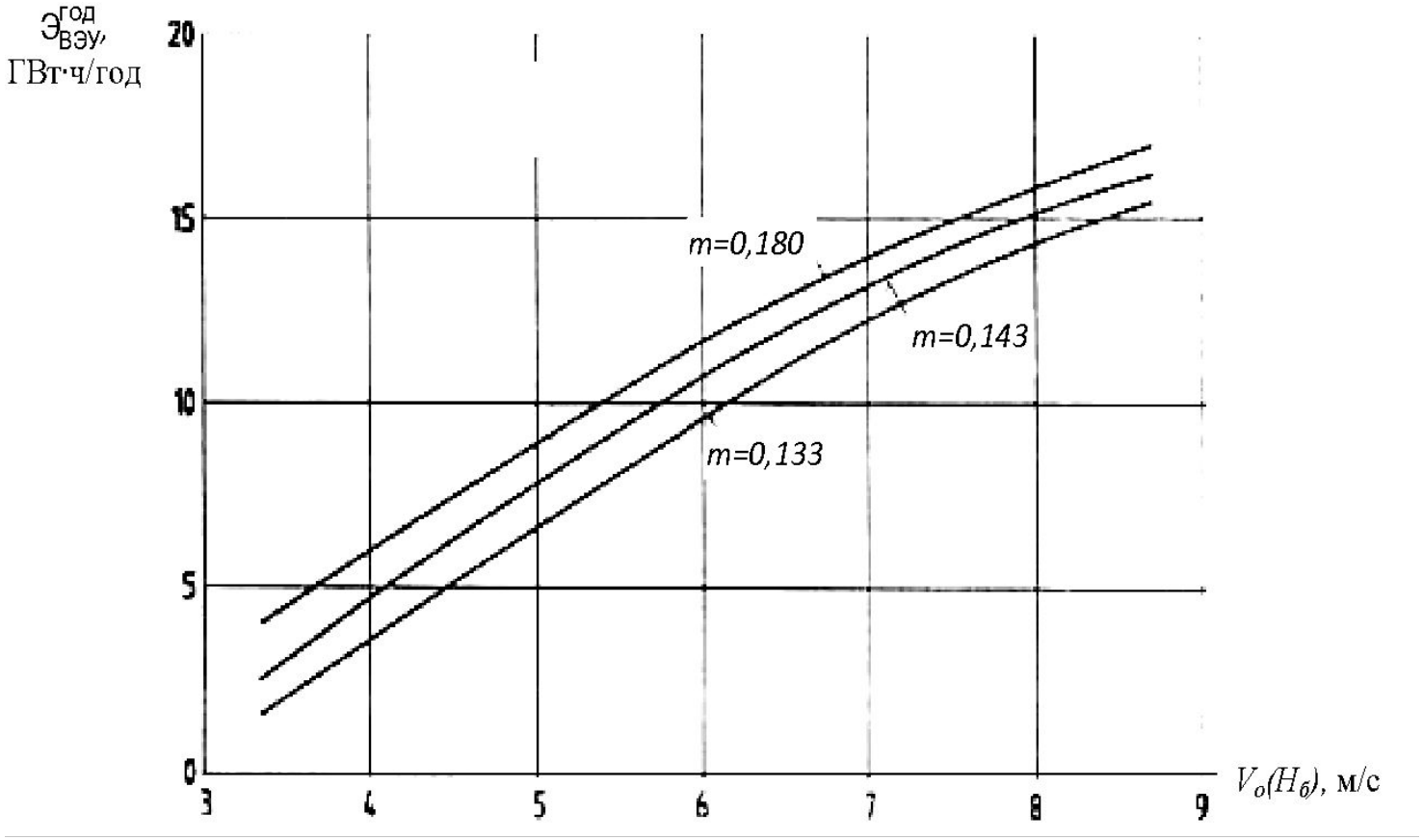
на примере ВЭУ модели Growian в 3 МВт



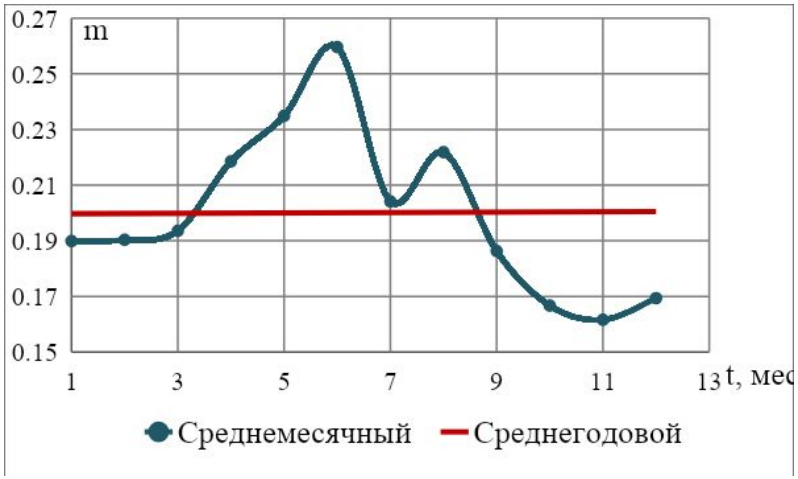
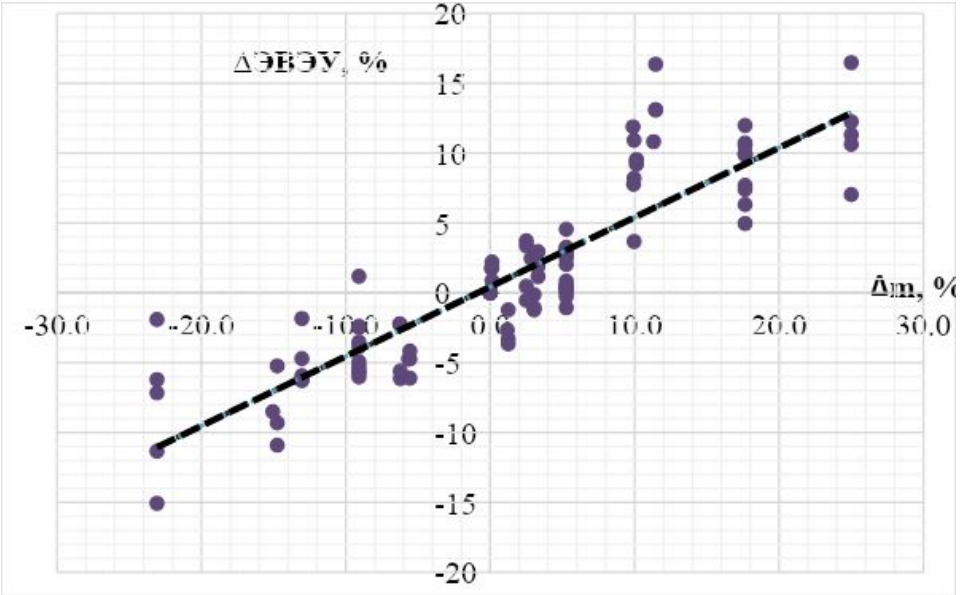
Причина уменьшения Эвэу в основном объясняется уменьшением ометаемой площади ротора ВК при уменьшении D_1 (м).

Влияние модели вертикального профиля ветра на годовую выработку ВЭУ

на примере ВЭУ типа Growian в 3 МВт



Увеличение показателя степени (*m*) с 0,133 до 0,180 в зависимости от V_0 в диапазоне от 4 до 8 м/с ведет к росту $Э^{год}_{ВЭУ}$ примерно на 7%÷11%

Пример 6: Влияние учета внутригодового изменения показателя степени (по отношению к среднегодовому значению m=0,2) на месячные выработки ВЭУ на площадке расположения демонтированной Куликовской ВЭС

Месяц	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Год
m, о.е.	0,19	0,19	0,19	0,22	0,23	0,26	0,20	0,22	0,19	0,17	0,16	0,17	0,2
Δ*m*, %	-5,1	-4,8	-3,2	9,25	17,4	29,82	2,06	10,9	-6,8	-17	-19	-15	-
$Э_{год}$ при *m*=0,2, МВт.ч	616	801	783	594	827	705	617	488	602	562	616	820	8031
$Э_{год}$ при *m=var*, МВт.ч	600	798	780	629	879	752	617	515	585	501	548	762	7966
ΔЭ, %	2,8	0,5	0,5	-5,6	-5,9	-6,2	0,0	-5,3	3,0	12,0	12,2	7,7	-0,8