

Епончинцева Д.Н.,
Клименко Д.Е.

**Оценка параметров кривых
редукции ливневых осадков и
формулы предельной
интенсивности для территории
Среднего Урала**

Eponchintseva D.N.,
Klimenko D.E.

**Evaluation of parameters of
curve reductions of heavy rains
and of formula of limit intensity
for average Ural territory**

Епончинцева Д.Н.,
Клименко Д.Е.

**Орта Орал аймағы үшін
нөсерлі жауын-шашындардың
редукция қисық сызықтары
параметрлерін және
шектеулі қарқындылығының
теңдеуін бағалау**

В статье приводятся методика расчета и анализ параметров кривых редукции ливневых осадков по метеостанции Екатеринбург (Свердловск), определенных в разное время, а также значения сборных коэффициентов паводочного стока. Произведен сравнительный расчет максимальных расходов воды дождевых паводков данных по ливням, определенным различными методами, для пункта р. Решетка - с. Новоалексеевское.

Ключевые слова: паводки, ливневые осадки, максимальные расходы воды, формула предельной интенсивности, кривые редукции.

In article is available calculation procedure and analysis of parameters curve reductions of heavy rain on a meteorological station Yekaterinburg (Sverdlovsk), which are defined at different times, and also values of combined coefficients of flood flow. It is made comparative calculation of maximum expenses of water of flood flow, on various methods, for station r. Reshetka- v. Novoalekseevskoye's- Lattice Village

Key words: floods, heavy rain, maximum expenses of water, formula of limit intensity, curve reductions.

Мақалада Екатеринбург (Свердловск) метеостанциясы бойынша әр уақытта анықталған нөсерлі жауын-шашындардың редукция қисық сызықтары параметрлерінің есептеу тәсілі мен талдауы, сонымен қатар су ағын тасқындарының жинақы коэффициент мәндері берілген. Новоалексеевское ауылы Решетка өзені үшін әртүрлі әдістерімен анықталған нөсерлі жауын-шашындар бойынша жаңбыр сулары тасқындары максималды шығындарының салыстырмалы есептеулері жүргізілген.

Түйін сөздері: су тасқындары, нөсерлі жауын-шашындар, судың максималды шығындар, шектеулі қарқындылық теңдеуі, редукция қисық сызықтары.

ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ КРИВЫХ РЕДУКЦИИ ЛИВНЕВЫХ ОСАДКОВ И ФОРМУЛЫ ПРЕДЕЛЬНОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ ДЛЯ ТЕРРИТОРИИ СРЕДНЕГО УРАЛА

Введение

Дождевые паводки на малых реках горной части Урала являются наиболее многоводной фазой водного режима, в течение которой проходят экстремальные расходы воды. Максимальными расходами определяются параметры проектируемых инженерных сооружений различных классов капитальности (малые мосты и трубы, плотины и т.п.), что определяет высокие требования к точности определения максимумов неизученных рек.

Расчет максимальных расходов дождевых вод паводков неизученных рек ведется с использованием формулы предельной интенсивности (формула III типа), рекомендованной СП 33-101-2003 в качестве основной для водосборов площадью менее 200 км² [6].

Основными расчетными параметрами формулы, помимо морфометрических характеристик водосборов, являются данные о суточных максимумах ливневых осадков и координаты кривых редукции ливней по времени.

Параметры кривых редукции ливневых осадков и статистическая обработка данных по ливням выполнялась в Государственном гидрологическом институте для всей территории СССР более полувека назад. На сегодняшний день эти параметры требуют уточнения. В данной статье представлен пример уточнения расчетных параметров ливневых осадков (кривых редукции) и коэффициентов паводочного стока.

Исходные данные и методы исследования

В качестве исходных данных использовались материалы метеорологических ежемесячников за период с 1961 по 1996 гг. по таблицам «Осадки (по пловниографу)». Для метеостанции Екатеринбург (Свердловск) составлена база данных по всем ливням за период наблюдений (35 лет) [3, 7].

Расчет интенсивности ливня за интервалы времени 5, 10, 20, 40, 60, 90, 150, 300, 720, 1440, 2880 минут (в соответствии с градацией, принятой в «Ресурсах поверхностных вод СССР» [5]), выполнен в среде Microsoft Excel. Для каждого ливня получены

ряды максимальных интенсивностей (i , мм/мин) для выделенных интервалов времени и опреде-

лены статистические параметры рядов (норма, C_v , C_s) (табл. 1).

Таблица 1 – Расчетные максимальные интенсивности ливней за интервалы времени по метеостанции Екатеринбург (Свердловск) и статистические параметры распределения данных

Статистические параметры распределения	Расчетная максимальная интенсивность ливня (мм/мин) за интервалы, в минутах									
	5	10	20	40	60	90	150	300	720	1440
Среднее	0,84	0,76	0,63	0,43	0,33	0,25	0,15	0,04	0,03	-
C_v	1,15	1,05	0,96	0,98	0,89	0,94	0,95	0,69	0,45	-
C_s	1,71	1,37	1,09	1,31	1,18	1,20	1,08	1,32	-	-
C_s/C_v	1,48	1,30	1,13	1,34	1,32	1,27	1,15	1,91	-	-

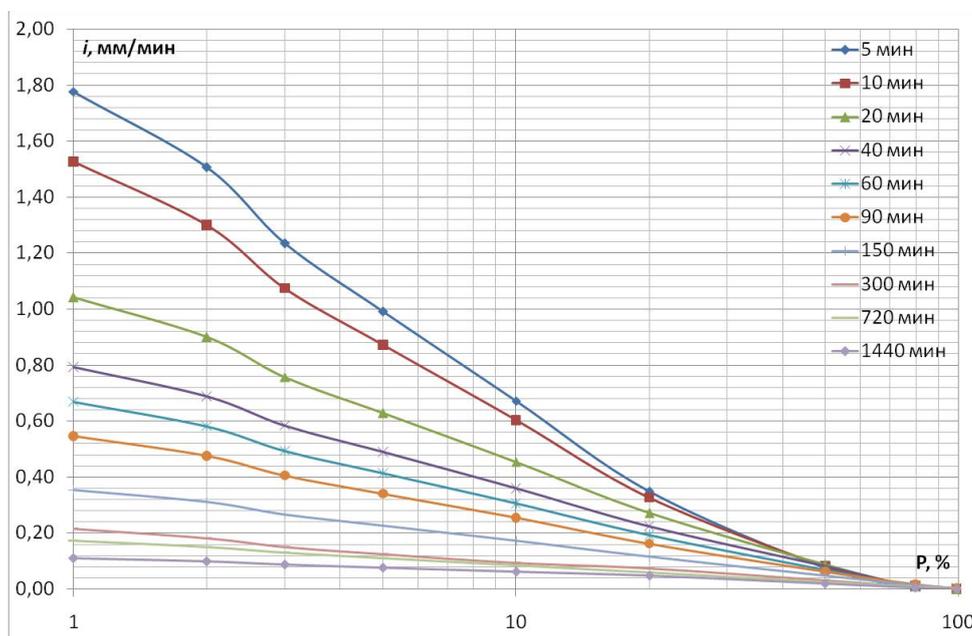


Рисунок 1 – Теоретические кривые обеспеченности максимальной интенсивности ливня за интервалы времени

На основании теоретических кривых для каждого временного интервала определены интенсивности и суммы осадков различной обеспеченности (1, 2, 3, 5, 10%), являющиеся параметрами кривых редукции (табл. 2).

В ходе исследования дополнительно была уточнена максимальная суточная сумма осадков вероятностью превышения 1% ($H_{1\%}$, мм). Полученная величина (94 мм) соответствует данным, опубликованным в [3].

Результаты

Оценка уточненных кривых редукции ливневых осадков выполнена применительно к расчетам максимальных расходов воды по посту р. Решетка – с. Новоалексеевское, расположенному в 31 км к западу от метеостанции Екатеринбург, имеющему ряды наблюдений над максимальными расходами воды за период с 1946 по 2003 гг. (площадь водосбора – $F=32,0$ км²; средний уклон

водосбора – $I_{\text{вдсб}}=33,1\%$; ср. взвешенный уклон реки – $I_p=9,2\%$; длина русла – $L=6,2$ км; густота речной сети – $r=0,43$ км/км²; озерность – $f_o=0\%$; лесистость – $f_l=80\%$; заболоченность – $f_o=0\%$ [2].

Выполнен расчет максимальных расходов воды по формуле предельной интенсивности с

использованием кривых редукции осадков, рекомендованных «Ресурсами», «Пособием» и полученными в ходе настоящего исследования [4, 5]. Параметры кривых редукции и значения сборных коэффициентов стока определены разными способами (табл. 3) [1].

Таблица 2 – Параметры кривых редукции ливневых осадков по метеостанции Екатеринбург (Свердловск)

Статистические параметры распределения			Интервалы времени, мин	Интенсивность ливня различной обеспеченности i , мм/мин				
Средняя интенсивность, мм/мин	C_v	C_s/C_v		$i_{1\%}$	$i_{2\%}$	$i_{3\%}$	$i_{5\%}$	$i_{10\%}$
0,84	1,15	1,48	5	3,55	3,33	3,11	2,86	2,39
0,76	1,05	1,30	10	2,97	2,78	2,59	2,38	2,00
0,63	0,96	1,13	20	2,29	2,14	1,99	1,83	1,55
0,43	0,98	1,34	40	1,59	1,49	1,39	1,27	1,08
0,33	0,89	1,32	60	1,14	1,07	0,99	0,91	0,78
0,25	0,94	1,27	90	0,90	0,84	0,78	0,72	0,61
0,15	0,95	1,14	150	0,54	0,50	0,47	0,43	0,36
0,05	0,93	3,48	300	0,22	0,18	0,15	0,12	0,09
0,04	1,02	2,20	720	0,17	0,15	0,13	0,11	0,09
0,03	0,81	2,44	1440	0,11	0,10	0,09	0,08	0,06

Расчетная формула III типа используется, в соответствии с СП 33-101-2003, для определения $Q_{P\%}$ на водосборах площадью менее 200 км² и может быть представлена в виде (в соотв. с п. 7.46 [6]):

$$q_{P\%} = 16,67 \cdot \varphi \cdot \bar{\psi}(\tau_{\bar{\sigma}}) \cdot H_{1\%} \cdot \delta \cdot \delta_{карст} \cdot \lambda_{P\%}, \quad (1)$$

где $q_{P\%}$ – расчетный модуль максимального срочного расхода воды ежегодной вероятности превышения $P\%$ (м³/с км²).

φ – сборный коэффициент стока, определенный обратным путем, на основании данных наблюдений по посту и гидрографических характеристик его водосбора. В результате расчетов получена величина φ , равная 0,13; по данным «Пособия» [4] $\varphi = 0,18$; по данным «Ресурсов» [5] $\varphi = 0,23$.

$\Psi(\tau_{\bar{\sigma}})$ – ордината районной кривой редукции интенсивности осадков соответствующей обеспеченности (мм/мин) в зависимости от времени бассейнового добега $\tau_{\bar{\sigma}}$ (мин), определенная как отношение величины интенсивности ливня i к суточному максимуму осадков $H_{1\%}$.

Время бассейнового добега определено как сумма времени руслового (τ_p) и склонового добега ($\tau_{ск}$):

$$\tau_{\bar{\sigma}} = 4 \cdot \tau_p + \tau_{ск}. \quad (2)$$

Продолжительность руслового добега определяется по формуле:

$$\tau_p = \frac{1000 \cdot L}{7 \cdot I^{1/3} \cdot (F \cdot q_{1\%})^{1/4}}, \quad (3)$$

где L – длина расчетного водотока до замыкающего створа, км;

I – средний уклон водосбора, ‰;

$q_{1,\%}$ – модуль максимального стока дождевых паводков вероятностью превышения 1%, м³/с км². Величина бассейнового добегаания получена равной 200 мин.

$H_{1,\%}$ – величина максимального суточного слоя осадков с вероятностью превышения 1%,

мм, принятая для м/с Екатеринбург (Свердловск) равной 94 мм (рис. 2).

$\delta, \delta_{карст}, \lambda_{1\%}$ – соответственно, параметры снижения максимального стока озерами, карстовыми областями и коэффициент перехода от обеспеченности 1% к другим обеспеченностям.

Ниже приведены результаты определения максимальных расходов с использованием разных параметров кривых редукции (табл. 4).

Таблица 3 – Отношение средней интенсивности осадков к суточным осадкам той же обеспеченности, по данным различных исследований

Источник данных	Параметры кривой редукции $\Psi(\tau_{\delta} = 200)_{P,\%}$ (отношение средней интенсивности осадков обеспеченностью $P, \%$ к суточным осадкам той же обеспеченности для $\tau_{\delta} = 200$ мин)				
	P=1%	P=2%	P=3%	P=5%	P=10%
Результаты исследования ($H_{1\%} = 94$ мм)	0,0033	0,0033	0,0030	0,0028	0,0026
По «Ресурсам» [5] ($H_{1\%} = 120$ мм)	0,0044	0,0043	0,0042	0,0041	0,0040
По «Пособию» [4] ($H_{1\%} = 108$ мм)	0,0042	0,0042	0,0041	0,0040	0,0038

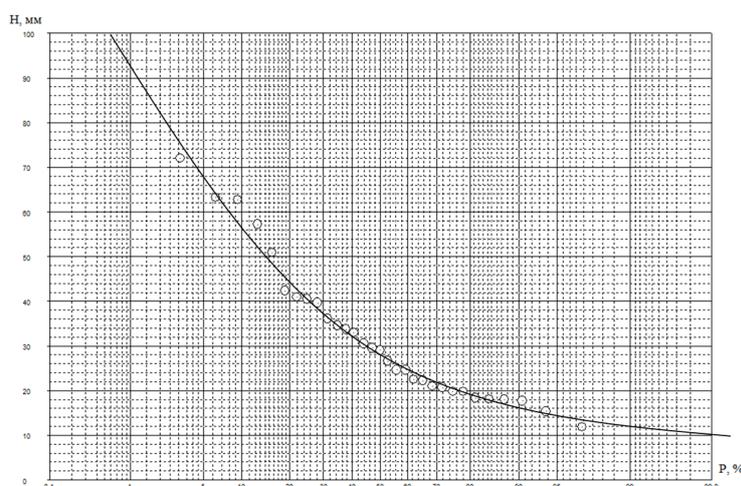


Рисунок 2 – Эмпирическая кривая обеспеченности суточных максимумов ливневых осадков за период с 1961 по 1996 гг. по метеостанции Екатеринбург (Свердловск)

Таблица 4 – Сравнение расчетных максимальных расходов воды, определенных различными методами

Источник данных	Максимальные расходы воды дождевого паводка $Q_{P,\%}$, м ³ /с для пункта р. Решетка – с. Новоалексеевское ($F=32,0$ км ²)				
	P=1%	P=2%	P=3%	P=5%	P=10%
По данным фактических наблюдений	12,7	10,8	8,80	7,04	4,73
По результатам исследования ($\varphi=0,13$)	16,5	14,7	12,7	11,0	8,73
По «Ресурсам» [5] ($\varphi=0,23$)	21,9	19,5	16,8	14,6	11,6
По «Пособию» [4] ($\varphi=0,18$)	16,8	13,4	12,1	10,1	6,72

Выводы

На основании данных исследования сделаны следующие выводы:

1. Для метеостанции Екатеринбург (Свердловск) уточнена суточная сумма осадков, равная 94 мм. В «Ресурсах» и «Пособии» [4, 5] данная характеристика завышена.

2. Параметры кривых редукции по метеостанции Екатеринбург (Свердловск), определенные в исследовании, близки к ранее рассчитан-

ным, что свидетельствует об устойчивости этих параметров и возможности использовать в расчетах данные «Ресурсов» и «Пособия».

3. Коэффициенты стока, полученные в работе, разнятся с данными «Ресурсов» и «Пособия» [4, 5].

4. Расчетные расходы воды для пункта р. Решетка-с. Новоалексеевское, определенные в исследовании являются более близкими к фактическим данным, тогда как «Ресурсов» и «Пособия» [4, 5] дают завышенный результат.

Литература

- 1 Дружинин В. С. Методы статистической обработки гидрометеорологической информации. – СПб.: изд-во Рос. гос. гидромет. ун-та, 2001.
- 2 Клименко Д.Е., Корепанов Е.П. Максимальный сток рек Свердловской области – Екатеринбург, Пермь: изд-во «Уральский рабочий». – 2014.
- 3 Научно-прикладной справочник по климату СССР. Башкирская АССР. – Л.: Гидрометеиздат, 1990. – Сер. 3. – Ч. 1-6. – Вып. 9. – 372 с.
- 4 Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 448 с.
- 5 Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 11. Средний Урал и Приуралье. – Л.: Гидрометеиздат, 1973. – 878 с.
- 6 Свод правил по проектированию и строительству. СП 33-101-2003. Определение основных расчетных гидрологических характеристик. – М.: Госстрой России, 2004. – 74 с.
- 7 Справочник по климату СССР. Влажность воздуха, атмосферные осадки, снежный покров. – Л.: Гидрометеиздат, 1968. – Ч. 4. – Вып. 9. – 372 с.

References

- 1 Druzhinin V. S. Metody statisticheskoy obrabotki gidrometeorologicheskoy informacii. – SPb.: izd-vo Ros. gos. gidromet. un-ta, 2001.
- 2 Klimenko D.E., Korepanov E.P. Maksimal'nyj stok rek Sverdlovskoj oblasti – Ekaterinburg, Perm': izd-vo «Ural'skij rabochij». – 2014.
- 3 Nauchno-prikladnoj spravochnik po klimatu SSSR. Bashkirskaja ASSR. – L.: Gidrometeoizdat, 1990. – Ser. 3. – Ch. 1-6. – Vyp. 9. – 372 s.
- 4 Posobie po opredeleniju raschetnyh gidrologicheskikh harakteristik. – L.: Gidrometeoizdat, 1984. – 448 s.
- 5 Resursy poverhnostnyh vod SSSR. T. 11. Srednij Ural i Priural'e. – L.: Gidrometeoizdat, 1973. – 878 s.
- 6 Svod pravil po proektirovaniju i stroitel'stvu. SP 33-101-2003. Opredelenie osnovnyh raschetnyh gidrologicheskikh harakteristik. – M.: Gosstroj Rossii, 2004. – 74 s.
- 7 Spravochnik po klimatu SSSR. Vlazhnost' vozduha, atmosferynye osadki, snezhnyj pokrov. – L.: Gidrometeoizdat, 1968. – Ch. 4. – Vyp. 9. – 372 s.