



УДК 627.81

Ситнов Александр Николаевич, профессор, д.т.н., заведующий кафедрой водных путей и гидротехнических сооружений

Волжский государственный университет водного транспорта
603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5.

Кочкурова Наталия Викторовна, доцент, к.т.н., доцент кафедры водных путей и гидротехнических сооружений

Волжский государственный университет водного транспорта
603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5.

ОСОБЕННОСТИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ ДЛЯ ГИДРОПОСТА ПРИ НЕДОСТАТОЧНОСТИ ИНФОРМАЦИИ

Аннотация. Найден подход и выполнено решение сложной задачи по восстановлению гидрологических характеристик для гидрологического поста при отсутствии данных многолетних наблюдений.

Ключевые слова: расчетные гидрологические характеристики, методы гидрологических расчетов, расход воды, корреляционно-регрессионный анализ.

При решении различных практических задач необходимо проведение инженерных гидрологических расчетов по определению гидрологических характеристик водных объектов. В процессе их выполнения часто возникают сложности, связанные с недостатком информации по многолетним наблюдениям на гидрологических постах (ГП), а зачастую и с полным ее отсутствием. Свод правил СП 33-101-2003 «Определение основных расчетных гидрологических характеристик» содержит методы и схемы проведения подобных расчетов при различной изученности водного объекта. Однако практические задачи, решаемые в каждом конкретном случае, зачастую имеют особенности, которые необходимо учитывать при решении задачи [1, 2, 5, 6].

В работе над предпроектной документацией по разработке расчистки русла реки Теша в Нижегородской области авторы столкнулись с решением сложных задач по определению гидрологических характеристик при отсутствии данных наблюдений в районе проектируемого объекта. Для обоснования проектных решений необходимо было получить характерные уровни воды малой обеспеченности, а для этого иметь статистический ряд максимальных расходов, которые происходят, как показал выполненный анализ, во время половодий. Однако опорный пост ГП Арзамас является уровнем, открыт сравнительно недавно и для решения задачи не имеет необходимых данных. Для восстановления статистического ряда максимальных расходов по нему был применен следующий алгоритм:

1. Использовались данные по постам-аналогам р. Теша выше и ниже по течению.
2. Ряды расходов по постам проверены на однородность и стационарность с помощью статистических критериев Диксона, Смирнова-Граббса.

3. В годы, когда максимальные расходы имеются по каждому из постов-аналогов, максимальные расходы по ГП Арзамас найдены методом интерполяции по приращению площадей водосбора между постами.

4. Выполнен корреляционно-регрессионный анализ связи расходов между всеми тремя гидропостами, который показал на ее тесное наличие между исследуемыми факторами, оцениваемую коэффициентами корреляции и детерминации (таблица 1, рисунок 1).

Таблица 1

Матрица корреляции значений максимальных расходов половодий между постами Арзамас-Новоселки - Натальино

Гидропост	Новоселки	Натальино	Арзамас
Новоселки	1	-	-
Натальино	0.729	1	-
Арзамас	0.951	0.905	1

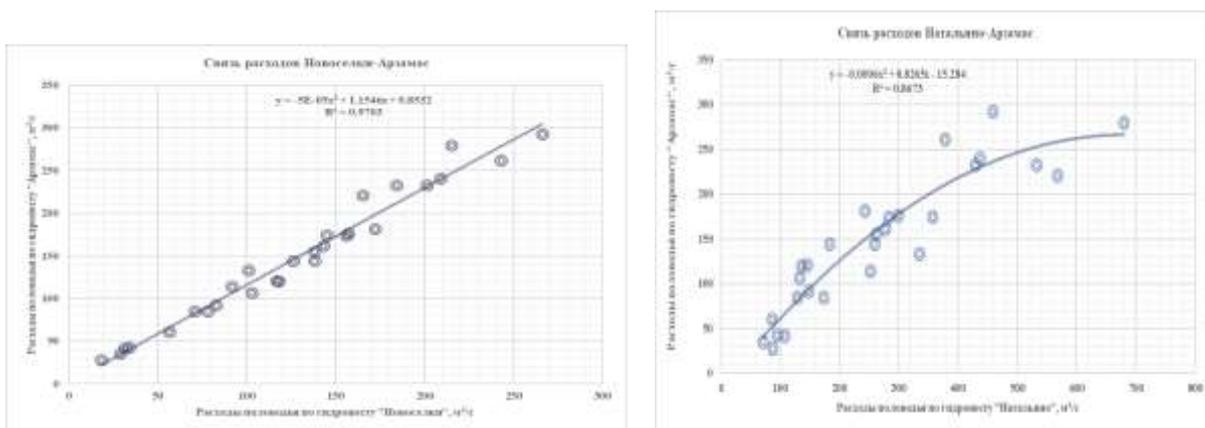


Рис. 1– Регрессионные зависимости связи расходов между гидропостами Новоселки – Арзамас и Натальино – Арзамас

5. Получены соответствующие уравнения регрессии, с помощью которых восстановлены значения недостающих максимальных расходов по опорному посту Арзамас по данным одного из постов-аналогов в годы, когда по другому посту они отсутствуют и нет возможности применить рекомендуемый метод интерполяции [4].

6. Полученный ряд проверен на однородность (однороден) и репрезентативность.

Гидрологический ряд репрезентативен, а продолжительность периода считается достаточной, если относительная средняя квадратическая погрешность расчетного значения исследуемой гидрологической характеристики не превышает 10% для годового и сезонного стоков и 20% - для максимального и минимального стоков [3, 4].

Случайную среднюю квадратическую погрешность расхода Q при коэффициенте автокорреляции между смежными членами ряда $r_1 < 0,5$ определяют в соответствии с рекомендациями [3, 4] по формуле (1):

$$\sigma_{\bar{Q}} = \frac{\sigma_Q}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{1+r_1}{1-r_1}} \quad (1)$$

где n – длина ряда;

σ_Q – среднее квадратическое отклонение величины Q . Его, а также среднее значение расхода \bar{Q} , относительную среднюю квадратическую погрешность расхода $\varepsilon_{\bar{Q}}$ находят по формулам (2-4):

$$\sigma_Q = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Q_i - \bar{Q})^2}{n-1}} \quad (2)$$

$$\bar{Q} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i}{n} \quad (3)$$

$$\varepsilon_{\bar{Q}} = \frac{\sigma_{\bar{Q}}}{\bar{Q}} \quad (4)$$

где Q_i – расход i -го года.

Коэффициент автокорреляции между смежными членами ряда r_1 определяется по формуле (5)

$$r_1 = \frac{\sum_{i=2}^n (Q_i - \bar{Q}_1)(Q_{i-1} - \bar{Q}_2)}{\sqrt{\sum_{i=2}^n (Q_i - \bar{Q}_1)^2 \sum_{i=1}^{n-1} (Q_i - \bar{Q}_2)^2}} \quad (5)$$

где $\bar{Q}_1 = \frac{\sum_{i=2}^n Q_i}{n-1}$ (6)

$\bar{Q}_2 = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} Q_i}{n-1}$ (7)

Восстановленный гидрологический ряд максимальных расходов половодья по ГП Арзамас репрезентативен, так как относительная средняя квадратическая погрешность расчетного значения расхода составляет 12,2% и не превышает 20% для максимального стока [3].

С использованием восстановленного ряда максимальных расходов половодий по ГП Арзамас в ПК «Гидрорасчеты» произведен расчет обеспеченных характеристик стока. Результат расчета представлен графиком эмпирического и аналитического распределения расходов стока (рис. 2).

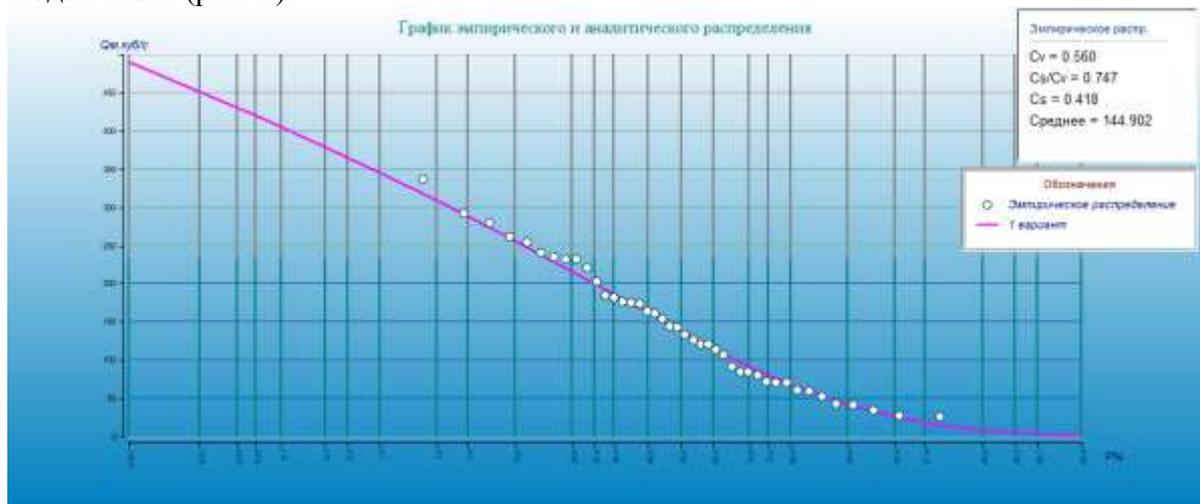


Рис. 2 – График эмпирического и аналитического распределения максимальных расходов половодий при распределении Крицкого – Менкеля методом моментов по гидропосту Арзамас

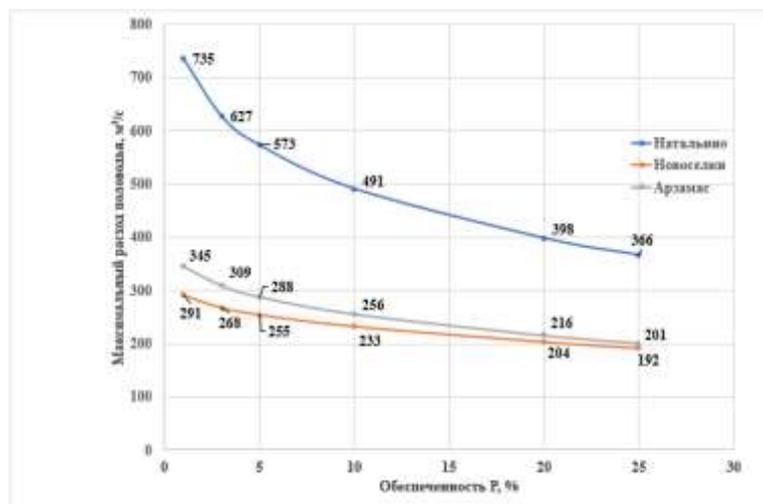


Рис. 3 – Кривые обеспеченностей максимальных расходов по постам с. Новоселки, Арзамас, с. Натальино

Сравнительный анализ кривых обеспеченностей максимальных расходов по постам с. Новоселки, Арзамас, с. Натальино показал на вполне приемлемые и логически обоснованные соотношения положения кривых обеспеченностей (рис. 3).

Аналогично алгоритму расчета максимальных расходов половодья получена и обработана статистическая информация по максимальным расходам паводков и минимальным годовым расходам применительно ко всем расчетным морфостворам ГП Арзамас.

Таким образом, подобный подход при разработке проектно-сметной документации позволяет получить необходимый объем данных для проведения дальнейших гидрологических расчетов.

Список литературы:

1. Ситнов, А.Н. Обоснование параметров обеспеченности водохозяйственных балансов и режима работы водохранилища Нижегородского низконапорного гидроузла / А. Н. Ситнов, Н. В. Кочкурова, Д. А. Мильцын / Вестник ВГАВТ. Выпуск 50. - Н. Новгород: Изд-во ФГОУ ВПО "ВГУВТ", 2017. - с.23-31.
2. Ситнов, А.Н. Методологические особенности расчета водохозяйственных балансов и их результаты по зоне водохранилища Нижегородского низконапорного гидроузла / А. Н. Ситнов, А. Е. Гоголев, М. А. Матюгин / Вестник ВГАВТ. Выпуск 48. - Н. Новгород: Изд-во ФГОУ ВПО "ВГУВТ", 2016. - с.34-44.
3. СП 33-101-2003. Определение основных расчетных гидрологических характеристик. Одобрен постановлением Госстроя России № 218 от 26.12.2003. М.: Госстрой России, ФГУП ЦПП, 2004. – 108 с.
4. Методические рекомендации по определению расчетных гидрологических характеристик при отсутствии данных гидрометрических наблюдений. Под.общим рук. А.В. Рождественского. – СПб: ГУ «ГТИ», 2009. – 193с.
5. Chen J. (2020) Hydrological Characteristics of the Yangtze River. In: Evolution and Water Resources Utilization of the Yangtze River. Springer, Singapore
6. Chetverova, A., Skorospekhova, T., Morgenstern, A., Alekseeva, N., Spiridonov, I., & Fedorova, I.(2017). Hydrological and hydrochemical characteristics of lakes in the Lena River delta (Northeast-Siberia, Russia). *Polarforschung*, 87(2), 111-123. <https://doi.org/10.2312/polarforschung.87.2.111>

PARTICULARITIES OF HYDROLOGICAL DATA RECOVERY FOR A HYDROPOST IN CASE OF INSUFFICIENT INFORMATION

Alexandr N. Sitnov, Natalia V. Kochkurova

Материалы научно-методической конференции профессорско-преподавательского состава, аспирантов и студентов

Секция III Водные пути, порты и гидротехнические сооружения

Abstract. An approach was found and the solution of a complex problem of restoring hydrological characteristics for a hydrological post in the absence of data based on long-term observations was achieved.

Keywords: estimated hydrological characteristics, methods of hydrological calculations, water consumption, correlation and regression analysis.