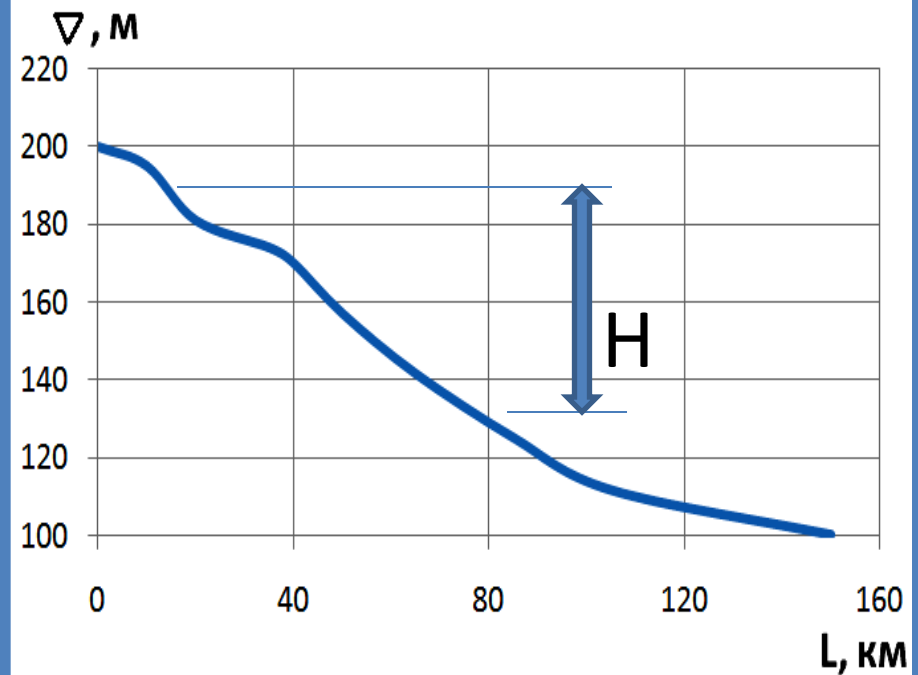
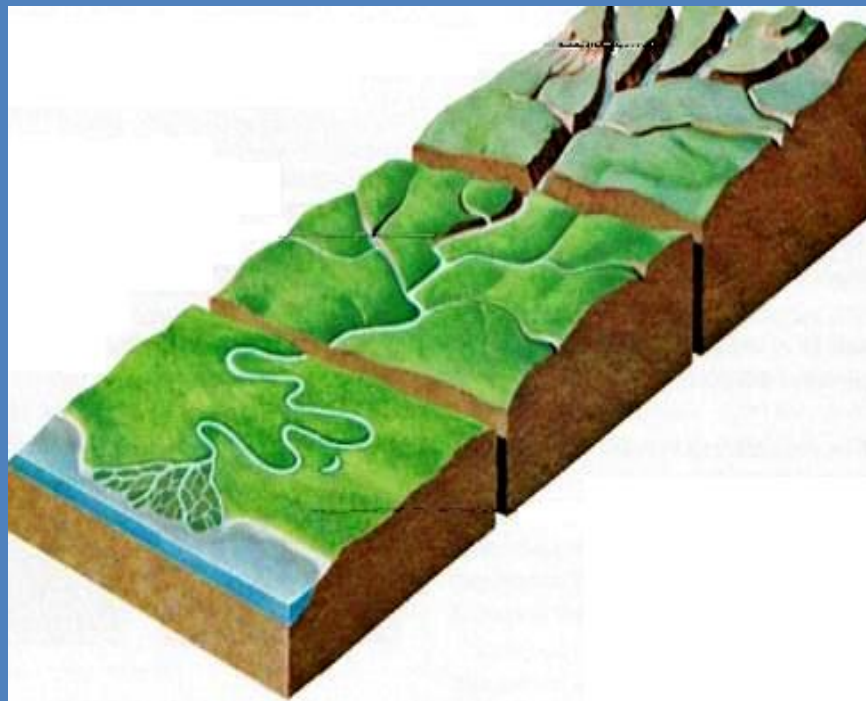


«Малая гидроэнергетика»

Контрольное задание



Водоток и его характеристики



Расход, Q [$\text{м}^3/\text{сек}$] – объём воды, протекающий через поперечное сечение реки за единицу времени

Сток, W [куб.км] – суммарный объём воды, протекающий через поперечное сечение реки за определённый период времени

Напор, H [м] – разница уровней воды в двух соседних створах

Состав исходных данных:

1. Водоток, который разбит на 10 створов ($i=1, \dots, 10$).

2. По каждому i -ому створу задана информация:

- V_i , м - отметка естественного уровня воды в i -ом створе;
- L_i , км – расстояние от истока до створа;
- Q_i , м³/с – расход воды в i -ом створе, соответствующий условиям средневодного года ($P=50\%$);
- экологические требования по отметкам:
 - Z_i^{max} , м – максимально допустимое поднятие уровня воды в i -ом створе (условия затопления);
 - Z_i^{min} , м – ограничение по минимальному уровню воды в i -ом створе (условия судоходства).

Таблица 1. Исходные данные по водотоку для «0» варианта

Створ(участок) реки	∇_i	L_i	Q_i	Z_i^{\max}	Z_i^{\min}
i	м	км	м³/с	м	м
1	202,0	30	4,55	217,1	204,0
2	194,0	40	6,55	208,1	194,0
3	181,0	50	7,05	193,1	181,0
4	174,0	65	10,05	184,1	174,0
5	170,0	70	10,55	180,1	172,0
6	157,0	80	14,05	167,1	159,0
7	141,5	95	14,55	151,6	143,5
8	125,0	115	24,05	135,1	127,0
9	111,0	135	48,05	121,1	113,0
10	100,0	180	53,05	110,1	102,0

1. Для n -ого варианта меняются только значения Q_{i-0} и Z_{i-0}^{max} , определяемые для каждого створа по формулам:

$$Q_i = Q_{i-0} + 0,2 \cdot n,$$

$$Z_i^{max} = Z_{i-0}^{max} + 0,2 \cdot n,$$

где n – номер варианта.

2. На участке между створами 2-4 не допускается нарушение естественного режима водотока (заповедник).

3. Для участка водотока, приходящегося на заповедник, заданы следующие условия:

- скорость течения воды :

$$\text{участок 2-3 : } V_{\text{расч}}^{\text{зап}} = 3.5 \text{ м/с;}$$

$$\text{участок 3-4 : } V_{\text{расч}}^{\text{зап}} = 2.5 \text{ м/с.}$$

- минимальные глубины водотока по фарватеру :

$$\text{участок 2-3 : } h_{\text{зап}}^{\text{min}} = 1.0 \text{ м для чет. вар-та и } 1,5 \text{ м для нечет;}$$

$$\text{участок 3-4 : } h_{\text{зап}}^{\text{min}} = 1.8 \text{ м для чет. вар-та и } 2,5 \text{ м для нечет.}$$

Состав задания:

1. Рассчитать водноэнергетический кадастр водотока и представить его графически: $\nabla(L)$, $Q(L)$, $N(L)$, $i^N(L)$. Определить валовой (теоретический потенциал).

2. Определить значение технико-экологического потенциала водотока при условии его использования сомкнутым каскадом русловых МГЭС и погружными свободнопоточными агрегатами.

ПРИНЯТЫЕ ДОПУЩЕНИЯ:

1 Расходы водотока в каждом створе принимаются постоянными в течение года, равные среднегодовому.

2 Рассматриваются только МГЭС по "водотоку", которые не изменяют естественный гидрологический режим водотока.

3 Число часов использования установленной мощности T (ч) принято: для МГЭС "по водотоку" 6000 часов; для погружных свободнопоточных агрегатов 8760 ч.



Водно-энергетический кадастр реки (ВЭК) включает в себя:

- Изменение продольного профиля реки $\nabla(L)$
- Изменение расхода по длине реки $Q(L)$
- Изменение потенциальной мощности водотока $N(L)$
- Изменение удельной потенциальной мощности водотока $i^N(L)$

Основные расчетные формулы ВЭК

Расчет расхода в центре участка Q_{i-i+1} :

$$\bar{Q}_{i-i+1} = \frac{Q_i + Q_{i+1}}{2} .$$

Длина расчетного участка водотока $l_{i,i-1}$:

$$l_{i-i+1} = L_{i+1} - L_i ,$$

где L_i - расстояние от начала реки до i - ого створа.

Перепад уровней на участке водотока $H_{i,i-1}$:

$$H_{i,i+1} = \nabla_i - \nabla_{i+1} ,$$

где ∇_i - отметка естественного уровня водотока в i -ом створе.

Валовая потенциальная мощность i -ого участка водотока:

$$N_{i-i+1} = 9,81 \cdot Q_{i-i+1} \cdot H_{i-i+1} .$$

Валовая потенциальная мощность всего водотока $N^{вал}$:

$$N^{вал} = \sum_{i=1}^k N_{i-i+1} ,$$

где k – количество участков.

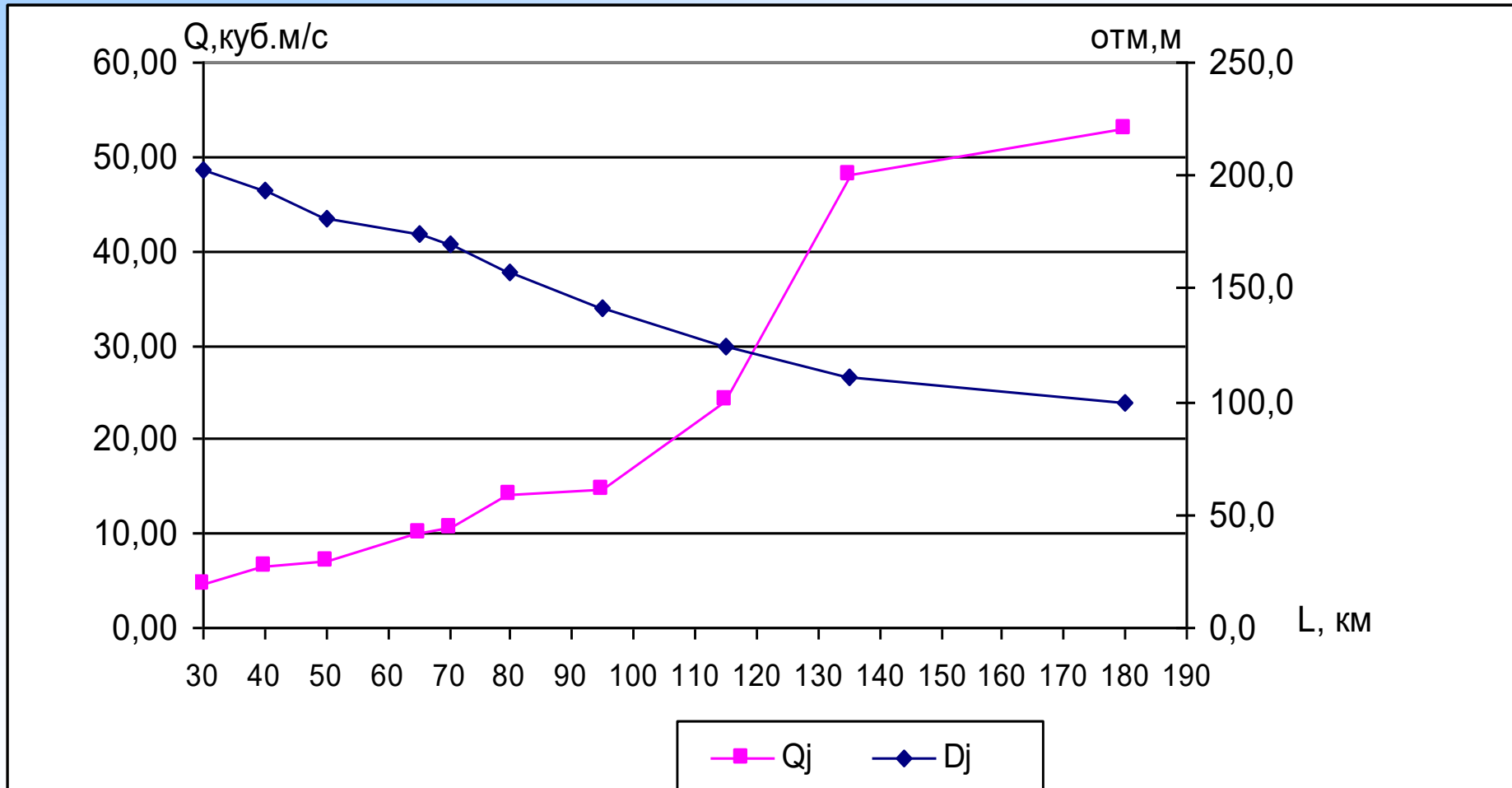
Таблица 2. Расчет ВЭК водотока для варианта №0

i	∇_i	L_i	Q_i	l_{i-i+1}	H_{i-i+1}	Q_{i-i+1}	N_{i-i+1}	N_i	i^N_{i-i+1}
-	м	км	м ³ /с	км	м	м ³ /с	кВт	кВт	кВт/км
1	202,0	30	4,55	-	-	-	-	0	-
2	194,0	40	6,55	10	8,0	5,55	436	436	43,6
3	181,0	50	7,05	10	13,0	6,80	867	1303	86,7
4	174,0	65	10,05	15	7,0	8,55	587	1890	39,1
5	170,0	70	10,55	5	4,0	10,30	404	2294	80,8
6	157,0	80	14,05	10	13,0	12,30	1569	3863	156,9
7	141,5	95	14,55	15	15,5	14,30	2174	6037	145,0
8	125,0	115	24,05	20	16,5	19,30	3124	9161	156,2
9	111,0	135	48,05	20	14,0	36,05	4951	14112	247,6
10	100,0	180	53,05	45	11,0	50,55	5455	19567	121,2

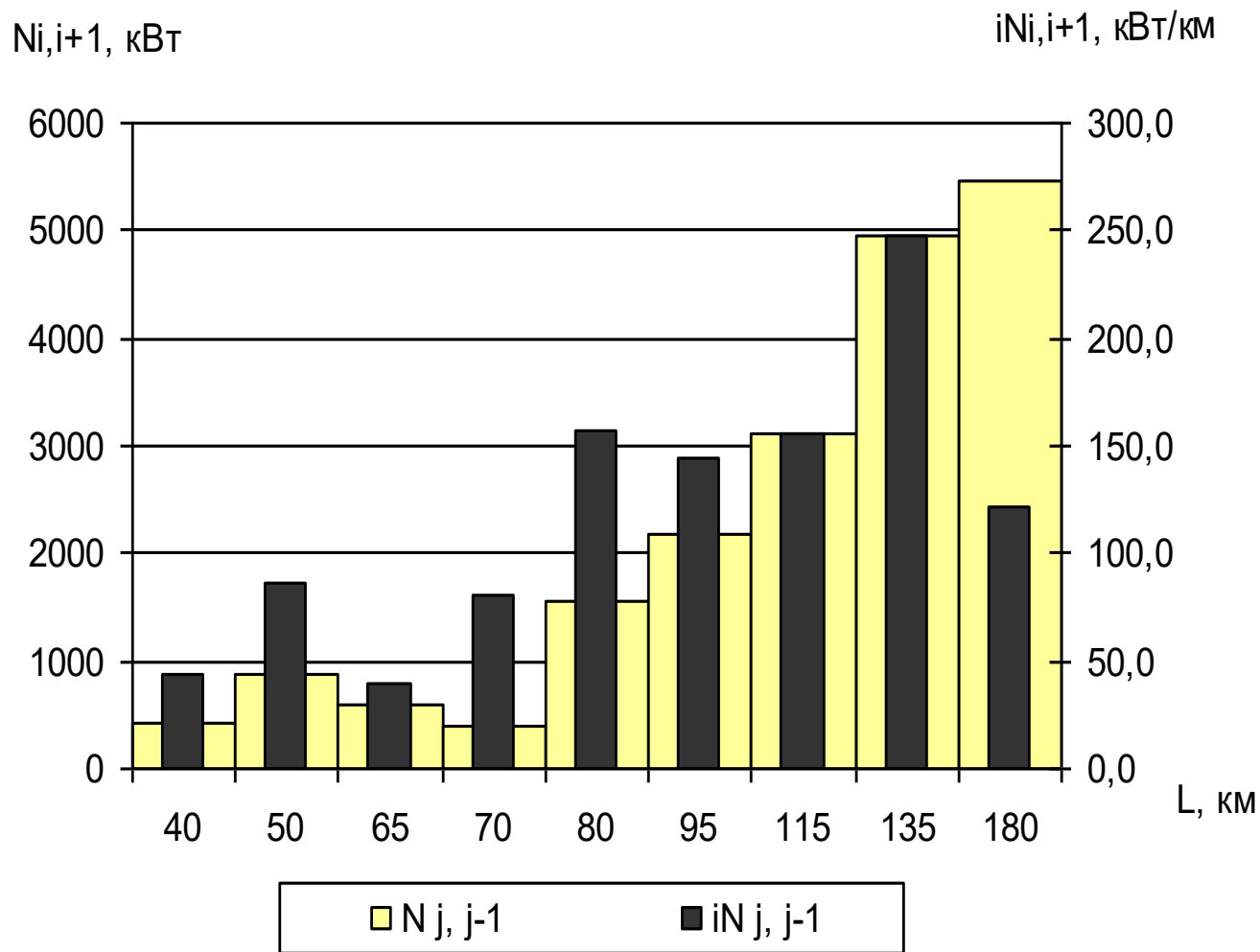
Вывод: Валовой потенциал водотока: $N^{вал} = 19,567 \text{ МВт} < 30 \text{ МВт}$, следовательно водоток можно отнести к категории малая гидроэнергетика.

$$\mathcal{E}^{вал} = N^{вал} \cdot T = 19567 \cdot 8760 = 81,81 \text{ млн. кВт} \cdot \text{ч в год.}$$

Изменение расхода и отметок естественного уровня по длине ВОДОТОКА



Изменение валовой мощности и удельной валовой мощности по длине водотока



Расчет технико-экологического потенциала

Экологические требования:

1. На участке **между створами 2-4 расположен заповедник**, и не допускается нарушение естественного режима водотока
2. По отметкам в створах 1-10 ограничения в виде неравенств:

$$Z_{вбi}^{min}(t) \leq Z_{вбi}(t) \leq Z_{вбi}^{max}(t),$$

где Z_i^{max} , м – максимально допустимое поднятие уровня воды в i -ом створе;

Z_i^{min} , м – ограничение по минимальному уровню воды в i -ом створе.

Технико-экологический потенциал водотока

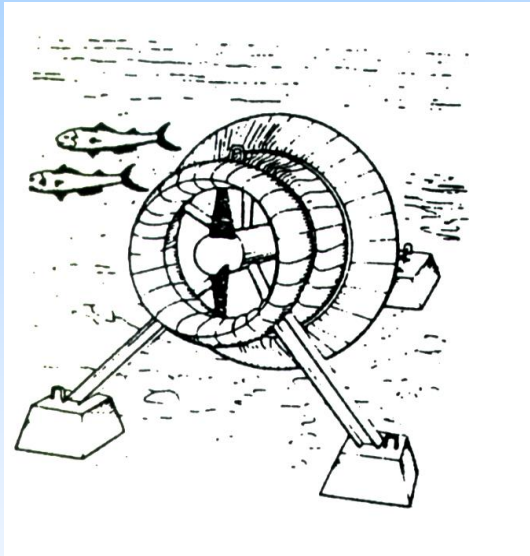
Расчет технико-экологического потенциала водотока $\mathcal{E}^{тех-эк}$ разбивается на два расчета:

- часть водотока используется каскадом малых ГЭС – $\mathcal{E}^{кас}$;

- другая на участке 2-4 – бесплотинными ГЭУ- $\mathcal{E}^{св-пот}$.

$$\mathcal{E}^{тех-эк} = \mathcal{E}^{кас} + \mathcal{E}^{св-пот}$$

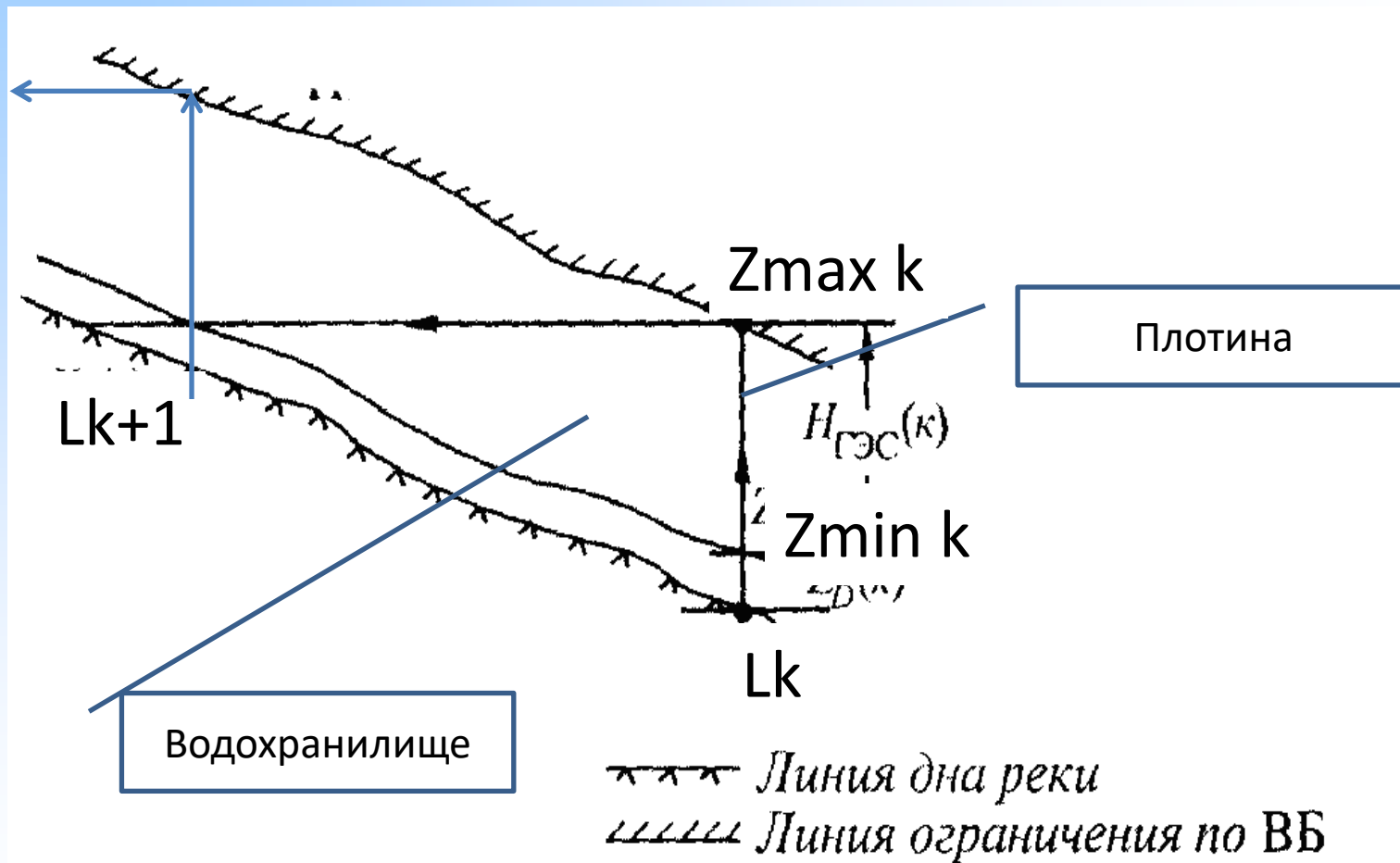
Параметры погружных свободнопоточных агрегатов

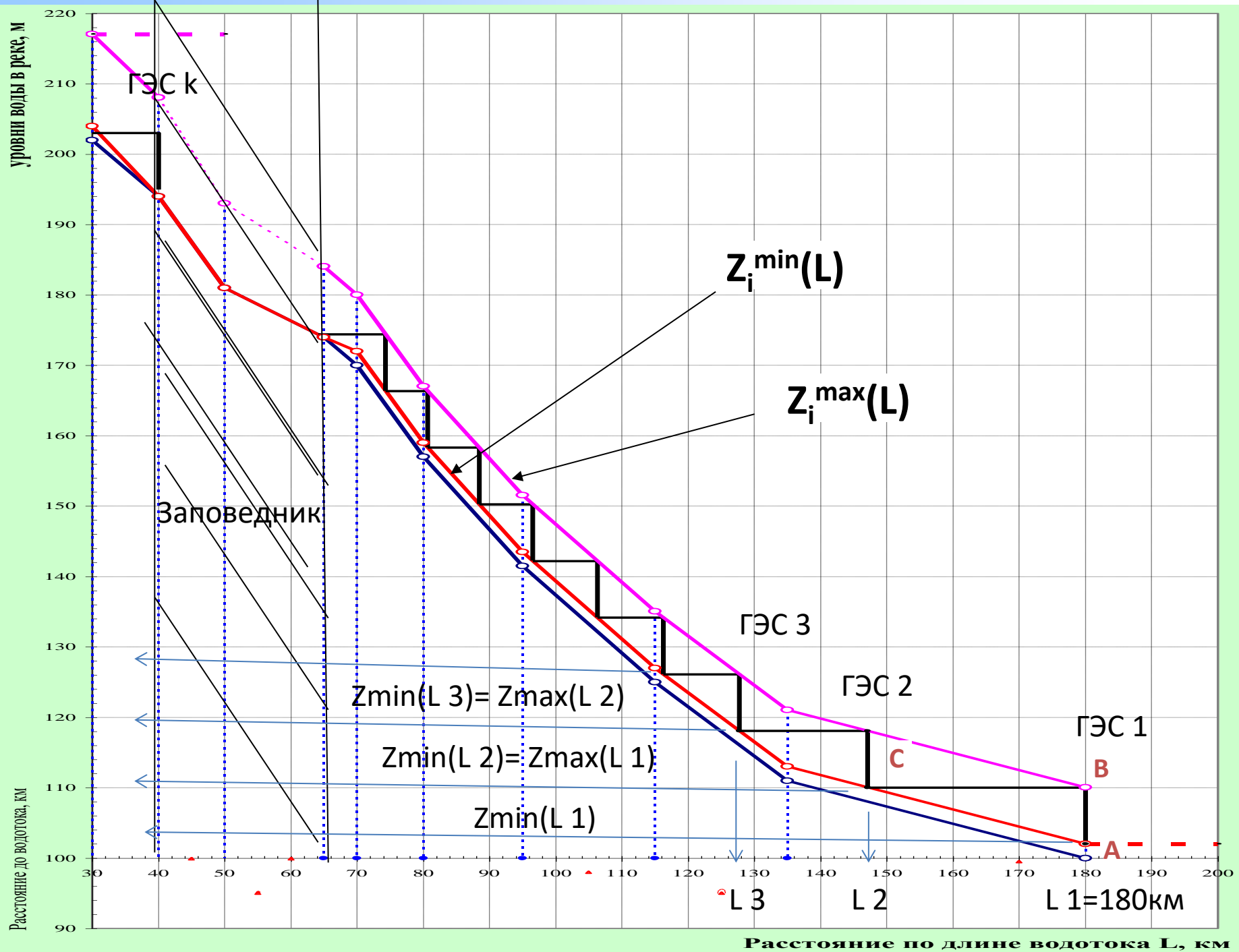


ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ:

- D_1 , м - диаметр рабочего колеса;
- $h_{дон}$, м - минимально допустимая глубина потока для установки;
- V_p , м/с – расчетная скорость;
- L_{min} , м - минимально-допустимое расстояние между агрегатами;
- КПД=20%.

Разбиение открытого водотока каскадом русловых ГЭС





Расчет мощности ГЭС

Расчет технических ресурсов ведем для условий маловодного года - расходы 90% обеспеченности

$Q_{расч}$

Принимаем допущение:

$$Q_{расчk} = 0,6 * Q_k.$$

Мощность k-ой ГЭС определяется:

$$N_{ГЭСk} = k_N Q_{расчk} H_{ГЭСk}.$$

где $k_N = 9,81 * \eta = 8,2$ – коэффициент
мощности;

$$H_{ГЭСk} = Z_k^{max} - Z_k^{min}.$$

Таблица 3. Расчет технико-экологического потенциала водотока при использовании плотинных МГЭС

створ ГЭС	Lk, км	Qk, м3/с	Qpk, м3/с	Zmax k, м	Zmin k, м	Hгэс k, м	Nгэс k, кВт	Эгэск, млн кВт*ч
1	L1 =180	Q1(L1)	0.6*Q1	Zmax(L1)	Zmin(L1)	Zmax1-Zmin1	8.2*Qp1*Hгэс1	Nгэс1*6000/10^6
2	L2	Q2(L2)	0.6*Q2	Zmax(L2)	Zmin(L2)	Zmax2-Zmin2	8.2*Qp2*Hгэс2	Nгэс2*6000/10^6
3	L3	Q3(L3)	0.6*Q3	Zmax(L3)	Zmin(L3)	Zmax2-Zmin3	8.2*Qp3*Hгэс3	Nгэс3*6000/10^6
.....
.....
k	Lk	Qk(Lk)	0.6*Qk	Zmax(Lk)	Zmin(Lk)	Zmax k-Zmin k	8.2*Qpk*Hгэск	Nгэск*6000/10^6

слайд17 слайд17 слайд11

слайд17 слайд17

сумма

сумма

Расчет технико-экологического потенциала водотока при использовании бесплотинных МГЭС

Возможность использования на данном участке оборудования из таблицы 5 проверяется выполнением условия:

-минимально допустимая глубина потока для установки ГЭУ $h_{\text{доп}} < \text{минимальная глубина водотока по фарватеру на участке } h_{\text{зап}}^{\text{min}};$

Примечание:

1. Мощность погружного агрегата будет определяться скоростью течения воды на участке реки.
2. Количество агрегатов определяется отношением длины участка к минимальному расстоянию между агрегатами ($l_{i,i+1}/L_{\text{min}}$).
3. Общая мощность станции определяется $N_{\text{погр. гэс}} = N_a \cdot n_a$, энергия $E_{\text{погр. гэс}} = 8760 \cdot N_{\text{погр. гэс}}$.

Таблица 4 - Параметры погружных свободнопоточных агрегатов

Вариант	D_1	$h_{\text{доп}}$	N_a		L_{min}
			$V_p = 3,5 \text{ м/с}$	$V_p = 2,5 \text{ м/с}$	
	м	м	кВт		м
1	0,50	1,5	0,836	0,304	10,0
2	1,12	2,0	4,29	1,56	22,4

Таблица 5 - Расчет технико-экологического потенциала водотока при условии его использования с помощью бесплотинных погружных агрегатов

Участок	V_p	$l_{i,i+1}$	h_p^{\min}	Na, кВт	n_{agr}	N	Э б/пл МГЭС
-	м/с	км	м	-	шт.	кВт	млн кВт*ч
2-3	3,5	10	1,0	0	0	0	0
3-4	2,5	15	1,8	0.304	1500	456	3,99
Сумма					1500	456	3,99

Таблица 6 - Итоговая таблица результатов расчета

Категории потенциала	N	Э	N	Э
	кВт	10^6 кВт*ч в год	%	%
1. Валовой	19567	171,41	100,0	100,0
2. Технико-экологический			в % от валового	
плотинные МГЭС	9339	81,81	47,7	47,7
бесплотинные МГЭС	456	3,99	2,3	2,3
МГЭС всего	9795	85,80	50,1	50,1

Вывод: только 50,1 % от валовых ресурсов рассматриваемого водотока возможно использовать при соблюдении экологических требований и заданных параметров оборудования.