

1. Исходные данные.

Заданный гидрологический ряд.

Таблица 1.

Расход воды р. Волги в створе - 3 города Углича.

Годы	Месяцы												Макс. Расход
	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	$Q_{\max}, \text{м}^3/\text{с}$
1905 - 1906	151	222	227	506	1270	617	348	233	148	236	2628	611	5250
1906 - 1907	190	180	127	260	214	409	248	174	128	122	2097	715	4042
1907 - 1908	321	758	943	360	269	196	134	72	58	90	2219	2422	4410
1908 - 1909	501	1003	540	962	655	303	193	151	128	129	1993	1789	3780
1909 - 1910	395	464	653	298	256	193	123	120	119	154	2253	615	4515
1910 - 1911	189	176	229	265	312	396	267	185	142	110	2120	734	4200
1911 - 1912	396	437	188	194	281	341	148	109	78	471	1572	855	2940
1912 - 1913	404	217	138	182	228	384	195	150	124	855	1777	272	3465
1913 - 1914	174	222	139	152	151	618	323	222	685	447	2080	737	3780
1914 - 1915	210	160	118	164	159	98	109	100	94	96	3048	1170	6300
1915 - 1916	256	215	187	293	226	543	174	121	108	98	2697	521	5460
1916 - 1917	231	234	259	295	768	654	415	199	134	94	2167	832	4305

Заданная обеспеченность:

Маловодный год: $P_1 = 50\%$

Средневодный год: $P_2 = 90\%$

Расчет:

2. Выбор периода половодья и межени.

К половодью относятся все месяцы в году, для которых выполняется условие: $\overline{Q_{ni}} \geq \overline{Q_{zt}}$,
где i – номер месяца, t – год.

К межени относятся все месяцы в году, для которых выполняется условие: $\overline{Q_{ni}} < \overline{Q_{zt}}$,
где i – номер месяца, t – год.

$$\overline{Q_{zt}} = \frac{\sum_{n=1}^{12} Q_n}{12}, \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

Период половодья и межени.

Таблица 2.

Годы	Месяцы												$Q_{zt}, \text{м}^3/\text{с}$
	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	
1905 - 1906	151	222	227	506	1270	617	348	233	148	236	2628	611	599,75
1906 - 1907	190	180	127	260	214	409	248	174	128	122	2097	715	405,33
1907 - 1908	321	758	943	360	269	196	134	72	58	90	2219	2422	653,50
1908 - 1909	501	1003	540	962	655	303	193	151	128	129	1993	1789	695,58
1909 - 1910	395	464	653	298	256	193	123	120	119	154	2253	615	470,25
1910 - 1911	189	176	229	265	312	396	267	185	142	110	2120	734	427,08
1911 - 1912	396	437	188	194	281	341	148	109	78	471	1572	855	422,50
1912 - 1913	404	217	138	182	228	384	195	150	124	855	1777	272	410,50
1913 - 1914	174	222	139	152	151	618	323	222	685	447	2080	737	495,83
1914 - 1915	210	160	118	164	159	98	109	100	94	96	3048	1170	460,50
1915 - 1916	256	215	187	293	226	543	174	121	108	98	2697	521	453,25
1916 - 1917	231	234	259	295	768	654	415	199	134	94	2167	832	523,50

Таким образом, в период половодья входят месяцы: III, IV, V. В период межени: I, II, VI, VII, VIII, IX, X, XI, XII.

3. Составим ряды среднегодовых, среднемеженных и среднеполоводных расходов.

Ряды среднегодовых, среднемеженных и среднеполоводных расходов. Таблица 3.

Годы	$\overline{Q_{\Gamma}},$ м³/с	$\overline{Q_{\Pi}},$ м³/с	$\overline{Q_{\text{М}}},$ м³/с
1905 - 1906	599,8	1158,3	413,6
1906 - 1907	405,3	978,0	214,4
1907 - 1908	653,5	1577,0	345,7
1908 - 1909	695,6	1303,7	492,9
1909 - 1910	470,3	1007,3	291,2
1910 - 1911	427,1	988,0	240,1
1911 - 1912	422,5	966,0	241,3
1912 - 1913	410,5	968,0	224,7
1913 - 1914	495,8	1088,0	298,4
1914 - 1915	460,5	1438,0	134,7
1915 - 1916	453,3	1105,3	235,9
1916 - 1917	523,5	1031,0	354,3

4. Рассчитаем координаты эмпирической кривой обеспеченности для рядов: $\overline{Q_{\Gamma}}, \overline{Q_{\Pi}}, \overline{Q_{\text{М}}}$.

Обеспеченность находим по формуле:

$$P(m) = \frac{m}{n+1} \cdot 100\%$$

Координаты эмпирических кривых обеспеченности.

Таблица 4.

m	$\overline{Q_{\Gamma}}$ м³/с	Годы	$\overline{Q_{\Pi}}$ м³/с	Годы	$\overline{Q_{\text{М}}}$ м³/с	Годы	$P(m)$
1	695,6	1908 - 1909	1577,0	1907 - 1908	492,9	1908 - 1909	7,69
2	653,5	1907 - 1908	1438,0	1914 - 1915	413,6	1905 - 1906	15,38
3	599,8	1905 - 1906	1303,7	1908 - 1909	354,3	1916 - 1917	23,08
4	523,5	1916 - 1917	1158,3	1905 - 1906	345,7	1907 - 1908	30,77
5	495,8	1913 - 1914	1105,3	1915 - 1916	298,4	1913 - 1914	38,46
6	470,3	1909 - 1910	1088,0	1913 - 1914	291,2	1909 - 1910	46,15
7	460,5	1914 - 1915	1031,0	1916 - 1917	241,3	1911 - 1912	53,85
8	453,3	1915 - 1916	1007,3	1909 - 1910	240,1	1910 - 1911	61,54
9	427,1	1910 - 1911	988,0	1910 - 1911	235,9	1915 - 1916	69,23
10	422,5	1911 - 1912	978,0	1906 - 1907	224,7	1912 - 1913	76,92
11	410,5	1912 - 1913	968,0	1912 - 1913	214,4	1906 - 1907	84,62
12	405,3	1906 - 1907	966,0	1911 - 1912	134,7	1914 - 1915	92,31

5. Построим эмпирические кривые обеспеченности и наметим расчетные годы.

6. Определение расчетного маловодного года. $P = 90\%$.

Рассматриваем годы: 1912 – 1913; 1906 – 1907.

Коэффициенты приведения расчетного года к заданной обеспеченности.

$$\text{Для половодья: } K_{II} = \frac{\overline{Q_{II}}}{Q_{II}^P}. \quad \text{Для межени: } K_M = \frac{\overline{Q_{Mi}}}{Q_{Mi}^P}.$$

Рассмотрим 1912-1913 год.

$$\text{По половодью: } K_{II}^{1912-13} = \frac{\overline{Q_{II}^{1912-13}}}{Q_{II}^{1912-13}} = \frac{968,0}{968,0} = 1$$

$$\text{По межени: } K_M^{1912-13} = \frac{\overline{Q_{Mi}^{1906-07}}}{Q_{Mi}^{1912-13}} = \frac{214,4}{224,7} = 0,954$$

Рассмотрим 1906-1907 год.

$$K_{II}^{1906-07} = \frac{\overline{Q_{II}^{1911-12}}}{Q_{II}^{1906-07}} = \frac{966,0}{978,0} = 0,987$$

$$K_M^{1906-07} = \frac{\overline{Q_{Mi}^{1914-15}}}{Q_{Mi}^{1906-07}} = \frac{134,7}{214,4} = 0,628$$

Очевидно, что коэффициенты $K_{II}^{1912-13}$ и $K_M^{1912-13}$ имеют более близкое значение к 1 нежели чем коэффициенты $K_{II}^{1906-07}$ и $K_M^{1906-07}$. Поэтому считать средние значения коэффициентов мы не будем. За расчетный год выбираем 1912 – 1913 год.

$Q_{Mi}^{IP} = Q_{Mi}^P \cdot K_M / Q_{II}^{IP} = Q_{II}^P \cdot K_{II}$ - формула для определения расходов для расчетного года с учетом коэффициента приведения по межени / по половодью.

Гидрограф маловодного 1912-1913 года ($P=50\%$)

Таблица 5.

Месяцы	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V
$\overline{Q_i^{1912-13}}$ м³/с	404	217	138	182	228	384	195	150	124	855	1777	272
$\overline{Q_{iIP}^{1912-13}}$ м³/с	385,42	207,02	131,65	173,63	217,51	366,34	186,03	143,10	118,30	855	1777	272

7. Определение расчетного средневодного года. $P = 50\%$.

Рассматриваем годы: 1909 – 1910; 1914 – 1915.

Коэффициенты приведения расчетного года к заданной обеспеченности.

$$\text{Для половодья: } K_{II} = \frac{\overline{Q_{II}}}{Q_{II}^P}. \quad \text{Для межени: } K_M = \frac{\overline{Q_{Mi}}}{Q_{Mi}^P}.$$

Рассмотрим 1909-1910 год.

$$\text{По половодью: } K_{II}^{1909-10} = \frac{\overline{Q_{II}^{1913-14}}}{Q_{II}^{1909-10}} = \frac{1088,0}{1007,3} = 1,08$$

$$\text{По межени: } K_M^{1909-10} = \frac{\overline{Q_{Mi}^{1909-10}}}{Q_{Mi}^{1909-10}} = \frac{291,2}{291,2} = 1$$

Рассмотрим 1914-1915 год.

$$K_{II}^{1914-15} = \frac{\overline{Q_{II}^{1916-17}}}{Q_{II}^{1914-15}} = \frac{1031,0}{1438,0} = 0,717$$

$$K_M^{1914-15} = \frac{\overline{Q_{Mi}^{1911-12}}}{Q_{Mi}^{1914-15}} = \frac{241,3}{134,7} = 1,791$$

Очевидно, что коэффициенты $K_{II}^{1909-10}$ и $K_M^{1909-10}$ имеют более близкое значение к 1 нежели чем коэффициенты $K_{II}^{1914-15}$ и $K_M^{1914-15}$. Поэтому считать средние значения коэффициентов мы не будем. За расчетный год выбираем 1909 – 1910 год.

$Q_{Mi}^{IP} = Q_{Mi}^P \cdot K_M / Q_{II}^{IP} = Q_{II}^P \cdot K_{II}$ - формула для определения расходов для расчетного года с учетом коэффициента приведения по межени / по половодью.

Гидрограф средневодного 1909-1910 года (P=50%)

Таблица 6.

Месяцы	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V
$\overline{Q_i^{1909-10}}$ $\text{м}^3/\text{с}$	395	464	653	298	256	193	123	120	119	154	2253	615
$\overline{Q_{i\text{ПР}}^{1909-10}}$ $\text{м}^3/\text{с}$	395	464	653	298	256	193	123	120	119	166,32	2433,24	664,2

8. Сравнение расчетного маловодного года и средневодного года.

Также отметим месяцы для корректировки.

Таблица 7.

Месяцы	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V
$\overline{Q_i^{1912-13}}$ $\text{м}^3/\text{с}$	404	217	138	182	228	384	195	150	124	855	1777	272
$\overline{Q_{i\text{ПР}}^{1912-13}}$ $\text{м}^3/\text{с}$	385,42	207,02	131,65	173,63	217,51	366,34	186,03	143,10	118,30	855	1777	272
$\overline{Q_i^{1909-10}}$ $\text{м}^3/\text{с}$	395	464	653	298	256	193	123	120	119	154	2253	615
$\overline{Q_{i\text{ПР}}^{1909-10}}$ $\text{м}^3/\text{с}$	395	464	653	298	256	193	123	120	119	166,32	2433,24	664,2

9. Произведем корректирование значений расходов средневодного года.

$$\overline{Q_{XI}^{1909-10}} = 193, \text{ м}^3/\text{с}$$

$$\text{XI месяц. } \overline{Q_{XI}^{1912-13}} = 366,34, \text{ м}^3/\text{с}$$

$$\Delta Q_{XI} = 366,34 - 193,0 = 173,34, \text{ м}^3/\text{с}$$

$$\overline{Q_{XII}^{1909-10}} = 123, \text{ м}^3/\text{с}$$

$$\text{XII месяц. } \overline{Q_{XII}^{1912-13}} = 186,03, \text{ м}^3/\text{с}$$

$$\Delta Q_{XII} = 186,03 - 123,0 = 63,03, \text{ м}^3/\text{с}$$

$$\overline{Q_I^{1909-10}} = 120, \text{ м}^3/\text{с}$$

$$\text{I месяц. } \overline{Q_I^{1912-13}} = 143,1, \text{ м}^3/\text{с}$$

$$\Delta Q_I = 143,1 - 120,0 = 23,1, \text{ м}^3/\text{с}$$

$$\overline{Q_{III}^{1909-10}} = 166,32, \text{ м}^3/\text{с}$$

$$\text{III месяц. } \overline{Q_{III}^{1912-13}} = 855, \text{ м}^3/\text{с}$$

$$\Delta Q_{III} = 855 - 166,32 = 688,68, \text{ м}^3/\text{с}$$

$$\Delta Q = 688,68 + 23,1 + 63,03 + 173,34 = 948,15, \text{ м}^3/\text{с}$$

Месяцы XI, XII, I корректируем за счет месяца VIII.

$$Q_{XI} + Q_{XII} + Q_I = 173,34 + 63,03 + 23,1 = 259,47, \text{ м}^3/\text{с}$$

$$\overline{Q_{VIII\text{корр}}^{1909-10}} = 653 - 259,47 = 393,53, \text{ м}^3/\text{с}$$

Месяц III корректируем за счет месяцев IV и V.

$$(\overline{Q_{IV}^{1909-10}} - \overline{Q_{IV}^{1912-13}}) + (\overline{Q_V^{1909-10}} - \overline{Q_V^{1912-13}}) - \Delta Q_{III}$$

$$(2433,24 - 1777) + (664,2 - 272) - 688,68 = 359,76 \text{ , м}^3/\text{с}$$

$$\frac{359,76}{2} = 179,88 \text{ , м}^3/\text{с}$$

$$\overline{Q_{IV}^{1909-10}}_{корр} = 1777 + 179,88 = 1956,88 \text{ , м}^3/\text{с}$$

$$\overline{Q_V^{1909-10}}_{корр} = 272 + 179,88 = 451,88 \text{ , м}^3/\text{с}$$

Скорректированный гидрограф средневодного года.

Таблица 8.

Месяцы	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V
$\overline{Q_i^{1909-10}}$ м ³ /с	395	464	653	298	256	193	123	120	119	154	2253	615
$\overline{Q_{iПР}^{1909-10}}$ м ³ /с	395	464	653	298	256	193	123	120	119	166,32	2433,24	664,2
$\overline{Q_{iКОРР}^{1909-10}}$ м ³ /с	395	464	393,53	298	256	366,34	186,03	143,10	119	855	1956,88	451,88

Сумма расходов $\overline{Q_{iПР}^{1909-10}}$ и $\overline{Q_{iКОРР}^{1909-10}}$ одинакова и равна 5884,76 м³/с.

