

Задания Базовой части

Раздел 1. Кривые обеспеченности (10 баллов)

Задача 1.

Задан годовой гидрограф.

X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
2054	1716	1566	1364	1256	1752	3480	3271	3519	3739	3656	3012

Определить среднегодовой расход $\overline{Q}_0$ и коэффициент вариации C_v .

Решение задачи 1.

Среднегодовой расход определяется по формуле $\overline{Q}_0 = \frac{\sum_{j=1}^{12} Q_j}{12}$, м³/с

$$\overline{Q}_0 = \frac{\sum_{j=1}^{12} Q_j}{12} = \frac{2054 + 1716 + \dots + 3012}{12} = 2532 \text{ м}^3/\text{с}$$

Коэффициент вариации определяется по формуле $C_v = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{12} \left(\frac{Q_j}{\overline{Q}_0} - 1\right)^2}{12-1}}$, о.е.

$$C_v = \sqrt{\frac{\left(\frac{2054}{2532} - 1\right)^2 + \left(\frac{1716}{2532} - 1\right)^2 + \left(\frac{1566}{2532} - 1\right)^2 + \dots + \left(\frac{3012}{2532} - 1\right)^2}{12-1}} = \sqrt{\frac{1.68}{11}} = 0,12$$

Ответ $\overline{Q}_0 = 2532 \text{ м}^3/\text{с}$, $C_v = 0,12$ о.е.

Задача 2.

Дан ряд среднегодовых расходов реки за 10 лет и теоретическая кривая обеспеченности (ТКО). Постройте эмпирическую кривую обеспеченности (ЭКО) на графике ТКО и обоснуйте применимость ТКО.

P, %	$Q_{\text{ТКО}}, \text{м}^3/\text{с}$
5	120
10	118
20	115
30	110
40	108
50	100
60	90
70	80
80	70
90	60
95	55

Тгод	$Q_r, \text{м}^3/\text{с}$
1	130
2	85
3	76
4	54
5	120
6	100
7	90
8	48
9	35
10	110

Решение задачи 2.

Определение точек эмпирической кривой обеспеченности (ЭКО) проводится по следующей формуле: $P = \frac{m}{n+1} * 100\%$

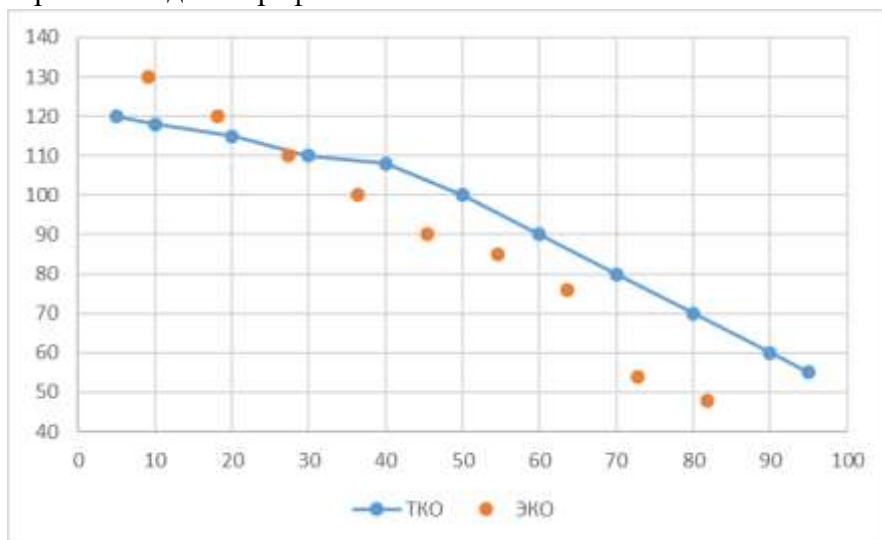
где m – порядковый номер члена ряда расходов (среднегодовых), ранжированного в убывающем порядке;

n – общее число членов ряда;

Для определения точек ЭКО необходимо исходный ряд наблюдений отсортировать от $\max$ к $\min$, при этом порядковые номера сохраняем.

Тгод	$Q_r, \text{м}^3/\text{с}$	$Q_r \max-\min$	$P, \%$
1	130	130	$1*100/(10+1)=9,1$
2	85	120	$2*100/11=18,2$
3	76	110	27,3
4	54	100	36,4
5	120	90	45,5
6	100	85	54,5
7	90	76	63,6
8	48	54	72,7
9	35	48	81,8
10	110	35	90,9

Строим на одном графике ТКО и ЭКО.



1. Если ряд наблюдений меньше 50 лет, то рекомендовано использовать ТКО
2. Если точки ЭКО совпадают или максимально равномерно и близко располагаются к ТКО, то можно использовать ЭКО.

Задача 3.

Задан годовой гидрограф.

X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
614	518	465	506	540	990	3151	3025	2700	2160	1944	1404

Определить среднегодовой расход $\overline{Q_0}$ и коэффициент вариации C_v .

Задача 4.

Задан годовой гидрограф.

X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
1063	897	805	875	935	1715	5455	5238	4675	3740	3366	2431

Определить среднегодовой расход $\overline{Q_0}$ и коэффициент вариации C_v .

Задача 5.

Задан годовой гидрограф.

X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
1275	721	496	410	383	366	1576	6044	5225	3978	2400	2224

Определить среднегодовой расход $\overline{Q_0}$ и коэффициент вариации C_v .

Задача 6.

Задан годовой гидрограф.

X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
3583	2993	2732	2379	2191	3057	6070	5706	6138	6522	6378	5254

Определить среднегодовой расход $\overline{Q_0}$ и коэффициент вариации C_v .

Задача 7.

Дан ряд среднегодовых расходов реки за 10 лет и теоретическая кривая обеспеченности (ТКО). Постройте эмпирическую кривую обеспеченности (ЭКО) на графике ТКО и обоснуйте применимость ТКО.

P, %	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	95
$Q_{\text{ТКО}}, \text{м}^3/\text{с}$	3438	3284	3103	2977	2862	2775	2670	2583	2451	2315	2172

t, год	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$Q_{\text{Г}}, \text{м}^3/\text{с}$	2730	3540	2380	3130	2950	2560	2720	3170	2980	2920

Задача 8.

Дан ряд среднегодовых расходов реки за 10 лет и теоретическая кривая обеспеченности (ТКО). Постройте эмпирическую кривую обеспеченности (ЭКО) на графике ТКО и обоснуйте применимость ТКО.

P, %	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	95
$Q_{\text{ТКО}}, \text{м}^3/\text{с}$	672	649	620	603	586	573	558	543	526	503	485

t, год	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$Q_{\text{Г}}, \text{м}^3/\text{с}$	479	510	827	434	361	475	662	715	675	607

Задача 9.

Дан ряд среднегодовых расходов реки за 10 лет и теоретическая кривая обеспеченности (ТКО). Постройте эмпирическую кривую обеспеченности (ЭКО) на графике ТКО и обоснуйте применимость ТКО.

P, %	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	95
$Q_{\text{ТКО}}, \text{м}^3/\text{с}$	1203	990	776	652	559	485	419	358	297	228	183

t, год	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$Q_{\text{Г}}, \text{м}^3/\text{с}$	665	469	731	771	553	600	460	313	594	467

Задача 10.

Дан ряд среднегодовых расходов реки за 10 лет и теоретическая кривая обеспеченности (ТКО). Постройте эмпирическую кривую обеспеченности (ЭКО) на графике ТКО и обоснуйте применимость ТКО.

P, %	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	95
------	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

$Q_{\text{ТКО}}, \text{ м}^3/\text{с}$	1020	952	876	823	786	748	710	672	627	567	529
--	------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

t, год	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$Q_{\text{Г}}, \text{ м}^3/\text{с}$	923	712	505	706	801	624	837	950	834	663

Задача 11.

Задан годовой гидрограф.

X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
1123	1897	1005	1275	935	1915	8455	7238	6675	5740	5366	3431

Определить среднегодовой расход $\overline{Q}_0$ и коэффициент вариации C_v .

Задача 12.

Дан ряд среднегодовых расходов реки за 10 лет и теоретическая кривая обеспеченности (ТКО). Постройте эмпирическую кривую обеспеченности (ЭКО) на графике ТКО и обоснуйте применимость ТКО.

P, %	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	95
$Q_{\text{ТКО}}, \text{ м}^3/\text{с}$	1503	1090	976	852	729	585	419	358	297	228	183

t, год	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$Q_{\text{Г}}, \text{ м}^3/\text{с}$	765	569	631	971	553	1000	760	513	994	667

Задания Базовой части

Раздел 2. Водохозяйственные расчеты (10 баллов)

Задача 1.

Известна отметка воды в водохранилище на начало расчетного интервала, кривая связи отметки верхнего бьефа и объема воды в водохранилища, требуемый расход в нижний бьеф, а также приток реки. Необходимо определить отметку верхнего бьефа на конец расчетного интервала, расход воды из водохранилища, конечный и начальные объемы воды в водохранилище.

Таблица 1 – Кривая связи отметки верхнего бьефа и объема воды в водохранилище

$Z_{вб}, \text{ м}$	52,0	52,5	53,0	53,5
$V_{вб} \cdot 10^6 \text{ м}^3$	100	363	626	889

$Z_{вб}^H = 53,0 \text{ м}$ на начало Δt ; $\bar{Q}_{пр} = 850 \text{ м}^3/\text{с}$; $\bar{Q}_{нб}^{тр\epsilon б} = 1000 \text{ м}^3/\text{с}$, $\Delta t = 2,63 \cdot 10^6 \text{ с}$

Требуется найти: $Z_{вб}^K$, $\bar{Q}_в$, $V_{вб}^H$, $V_{вб}^K$.

Решение задачи 1.

Основные расчетные соотношения:

$$V_{вб}^K = V_{вб}^H(Z_{вб}^H) - \Delta V_в, \quad (1.1)$$

$$\Delta V_в = \bar{Q}_в \cdot \Delta t, \quad (1.2)$$

$$\bar{Q}_в = \bar{Q}_{нб}^{тр\epsilon б} - \bar{Q}_{пр}, \quad (1.3)$$

$$Z_{вб}^K = Z_{вб}^K(V_{вб}^K) \text{ при } Z_{вб}^K < Z_{вб}^H. \quad (1.4)$$

Решение задачи начинаем с определения расхода воды из водохранилища $\bar{Q}_в$ по формуле 1.3

$$\bar{Q}_в = \bar{Q}_{нб}^{тр\epsilon б} - \bar{Q}_{пр} = 1000 - 850 = 150 \text{ м}^3/\text{с}$$

Далее определяем изменение объема воды в водохранилище $\Delta V_в$ по формуле 1.2

$$\Delta V_в = \bar{Q}_в \cdot \Delta t = 150 \cdot 2,63 \cdot 10^6 = 394,5 \cdot 10^6 \text{ м}^3$$

Находим конечный объем воды в водохранилище. Начальный определяем по кривой связи, по заданной начальной отметке верхнего бьефа $Z_{вб}^H = 53,0 \text{ м}$, тогда $V_{вб}^H = 626 \cdot 10^6 \text{ м}^3$. Конечный объем воды в водохранилище

$$V_{вб}^K = V_{вб}^H - \Delta V_в = 626 - 394,5 = 231,5 \cdot 10^6 \text{ м}^3$$

Конечную отметку верхнего бьефа определяем по кривой связи, считая, что между известными точками линейная зависимость. Тогда $Z_{вб}^K = 52,25 \text{ м}$.

Задача 2.

Известна отметка воды в водохранилище на начало расчетного интервала, кривая связи отметки верхнего бьефа и объема воды в водохранилища, требуемый расход в нижний бьеф, а также приток реки. Необходимо определить

отметку верхнего бьефа на конец расчетного интервала, расход воды из водохранилища, конечный и начальные объемы воды в водохранилище.

Таблица 1 – Кривая связи отметки верхнего бьефа и объема воды в водохранилище

$Z_{\text{вб}}, \text{ м}$	52,0	52,5	53,0	53,5
$V_{\text{вб}} \cdot 10^6 \text{ м}^3$	100	563	1126	1889

$Z_{\text{вб}}^{\text{н}} = 53,5 \text{ м}$ на начало Δt ; $\bar{Q}_{\text{пр}} = 750 \text{ м}^3/\text{с}$; $\bar{Q}_{\text{нб}}^{\text{треб}} = 1130 \text{ м}^3/\text{с}$, $\Delta t = 2,63 \cdot 10^6 \text{ с}$

Требуется найти: $Z_{\text{вб}}^{\text{к}}$, $\bar{Q}_{\text{в}}$, $V_{\text{вб}}^{\text{н}}$, $V_{\text{вб}}^{\text{к}}$.

Задача 3.

Известна отметка воды в водохранилище на начало расчетного интервала, кривая связи отметки верхнего бьефа и объема воды в водохранилища, требуемый расход в нижний бьеф, а также приток реки. Необходимо определить отметку верхнего бьефа на конец расчетного интервала, расход воды из водохранилища, конечный и начальные объемы воды в водохранилище.

Таблица 1 – Кривая связи отметки верхнего бьефа и объема воды в водохранилище

$Z_{\text{вб}}, \text{ м}$	52,0	52,5	53,0	53,5
$V_{\text{вб}} \cdot 10^6 \text{ м}^3$	100	563	1126	1889

$Z_{\text{вб}}^{\text{н}} = 53,0 \text{ м}$ на начало Δt ; $\bar{Q}_{\text{пр}} = 850 \text{ м}^3/\text{с}$; $\bar{Q}_{\text{нб}}^{\text{треб}} = 1100 \text{ м}^3/\text{с}$, $\Delta t = 2,63 \cdot 10^6 \text{ с}$

Требуется найти: $Z_{\text{вб}}^{\text{к}}$, $\bar{Q}_{\text{в}}$, $V_{\text{вб}}^{\text{н}}$, $V_{\text{вб}}^{\text{к}}$.

Задача 4.

Известна отметка воды в водохранилище на начало расчетного интервала, кривая связи отметки верхнего бьефа и объема воды в водохранилища, требуемый расход в нижний бьеф, а также приток реки. Необходимо определить отметку верхнего бьефа на конец расчетного интервала, расход воды из водохранилища, конечный и начальные объемы воды в водохранилище.

Таблица 1 – Кривая связи отметки верхнего бьефа и объема воды в водохранилище

$Z_{\text{вб}}, \text{ м}$	52,0	52,5	53,0	53,5
$V_{\text{вб}} \cdot 10^6 \text{ м}^3$	100	363	626	889

$Z_{\text{вб}}^{\text{н}} = 53,0 \text{ м}$ на начало Δt ; $\bar{Q}_{\text{пр}} = 850 \text{ м}^3/\text{с}$; $\bar{Q}_{\text{нб}}^{\text{треб}} = 900 \text{ м}^3/\text{с}$, $\Delta t = 2,63 \cdot 10^6 \text{ с}$

Требуется найти: $Z_{\text{вб}}^{\text{к}}$, $\bar{Q}_{\text{в}}$, $V_{\text{вб}}^{\text{н}}$, $V_{\text{вб}}^{\text{к}}$.

Задача 5.

Известна отметка воды в водохранилище на начало расчетного интервала, кривая связи отметки верхнего бьефа и объема воды в водохранилища, требуемый расход в нижний бьеф, а также приток реки. Необходимо определить отметку верхнего бьефа на конец расчетного интервала, расход воды из водохранилища, конечный и начальные объемы воды в водохранилище.

Таблица 1 – Кривая связи отметки верхнего бьефа и объема воды в водохранилище

$Z_{вб}, \text{ м}$	52,0	52,5	53,0	53,5
$V_{вб} \cdot 10^6 \text{ м}^3$	100	363	626	889

$Z_{вб}^H = 53,0 \text{ м}$ на начало Δt ; $\bar{Q}_{пр} = 650 \text{ м}^3/\text{с}$; $\bar{Q}_{нб}^{трб} = 800 \text{ м}^3/\text{с}$, $\Delta t = 2,63 \cdot 10^6 \text{ с}$
Требуется найти: $Z_{вб}^K$, $\bar{Q}_в$, $V_{вб}^H$, $V_{вб}^K$.

Задача 6.

Известна отметка воды в водохранилище на начало расчетного интервала, кривая связи отметки верхнего бьефа и объема воды в водохранилища, требуемый расход в нижний бьеф, а также приток реки. Необходимо определить отметку верхнего бьефа на конец расчетного интервала, расход воды из водохранилища, конечный и начальные объемы воды в водохранилище.

Таблица 1 – Кривая связи отметки верхнего бьефа и объема воды в водохранилище

$Z_{вб}, \text{ м}$	52,0	52,5	53,0	53,5
$V_{вб} \cdot 10^6 \text{ м}^3$	100	363	626	889

$Z_{вб}^H = 52,5 \text{ м}$ на начало Δt ; $\bar{Q}_{пр} = 550 \text{ м}^3/\text{с}$; $\bar{Q}_{нб}^{трб} = 650 \text{ м}^3/\text{с}$, $\Delta t = 2,63 \cdot 10^6 \text{ с}$
Требуется найти: $Z_{вб}^K$, $\bar{Q}_в$, $V_{вб}^H$, $V_{вб}^K$.

Задача 7.

Известны отметки воды в водохранилище на начало и конец расчетного интервала, кривая связи отметки верхнего бьефа и объема воды в водохранилища, а также приток реки. Необходимо определить изменение объема воды в водохранилище, расход воды из водохранилища, расход в нижний бьеф.

Таблица 1 – Кривая связи отметки верхнего бьефа и объема воды в водохранилище

$Z_{вб}, \text{ м}$	52,0	52,5	53,0	53,5
$V_{вб} \cdot 10^6 \text{ м}^3$	100	363	626	889

$Z_{вб}^H = 52,5 \text{ м}$ на начало Δt ; $Z_{вб}^K = 53 \text{ м}$ на конец Δt , $\bar{Q}_{пр} = 550 \text{ м}^3/\text{с}$; $\Delta t = 2,63 \cdot 10^6 \text{ с}$

Требуется найти: $Q_{нб}$, $\bar{Q}_в$, $\Delta V_в$

Задача 8.

Известны отметки воды в водохранилище на начало и конец расчетного интервала, кривая связи отметки верхнего бьефа и объема воды в водохранилища, а также приток реки. Необходимо определить изменение объема воды в водохранилище, расход воды из водохранилища, расход в нижний бьеф.

Таблица 1 – Кривая связи отметки верхнего бьефа и объема воды в водохранилище

$Z_{вб}, \text{ м}$	52,0	52,5	53,0	53,5
$V_{вб} \cdot 10^6 \text{ м}^3$	100	363	626	889

$Z_{вб}^н = 53,5 \text{ м}$ на начало Δt ; $Z_{вб}^к = 53 \text{ м}$ на конец Δt , $\bar{Q}_{пр} = 850 \text{ м}^3/\text{с}$; $\Delta t = 2,63 \cdot 10^6 \text{ с}$

Требуется найти: $Q_{нб}$, $\bar{Q}_в$, $\Delta V_в$

Задача 9.

Известны отметки воды в водохранилище на начало и конец расчетного интервала, кривая связи отметки верхнего бьефа и объема воды в водохранилища, а также приток реки. Необходимо определить изменение объема воды в водохранилище, расход воды из водохранилища, расход в нижний бьеф.

Таблица 1 – Кривая связи отметки верхнего бьефа и объема воды в водохранилище

$Z_{вб}, \text{ м}$	52,0	52,5	53,0	53,5
$V_{вб} \cdot 10^6 \text{ м}^3$	100	363	626	889

$Z_{вб}^н = 53,5 \text{ м}$ на начало Δt ; $Z_{вб}^к = 52,5 \text{ м}$ на конец Δt , $\bar{Q}_{пр} = 750 \text{ м}^3/\text{с}$; $\Delta t = 2,63 \cdot 10^6 \text{ с}$

Требуется найти: $Q_{нб}$, $\bar{Q}_в$, $\Delta V_в$

Задача 10.

Известны отметки воды в водохранилище на начало и конец расчетного интервала, кривая связи отметки верхнего бьефа и объема воды в водохранилища, а также приток реки. Необходимо определить изменение объема воды в водохранилище, расход воды из водохранилища, расход в нижний бьеф.

Таблица 1 – Кривая связи отметки верхнего бьефа и объема воды в водохранилище

$Z_{вб}, \text{ м}$	52,0	52,5	53,0	53,5
---------------------	------	------	------	------

$V_{\text{вб}} \cdot 10^6 \text{ м}^3$	100	363	626	889
--	-----	-----	-----	-----

$Z_{\text{вб}}^{\text{н}} = 53 \text{ м}$ на начало Δt ; $Z_{\text{вб}}^{\text{к}} = 52,5 \text{ м}$ на конец Δt , $\bar{Q}_{\text{пр}} = 1050 \text{ м}^3/\text{с}$; $\Delta t = 2,63 \cdot 10^6 \text{ с}$

Требуется найти: $Q_{\text{нб}}$, $\bar{Q}_{\text{в}}$, $\Delta V_{\text{в}}$

Задача 11.

Известны отметки воды в водохранилище на начало и конец расчетного интервала, кривая связи отметки верхнего бьефа и объема воды в водохранилище, а также приток реки. Необходимо определить изменение объема воды в водохранилище, расход воды из водохранилища, расход в нижний бьеф.

Таблица 1 – Кривая связи отметки верхнего бьефа и объема воды в водохранилище

$Z_{\text{вб}}, \text{ м}$	52,0	52,5	53,0	53,5
$V_{\text{вб}} \cdot 10^6 \text{ м}^3$	100	363	626	889

$Z_{\text{вб}}^{\text{н}} = 52 \text{ м}$ на начало Δt ; $Z_{\text{вб}}^{\text{к}} = 53,5 \text{ м}$ на конец Δt , $\bar{Q}_{\text{пр}} = 1050 \text{ м}^3/\text{с}$; $\Delta t = 2,63 \cdot 10^6 \text{ с}$

Требуется найти: $Q_{\text{нб}}$, $\bar{Q}_{\text{в}}$, $\Delta V_{\text{в}}$

Задания Базовой части

Раздел 3. Ветроэнергетические расчеты (10 баллов)

Задача 1.

По ряду фактических наблюдений построить $t(V)$ и рассчитать среднемноголетнюю скорость V_{cp} по фактическим данным и по $t(V)$.

Дано:

V, м/с	7	8	8	8	1	1	5	4	4	6	5	3	2	3	2	7	6	6
№ измер	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18

V, м/с	2	5	5	3	2	4	5	4	6	7	7
№ измер	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29

Найти: V_0 и V_{cp} , м/с

Решение задачи 1.

Среднемноголетняя скорость определяется по формуле $V_{cp} = \frac{\sum_1^n V_i}{n}$, м/с

По повторяемости среднемноголетняя скорость определяется по формуле

$$\bar{V}_0 = \sum_1^n (\bar{V}_j^{rp} * t(\bar{V}_j^{rp})), \text{ м/с}$$

$$V_{cp} = \frac{\sum_1^n V_i}{n} = \frac{7 + 8 + 8 + 8 + 1 + \dots + 7 + 7}{29} = 4,69 \text{ м/с}$$

Для расчета среднемноголетней скорости ветра по повторяемости необходимо рассчитать повторяемость скорости ветра по каждой градации. Повторяемость определяется по формуле

$$t(\bar{V}_j^{rp}) = \frac{m}{n + 1}$$

где m – количество измерений, попадающих в диапазон градации

n – общее число измерений

Например, для первой градации $m = 2$ (нужные измерения выделены желтым цветом). Для второй градации $m=7$, и т.д.

$V_j - V_{j+1}$, м/с	$V_j^{cp} - V_{j+1}^{cp}$, м/с	$\bar{V}_j^{cp}$, м/с	m	$t(\bar{V}_j^{rp})$
0–1	0–1,5	0,75	2	2/30=0,07
2–3	1,5–3,5	2,5	7	0,23
4–5	3,5–5,5	4,50	9	0,30
6–7	5,5–7,5	6,5	8	0,27
8–9	7,5–9,5	8,5	3	0,10
10–11	9,5–11,5	10,5	0	0
12–13	11,5–13,5	12,5	0	0

$$\bar{V}_0 = \sum_1^n (\bar{V}_j^{rp} * t(\bar{V}_j^{rp})) = 0,07 * 0,75 + 0,23 * 2,5 + 0,3 * 4,5 + 0,27 * 6,5 + 0,1 * 8,5 = 4,57 \text{ м/с}$$

Ответ: $\bar{V}_0 = 4,57 \text{ м/с}$, $V_{cp} = 4,69 \text{ м/с}$.

Задача 2.

Дано:

скорость ветра на высоте 40 м $V_0^{40} = 6,7 \text{ м/с}$, на высоте 25 м $V_0^{25} = 4,8 \text{ м/с}$, а на высоте 10 м $V_0^{10} = 2,1 \text{ м/с}$.

Найти: показатель степени m .

Решение задачи 2.

При построении вертикального профиля ветра используется максимальный размах по высоте, поэтому показатель степени m определяется по скорости ветра на максимальной и минимальной высоте. В данной задаче это высоты 40 м и 10 м.

Степенной закон изменения ВПВ $\frac{V^{h_2}}{V^{h_1}} = \left(\frac{h_2}{h_1}\right)^m$, из этого соотношения и находят показатель степени.

$$\frac{V_0^{40}}{V_0^{10}} = \left(\frac{40}{10}\right)^m$$

$$m = \log_{40/10} 6,7/2,1 = 0,84$$

Задача 3.

По ряду фактических наблюдений построить $t(V)$ и рассчитать среднегодовую скорость $V_{\text{ср}}$ по фактическим данным и по $t(V)$.

Дано:

V, м/с	5,7	3,7	1,1	8,5	3,7	1,2	4,7	4,7	3,9	6,3	0,7	8,2	6,7	1,1	2,7
№ измер	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

V, м/с	6,2	4,2	1,6	9	4,2	1,7	5,2	5,2	4,4	6,8	1,2	8,7	7,2	1,6
№ измер	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29

Найти: V_0 и $V_{\text{ср}}$, м/с

Задача 4.

Дано:

скорость ветра на высоте 45 м $V_0^{45} = 7,2$ м/с, на высоте 35 м $V_0^{35} = 5,4$ м/с, а на высоте 10 м $V_0^{10} = 2,6$ м/с.

Найти: показатель степени m .

Задача 5.

По ряду фактических наблюдений построить $t(V)$ и рассчитать среднегодовую скорость $V_{\text{ср}}$ по фактическим данным и по $t(V)$.

Дано:

V, м/с	5	3	0,4	7,8	3	0,5	4	4	3,2	5,6	0	7,5	6	0,4	2	5,7	3,7	1,1
№ измер	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18

V, м/с	8,5	3,7	1,2	4,7	4,7	3,9	6,3	0,7	8,2	6,7	1,1
№ измер	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29

Найти: V_0 и $V_{\text{ср}}$, м/с

Задача 6.

Дано:

скорость ветра на высоте 30 м $V_0^{30} = 5,8$ м/с, на высоте 20 м $V_0^{20} = 3,8$ м/с, а на высоте 10 м $V_0^{10} = 1,2$ м/с.

Найти: показатель степени m .

Задача 7.

По ряду фактических наблюдений построить $t(V)$ и рассчитать среднемноголетнюю скорость $V_{\text{ср}}$ по фактическим данным и по $t(V)$.

Дано:

V, м/с	7,2	5,2	2,6	10	5,2	2,7	6,2	6,2	5,4	7,8	2,2	9,7	8,2	2,6	4,2
№ измер	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

V, м/с	5,7	3,7	1,1	8,5	3,7	1,2	4,7	4,7	3,9	6,3	0,7	8,2	6,7	1,1
№ измер	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29

Найти: V_0 и $V_{\text{ср}}$, м/с

Задача 8.

Дано:

скорость ветра на высоте 60 м $V_0^{60} = 8,8$ м/с, на высоте 45 м $V_0^{45} = 4,8$ м/с, а на высоте 10 м $V_0^{10} = 4,1$ м/с.

Найти: показатель степени m .

Задача 9.

По ряду фактических наблюдений построить $t(V)$ и рассчитать среднемноголетнюю скорость $V_{\text{ср}}$ по фактическим данным и по $t(V)$.

Дано:

V, м/с	6,7	4,7	2,1	9,5	4,7	2,2	5,7	5,7	4,9	7,3	1,7	9,2	7,7	2,1	3,7
№ измер	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

V, м/с	9,2	7,2	4,6	12	7,2	4,7	8,2	8,2	7,4	9,8	4,2	11,7	10,2	4,6
№ измер	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29

Найти: V_0 и $V_{\text{ср}}$, м/с

Задача 10.

Дано:

Найдите показатель степени, если известно, что:

скорость ветра на высоте 75 м $V_0^{75} = 10,2$ м/с, на высоте 60 м $V_0^{60} = 8,7$ м/с, а на высоте 20 м $V_0^{20} = 2,7$ м/с.

Найти: показатель степени m .

Задача 11.

По ряду фактических наблюдений построить $t(V)$ и рассчитать среднемноголетнюю скорость $V_{\text{ср}}$ по фактическим данным и по $t(V)$.

Дано:

V, м/с	10,2	8,2	5,6	13	8,2	5,7	9,2	9,2	8,4	10,8	5,2	12,7	11,2	5,6	7,2
№ измер	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

V, м/с	7,2	5,2	2,6	10	5,2	2,7	6,2	6,2	5,4	7,8	2,2	9,7	8,2	2,6
№ измер	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29

Найти: V_0 и $V_{\text{ср}}$, м/с

Задача 12.

Дано:

скорость ветра на высоте 100 м $V_0^{100} = 12,8$ м/с, на высоте 95 м $V_0^{35} = 12,2$ м/с, а на высоте 10 м $V_0^{10} = 1,1$ м/с.

Найти: показатель степени m .

Задания Базовой части

Раздел 4. Гелеоэнергетические расчеты (10 баллов)

Задача 1.

С использованием формулы Ангстрема определите среднесуточную сумму солнечного излучения, если известны следующие исходные данные:

- месячная сумма заатмосферного солнечного излучения составляет 44 кВтч/кв.м;
- доля солнечного излучения, пропускаемого облачностью — 38 %;
- фактическое время солнечного сияния — 31 час в месяц;
- максимально достижимое время солнечного сияния — 226 часов в месяц.

Продолжительность месяца принять равной 30 дням.

Решение задачи 1.

Солнечное излучение, падающее на поверхность Земли математически разделяют на две части: доля, пропускаемая облачностью a , и доля, задерживаемая облачностью b . при этом выполняется равенство $a + b = 1,0$. Таким образом, доля солнечного излучения, задерживаемая облачностью $b = 1 - 0,38 = 0,62$.

Формула Ангстрема связывает суммарное солнечное излучение, достигшее поверхности Земли и величину заатмосферного солнечного излучения: $\mathcal{E}_\Sigma^{\Gamma}(\Delta t) = \mathcal{E}_0^{\Gamma}(\Delta t) \cdot \left[a + b \frac{T_{cc}^{\text{факт}}}{T_{cc}^{\text{макс}}} \right]$.

Подставляя в формулу Ангстрема заданные исходные данные получаем месячную сумму солнечного излучения: $\mathcal{E}_\Sigma^{\Gamma}(\Delta t) = \mathcal{E}_0^{\Gamma}(\Delta t) \cdot \left[a + b \frac{T_{cc}^{\text{факт}}}{T_{cc}^{\text{макс}}} \right] = 44 \cdot \left[0,38 + 0,62 \frac{31}{226} \right] = 20,5$ кВтч/кв.м.

Искомая среднесуточная сумма солнечного излучения определяется следующим образом:

$$\frac{\mathcal{E}_\Sigma^{\Gamma}(\Delta t)}{\text{кол-во дней в месяце}} = \frac{20,5}{30} = 0,68 \text{ кВтч.кв.м за сутки.}$$

Ответ: 0,68 кВтч.кв.м за сутки.

Задача 2.

С использованием формулы Ангстрема определите среднесуточную сумму солнечного излучения, если известны следующие исходные данные:

- месячная сумма заатмосферного солнечного излучения составляет 115 кВтч/кв.м;
- доля солнечного излучения, пропускаемого облачностью — 35 %;
- фактическое время солнечного сияния — 68 часов в месяц;
- максимально достижимое время солнечного сияния — 226 часов в месяц.

Продолжительность месяца принять равной 30 дням.

Задача 3.

С использованием формулы Ангстрема определите среднесуточную сумму солнечного излучения, если известны следующие исходные данные:

- месячная сумма заатмосферного солнечного излучения составляет 152 кВтч/кв.м;
- доля солнечного излучения, пропускаемого облачностью — 32 %;
- фактическое время солнечного сияния — 133 часа в месяц;
- максимально достижимое время солнечного сияния — 343 часов в месяц.

Продолжительность месяца принять равной 30 дням.

Задача 4.

С использованием формулы Ангстрема определите среднесуточную сумму солнечного излучения, если известны следующие исходные данные:

- месячная сумма заатмосферного солнечного излучения составляет 247 кВтч/кв.м;
- доля солнечного излучения, пропускаемого облачностью — 29 %;
- фактическое время солнечного сияния — 171 час в месяц;
- максимально достижимое время солнечного сияния — 429 часов в месяц.

Продолжительность месяца принять равной 30 дням

Задача 5.

С использованием формулы Ангстрема определите среднесуточную сумму солнечного излучения, если известны следующие исходные данные:

- месячная сумма заатмосферного солнечного излучения составляет 323 кВтч/кв.м;
- доля солнечного излучения, пропускаемого облачностью — 30 %;
- фактическое время солнечного сияния — 262 часа в месяц;
- максимально достижимое время солнечного сияния — 481 час в месяц.

Продолжительность месяца принять равной 30 дням.

Задача 6.

С использованием формулы Ангстрема определите среднесуточную сумму солнечного излучения, если известны следующие исходные данные:

- месячная сумма заатмосферного солнечного излучения составляет 378 кВтч/кв.м;
- доля солнечного излучения, пропускаемого облачностью — 30 %;
- фактическое время солнечного сияния — 277 часов в месяц;
- максимально достижимое время солнечного сияния — 536 часов в месяц.

Продолжительность месяца принять равной 30 дням.

Задача 7.

С использованием формулы Ангстрема определите среднесуточную сумму солнечного излучения, если известны следующие исходные данные:

- месячная сумма заатмосферного солнечного излучения составляет 343 кВтч/кв.м;
- доля солнечного излучения, пропускаемого облачностью — 31 %;
- фактическое время солнечного сияния — 277 часов в месяц;
- максимально достижимое время солнечного сияния — 503 часа в месяц.

Продолжительность месяца принять равной 30 дням.

Задача 8.

С использованием формулы Ангстрема определите среднесуточную сумму солнечного излучения, если известны следующие исходные данные:

- месячная сумма заатмосферного солнечного излучения составляет 282 кВтч/кв.м;
- доля солнечного излучения, пропускаемого облачностью — 30 %;
- фактическое время солнечного сияния — 234 часа в месяц;
- максимально достижимое время солнечного сияния — 463 часа в месяц.

Продолжительность месяца принять равной 30 дням.

Задача 9.

С использованием формулы Ангстрема определите среднесуточную сумму солнечного излучения, если известны следующие исходные данные:

- месячная сумма заатмосферного солнечного излучения составляет 191 кВтч/кв.м;
- доля солнечного излучения, пропускаемого облачностью — 28 %;
- фактическое время солнечного сияния — 142 часа в месяц;
- максимально достижимое время солнечного сияния — 376 часов в месяц.

Продолжительность месяца принять равной 30 дням.

Задача 10.

С использованием формулы Ангстрема определите среднесуточную сумму солнечного излучения, если известны следующие исходные данные:

- месячная сумма заатмосферного солнечного излучения составляет 120 кВтч/кв.м;
- доля солнечного излучения, пропускаемого облачностью — 27 %;
- фактическое время солнечного сияния — 76 час в месяц;
- максимально достижимое время солнечного сияния — 314 часов в месяц.

Продолжительность месяца принять равной 30 дням.

Задания Специальной части

Раздел 5. Валовой энергетический потенциал. Гидроэнергетика (10 баллов)

Задача 1.

Дан участок открытого водотока между створами 1 и 2, информация по которым приведена ниже в таблице и известно: водоток перемерзает зимой на 2 месяца.

Оцените валовую энергию и удельную энергоемкость данного участка водотока.

j створ реки	∇j , м	L_j , км	Q_j , м ³ /с
1	100	20	Расходы водотока в створах принять одинаковыми и постоянными в течение года за исключением периодов перемерзания реки, и определить по ТКО (рис.1)
2	95	30	

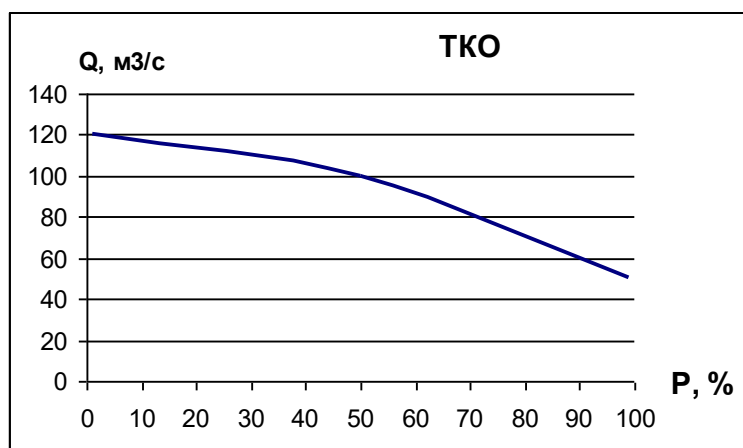


Рисунок 1 – Теоретическая кривая обеспеченности (ТКО)

Решение задачи 1.

Для определения валовой мощности участка водотока необходимо определить подведенный напор $H_{\text{под}}$, расход средневодного года $Q_{50\%}$ (расход при обеспеченности 50%, применяется для расчета валового потенциала водотока).

$$H_{\text{под}} = \nabla_1 - \nabla_2 = 100 - 95 = 5 \text{ м}$$

$$Q_{50\%} \text{ определяем по рисунку 1, } = 100 \text{ м}^3/\text{с}$$

Теперь определим валовую мощность $N_{\text{вал}}$

$$N_{\text{вал}} = 9,81 \cdot H_{\text{под}} \cdot Q_{50\%} = 9,81 \cdot 5 \cdot 100 = 4905 \text{ кВт}$$

Удельная энергоемкость участка водотока определяется по формуле

$$i^{N_{\text{вал}}} = \frac{N_{\text{вал}}}{L_2 - L_1} = \frac{4905}{30 - 20} = 490,5 \text{ кВт/км}$$

$$\text{Валовая энергия определяется } \mathcal{E}_{\text{вал}} = N_{\text{вал}} \cdot T_{\text{год}}$$

$T_{\text{год}}$ – число часов в году = 8760 ч. Т.к. река перемерзает на 2 месяца, то

$$T_{\text{год}} = 8760 - 30 \cdot 2 \cdot 24 = 7320 \text{ ч.}$$

$$\text{Тогда } \mathcal{E}_{\text{вал}} = 4905 \cdot 7320 = 35904600 \text{ кВтч} = 35,9 \text{ ГВтч}$$

Ответ: $N_{\text{вал}} = 4905 \text{ кВт}$, $\mathcal{E}_{\text{вал}} = 35,9 \text{ ГВтч}$, $i^{N_{\text{вал}}} = 490,5 \text{ кВт/км}$

Задача 2.

Дан участок горного водотока между створами 1 и 2, информация по которым приведена ниже в таблице. Оцените валовую энергию и удельную энергоемкость данного участка водотока

j створ реки	∇j , м	L_j , км	Q_j , м ³ /с
1	60	50	Расходы водотока в створах принять одинаковыми

2	10	60	и постоянными в течение года за исключением периодов перемерзания реки, и определить по ТКО (рис.1)
---	----	----	---

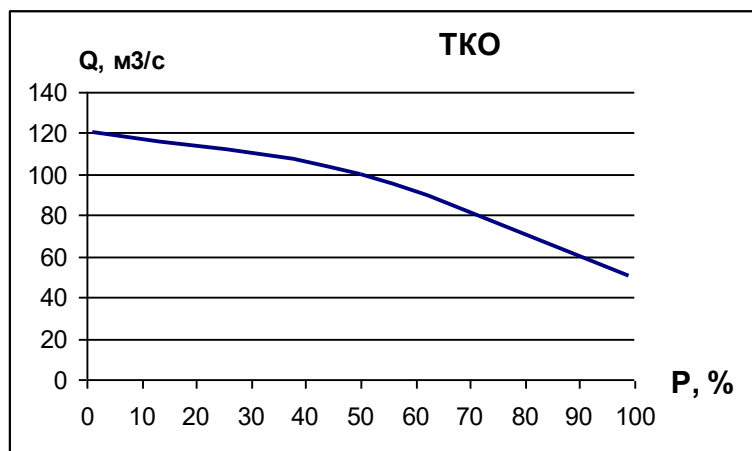


Рисунок 1 – Теоретическая кривая обеспеченности (ТКО)

Задача 3.

Дан участок горного водотока между створами 1 и 2, информация по которым приведена ниже в таблице и известно: водоток перемерзает зимой на 3 месяца. Оцените валовую энергию и удельную энергоёмкость данного участка водотока

j створ реки	∇_j , м	L_j , км	Q_j , м³/с
1	115	20	Расходы водотока в створах принять одинаковыми и постоянными в течение года за исключением периодов перемерзания реки, и определить по ТКО (рис.1)
2	15	22	

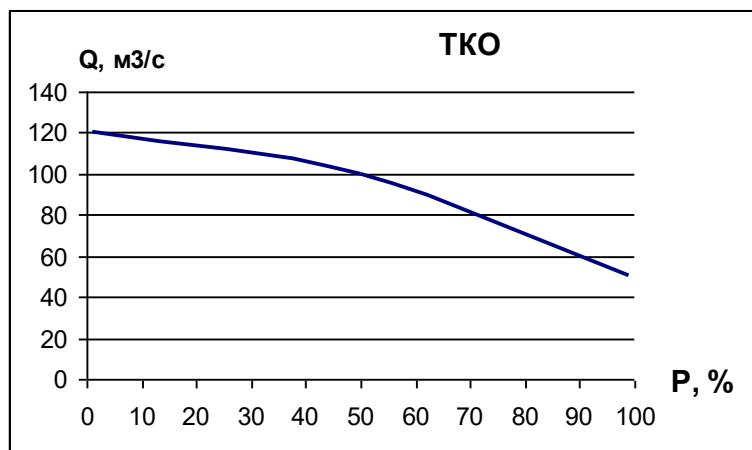


Рисунок 1 – Теоретическая кривая обеспеченности (ТКО)

Задача 4.

Дан участок горного водотока между створами 1 и 2, информация по которым приведена ниже в таблице и известно: водоток перемерзает зимой на 3 месяца. Оцените валовую энергию и удельную энергоёмкость данного участка водотока

j створ реки	∇_j , м	L_j , км	Q_j , м³/с
1	115	20	Расходы водотока в створах принять одинаковыми

2	95	25	и постоянными в течение года за исключением периодов перемерзания реки, и определить по ТКО (рис.1)
---	----	----	---

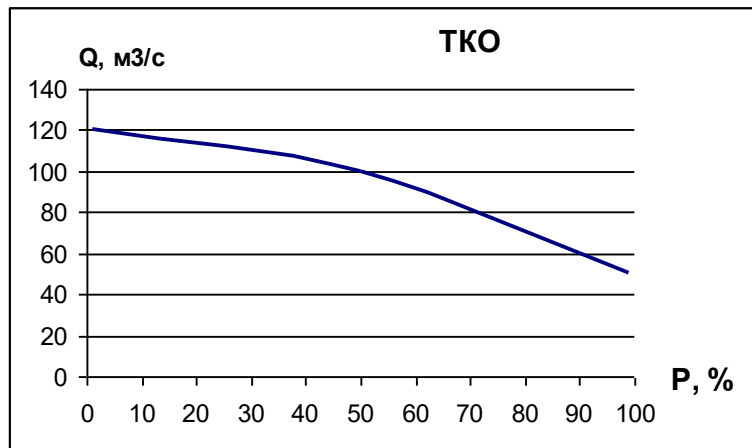


Рисунок 1 – Теоретическая кривая обеспеченности (ТКО)

Задача 5.

Дан участок горного водотока между створами 1 и 2, информация по которым приведена ниже в таблице и известно: водоток перемерзает зимой на 1,5 месяца. Оцените валовую энергию и удельную энергоёмкость данного участка водотока

j створ реки	∇_j , м	L_j , км	Q_j , м ³ /с
1	95	25	Расходы водотока в створах принять одинаковыми и постоянными в течение года за исключением периодов перемерзания реки, и определить по ТКО (рис.1)
2	90	35	

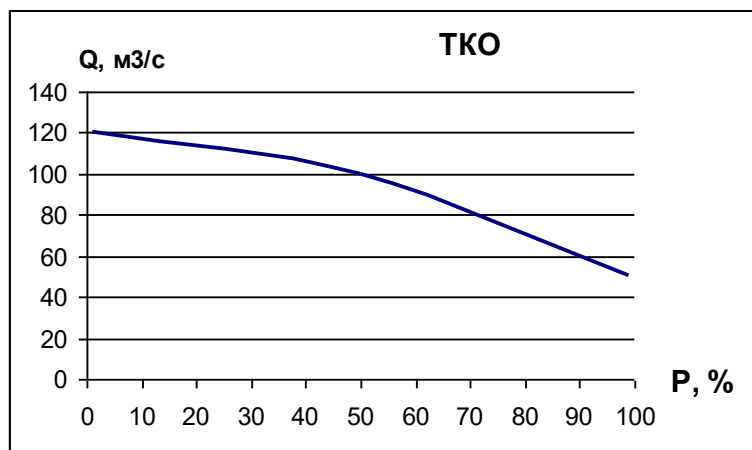


Рисунок 1 – Теоретическая кривая обеспеченности (ТКО)

Задача 6.

Дан участок горного водотока между створами 1 и 2, информация по которым приведена ниже в таблице. Оцените валовую энергию и удельную энергоёмкость данного участка водотока

j створ реки	∇_j , м	L_j , км	Q_j , м ³ /с
1	125	15	Расходы водотока в створах принять одинаковыми

2	90	45	и постоянными в течение года за исключением периодов перемерзания реки, и определить по ТКО (рис.1)
---	----	----	---

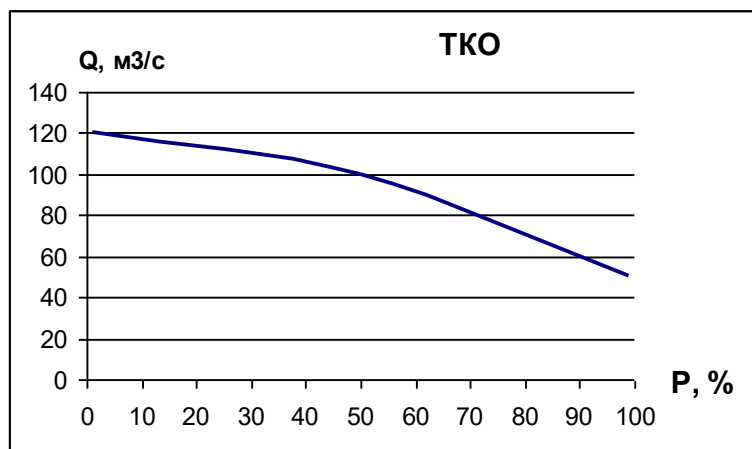


Рисунок 1 – Теоретическая кривая обеспеченности (ТКО)

Задача 7.

Дан участок открытого водотока между створами 1 и 2, информация по которым приведена ниже в таблице, и известны: удельная энергоёмкость данного участка – 300 кВт/км и валовая энергия – 21,96 млн.кВт.ч. Определите расходы среднегодового и маловодного года (приняв как 50% от расхода среднегодового года) на данном участке водотока

j створ реки	∇_j , м	L_j , км	Q_j , м³/с
1	120	10	Расходы водотока в створах принять одинаковыми и постоянными в течение года за исключением периодов времени перемерзания реки.
2	100	20	

Задача 8.

Дан участок открытого водотока между створами 1 и 2, информация по которым приведена ниже в таблице, и известны: удельная энергоёмкость данного участка 200 кВт/км и валовая энергия – 7,2 млн.кВтч. Определите расходы среднегодового и маловодного года (приняв как 60% от расхода среднегодового года) на данном участке водотока

j створ реки	∇_j , м	L_j , км	Q_j , м³/с
1	150	15	Расходы водотока в створах принять одинаковыми и постоянными в течение года за исключением периодов времени перемерзания реки.
2	140	20	

Задача 9.

Дан участок открытого водотока между створами 1 и 2, информация по которым приведена ниже в таблице, и известны: удельная энергоёмкость данного участка – 400 кВт/км и валовая энергия – 42,96 млн.кВт.ч. Определите расходы среднегодового и маловодного года (приняв как 50% от расхода среднегодового года) на данном участке водотока

j створ реки	∇_j , м	L_j , км	Q_j , м³/с
1	120	10	Расходы водотока в створах принять одинаковыми

2	90	35	и постоянными в течение года за исключением периодов времени перемерзания реки.
---	----	----	---

Задача 10.

Дан участок открытого водотока между створами 1 и 2, информация по которым приведена ниже в таблице, и известны: удельная энергоёмкость данного участка – 450 кВт/км и валовая энергия – 31,06 млн.кВт.ч. Определите расходы средневодного и маловодного года (приняв как 60% от расхода средневодного года) на данном участке водотока

j створ реки	∇_j , м	L_j , км	Q_j , м ³ /с
1	110	10	Расходы водотока в створах принять одинаковыми и постоянными в течение года за исключением периодов времени перемерзания реки.
2	85	30	

Задача 11.

Дан участок открытого водотока между створами 1 и 2, информация по которым приведена ниже в таблице, и известны: удельная энергоёмкость данного участка – 250 кВт/км и валовая энергия – 17,36 млн.кВт.ч. Определите расходы средневодного и маловодного года (приняв как 50% от расхода средневодного года) на данном участке водотока

j створ реки	∇_j , м	L_j , км	Q_j , м ³ /с
1	70	10	Расходы водотока в створах принять одинаковыми и постоянными в течение года за исключением периодов времени перемерзания реки.
2	55	20	

Задания Специальной части

Раздел 6. «Технический энергетический потенциал. Гидроэнергетика» (10 баллов)

Задача 1.

Дан участок открытого водотока между створами 1 и 2, информация по которым приведена ниже в таблице и известно: водоток перемерзает зимой на 2 месяца; $r_{эк} = 8$ км для всех типов малых ГЭС, которые могут быть построены на данном участке водотока.

j створ реки	∇_j , м	L_j , км	Q_j , м ³ /с	Z_j^{max} , м	Z_j^{min} , м
1	100	20	Расходы водотока в створах принять одинаковыми и постоянными в течение года за исключением периодов перемерзания реки, и определить по ТКО (рис.1)	115	100
2	95	30		115	95

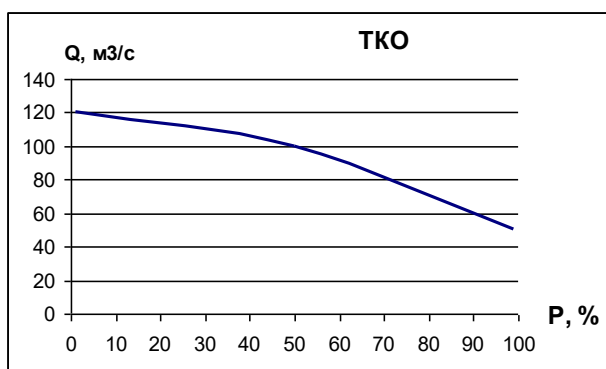


Рисунок 1 – Теоретическая кривая обеспеченности (ТКО)

- а) Рассчитайте значение технико-экологического потенциала участка водотока при условии его использования русловой малой ГЭС с заданными техническими параметрами ($K_N=8,2$ и рабочий диапазон напоров от 3 до 10 м). Представьте графически размещение МГЭС на данном участке водотока и оцените ее параметры: мощность, напор и расход.
- б) Проверьте целесообразность энергоснабжения потребителя мощностью 2000 кВт от МГЭС (параметры которой определены в п.а), если известно, что потребитель находится на самом берегу водотока в 6 км по длине реки от створа 1.
- в) Оцените гарантированную мощность МГЭС (параметры которой определены в п.а).

Решение задачи 1.

а) Для определения мощности МГЭС и их количества необходимо определить располагаемый напор $H_{расп}$, сравнить с ограничениями по высоте плотины (от 3-х до 10-ти метров по условию) расход маловодного года $Q_{95\%}$ (расход при обеспеченности 95%, применяется для расчета технико-экологического потенциала водотока).

Располагаемый напор определяется по условию:

Если:

$$\nabla_1 - \nabla_2 \leq Z_2^{max} - Z_2^{min}, \text{ то } H_{расп} = \nabla_1 - \nabla_2$$

$$\nabla_1 - \nabla_2 > Z_2^{max} - Z_2^{min}, \text{ то } H_{расп} = Z_2^{max} - Z_2^{min}$$

В данной задаче

$$\nabla_1 - \nabla_2 = 100 - 95 = 5 \text{ м}$$

$$Z_2^{max} - Z_2^{min} = 115 - 95 = 20 \text{ м}$$

Следовательно $H_{расп} = \nabla_1 - \nabla_2 = 5$ м.

Далее сравниваем с диапазоном допустимых высот плотины $H_{min} < H_{расп} < H_{max}$

Если условие выполняется, то $H_{гэс} = H_{расп}$, если нет, то при $H_{расп} > H_{max}$, $H_{гэс} = H_{max}$, а при $H_{расп} < H_{min}$ МГЭС построить нельзя.

5 м < 10 м, поэтому $H_{гэс} = 5$ м и строим только одну станцию. В некоторых случаях станций может быть несколько, пока позволяет участок водотока.

$Q_{95\%}$ определяем по рисунку 1, = 50 м³/с

Теперь определим валовую мощность $N_{МГЭС}$

$$N_{\text{вал}} = k_N * N_{\text{ГЭС}} * Q_{95\%} = 8,2 * 5 * 50 = 2050 \text{ кВт}$$

$$\text{Валовая энергия определяется } \mathcal{E}_{\text{вал}} = N_{\text{вал}} * T_{\text{год}}$$

$T_{\text{год}}$ – число часов в году = 8760 ч. Т.к. река промерзает на 2 месяца, то

$$T_{\text{год}} = 8760 - 30 * 2 * 24 = 7320 \text{ ч.}$$

$$\text{Тогда } \mathcal{E}_{\text{вал}} = 2050 * 7320 = 155006000 \text{ кВтч} = 15 \text{ ГВтч}$$

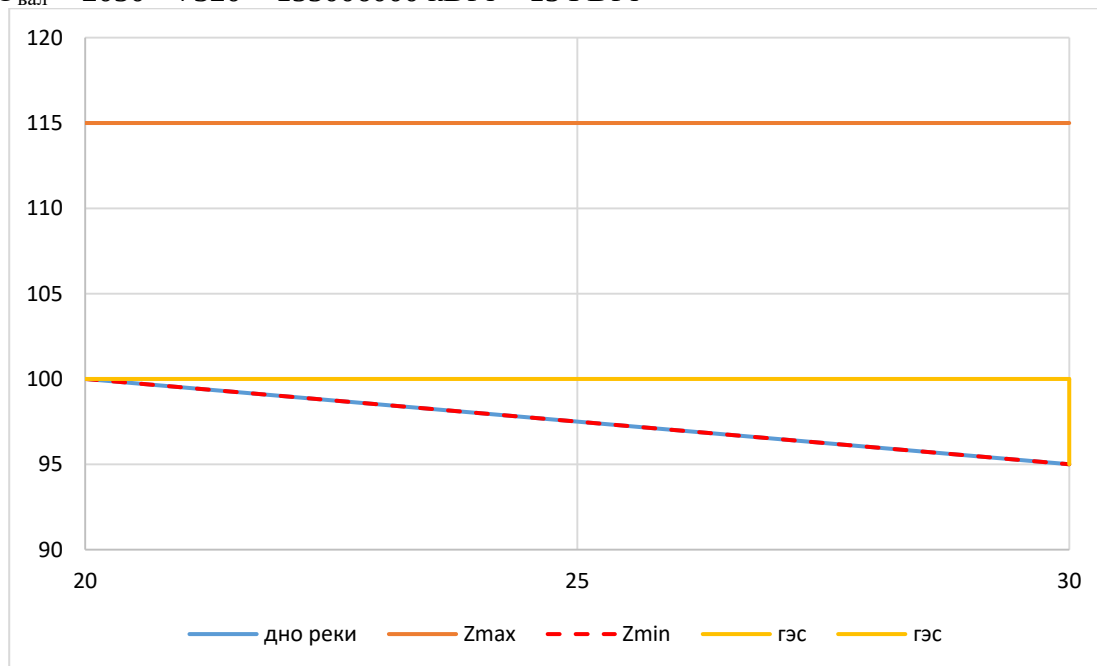


Рисунок – Графическое изображение плотины ГЭС

б) Для определения возможности энергоснабжения сравниваем мощность ГЭС и потребителя, а также удаленность потребителя с $r_{\text{ЭК}}$

- $P_{\text{потр}} = 2000 \text{ кВт}$, а $N_{\text{ГЭС}} = 2050 \text{ кВт}$. Мощности ГЭС хватит для энергоснабжения потребителя;

- $r_{\text{потр}} < r_{\text{ЭК}}$, тогда можно обеспечить энергоснабжение потребителя

Таким образом $6 \text{ км} < 8 \text{ км}$, а мощность $2000 \text{ кВт} < 2050 \text{ кВт}$, потребителя целесообразно обеспечить энергией от МГЭС.

в) В связи с тем, что река промерзает на 2 месяца, ее гарантированная мощность равна 0 кВт.

Задача 2.

Дан участок открытого водотока между створами 1 и 2, информация по которым приведена ниже в таблице и известно: $r_{\text{ЭК}} = 4 \text{ км}$ для всех типов малых ГЭС, которые могут быть построены на данном участке водотока.

j створ реки	$\nabla_j, \text{ м}$	$L_j, \text{ км}$	$Q_j, \text{ м}^3/\text{с}$	$Z_j^{\text{max}}, \text{ м}$	$Z_j^{\text{min}}, \text{ м}$
1	120	10	Расходы водотока в створах принять одинаковыми и постоянными в течение года за исключением периодов замерзания реки, и определить по ТКО (рис.1)	120	120
2	100	20		120	100

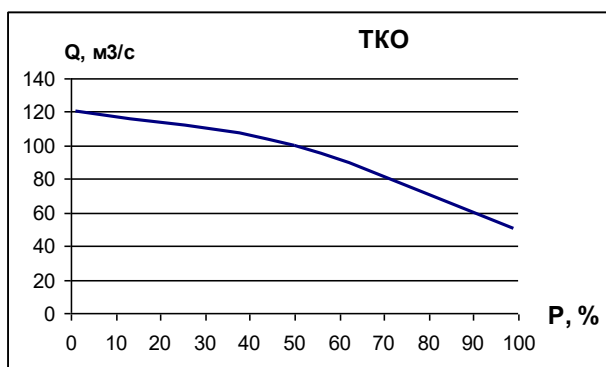


Рисунок 1 – Теоретическая кривая обеспеченности (ТКО)

- а) Рассчитайте значение технико-экологического потенциала участка водотока при условии его использования русловой малой ГЭС с заданными техническими параметрами ($K_N=8,2$ и рабочий диапазон напоров от 4 до 10 м). Представьте графически размещение МГЭС на данном участке водотока и оцените ее параметры: мощность, напор и расход.
- б) Проверьте целесообразность энергоснабжения потребителя мощностью 8000 кВт от МГЭС (параметры которой определены в п.а), если известно, что потребитель находится на самом берегу водотока в 2 км по длине реки от створа 2.
- в) Оцените гарантированную мощность МГЭС (параметры которой определены в п.а).

Задача 3.

Дан участок открытого водотока между створами 1 и 2, информация по которым приведена ниже в таблице и известно: $r_{эк}=4$ км для всех типов малых ГЭС, которые могут быть построены на данном участке водотока.

j створ реки	∇_j , м	L_j , км	Q_j , м ³ /с	$Z_j^{\max}$, м	$Z_j^{\min}$, м
1	110	20	Расходы водотока в створах принять одинаковыми и постоянными в течение года для условий маловодного года 20 м ³ /с и средневодного года 30 м ³ /с	110	100
2	95	24		110	95

- а) Рассчитайте значение технико-экологического потенциала участка водотока при условии его использования русловой малой ГЭС с заданными техническими параметрами ($K_N=8,2$ и рабочий диапазон напоров от 4 до 10 м). Представьте графически размещение МГЭС на данном участке водотока и оцените ее параметры: мощность, напор и расход.
- б) Проверьте целесообразность энергоснабжения потребителя мощностью 3000 кВт от МГЭС (параметры которой определены в п.а), если известно, что потребитель находится на расстоянии 1,5 км от берега, находящегося на расстоянии 20 км по длине реки.
- в) Оцените гарантированную мощность МГЭС (параметры которой определены в п.а).

Задача 4.

Дан участок открытого водотока между створами 1 и 2, информация по которым приведена ниже в таблице и известно: водоток перемерзает зимой на 2 месяца; $r_{эк}=6$ км для всех типов малых ГЭС, которые могут быть построены на данном участке водотока.

j створ реки	∇_j , м	L_j , км	Q_j , м ³ /с	$Z_j^{\max}$, м	$Z_j^{\min}$, м
1	110	20	Расходы водотока в створах принять одинаковыми и постоянными в течение года для условий маловодного года 20 м ³ /с и средневодного года 30 м ³ /с	120	110
2	105	24		115	105

- а) Рассчитайте значение технико-экологического потенциала участка водотока при условии его использования русловой малой ГЭС с заданными техническими параметрами ($K_N=8,2$ и рабочий диапазон напоров от 5 до 8 м). Представьте графически размещение МГЭС на данном участке водотока и оцените ее параметры: мощность, напор и расход.
- б) Проверьте целесообразность энергоснабжения потребителя мощностью 3000 кВт от МГЭС (параметры которой определены в п.а), если известно, что потребитель находится на расстоянии 1,5 км от берега, находящегося на расстоянии 3 км по длине реки.
- в) Оцените гарантированную мощность МГЭС (параметры которой определены в п.а).

Задача 5.

Дан участок открытого водотока между створами 1 и 2, информация по которым приведена ниже в таблице и известно: водоток перемерзает зимой на 2 месяца; $r_{ЭК}=6$ км для всех типов малых ГЭС, которые могут быть построены на данном участке водотока.

j створ реки	∇_j , м	L_j , км	Q_j , м ³ /с	$Z_j^{\max}$, м	$Z_j^{\min}$, м
1	110	20	Расходы водотока в створах принять одинаковыми и постоянными в течение года для условий маловодного года 20 м ³ /с и средневодного года 30 м ³ /с	120	110
2	105	24		115	105

- а) Рассчитайте значение технико-экологического потенциала участка водотока при условии его использования русловой малой ГЭС с заданными техническими параметрами ($K_N=8,2$ и рабочий диапазон напоров от 5 до 8 м). Представьте графически размещение МГЭС на данном участке водотока и оцените ее параметры: мощность, напор и расход.
- б) Проверьте целесообразность энергоснабжения потребителя мощностью 3000 кВт от МГЭС (параметры которой определены в п.а), если известно, что потребитель находится на расстоянии 1,5 км от берега, находящегося на расстоянии 3 км по длине реки.
- в) Оцените гарантированную мощность МГЭС (параметры которой определены в п.а).

Задача 6.

Дан участок открытого водотока между створами 1 и 2, информация по которым приведена ниже в таблице и $r_{ЭК}=2,8$ км для всех типов малых ГЭС, которые могут быть построены на данном участке водотока.

j створ реки	∇_j , м	L_j , км
1	110	20
2	105	24

- а) Проверьте возможность установки всех возможных вариантов погружных свободно-поточных гидроагрегатов (параметры погружных свободнопоточных гидроагрегатов приведены ниже в таблице), если известно, что на этом участке: $V_{расч}=4$ м/с и минимальная глубина по фарватеру $h_{min}=1,8$ м; и оцените значение технико-экологического потенциала участка водотока при условии его использования гирляндой выбранных погружных свободно-поточных гидроагрегатов. Окончательно выберите вариант с наибольшим значением технико-экологического потенциала

Таблица 1 – Параметры погружных свободнопоточных агрегатов

Вариант	$h_{доп}$, м	Na, кВт при $V_{раб}=3,5$ м/с	Na, кВт при $V_{раб}=2,5$ м/с	L_{min} , м
1	1,5	5	2	20
2	2,0	10	4	40

- б) Проверьте целесообразность энергоснабжения потребителя мощностью 200 кВт от гирляндной МГЭС, если известно, что потребитель находится на расстоянии 1,5 км от берега, находящегося на расстоянии 2 км по длине реки.

Задача 7.

Дан участок открытого водотока между створами 1 и 2, информация по которым приведена ниже в таблице и $r_{\text{ЭК}} = 2,8$ км для всех типов малых ГЭС, которые могут быть построены на данном участке водотока.

j створ реки	∇j , м	L_j , км
1	60	40
2	10	60

а) Проверьте возможность установки всех возможных вариантов погружных свободно-поточных гидроагрегатов (*параметры погружных свободнопоточных гидроагрегатов приведены ниже в таблице*), если известно, что на этом участке: $V_{\text{расч}} = 3,5$ м/с и минимальная глубина по фарватеру $h_{\text{мин}} = 2$ м; и оцените значение технико-экологического потенциала участка водотока при условии его использования гирляндой выбранных погружных свободно-поточных гидроагрегатов. Окончательно выберите вариант с наибольшим значением технико-экологического потенциала

Таблица 1 – Параметры погружных свободнопоточных агрегатов

Вариант	$h_{\text{доп}}$, м	Na, кВт при $V_{\text{раб}} = 3,5$ м/с	Na, кВт при $V_{\text{раб}} = 2,5$ м/с	$L_{\text{мин}}$, м
1	1,5	5	2	20
2	2,0	10	4	40

б) Проверьте целесообразность энергоснабжения потребителя мощностью 400 кВт от гирляндной МГЭС, если известно, что потребитель находится на расстоянии 1,5 км от берега, находящегося на расстоянии 2 км по длине реки.

Задача 8.

Дан участок открытого водотока между створами 1 и 2, информация по которым приведена ниже в таблице и $r_{\text{ЭК}} = 6$ км для всех типов малых ГЭС, которые могут быть построены на данном участке водотока.

j створ реки	∇j , м	L_j , км
1	80	25
2	50	38

а) Проверьте возможность установки всех возможных вариантов погружных свободно-поточных гидроагрегатов (*параметры погружных свободнопоточных гидроагрегатов приведены ниже в таблице*), если известно, что на этом участке: $V_{\text{расч}} = 3,0$ м/с и минимальная глубина по фарватеру $h_{\text{мин}} = 1,5$ м; и оцените значение технико-экологического потенциала участка водотока при условии его использования гирляндой выбранных погружных свободно-поточных гидроагрегатов. Окончательно выберите вариант с наибольшим значением технико-экологического потенциала

Таблица 1 – Параметры погружных свободнопоточных агрегатов

Вариант	$h_{\text{доп}}$, м	Na, кВт при $V_{\text{раб}} = 3,5$ м/с	Na, кВт при $V_{\text{раб}} = 2,5$ м/с	$L_{\text{мин}}$, м
1	1,5	5	2	25
2	2,0	10	4	40

б) Проверьте целесообразность энергоснабжения потребителя мощностью 400 кВт от гирляндной МГЭС, если известно, что потребитель находится на расстоянии 1,5 км от берега, находящегося на расстоянии 5 км по длине реки.

Задача 9.

Дан участок открытого водотока между створами 1 и 2, информация по которым приведена ниже в таблице и $r_{\text{ЭК}} = 6$ км для всех типов малых ГЭС, которые могут быть построены на данном участке водотока.

j створ реки	∇j , м	L_j , км
1	80	25

2	50	35
---	----	----

а) Проверьте возможность установки всех возможных вариантов погружных свободно-поточных гидроагрегатов (*параметры погружных свободнопоточных гидроагрегатов приведены ниже в таблице*), если известно, что на этом участке: $V_{расч} = 3,0$ м/с и минимальная глубина по фарватеру $h_{min} = 2,5$ м; и оцените значение технико-экологического потенциала участка водотока при условии его использования гирляндой выбранных погружных свободно-поточных гидроагрегатов. Окончательно выберите вариант с наибольшим значением технико-экологического потенциала

Таблица 1 – Параметры погружных свободнопоточных агрегатов

Вариант	$h_{доп}$, м	Na, кВт при $V_{раб} = 3,5$ м/с	Na, кВт при $V_{раб} = 2,5$ м/с	L_{min} , м
1	1,5	5	2	25
2	2,0	10	4	40

б) Проверьте целесообразность энергоснабжения потребителя мощностью 350 кВт от гирляндной МГЭС, если известно, что потребитель находится на расстоянии 1,5 км от берега, находящегося на расстоянии 1 км по длине реки.

Задача 10.

Дан участок открытого водотока между створами 1 и 2, информация по которым приведена ниже в таблице и $r_{эк} = 3$ км для всех типов малых ГЭС, которые могут быть построены на данном участке водотока.

j створ реки	∇j , м	L_j , км
1	80	25
2	50	55

а) Проверьте возможность установки всех возможных вариантов погружных свободно-поточных гидроагрегатов (*параметры погружных свободнопоточных гидроагрегатов приведены ниже в таблице*), если известно, что на этом участке: $V_{расч} = 3,0$ м/с и минимальная глубина по фарватеру $h_{min} = 2,5$ м; и оцените значение технико-экологического потенциала участка водотока при условии его использования гирляндой выбранных погружных свободно-поточных гидроагрегатов. Окончательно выберите вариант с наибольшим значением технико-экологического потенциала

Таблица 1 – Параметры погружных свободнопоточных агрегатов

Вариант	$h_{доп}$, м	Na, кВт при $V_{раб} = 3,5$ м/с	Na, кВт при $V_{раб} = 2,5$ м/с	L_{min} , м
1	1,5	5	2	25
2	2,0	10	5	40

б) Проверьте целесообразность энергоснабжения потребителя мощностью 550 кВт от гирляндной МГЭС, если известно, что потребитель находится на расстоянии 1,5 км от берега, находящегося на расстоянии 1 км по длине реки.

Задания Специальной части

Раздел 7. Валовой энергетический потенциал. Солнечная энергетика (10 баллов)

Задача 1.

Рассчитать в точке $A(\varphi_A^0 = 30^0 \text{ с.ш.}, \psi_A^0 = 30^0 \text{ в.д.})$ для 17 января мощность потока прямой СР в полдень - $R_{np}^{\max}(\bar{n}_i)$ на горизонтальную площадку.

Решение задачи 1.

Решение удобно представить в виде таблицы:

n_i	δ_i	$\sin \delta_i$	$\cos \delta_i$	ω_i	$\cos \omega_i$	$\frac{\sin \varphi^0 \cdot \sin \delta_i}{\sin \delta_i}$	$\frac{\cos \varphi^0 \cdot \cos \omega_i \cdot \cos \delta_i}{\cos \delta_i}$	$\cos \theta$	θ	$R_h^{\max}$
о.е.	град.	о.е.	о.е.	град.	о.е.	о.е.	о.е.	о.е.	град	Вт/м ²
17,00	-20,92	-0,36	0,93	0,00	1,00	-0,18	0,81	0,63	50,92	535,88

Задача 2.

Для характерного дня в январе при коэффициенте прозрачности атмосферы $K_0=0,32$ рассчитать диффузную $\mathcal{E}_d^e(\bar{n}_i)$ и прямую $\mathcal{E}_{np}^e(\bar{n}_i)$ составляющие суточного прихода СР методом Клейна в точке $A(\varphi_A^0 = 40^0 \text{ с.ш.}, \psi_A^0 = 30^0 \text{ в.д.})$ на горизонтальную площадку.

Задача 3.

Рассчитать в точке $A(\varphi_A^0 = 35^0 \text{ с.ш.}, \psi_A^0 = 60^0 \text{ в.д.})$ для 16 февраля приход прямой СР за сутки - $\mathcal{E}_{np}^e(\bar{n}_i) \left(\frac{\kappa B t \cdot \text{ч}}{\text{м}^2 \cdot \text{сутки}} \right)$, если угол падения солнца в полдень - $\theta^0(\bar{n}_i) = 48^0$ на горизонтальную площадку.

Задача 4.

Определить суточный приход суммарной солнечной радиации и коэффициент прозрачности атмосферы в точке $A(\varphi_A^0 = 35^0 \text{ с.ш.}, \psi_A^0 = 60^0 \text{ в.д.})$ для характерного дня в июне, если известна на горизонтальную площадку прямая составляющая суточного прихода СР $\mathcal{E}_{np}^e(\bar{n}_i) = 3,03 \frac{\kappa B t \cdot \text{ч}}{\text{м}^2 \cdot \text{сутки}}$ и $K_d = 0,47$.

Задача 5.

Для точки с координатами точка А ($\varphi^0 = 56^0 \text{ с.ш.}$ и $\psi^0 = 38^0 \text{ в.д.}$) определите на 15 января в 16⁰⁰: склонение Солнца δ ; продолжительность солнечного дня t_{cc} ; часовой угол солнца (приняв $t_n = 12 \text{ ч}$).

Задача 6.

Определите диффузную $\mathcal{E}_d^e(\bar{n}_i)$ и прямую $\mathcal{E}_{np}^e(\bar{n}_i)$ составляющие суточного прихода СР на горизонтальную площадку методом Клейна в точке А ($\varphi^0 = 56^0 \text{ с.ш.}$ и $\psi^0 = 38^0 \text{ в.д.}$) для характерного дня в феврале, если суточный приход суммарной СР $\mathcal{E}_\Sigma^e = 1,27 \frac{\kappa B t \cdot \text{ч}}{\text{м}^2 \cdot \text{сутки}}$.

Задача 7.

Рассчитать в точке $A(\varphi_A^0 = 30^\circ \text{ с.ш.}, \psi_A^0 = 30^\circ \text{ в.д.})$ для 1 января угол падения солнца в полдень - $\theta^0(\bar{n}_i)$ на горизонтальную площадку.

Задача 8.

Для характерного дня в июне при коэффициенте прозрачности атмосферы $K_0 = 0,54$ рассчитать диффузную $\mathcal{E}_d(\bar{n}_i)$ и прямую $\mathcal{E}_{np}(\bar{n}_i)$ составляющие СР на горизонтальную площадку методом Клейна в точке $A(\varphi_A^0 = 30^\circ \text{ с.ш.}, \psi_A^0 = 30^\circ \text{ в.д.})$.

Задача 9.

Рассчитать в точке $A(\varphi_A^0 = 35^\circ \text{ с.ш.}, \psi_A^0 = 60^\circ \text{ в.д.})$ для 16 февраля угол падения солнца в полдень - $\theta^0(\bar{n}_i)$ на горизонтальную площадку и продолжительность солнечного сияния за сутки - $t_{cc}(\bar{n}_i)$.

Задача 10.

Определите широту точки А, если для характерного дня в марте известны: коэффициент прозрачности атмосферы $K_0 = 0,31$; прямая СР $\mathcal{E}_{np}(\bar{n}_i) = 1,04 \frac{\text{кВт} \cdot \text{ч}}{\text{м}^2 \cdot \text{сутки}}$ и $K_d = 0,59$.

Необходимые справочные данные к задачам по солнечной энергетике

Среднемесячный дневной приход солнечной радиации на горизонтальную площадку за пределами земной атмосферы - $\Theta_0 \frac{\kappa Bm \cdot \text{ч}}{\text{м}^2 \cdot \text{сутки}}$

Мес.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
φ^0												
0	10,01	10,35	10,47	10,17	9,61	9,26	9,38	9,87	10,29	10,33	10,09	9,86
5	9,46	9,99	10,37	10,36	10,03	9,77	9,85	10,16	10,31	10,05	9,60	9,25
10	8,84	9,56	10,19	10,48	10,38	10,22	10,25	10,37	10,24	9,69	9,07	8,59
15	8,17	9,05	9,94	10,52	10,65	10,61	10,59	10,51	10,10	9,27	8,46	7,88
20	7,44	8,49	9,61	10,48	10,86	10,93	10,85	10,58	9,88	8,88	7,79	7,12
25	6,68	7,86	9,20	10,36	10,99	11,18	11,05	10,57	9,59	8,23	7,09	6,32
30	5,88	7,18	8,83	10,17	11,06	11,37	11,18	10,48	9,23	7,61	6,33	5,50
35	5,05	6,44	8,19	9,91	11,05	11,48	11,24	10,34	8,79	6,94	5,54	4,66
40	4,20	5,67	7,58	9,57	10,97	11,54	11,24	10,09	8,29	6,23	4,72	3,80
45	3,35	4,87	6,92	9,16	10,83	11,54	11,17	9,80	7,72	5,47	3,89	2,95
50	2,51	4,04	6,21	8,69	10,63	11,49	11,06	9,44	7,10	4,67	3,05	2,12
55	1,69	3,19	5,45	8,17	10,39	11,41	10,90	9,03	6,42	3,85	2,22	1,34
60	0,94	2,35	4,65	7,59	10,12	11,33	10,74	8,58	5,69	3,01	1,42	0,64
65	0,31	1,53	3,82	6,97	9,86	11,33	10,61	8,09	4,93	2,17	0,69	0,10
70	-	0,76	2,95	6,34	9,71	-	-	7,62	4,13	1,34	0,12	-

Зависимость максимального прихода прямой СР в течение года $R_{\text{год}}^{\max} \left(\frac{Bm}{\text{м}^2} \right)$ от широты местности представлена в таблице:

$\varphi^0, \text{с.ш.}$	30	40	50	60	65
$R_{\text{год}}^{\max} \left(\frac{Bm}{\text{м}^2} \right)$	850	650	450	250	150

Границы часовых поясов в таблице:

$\psi^0, \text{в.д.}$	Часовые пояса									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\psi_{\min}^0$	7,5	22,5	37,5	52,5	67,5	82,5	97,5	112,5	127,5	142,5
$\overline{\psi^0}$	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150
$\psi_{\max}^0$	22,49	37,49	52,49	67,49	82,49	97,49	112,49	127,49	142,49	157,49

Основные расчетные соотношения:

- Склонение солнца - $\delta^0(\bar{n}_i)$ по формуле:

$$\delta^0(\bar{n}_i) = \delta_0 \cdot \sin \left[\frac{360^0}{365} \cdot (284 + \bar{n}_i) \right], \quad (1)$$

где 360^0 – значение полного оборота земли вокруг солнца за год; 365 – число дней в году, а 284 – число суток от 21 марта до 31 декабря; $\delta^0 = 23,45^0$ – угол наклона земной оси.

- Часовой угол солнца - $\omega^0(\bar{n}_i)$ характеризует собой угол, на который поворачивается Земля с момента солнечного полдня в рассматриваемой точке (t_{π}) и определяется по формуле:

$$\omega(\bar{n}_i) = 15 \cdot (t - t_{\pi}) + (\psi_A^0 - \bar{\psi}^0) . \quad (2)$$

где $15^0/ч$ – угол, на который за 1 час поворачивается Земля вокруг своей оси, t – текущее время, ч, t_{π} – местное время, соответствующее астрономическому полудню (либо 13 часов, либо 14 часов), ч, ψ_A^0 – координата долготы данной точки, град, $\bar{\psi}^0$ – координата долготы середины часового пояса, в котором расположена данная точка, град. определяется по таблице 5.

В нашем случае принимаем, что $t \equiv t_{\pi}$ и тогда соответственно:

$$\omega^0(\bar{n}_i) = \psi_A^0 - \bar{\psi}^0 . \quad (3)$$

- Угол падения солнца - $\theta^0 = \theta^0(\bar{n}_i)$, равный углу между прямым потоком СИ в точку и перпендикуляром к горизонтальной приемной площадке, определяется по формуле:

$$\cos \theta^0(\bar{n}_i) = \sin \varphi^0 \cdot \sin \delta^0(\bar{n}_i) + \cos \varphi^0 \cdot \cos \omega^0(\bar{n}_i) \cdot \cos \delta^0(\bar{n}_i) . \quad (4)$$

- Максимальное значение мощности потока СР в полдень - $R_h^{\max}(\bar{n}_i)$ по формуле:

$$R_h^{\max}(\bar{n}_i) = R_{\text{сод}}^{\max}(\varphi^0) \cdot \cos \theta^0(\bar{n}_i) . \quad (5)$$

- Продолжительность солнечного сияния за сутки - $t_{\text{cc}}(\bar{n}_i)$ в часах;

$$t_{\text{cc}}(\bar{n}_i) = \frac{2}{15} \cdot \arccos \left[-\text{tg} \varphi^0 \cdot \text{tg} \delta^0(\bar{n}_i) \right] . \quad (6)$$

- приход прямой СР за сутки - $\mathcal{E}_h^{\text{пр}}(\bar{n}_i) \left(\frac{\text{кВт} \cdot \text{ч}}{\text{м}^2 \cdot \text{сутки}} \right)$.

$$\mathcal{E}_h(\bar{n}_i) = \frac{2 \cdot t_{\text{cc}}(\bar{n}_i)}{\pi} \cdot R_h^{\max}(\bar{n}_i) \cdot 10^{-3} \left[\frac{\text{кВт} \cdot \text{ч}}{\text{м}^2 \cdot \text{сутки}} \right] . \quad (7)$$

Задания Специальной части

Раздел 8. Технический энергетический потенциал. Солнечная энергетика (10 баллов)

Задача 1.

Для солнечного модуля (СМ) со следующими параметрами: 36 квадратичных солнечных элементов (СЭ) из монокристаллического кремния расположены на прямоугольном основании с размерами (400 мм х 1000 мм), соединенных последовательно по 12 элементов в 3 цепочки параллельно, и коэффициентом заполнения $K_{зап}=0,98$. Элементы закрыты специальным стеклом с коэффициентом пропускания 92%. Задана в табличном виде вольт-амперная характеристика солнечного модуля для стандартных условий:

Таблица 1 – Вольт-амперная характеристика СМ для стандартных условий

I, A	0	1	1,5	2	2,5	3	3,2	3,2
U, В	22	21	20,5	20	19	17	15	0

1. Определите площадь всего СМ и одного солнечного элемента.
2. Определите для стандартных условий:
 - ток КЗ и напряжение ХХ для всего СМ и одного СЭ;
 - электрические параметры СМ в точке максимальной мощности: мощность, ток, напряжение, КПД и потери мощности;

Решение задачи 1.

Площадь солнечных элементов $= 0,400 \cdot 1 \cdot 0,98 = 0,392 \text{ м}^2$

$N_{под} = 1000 \cdot 0,392 \cdot 0,92 = 360 \text{ Вт} = \text{const.}$

I, A	0	1	1,5	2	2,5	3	3,2	3,2
U, В	22	21	20,5	20	19	17	15	0
N, Вт	0	21	30,75	40	47,5	51	48	0
ΔN , Вт	306,00	285,00	275,25	266,00	258,50	255,00	258,00	306,00
КПД, %	0,00	0,07	0,10	0,13	0,16	0,17	0,16	0,00

площадь одного элемента – 108 см²

для СМ: ток КЗ=3,2 А и напряжение холостого хода=22 В;

для одного СЭ: ток КЗ=3,2 /3=1,06 А и напряжение холостого хода 22/12=1,8 В;

Пиковая мощность при 500 Вт/м²=51/2=25,5 Вт

$$FF = \frac{U_{MPP} \times I_{MPP}}{U_{xx} \times I_{K3}} = 0,72$$

Задача 2.

Для солнечного модуля (СМ) задана в табличном виде вольт-амперная характеристика солнечного модуля для стандартных условий и температурные коэффициенты, известна подводенная мощность СИ – 200 Вт.

Таблица 1 – Вольт-амперная характеристика СМ для стандартных условий

I, A	0	1	1,5	2	2,5	3	3,2	3,2
U, В	22	21	20	19	17	16,5	14	0

Таблица 2 – Температурные коэффициенты СМ

I_{K3}	U_{XX}	$N_{CЭ}^{max}$
0,0005 А/°С	-0,003 В/°С	-0,0027 Вт/°С

1. Определите для стандартных условий электрические параметры СМ в точке максимальной мощности: мощность, ток, напряжение, КПД и потери мощности

2. Определите ток КЗ, напряжение ХХ, максимальную мощность СМ при температуре 1250 С и стандартной интенсивности СИ.

Задача 3.

Задана в табличном виде рабочая характеристика СМ для стандартной температуры и интенсивности СИ 500 Вт/м² и известно $U_{xx}=22$ В. СМ состоит из 39 круглых солнечных элементов (СЭ), соединенных последовательно по 13 элементов в 3 цепочки параллельно, диаметр которых =10 см, коэффициент заполнения $K_{зан}=0,85$. Элементы закрыты специальным стеклом с коэффициентом пропускания 90%.

Таблица 1 – Рабочая характеристика СМ при интенсивности СИ 500 Вт/м²

I, А	0	0,4	0,9	1,3	1,6	1,9	2,1	2,2	2,2
КПД, %	0	6	12	16	18	20	21	20	0

1. Определите площадь всего СМ и одного солнечного элемента.
2. Определите при стандартной температуре и интенсивности СИ 500 Вт/м²:
 - ток КЗ и напряжение ХХ для всего СМ и одного СЭ;
 - электрические параметры СМ в точке максимальной мощности: мощность, ток, напряжение, КПД и потери мощности;

Задача 4.

Для солнечного модуля (СМ) со следующими параметрами: 36 квадратичных солнечных элементов (СЭ) из монокристаллического кремния расположены на прямоугольном основании с размерами (500 мм х 1000 мм), соединенных последовательно по 12 элементов в 3 цепочки параллельно, и коэффициентом заполнения $K_{зан}=0,99$. Элементы закрыты специальным стеклом с коэффициентом пропускания 95%. Задано $U_{xx}=22$ В и характеристика потерь мощности солнечного модуля для стандартных условий в табличном виде:

Таблица 1 – Вольт-амперная характеристика СМ для стандартных условий

I, А	0	1	1,5	2	2,5	3	3,2	3,2
ΔN , Вт	470,25	449,25	439,50	430,25	422,75	419,25	422,25	470,25

1. Определите площадь всего СМ и одного солнечного элемента.
2. Рассчитайте ВАХ СМ для стандартных условий и определите для стандартных условий:
 - ток КЗ и напряжение ХХ для всего СМ и одного СЭ;
 - электрические параметры СМ в точке максимальной мощности: мощность, ток, напряжение, КПД и потери мощности;

Задача 5.

Задана в табличном виде мощностная характеристика СМ для стандартной температуры и интенсивности СИ 800 Вт/м² и известно $U_{xx}=22$ В. СМ состоит из 39 круглых солнечных элементов (СЭ), соединенных последовательно по 13 элементов в 3 цепочки параллельно, диаметр которых =10 см, коэффициент заполнения $K_{зан}=0,85$. Элементы закрыты специальным стеклом с коэффициентом пропускания 90%.

Таблица 1 – Рабочая характеристика СМ при интенсивности СИ 800 Вт/м²

I, А	0	0,4	0,9	1,3	1,6	1,9	2,1	2,2	2,2
N, Вт	0,00	8,2	16,5	22,04	24,8	27,5	28,9	27,5	0

1. Определите площадь всего СМ и одного солнечного элемента.
2. Определите при стандартной температуре и интенсивности СИ 800 Вт/м²:
 - ток КЗ и напряжение ХХ для всего СМ и одного СЭ;
 - электрические параметры СМ в точке максимальной мощности: ток, напряжение, КПД и потери мощности;

Задача 6.

Для солнечного модуля (СМ) со следующими параметрами: 36 квадратных солнечных элементов (СЭ) из монокристаллического кремния расположены на прямоугольном основании с размерами (400 мм х 1000 мм), соединенных последовательно по 12 элементов в 3 цепочки параллельно, и коэффициентом заполнения $K_{зан}=0,98$. Элементы закрыты специальным стеклом с коэффициентом пропускания 92%. Задана в табличном виде вольт-амперная характеристика солнечного модуля для стандартных условий:

Таблица 1 – Вольт-амперная характеристика СМ для стандартных условий

I, A	0	1	1,5	2	2,5	3	3,2	3,2
U, В	22	21	20,5	20	19	17	15	0

1. Определите площадь всего СМ и одного солнечного элемента.
2. Определите при стандартной температуре и интенсивности СИ 500 Вт/м² максимальную мощность СМ и максимальный КПД.

Задача 7.

Для солнечного модуля (СМ) задана в табличном виде вольт-амперная характеристика солнечного модуля для стандартных условий и температурные коэффициенты, известна подводенная мощность СИ – 200 Вт.

Таблица 1 – Вольт-амперная характеристика СМ для стандартных условий

I, A	0	1	1,5	2	2,5	3	3,2	3,2
U, В	22	21	20	19	17	16,5	14	0

Таблица 2 – Температурные коэффициенты СМ

$I_{KЗ}$	U_{XX}	$N_{CЭ}^{max}$
0,0005 A/°C	-0,003 В/°C	-0,0027 Вт/°C

1. Определите для стандартных условий электрические параметры СМ в точке максимальной мощности: мощность, ток, напряжение, КПД и потери мощности
2. Определите при температуре 1250 С и стандартной интенсивности СИ электрические параметры СМ в точке максимальной мощности: мощность, ток, напряжение, КПД и потери мощности

Задача 8.

Задана в табличном виде рабочая характеристика СМ для стандартной температуры и интенсивности СИ 500 Вт/м² и известно $U_{XX}=22$ В. СМ состоит из 39 круглых солнечных элементов (СЭ), соединенных последовательно по 13 элементов в 3 цепочки параллельно, диаметр которых =10 см, коэффициент заполнения $K_{зан}=0,85$. Элементы закрыты специальным стеклом с коэффициентом пропускания 90%.

Таблица 1 – Рабочая характеристика СМ при интенсивности СИ 500 Вт/м²

I, A	0	0,4	0,9	1,3	1,6	1,9	2,1	2,2	2,2
КПД, %	0	6	12	16	18	20	21	20	0

1. Определите площадь всего СМ и одного солнечного элемента.
2. Рассчитайте ВАХ СМ и определите максимальную мощность СМ и максимальный КПД при стандартной температуре и стандартной интенсивности СИ.

Задача 9

Для солнечного модуля (СМ) со следующими параметрами: 40 квадратных солнечных элементов (СЭ) из монокристаллического кремния расположены на прямоугольном основании с размерами (400 мм х 1000 мм), соединенных последовательно по 10 элементов в 4 цепочки

параллельно, и коэффициентом заполнения $K_{зан}=0,98$. Элементы закрыты специальным стеклом с коэффициентом пропускания 90%. Задана в табличном виде вольт-амперная характеристика солнечного модуля для стандартных условий:

Таблица 1 – Вольт-амперная характеристика СМ для стандартных условий

I , A	0	1	1,5	2	2,5	3	3,2	3,2
U , В	22	21	20,5	20	19	17	15	0

1. Определите площадь всего СМ и одного солнечного элемента.
2. Определите при стандартной температуре и интенсивности СИ 700 Вт/м² максимальную мощность СМ и максимальный КПД.

Задача 10.

Для солнечного модуля (СМ) со следующими параметрами: 48 круглых солнечных элементов (СЭ) из монокристаллического кремния расположены на прямоугольном основании с размерами (500 мм х 1500 мм), соединенных последовательно по 12 элементов в 4 цепочки параллельно, и коэффициентом заполнения $K_{зан}=0,9$. Элементы закрыты специальным стеклом с коэффициентом пропускания 90%. Задана в табличном виде вольт-амперная характеристика солнечного модуля для стандартных условий:

Таблица 1 – Вольт-амперная характеристика СМ для стандартных условий

I , A	0	1	1,5	2	2,5	3	3,2	3,2
U , В	22	21	20,5	20	19	17	15	0

1. Определите площадь всего СМ и одного солнечного элемента.
2. Определите при стандартной температуре и интенсивности СИ 400 Вт/м² максимальную мощность СМ и максимальный КПД.

Задания Специальной части

Раздел 9. Валовой энергетический потенциал. Ветровая энергетика (10 баллов)

Задача 1.

Определите валовой энергетический потенциал ветроэнергетики по заданной многолетней повторяемости скорости ветра:

$V_{гр}, \text{ м/с}$	$t(V), \%$
1	20
3	40
5	24
8	10
15	1

Решение задачи 1.

$V_{гр}, \text{ м/с}$	$t(V), \%$	$\mathcal{E}_{уд}, \text{ кВтч/м}^2$
1	20	1.07
3	40	57.99
5	24	161.10
8	10	274.94
15	1	181.23

Суммарный $\mathcal{E}_{уд}, \text{ кВтч/м}^2$	676.34
Средняя мощность ветрового потока $N_{уд}, \text{ кВт/м}^2$	0.08

Определения ветровых и энергетических параметров на базе эмпирических кривых повторяемостей скоростей ветра:

– средняя скорость ветра (математическое ожидание), м/с

$$\bar{V} = \sum_{i=1}^{n_{град}} \bar{V}_i \cdot t_i(\Delta V_i), \quad (1)$$

где $\bar{V}_i$, м/с – средняя скорость i -ой градации (интервала);

$t_i(\Delta V_i)$, ед. – повторяемость скоростей ветра ΔV_i диапазона;

$n_{град}$, ед. – количество градаций (интервалов).

– удельная энергия ветрового потока, Вт·ч/м²:

$$\mathcal{E}_{уд.} = \frac{T}{2} \cdot \rho \sum_{i=1}^{n_{град}} \bar{V}_i^3 \cdot t_i(\Delta V_i), \quad (2)$$

где $\rho = 1.226$, кг/м³ – плотность воздуха; T , ч – период наблюдения (для года 8760ч).

– удельная мощность ветрового потока, Вт/м²:

$$N_{уд.} = \mathcal{E}_{уд.} / T \quad (3)$$

Задача 2.

Определите среднемноголетнюю удельную мощность ветрового потока на высоте 50 м, если известны среднегодовые скорости ветра на высоте 10 м и задан показатель степени вертикального профиля ветра $m=0,2$

Год	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Среднегодовая скорость, м/с	4,3	4,2	4,4	4,4	4,8	4,3	4,6	4,3	4,5	4,2	4,9

Задача 3.

Определите среднесуточную скорость ветра, удельную суточную энергию ветрового потока и коэффициент вариации по часовым данным:

Время, ч	0-3	4-7	8-11	12-15	16-19	20-23
Скорость, м/с	8	6	4	0	2	3

Задача 4.

Определите на высоте 80 м среднегодовую удельную мощность ветрового потока, если известна многолетняя повторяемость скорости ветра $t(V)$ по диапазонам на высоте 10 м и показатель степени $m=0,16$.

градации скорости, м/с	$t(V),\%$
0-3	20
3-5	40
5-7	25
7-9	10
9-19	5

Задача 5.

Определите валовой энергетический потенциал ветроэнергетики по заданной многолетней повторяемости скорости ветра:

$V_{гр}, м/с$	$t(V),\%$
1	30
3	40
6	20
10	9
20	1

Задача 6.

Определите среднегодовую удельную мощность ветрового потока на высоте 50 м для **характерного года** при $m=0,14$, если известны среднегодовые скорости ветра на высоте 10 м и полнота ряда:

Год	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Среднегодовая скорость, м/с	6,5	6,4	6,5	6,2	6,8	6,6	6,4	7	6,4	6,8	7
Полнота ряда, %	96	90	85	82	89	90	88	99	96	85	99

Задача 7.

Определите валовой энергетический потенциал ветроэнергетики на высоте 50м, если известны: среднемноголетняя скорость ветра на высоте 100 м – 6 м/с и многолетняя фактическая повторяемость скорости ветра на высоте 10 м:

$V_{гр}, \text{ м/с}$	$t(V), \%$
1	30
3	40
6	15
10	10
15	5

Задача 8.

Задан показатель степени вертикального профиля ветра $m=0,16$; многолетняя повторяемость скорости ветра на высоте 10 м:

$V_{гр}, \text{ м/с}$	$t(V), \%$
1	20
3	40
5	24
8	10
15	1

Определите валовой энергетический потенциал ветроэнергетики на высоте 100 м.

Задача 9.

Определите валовой энергетический потенциал ветроэнергетики на высотах 10 м и 100 м (параметр вертикального профиля $m=0,24$) по заданной многолетней повторяемости скорости ветра для высоты 10 м:

$V_{гр}, \text{ м/с}$	$t(V), \%$
0,5	30
2	40
6	20
10	9
20	1

Задача 10.

Определите среднемноголетнюю удельную мощность ветрового потока на высоте 100 м, если известны среднегодовые скорости ветра на высоте 10 м и задан показатель степени вертикального профиля ветра $m=0,15$

Год	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Среднегодовая скорость, м/с	4,3	4,2	4,4	4,4	4,8	4,3	4,6	4,3	4,5	4,2	4,9

Задания Специальной части

Раздел 10. Технический энергетический потенциал. Ветровая энергетика (10 баллов)

Задача 1.

В рассматриваемой географической точке на высоте флюгера 10 м задана повторяемость скорости ветра $V_{по}$ по диапазонам и возможные варианты ВЭУ

V, м/с	t(V), %
0-2,5	30
3,5 – 6,5	20
7,5 – 11,5	30
12,5 – 16,5	10
17,5 – 23,5	5
24,5 - 32	5

Параметры	ВЭУ
Нуст, кВт	150
Нб, м	30
Дрк, м	25
Vp, м/с	13
Vmin	4
Vmax	25

Для заданного варианта ВЭУ, рассчитайте:

- среднегодовую скорость ветра на высоте флюгера= высоте башни ВЭУ,
- если K_p - коэффициент пересчета с высоты 10 м на высоту 50 м меняется по линейному закону ($K_p=1$ – на высоте флюгера 10 м и $K_p=1,5$ на высоте флюгера 50 м);
- ометаемую площадь ветроколеса, m^2 ;
- годовое число часов работы и простоя ВЭУ, ч;
- значение КПД при расчетной скорости ветра (V_p).

Решение задачи 1.

Решение представим в виде таблицы:

V, м/с	Vфакт, м/с	t(V), %	Vcp, м/с	F(V),%	Vcp*t(V)	Vнб левая граница, м/с
0-2,5	0-3	30	1,5	100	0,45	0
3,5 – 6,5	3-7	20	5	70	1	3.75
7,5 – 11,5	7-12	30	9,50	50	2,85	8.75
12,5 – 16,5	12-17	10	14,5	20	1,45	15
17,5 – 23,5	17-24	5	20,5	10	1,025	21.25
24,5 - 32	24-32	5	28	5	1,4	30
	Сумма	100		Vгод=	8,175	

Среднегодовую скорость ветра на высоте флюгера= высоте башни ВЭУ = $1,25 \cdot 8,175 = 10,2$ (K_p для высоты башни ВЭУ 30м равна 1,25ед.)

Значение КПД при расчетной скорости ветра =23%.

Основные расчетные соотношения:

Как правило, при построении повторяемости скоростей ветра $t(V)$ переходят от интервалов скорости к средним по интервалу (градациям). V_{cp} определяется, как среднее арифметическое значение границ двух смежных интервалов скорости V_{j-1} и V_j , т.е.:

$$V_j^{cp} = 0,5 \cdot (V_{j-1} + V_j) = 0,5 \cdot (0 + 3) = 1,5 \text{ м/с.} \quad (1)$$

причем если заданные градации скорости ветра являются непрерывными, тогда они совпадают с фактическими, в противном случае нужно провести корректировку заданных градаций (первая градация 0-2,5м/с, следующая 3,5-6,5м/с, границы имеют разрыв по диапазону скорости, поэтому нужно связать диапазоны путем введения новых границ интервалов. Например, для первого и второго интервала $(2,5+3,5)/2=3$ м/с, следовательно, первый и второй интервал будет 0-3, 3-7 и т.д.

Расчет выработки энергии рассматриваемого типа ВЭУ:

– по эмпирической кривой повторяемости заданного ряда среднечасовых скоростей за период T , кВт·ч:

$$\mathcal{E}_{\text{ВЭУ } T} = \sum_{i=1}^{n_{\text{град}}} \left[N_{\text{ВЭУ}}(\bar{V}_i) \cdot t_i(\Delta V_i) \right] \cdot T, \quad (1)$$

где $N_{\text{ВЭУ}}(V)$, кВт – мощностная (технологическая) характеристика ветроагрегата;
 $n_{\text{град}}$, ед. – количество градаций (диапазонов) эмпирической кривой повторяемости;
 T , ч – период наблюдения (как правило 1год (8760ч);
 V_i , м/с – средняя скорость i -ой градации (интервала);
 $t_i(\Delta V_i)$, ед. – повторяемость скоростей ветра ΔV_i диапазона.

– по эмпирической кривой повторяемости заданного ряда среднечасовых скоростей за период T , ч:

$$T_{\text{ВЭУ}}^{\text{раб}} = \sum_{i=1}^{n_{\text{град}}} \left[t_{\text{раб.}} \left[\text{если } V_{\min}^{\text{раб.}} \leq \Delta V_i \leq V_{\max}^{\text{раб.}} \right] \right] \cdot T, \quad (2)$$

КПД ВЭУ рассчитывается по формуле:

$$\eta_{\text{ВЭУ}}(V_{\text{нб}}) = N_{\text{ВЭУ}}(V_{\text{нб}}) / N'_{\text{ВП}}(V_{\text{нб}}) = 150 \cdot 10^3 / (0,5 \cdot 1,226 \cdot 491 \cdot 13^3) = 0.23, \quad (3)$$

где $N'_{\text{ВП}}(V_{\text{нб}})$, Вт – мощность ветрового потока, приходящегося на рабочее колесо (РК) ВЭУ:

$$N'_{\text{ВП}}(v_{\text{нб}}(t)) = 0,5 \cdot \rho \cdot F_{\text{РК}} \cdot V_{\text{нб}}^3, \quad (4)$$

где $\rho = 1.226$, кг/м³ – плотность воздуха; ометаемая лопастным ротором ВЭУ площадь с диаметром $D_{\text{РК}}$ (м):

$$F_{\text{РК}} = \pi D_{\text{РК}}^2 / 4 \quad (5)$$

Кривая обеспеченности рассчитывается по формуле:

$$F(V) = 100\% - \sum_{i=1}^{n_{\text{град}}} t_i(\Delta V_i), \% \quad (6)$$

Окончательно кривую обеспеченности скорости ветра строится в зависимости от левой границы диапазона (градации) кривой повторяемости пересчитанной на высоту башни ВЭУ, т.е.

$$V_{\text{нб}}^{\text{лев}} = \{0; 3; 7; 12; 17; 24\} \cdot K_p = \{0; 3.75; 8.75; 15; 21.25; 30\}$$

Далее графически определяем обеспеченности для минимальной и максимально рабочей скорости ВЭУ и общее время работы ВЭУ:

$$T_{\text{работы}} = (F(V_{\min}) - F(V_{\max})) / 100\% \cdot 8760 \text{ч} = (69\% - 8\%) / 100\% \cdot 8760 \text{ч} = 5344 \text{ч}$$

$$T_{\text{простоя}} = 8760 \text{ч} - T_{\text{работы}} = 3416 \text{ч}.$$



Задача 2.

Заданы на высоте флюгера = высоте башни рассматриваемой ВЭУ1 валовая годовая удельная энергия $\mathcal{E}_{\text{уд}}^{\text{вал год}} = 34,5 \text{ МВтч/м}^2$ и годовая выработка ВЭУ1 $\mathcal{E}_{\text{ВЭУ}}^{\text{год}} = 345 \text{ МВтч}$, определите валовой и технический потенциал с $F=1 \text{ км}^2$ за год с учетом ниже приведенной розы ветров (коэффициенты взаимного расположения $k=10$, $n=5$). При определении технического потенциала ВЭС не учитываем взаимное влияние ВЭС, собственные нужды и ремонт.

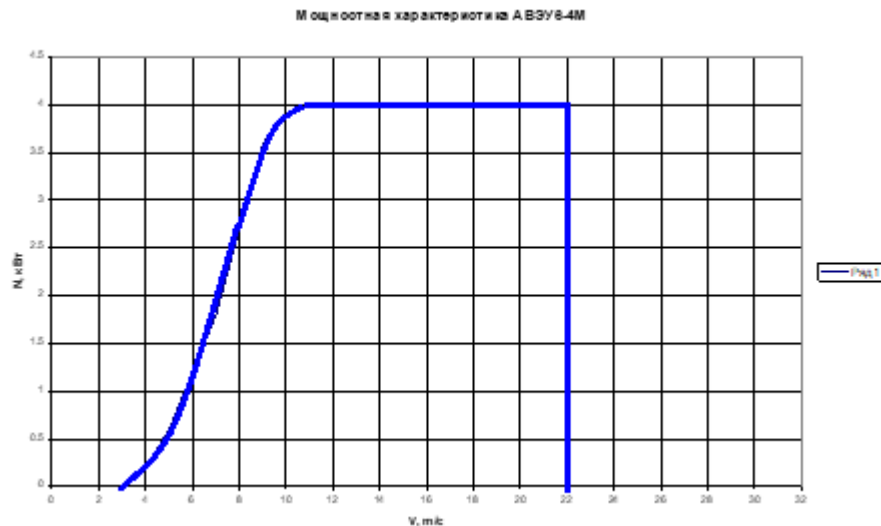
Роза ветров

С	5	Параметры	ВЭУ1
С-В	5	Нуст, кВт	150
В	10	Нб, м	30
Ю-В	50	Дрк, м	20
Ю	10	V_p , м/с	11
Ю-З	10	$V_{\min}$	3
З	6	$V_{\max}$	25
С-З	4		

Задача 3.

В рассматриваемой географической точке на высоте флюгера 10 м задана повторяемость скорости ветра $V_{\text{по}}$ по диапазонам. Определите годовую выработку заданной ВЭУ (ниже в таблице) по мощностной характеристика $N_{\text{ВЭУ}}(V)$ ветроустановки.

V, м/с	t(V), %	Параметры	ВЭУ1
0-2,5	20	Нуст, кВт	4
3,5 – 6,5	30	Нб, м	10
7,5 – 11,5	30	$V_{\min}$, м/с	3,5
12,5 – 16,5	10	$V_{\max}$, м/с	22
17,5 – 23,5	5	V_p	11
24,5 - 32	5	Дрк, м	5



Задача 4.

Для географической точки задана удельная валовая годовая энергия ветра $\mathcal{E}_{\text{уд}}^{\text{вал год}} = 34,5 \text{ МВт.ч/м}^2$ и годовая выработка ВЭУ (параметры ВЭУ приведены ниже в таблице) $\mathcal{E}_{\text{ВЭУ}}^{\text{год}} = 345 \text{ МВт.ч}$ и среднегодовая рабочая мощность $N_{\text{ВЭУ}}^{\text{г.ср.}} = 70 \text{ кВт}$

Параметры	ВЭУ
$N_{\text{уст}}, \text{ кВт}$	150
$H_б, \text{ м}$	30
$D_{\text{рк}}, \text{ м}$	20
$V_p, \text{ м/с}$	11
V_{min}	3
V_{max}	25

а) определите:

— ометаемую площадь ветроколеса, м^2 ;

- годовое число часов работы и простоя ВЭУ, ч;
- число часов работы ВЭУ с установленной мощностью;
- среднегодовое значение КПД ВЭУ по энергии.
- КПД ВЭУ при расчетной скорости ветра (V_p).

б) определите какая потребуется площадь для размещения 5 таких ВЭУ в городской зоне в км^2 при их расположении в один ряд (приняв $k=8$) и учитывая санитарные нормы при их размещении не менее 300 м до жилых строений, как по ширине так и по длине площадки; оцените валовую энергию и техническую энергию с этой площадки (при определении технического потенциала ВЭС не учитываем взаимное влияние ВЭУ, собственные нужды и ремонт).

Задача 5.

Заданы на высоте флюгера = высоте башни рассматриваемой ВЭУ (параметры крыльчатой ВЭУ приведены ниже в таблице) валовая годовая удельная энергия $\mathcal{E}_{\text{уд}}^{\text{вал год}} = 15 \text{ МВт.ч/м}^2$ и годовая выработка ВЭУ1 $\mathcal{E}_{\text{ВЭУ}}^{\text{год}} = 133 \text{ МВт.ч}$

Роза ветров

С	12	Параметры	ВЭУ
С-В	12	$N_{\text{уст}}, \text{ кВт}$	30
В	16	$H_б, \text{ м}$	20
Ю-В	15	$D_{\text{рк}}, \text{ м}$	15
Ю	15	$V_p, \text{ м/с}$	10
Ю-З	10	V_{min}	3
З	10	V_{max}	25

— Определите валовой и технический потенциал с $F=0,5 \text{ км}^2$ за год с учетом приведенной розы ветров (коэффициенты $k=11$, $n=6$). При определении технического потенциала ВЭС не учитываем взаимное влияние ВЭС, собственные нужды и ремонт. Как влияет учет розы ветров на величину валового и технического потенциала?

— Для рассматриваемой ВЭУ определите: $\eta_{ВЭУ}$ (V_p); ометаемую площадь; коэффициент использования установленной мощности.

Задача 6.

Заданы на высоте флюгера= высоте башни рассматриваемой ВЭУ1 (параметры ВЭУ1 приведены ниже в таблице) валовая годовая удельная энергия $\mathcal{E}_{уд}^{вал год} = 40 \text{ МВтч/м}^2$ и годовая выработка ВЭУ1 $\mathcal{E}_{ВЭУ}^{год} = 400 \text{ МВтч}$, определите валовой и технический потенциал с $F=1 \text{ км}^2$ за год с учетом ниже приведенной розы ветров (коэффициенты $k=10$, $n=5$). При определении технического потенциала ВЭС не учитываем взаимное влияние ВЭС, собственные нужды и ремонт. Как влияет учет розы ветров на величину валового и технического потенциал с $F=1 \text{ км}^2$?

Роза ветров

С	15.00	Параметры	ВЭУ1
С-В	15.00	$N_{уст}$, кВт	150
В	10.00	$H_б$, м	30
Ю-В	15.00	$D_{рк}$, м	20
Ю	10.00	V_p , м/с	11
Ю-З	15.00	V_{min}	3
З	10.00	V_{max}	25
С-З	10.00		

Задача 7.

В рассматриваемой географической точке на высоте флюгера 30 м задана повторяемость скорости ветра $V_{по}$ диапазонам и параметры ВЭУ

V , м/с	$t(V)$, %	Параметры	ВЭУ1
0-2,5	50	$N_{уст}$, кВт	150
3,5 – 6,5	20	$H_б$, м	30
7,5 – 11,5	10	$D_{рк}$, м	30
12,5 – 16,5	10	V_p , м/с	10
17,5 – 23,5	5	V_{min}	3
24,5 - 32	5	V_{max}	25

ОПРЕДЕЛИТЕ:

— среднегодовую скорость ветра на высоте флюгера 10 м, если K_P - коэффициент пересчета с высоты 10 м на высоту 50 м меняется по линейному закону ($K_P=1$ – на высоте флюгера 10 м и $K_P=1,3$ на высоте флюгера 50 м).

— для варианта ВЭУ рассчитайте:

— ометаемую площадь ветроколеса, м^2 ;

— годовое число часов работы и простоя ВЭУ, ч;

— значение КПД при расчетной скорости ветра (V_p).

Задача 8.

Для географической точки задана удельная валовая годовая энергия ветра $\mathcal{E}_{уд}^{вал год} = 30 \text{ МВтч/м}^2$ и годовая выработка ВЭУ (параметры ВЭУ приведены ниже в таблице) $\mathcal{E}_{ВЭУ}^{год} = 480 \text{ МВтч}$ и среднегодовая рабочая мощность $N_{ВЭУ}^{г.ср.} = 70 \text{ кВт}$

Параметры	ВЭУ
N _{уст} , кВт	120
H _б , м	34
D _{рк} , м	25
V _р , м/с	14
V _{min}	3
V _{max}	25

а) определите:

- ометаемую площадь ветроколеса, м²;
- годовое число часов работы и простоя ВЭУ, ч;
- число часов работы ВЭУ с установленной мощностью;
- среднегодовое значение КПД ВЭУ по энергии.
- КПД (V_р).

б) определите какая потребуется площадь для размещения 2 таких ВЭУ в городской зоне в км² при их расположении в один ряд (приняв $k=10$) и учитывая санитарные нормы при их размещении не менее 300 м до жилых строений, как по ширине, так и по длине площадки; оцените валовую энергию и техническую энергию с этой площадки (при определении технического потенциала ВЭС не учитываем взаимное влияние ВЭУ, собственные нужды и ремонт).

Задача 9.

В рассматриваемой географической точке на высоте флюгера 30 м задана повторяемость скорости ветра V_{по} диапазонам и параметры ВЭУ

V, м/с	t(V), %
0-2,5	30.00
3,5 – 6,5	50.00
7,5 – 11,5	10.00
12,5 – 16,5	5.00
17,5 – 23,5	4.00
24,5 - 32	1.00

Параметры	ВЭУ1
N _{уст} , кВт	150
H _б , м	40
D _{рк} , м	30
V _р , м/с	10
V _{min}	3
V _{max}	25

ОПРЕДЕЛИТЕ:

— среднегодовую скорость ветра на высоте флюгера 10 м, если КР - коэффициент пересчета с высоты 10 м на высоту 50 м меняется по линейному закону (КР =1 – на высоте флюгера 10 м и КР =1,3 на высоте флюгера 50 м).

- для варианта ВЭУ рассчитайте:
- ометаемую площадь ветроколеса, м²;
- годовое число часов работы и простоя ВЭУ, ч;
- значение КПД при расчетной скорости ветра (V_р).

Задача 10.

В рассматриваемой географической точке на высоте флюгера 30 м задана повторяемость скорости ветра V_{по} диапазонам и параметры ВЭУ

V, м/с	t(V), %
0-2,5	20
3,5 – 6,5	30
7,5 – 11,5	20
12,5 – 16,5	20
17,5 – 23,5	5

24,5 - 32	5
-----------	---

Параметры	ВЭУ1
Н _{уст} , кВт	150
Н _б , м	50
Д _{рк} , м	30
V _р , м/с	10
V _{min}	3
V _{max}	25

ОПРЕДЕЛИТЕ:

— среднегодовую скорость ветра на высоте флюгера 10 м, если КР - коэффициент пересчета с высоты 10 м на высоту 50 м меняется по линейному закону (КР =1 – на высоте флюгера 10 м и КР =1,3 на высоте флюгера 50 м).

- для варианта ВЭУ рассчитайте:
- ометаемую площадь ветроколеса, м²;
- годовое число часов работы и простоя ВЭУ, ч;
- значение КПД при расчетной скорости ветра (V_р).