

УДК 519.25:627.11

Н. Р. Ахмедова, В. А. Наумов

Калининградский государственный технический университет

АНАЛИЗ РЯДА МАКСИМАЛЬНЫХ ГОДОВЫХ РАСХОДОВ ВОДЫ РЕКИ ИНСТРУЧ (1901—2019)

**Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ
и Правительства Калининградской области в рамках научного проекта № 22-27-20016**

В работе представлены результаты изучения максимальных годовых расходов реки Инстроч. Исходными данными послужили данные наблюдений гидрологического поста Ульяново (Калининградская область). Проведенный ранее анализ показал невозможность разделения рядов по признакам половодье — паводки. Был сформирован единый ряд максимальных годовых расходов за период 1901—2019 гг., проверка выполнения требований нормативных документов показала его однородность по дисперсии. Получено составное аналитическое выражение трехпараметрического гамма-распределения (Крицкого — Менкеля). Определены расчетные значения максимальных годовых расходов реки Инстроч заданной вероятности превышения. Установлено, что пренебрегать неоднородностью при расчете расходов с малой обеспеченностью недопустимо, так как погрешность может превысить 30 %.

Ключевые слова: река Инстроч, максимальные годовые расходы воды, половодье, паводки, вероятность превышения, теоретическая кривая, расчеты.

Введение

Исследования годового пикового стока и его временных вариаций широко используются в процессе планирования и принятия решений по управлению водными ресурсами [1—4]. Эти данные необходимы при планировании развития городских территорий, примыкающих к реке [5—7].

В соответствии с нормативными документами при проектировании различных гидротехнических сооружений (ГТС) необходимо определять расчетные максимальные годовые расходы воды (МГРВ) в реке Q_P с заданной обеспеченностью (ежегодной вероятностью превышения P в процентах). Так, МГРВ рассчитываются при проектировании постоянных речных ГТС для основного и поверочного случая. Величина P установлена в зависимости от класса ответственности ГТС¹. Для ГТС первого класса Q_P определяется при $P = 0,1\%$ в основном расчете и при $P = 0,01\%$ — в поверочном (в последнем случае учитывается еще гарантированная поправка). Для ГТС четвертого класса Q_P рассчитывается при $P = 5\%$ в основном расчете и при $P = 1\%$ — в поверочном. Чтобы выполнить указанные расчеты, необходимо найти кривую обеспеченности — функцию связи ($P — Q_P$). Методика определения такой функции приведена в нормативном документе². Однако, наряду с общими закономерностями, сток разных рек имеет заметные особенности. Изучению

¹ СП 58.13330.2019. Гидротехнические сооружения. Основные положения. М. : Стандартинформ, 2020. 39 с.

² СП 33-101—2003. Определение основных расчетных гидрологических характеристик : одобрен для применения в качестве нормативного документа Постановлением Госстроя России № 218 от 26 дек. 2003 г.

таких закономерностей посвящены многие исследования (см. [8—13] и библиографию в них).

Для большинства рек европейской части России наибольшие расходы и уровни наблюдаются в период весеннего половодья, что связано с накоплением запасов воды в снежном покрове за зимние месяцы и последующим быстрым таянием при наступлении положительных температур воздуха. В работе [8] были изучены МГРВ рек в районе западной части трассы Байкало-Амурской магистрали с очень сложным режимом паводочного стока. В период снеготаяния и на спаде весеннего половодья нередко выпадают значительные дожди, поэтому в объемы весеннего половодья могут входить до 30...40 % дождевых вод. Расчленение гидрографов и выделение снеговой и дождевой составляющих затруднено тем, что сеть метеостанций очень редкая.

Авторы [9] предложили модифицированную модель на основе искусственной нейронной сети (ANN-Wavelet) для прогнозирования годового максимального стока рек. У предложенной модели ANN-Wavelet индекс детерминации ($R^2 = 0,39$) оказался немногим лучше, чем у ранее используемой модели ANN ($R^2 = 0,31$). Тем не менее авторы [9] считают, что предложенная ими модель обладает большим потенциалом для лучшего отражения динамики пикового стока. Возможности оценки обеспеченности МГРВ рек Приангарья были изучены в [10].

Отдельные характеристики МГРВ реки Инстроч годы были рассчитаны в работе [14]. Качественные особенности половодья и паводков реки Инстроч в 2008—2016 гг. были рассмотрены в [15, 16]. Формирование погодных условий на территории Калининградской области происходит под влиянием воздушных масс, приходящих с Атлантического океана. В зимний период вторжение этих масс вызывает потепление и частые оттепели. В Калининградской области зимы с устойчивыми морозами бывают в среднем через два-четыре года. Анализ гидрографов за период 2008—2016 гг. показал, что весеннее половодье на реке Инстроч не имело одного выраженного пика, а носило гребенчатый характер из-за чередования заморозков и оттепелей. Максимальные расходы из-за таяния снега и льда наблюдались в период с начала декабря по конец марта. На них накладывались дождевые паводки.

В [17] были построена эмпирическая кривая обеспеченности максимальных годовых расходов реки Инстроч. Для их сглаживания было использовано распределение Крицкого — Менкеля. Параметры аналитической кривой определялись методом моментов. Но указанные кривые обеспеченности были построены по данным начиная лишь с 2008 г. При этом, как в [18], коэффициент вариации принят равным $C_v = 0,58$; соотношение $C_s / C_v = 2$. Заметим, что в [18] параметры распределений найдены по данным наблюдений до 1966 г. Цель данной статьи — найти кривую обеспеченности МГРВ реки Инстроч по всему ряду наблюдений и определить по ней расчетные значения максимального расхода вероятности превышения, предусмотренной нормативными документами.

Материалы и методы

В качестве исходных данных были использованы результаты наблюдений за расходами воды в реке Инстроч, гидрологический пост — село Ульяново (ГПИ), прежнее название — Краупишкен. По данным автоматизированной информационной системы государственного мониторинга водных объектов

(АИС ГМВО)³, ГПИ открыт в 1885 г. и функционирует в настоящее время. Отметка нуля ГПИ 13,23 м в Балтийской системе. Площадь водосборного бассейна до ГПИ составляет 587 км², расстояние от истока — 51 км, от устья — 50 км. Инструч можно отнести к малым рекам.

В гидрологический ежегодник (ГЕ) 1964 г. [19] были помещены средние суточные расходы воды (ССРВ) ГПИ за следующие годы: 1901—1913, 1916, 1918—1939, 1941—1943, 1947. Начиная с 1949 г. и по настоящее время имеются результаты непрерывных наблюдений ССРВ. АИС ГМВО⁴ предоставляет ССРВ ГП реки Инструч с 2008 г., в настоящее время по 2019 г. Всего удалось найти $n = 111$ значений МГРВ. Часть собранных данных представлена в табл. 1.

Таблица 1

МГРВ реки Инструч (Ульяново)

№ пп	Дата	Q , м ³ /с	№ пп	Дата	Q , м ³ /с	№ пп	Дата	Q , м ³ /с
1	16.03.1901	55,6	26	30.03.1929	43,5	100	15.03.2008	30,5
2	03.01.1902	46,4	27	24.11.1930	41,5	101	20.03.2009	13,6
3	31.01.1903	44,5	28	09.04.1931	47,5	102	21.03.2010	30,4
4	27.03.1904	23,3	29	03.04.1932	46,0	103	08.02.2011	22,7
5	13.03.1905	50,6	30	27.08.1933	55,6	104	04.12.2012	22,9
6	08.03.1906	53,2	31	25.03.1934	33,5	105	15.04.2013	14,9
7	06.09.1907	70,6	32	22.02.1935	50,9	106	29.03.2014	14,6
8	02.04.1908	40,6	33	14.01.1936	32,8	107	31.12.2015	8,40
9	01.04.1909	35,6	34	16.03.1937	76,5	108	25.02.2016	38,6
10	01.01.1910	21,0	35	07.02.1938	43,3	109	15.10.2017	56,1
11	26.02.1911	33,2	36	19.01.1939	52,0	110	01.02.2018	42,2
...			...			111	17.02.2019	18,0

В нормативном документе⁵ предписано определять расчетные характеристики максимального стока воды рек весеннего половодья и дождевых паводков раздельно. Но при невозможности разделения максимальных за год расходов воды на максимумы дождевых и талых вод допускается построение кривых распределения ежегодных вероятностей превышения МГРВ независимо от их происхождения, как в [8]. Именно на такую ситуацию на реках Калининградской области в 2008—2016 гг. было обращено внимание в [15, 16]. В последующие годы характер внутригодового стока на реке Инструч не изменился. На рис. 1 в качестве примера представлен гидрограф — средние суточные расходы воды (ССРВ) 2018 г. Резкий рост расходов воды в конце января — начале февраля сменился снижением из-за вернувшихся заморозков. Поэтому пики гидрографа в марте и апреле были заметно ниже. Кроме того, в Калининградской области во время весеннего половодья нередко наблюдаются затяжные дожди. Часто разделение стока на половодье и паводки не представляется возможным.

³ Автоматизированная информационная система государственного мониторинга водных объектов. URL: <https://gmvo.skniivh.ru>.

⁴ Там же.

⁵ СП 33-101—2003. Определение основных расчетных гидрологических характеристик: одобрен для применения в качестве нормативного документа Постановлением Госстроя России № 218 от 26 дек. 2003 г.

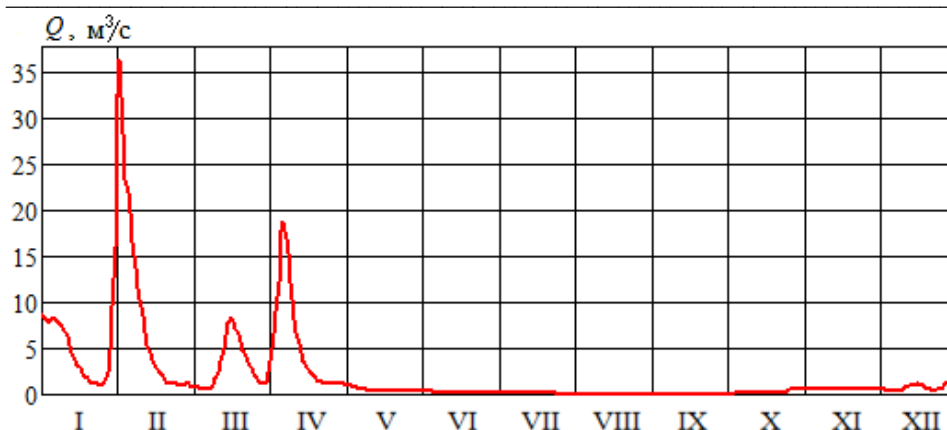


Рис. 1. ССРВ реки Инструч (Ульяново) в 2018 г. по данным АИС ГМВО⁶

Не следует думать, что такие гидрографы, как на рис. 1, характерны только для последних десятилетий как следствие изменения климата. Весь XX век на реках региона можно было наблюдать аналогичную картину каждый второй, максимум — третий год. Для примера на рис. 2 представлен гидрограф реки Инструч 1902 г. с несколькими пиками в январе — марте из-за чередования оттепелей и заморозков.

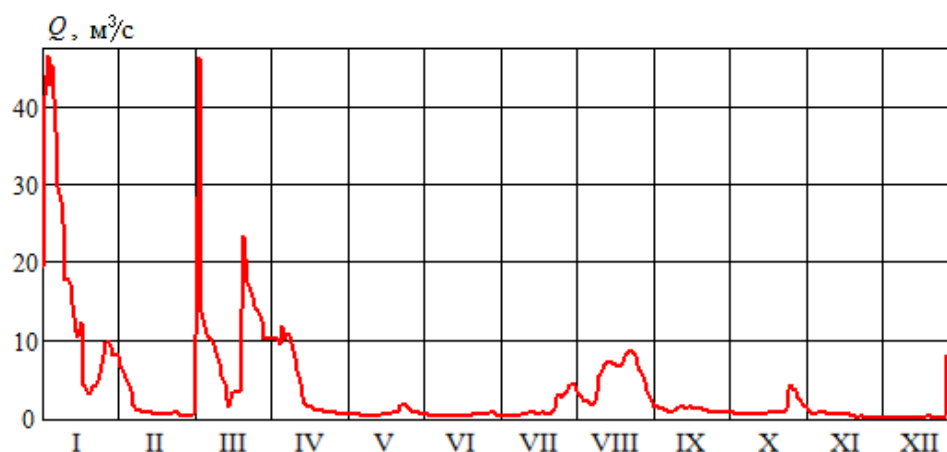


Рис. 2. ССРВ реки Инструч (Ульяново) в 1902 г., по данным [19]

Будем искать единую кривую распределения МГРВ реки Инструч по результатам наблюдений начиная с 1901 г. (точки на рис. 3). Пропуски обусловлены отсутствием данных наблюдений за некоторые военные и послевоенные годы (1914, 1915, 1917, 1940, 1944—1946, 1948). Их восстановление не представляется возможным, так как на реках региона, которые бы могли послужить аналогами, пробелов в наблюдениях еще больше.

⁶ URL: <https://gmvo.skniivh.ru>.

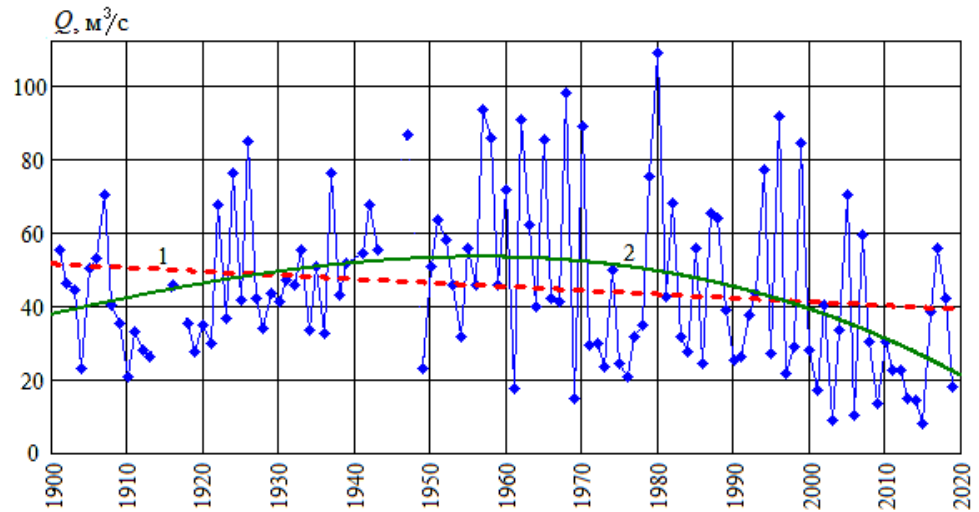


Рис. 3. МГРВ реки Инструч (Ульяново, 1901—2019): точки — данные наблюдений, линии — тренды: 1 — линейный; 2 — параболический

Линейный тренд показывает снижение максимальных расходов с 1901 по 2019 г. на $12,2 \text{ м}^3/\text{с}$. Интересно поведение параболического тренда. Он показывает рост МГРВ до середины 50-х гг. прошлого века примерно на $15 \text{ м}^3/\text{с}$, а затем падение более чем на $30 \text{ м}^3/\text{с}$. Следовательно, современные тенденции целесообразно рассматривать с конца 50-х — начала 60-х гг. прошлого века.

Проверка ряда МГРВ реки Инструч была выполнена в соответствии с требованиями нормативного документа⁷ с помощью Mathcad-программ, описанных в [20].

Проверку однородности ряда выполним по двум критериям: Фишера и Стьюдента. Разбиваем ряд на две части: $n_1 = 48$ (по 1956 г.), $n_2 = n - n_1$. Нулевая гипотеза 1: математические ожидания двух частей ряда равны. Значение параметра для проверки гипотезы о равенстве средних расходов:

$$T = \frac{|Qs_1 - Qs_2|}{S} \sqrt{\frac{n_1 \cdot n_2}{n_1 + n_2}}, \quad S = \sqrt{\frac{(n_1 - 1)sQ_1^2 + (n_2 - 1)sQ_2^2}{n - 2}}, \quad (1)$$

где Qs_1, Qs_2 — точечная оценка меньшего и большего СКО соответственно.

Нулевая гипотеза 2: дисперсии двух частей ряда равны. Параметр критерия Фишера:

$$\Phi = (sQ_2 / sQ_1)^2. \quad (2)$$

Выдвигаем гипотезу, что ряд МГРВ реки Инструч подчиняется трехпараметрическому гамма-распределению (Крицкого — Менкеля) с плотностью вероятности

⁷ СП 33-101-2003. Определение основных расчетных гидрологических характеристик: одобрен для применения в качестве нормативного документа Постановлением Госстроя России № 218 от 26 дек. 2003 г.

$$f(k) = \frac{1}{b \cdot \Gamma(\alpha)} \left(\frac{\Gamma(\alpha + b)}{\Gamma(\alpha)} \right)^{\alpha/b} k^{\alpha/b-1} \exp \left[- \left(\frac{\Gamma(\alpha + b)}{\Gamma(\alpha)} k \right)^{1/b} \right], \quad (3)$$

где $k_i = Q_i / Q_s$ — модульный коэффициент расхода; Γ — гамма-функция; α , b — параметры распределения, определяемые путем решения системы уравнений (4), (5) из [21]:

$$\lambda_2 + \ln \left(\frac{\Gamma(\alpha + b)}{\Gamma(\alpha)} \right) - \frac{b}{\Gamma(\alpha)} \left(\int_0^{\infty} t^{\alpha-1} \ln(t) \exp(-t) dt \right) = 0; \quad (4)$$

$$\alpha \cdot \lambda_2 - \left(\frac{\Gamma(\alpha + b)}{\Gamma(\alpha)} \right)^{1/b} \left[\frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n \left[\ln(k_i) (k_i)^{1/b} \right] \right] + b = 0, \quad (5)$$

где вспомогательный параметр рассчитывается по формуле

$$\lambda_2 = \frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n \ln(k_i). \quad (6)$$

Результаты расчетов и обсуждение

Результаты расчета параметров ряда МГРВ ГПИ (1901—2019): среднее значение $Q_s = 45,3 \text{ м}^3/\text{с}$. Точечная оценка СКО $sQ = 22,3 \text{ м}^3/\text{с}$; коэффициент вариации ряда $C_v = 0,492$; коэффициент асимметрии $C_s = 0,709$; $C_s / C_v = 1,440$. Оценка коэффициента автокорреляции между смежными членами ряда $r_1 < 0,01$.

Параметры двух частей ряда $Q_{s1} = 46,9 \text{ м}^3/\text{с}$; $Q_{s2} = 44,1 \text{ м}^3/\text{с}$; $sQ_1 = 15,94 \text{ м}^3/\text{с}$; $sQ_2 = 26,18 \text{ м}^3/\text{с}$; $C_{v1} = 0,340$; $C_{v2} = 0,594$. Значение параметра для проверки гипотезы о равенстве средних значений, рассчитанное по формуле (1), $T = 0,664$ меньше критического значения Стьюдента при уровне значимости 0,05. Параметр критерия Фишера по формуле (2) $\Phi = 2,70$. Это много больше критического значения, даже с учетом поправок [22]. Заметим, что в рассматриваемых условиях эти поправки невелики, так как значение r_1 близко к нулю. Гипотезу о равенстве дисперсий следует отвергнуть. Следовательно, нужно строить распределение для неоднородного ряда в соответствии с рекомендациями [22].

Вначале построим распределение в предположении, что ряд однородный. Значение вспомогательного параметра по формуле (6) $\lambda_{20} = -0,1302$. Решение системы уравнений (4), (5), полученное численным методом: $\alpha_0 = 3,223$; $b_0 = 0,8886$. Тогда плотность распределения (3) примет следующий вид:

$$f_0(k) = 18,70 k^{2,627} \exp(-2,788 k)^{1,125}. \quad (7)$$

Функция распределения

$$F_0(k) = \int_0^k f_0(t) dt. \quad (8)$$

Теоретическая кривая обеспеченности

$$P_0(Q) = 100(1 - F_0(Q / Q_s)). \quad (9)$$

На рис. 4 показаны эмпирические значения вероятности превышения МГРВ реки Инструч, рассчитанные по формуле, предписанной СП 33-101-2003: $P_i = i / (n + 1)$, где i — порядковый номер по убыванию. Теоретическая кривая построена по формулам (7)—(9), в предположении, что ряд однородный. Заметно отклонение точек от кривой при обеспеченности МГРВ ниже 20 %.

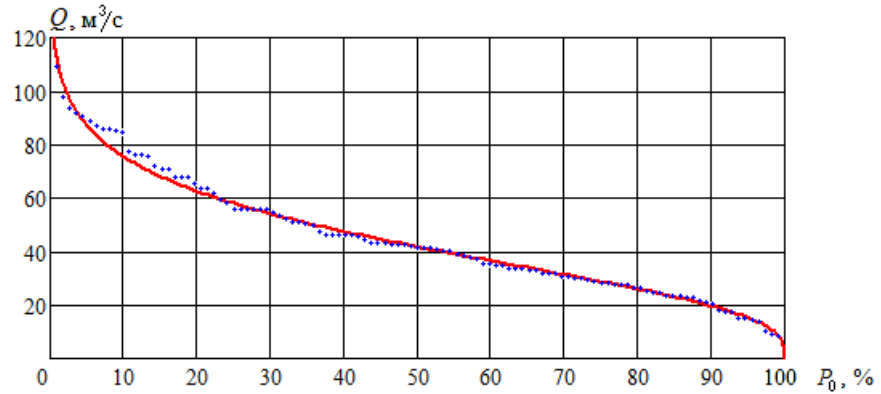


Рис. 4. Кривая обеспеченности МГРВ реки Инструч: точки — эмпирическая, линия — теоретическая, в предположении однородности ряда

Согласно рекомендациям [22], для неоднородного ряда теоретическая кривая обеспеченности формируется как составная. В нашем случае

$$P(Q) = (n_1 P_1(Q) + n_2 P_2(Q)) / (n_1 + n_2). \quad (10)$$

Параметры для каждой однородной части ряда $P_1(Q)$ и $P_2(Q)$ были найдены с помощью ранее разработанной компьютерной программы [20]: $\lambda_{21} = -0,0575$; $\alpha_1 = 17,09$; $b_1 = 1,401$; $\lambda_{22} = -0,1865$; $\alpha_2 = 5,690$; $b_2 = 1,456$.

При проектировании гидротехнических сооружений в первую очередь интерес представляют МГРВ с вероятностью превышения ниже 10 %. Именно этот диапазон показан на рис. 5.

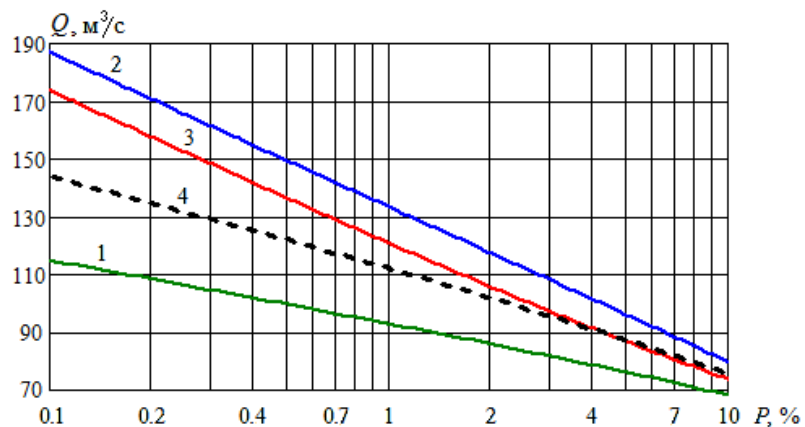


Рис. 5. Теоретические кривые обеспеченности МГРВ реки Инструч: 1 — первой части ряда 1901—1956 гг.; 2 — 1967—2019 гг.; 3 — составная по (10); 4 — по формуле (9)

Полученная теоретическая кривая использовалась для расчета МГРВ заданной обеспеченности, для чего численным методом решалось уравнение относительно Q_P :

$$100(1 - F(Q_P / Q_S)) = P. \quad (11)$$

Для сравнения была найдена погрешность

$$\varepsilon(Q) = (1 - P(Q) / P_0(Q))100, \quad (12)$$

где $P_0(Q)$ — зависимость, найденная по всему ряду как однородному.

Результаты расчета по уравнению (11) представлены в табл. 2.

Таблица 2

Расчетные значения МГРВ реки Инстроч (Ульяново)

№ пп	P, %	Q _P , м ³ /с		ε, %
		Без учета неоднородности ряда	С учетом неоднородности ряда	
1	0,01	173,6	228,1	31,4
2	0,1	144,0	173,7	20,7
3	0,5	121,9	136,5	12,0
4	1	112,0	120,8	7,91
5	3	95,4	97,1	1,78
6	5	87,2	86,8	-0,48
7	10	75,4	73,6	-2,42

Поверочный расчет МГРВ для ГТС первого класса ($P = 0,01$ %), выполненный по аналитической зависимости без учета неоднородности, дает значение $Q_P = 173,6$ м³/с, а с учетом — $Q_P = 228,1$ м³/с, что больше на 31,4 %. Понятно, что такая погрешность недопустима. Расчеты МГРВ обеспеченностью 3 % и выше можно выполнять без учета неоднородности ряда.

Заключение

Таким образом, разделение рядов максимальных годовых расходов реки Инстроч по признакам половодье — паводки не представляется возможным. Был сформирован единый ряд максимальных годовых расходов за период 1901—2019 гг. Проверка выполнения требований нормативных документов показала достаточность его длины и неоднородность. Получено составное аналитическое выражение плотности трехпараметрического гамма-распределения (Крицкого — Менкеля), что позволило определить расчетные значения максимальных годовых расходов реки Инстроч заданной обеспеченности. Недопустимо пренебрегать неоднородностью при расчете расходов с малой обеспеченностью, так как погрешность может превысить 30 %. Расчеты максимальных годовых расходов с обеспеченностью 3 % и выше можно выполнять без учета неоднородности ряда.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ahmad I., Fawad M., Akbar M., Abbas A. Regional Frequency Analysis of Annual Peak Flows in Pakistan Using Linear Combination of Order Statistics // Polish Journal of Environmental Studies. 2016. Vol. 25. Iss. 6. Pp. 2255—2264. DOI: 10.15244/pjoes/63782.
2. Asquith W. H., Kiang J. E., Cohn T. A. Application of at-site peak-streamflow frequency analyses for very low annual exceedance probabilities : U.S. Geological Survey Scientific Investigations Report, 2017. 93 p.

3. Guidelines for determining flood flow frequency — Bulletin 17C / J. F. Jr. England, T. A. Cohn, B. A. Faber et al. // U.S. Geological Survey Techniques and Methods. Book 4. Chap. B5. 2018. 148 p.
4. *Ryberg K. R., Goree B. B., Williams-Sether T., Mason R. R. Jr.* The U.S. Geological Survey Peak-Flow File Data Verification Project, 2008-16 // U.S. Geological Survey Scientific Investigations Report, 2017. 61 p.
5. *Унагаева Н. А.* Сибирский город и река. Особенности рекреационного водопользования в Красноярске // Вестн. Волгогр. гос. архитектур.-строит. ун-та. Сер. : Стр-во и архитектура. 2022. Вып. 3(88). С. 276—290.
6. *Матовников С. А.* Комплексное благоустройство прибрежных территорий: тенденции и проблемы // Вестн. Волгогр. гос. архитектур.-строит. ун-та. Сер. : Стр-во и архитектура. 2022. Вып. 3(88). С. 325—334.
7. *Янковская Ю. С.* Город и река. Перспективы и концепции развития // Вестн. Волгогр. гос. архитектур.-строит. ун-та. Сер. : Стр-во и архитектура. 2022. Вып. 3(88). С. 405—417.
8. *Горошкова Н. И.* Вероятность превышения наибольших годовых расходов воды рек западной части трассы БАМ // Исследования формирования речного стока и его расчеты : межведомств. сб. Л. : ЛПИ им. М. И. Калинина, 1981. С. 22—34.
9. *Tiwari H., Rai S., Sharma N., Kumar D.* Computational approaches for annual maximum river flow series // Ain Shams Engineering Journal. 2017. Vol. 8. Iss. 1. Pp. 51—58.
10. *Гарцман Б. И., Губарева Т. С., Кичигина Н. В.* Возможности оценки обеспеченности максимальных расходов рек Приангарья (на примере реки Ия) // Гидросфера. Опасные процессы и явления. 2020. Т. 2. Вып. 4. С. 347—364.
11. *Bogatinoska B.* Hydrological and Hydraulic Analysis of River Crossings // 15th International Symposium on Water Management and Hydraulic Engineering, 2017. Pp. 9—18.
12. *Whitehead M. T., Ostheimer C. J.* Hydrologic and hydraulic analyses of the Grand River, Red Cedar River, and Sycamore Creek near Lansing, Michigan : U.S. Geological Survey Scientific Investigations Report 2020. 2021. 17 p. DOI: 10.3133/SIR20205144.
13. *Wiatkowski M., Gruss E.* Hydrological and hydraulic analysis of a small lowland water-course flow capacity and its functioning in the region of Silesian Lowlands in the context of rainfall water management // Annals of Warsaw University of Life Sciences, Land Reclamation. 2017. Vol. 49. Iss. 3. Pp. 153—156.
14. *Наумов В. А., Ахмедова Н. Р.* Инженерные изыскания в бассейне реки Преголи : моногр. Калининград : Изд-во КГТУ, 2017. 183 с.
15. *Герасимова А. А., Нелюбина Е. А.* Внутригодовое распределение стока реки Инстроч // Материалы VII Междунар. Балтийского морского форума, г. Калининград, 7—12 окт. 2019 г. Калининград : Изд-во БГА, 2019. С. 320—325.
16. *Нелюбина Е. А.* Некоторые особенности формирования расходов весеннего половодья 2008—2015 годов на реке Инстроч // Развитие инженерно-технических методов природообустройства и водопользования : сб. науч. тр. Калининград : Изд-во КГТУ, 2018. С. 69—75.
17. *Нелюбина Е. А., Шамонина Т. В.* Особенности формирования высоких расходов воды в холодное время года // Материалы VI Междунар. Балтийского морского форума, Калининград, 3—6 сент. 2018 г. Калининград : Изд-во БГА, 2018. С. 376—384.
18. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 4. Вып. 3. Литовская ССР и Калининградская область РСФСР / Под ред. В. Е. Водогрецкого. Л. : Гидрометеиздат, 1969. 508 с.
19. Гидрологический ежегодник 1964 г. Т. 1. Бассейн Балтийского моря / Под ред. Д. И. Абрайтене. Вып. 5, 6. Л. : Гидрометеиздат, 1966. 264 с.
20. *Наумов В. А.* Методы обработки гидрологической информации // Вестн. учеб.-метод. об-ния по образованию в обл. природообустройства и водопользования. 2015. № 7. С. 144—150.
21. *Рождественский А. В., Чеботарев А. И.* Статистические методы в гидрологии. Л. : Гидрометеиздат, 1974. 424 с.
22. *Рождественский А. В., Лобанов В. А., Лобанова А. Г.* Методические рекомендации по оценке однородности гидрологических характеристик и определению их расчетных значений по неоднородным данным. СПб. : Нестор-История, 2010. 162 с.

© Ахмедова Н. Р., Наумов В. А., 2022

Поступила в редакцию
в сентябре 2022 г.

Ссылка для цитирования:

Ахмедова Н. Р., Наумов В. А. Анализ ряда максимальных годовых расходов воды реки Инстрuch (1901—2019) // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2022. Вып. 4(89). С. 170—179.

Об авторах:

Ахмедова Наталья Равиловна — канд. биол. наук, доц. каф. техносферной безопасности и природообустройства, Калининградский государственный технический университет. Российская Федерация, 236022, Калининград, Советский пр-т, 1; isfendi@mail.ru

Наумов Владимир Аркадьевич — д-р техн. наук, проф., проф. каф. техносферной безопасности и природообустройства, Калининградский государственный технический университет. Российская Федерация, 236022, Калининград, Советский пр-т, 1; van-old@mail.ru

Natalia R. Akhmedova, Vladimir A. Naumov

Kaliningrad State Technical University

ANALYSIS OF A SERIES OF MAXIMUM ANNUAL WATER DISCHARGE OF THE INSTRUCH RIVER (1901—2019)

The work was supported by the Russian Science Foundation and the Government of the Kaliningrad region within the framework of the scientific project No. 22-27-20016

The paper presents the results of studying the maximum annual discharges of the Instruch river. The initial data were the observational data of the Ulyanovo hydrological station (Kaliningrad region). An earlier analysis showed the impossibility of separating the series according to the signs of flood-water-flood. A single series of maximum annual expenditures for the period 1901—2019 was formed, checking the compliance with the requirements of regulatory documents showed its uniformity in dispersion. A composite analytical expression for the three-parameter gamma distribution (Kritsky — Menkel) is obtained. The calculated values of the maximum annual discharges of the Instruch River with a given probability of exceeding the given probability are determined. It has been established that it is unacceptable to neglect heterogeneity when calculating expenses with low security, since the error can exceed 30 %.

Key words: Instruch river, maximum annual water discharges, high water, floods, excess probability, theoretical curve, calculations.

For citation:

Akhmedova N. R., Naumov V. A. [Analysis of a series of maximum annual water discharge of the Instruch river (1901—2019)]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2022, iss. 4, pp. 170—179.

About authors:

Natalia R. Akhmedova — Candidate of Biological Sciences, Kaliningrad State Technical University. 1, Sovetsky Ave., Kaliningrad, 236022, Russian Federation; isfendi@mail.ru

Vladimir A. Naumov — Doctor of Engineering Sciences, Professor, Kaliningrad State Technical University. 1, Sovetsky Ave., Kaliningrad, 236022, Russian Federation; van-old@mail.ru