

## ОПЕРАТИВНЫЙ УЧЕТ СТОКА РЕК ПРИ НАРУШЕНИЯХ ОДНОЗНАЧНОСТИ СВЯЗИ РАСХОДОВ И УРОВНЕЙ ВОДЫ

Шарина Ю.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> – ФГБУ «Государственный гидрологический институт», г. Санкт-Петербург, Россия,  
yulia\_sharina@mail.ru

**Аннотация.** Рассматривается методика оперативного учета речного стока при нарушениях однозначности связи расходов и уровней воды, обусловленных различными факторами. В предложенной методике расчет характеристик пропускной способности русла в оперативном режиме выполняется с использованием метода оптимальной экстраполяции относительных отклонений измеренных расходов от опорной кривой расходов.

Ключевые слова: оперативный учет стока рек, расход воды, неоднозначная кривая расходов, оптимальная экстраполяция.

Задача оперативного учёта стока заключается в получении срочных и ежедневных значений расходов воды по данным актуальных наблюдений за уровнем воды и совокупности измеренных расходов воды (ИРВ), выполненных в период, предшествующий моменту расчёта.

В 2018 г. специалистами отдела гидрометрии и гидрологической сети Государственного гидрологического института (ГГИ) были подготовлены рекомендации [1], куда вошли методы обработки данных гидрологических наблюдений и расчета расходов воды в оперативном режиме, разработанные в отделе гидрометрии ГГИ.

Наиболее сложной задача оперативного учета стока становится в случаях, когда связь расходов и уровней  $Q(H)$  в гидростворе нарушается и кривая расходов (КР) становится неоднозначной. Это может происходить под влиянием одной или нескольких причин, таких как ледовые явления, зарастание русла, неустойчивость русла, переменный подпор и неустановившееся движение потока.

В качестве опорной КР для оперативного учета стока принимается уравнение, полученное по данным об ИРВ прошлых лет. Для уточнения расхода, вычисленного по опорной КР, используются поправки к ней  $\tilde{q}_t$ , которые вычисляются с использованием того или иного способа экстраполяции характеристик изменения пропускной способности русла.

В общем случае значение оперативного расхода воды на момент (срок)  $t$  вычисляется по формуле (1).

$$Q_{\text{опт}} = Q(H_t)(1 + \tilde{q}_t) \quad (1)$$

где –  $Q(H_t)$  – расход воды, полученный по опорной КР для уровня  $H_t$ , зафиксированного в момент времени  $t$ , м<sup>3</sup>/с;

$\tilde{q}_t$  – значение поправки, экстраполированное тем или иным способом на момент времени  $t$ .

В качестве характеристик изменения пропускной способности русла во времени используются относительные отклонения ИРВ от опорной зависимости  $Q(H)$ .

Применение метода оптимальной экстраполяции относительных отклонений ИРВ от опорной КР позволяет сглаживать случайные погрешности измерений расходов воды [2]. Для расчета коэффициентов оптимальной экстраполяции требуется надёжная оценка статистических характеристик случайного процесса  $\tilde{q}(t)$  (автокорреляционной функции (АКФ) и дисперсии). Такая оценка выполняется по данным прошлых лет.

При использовании метода оптимальной экстраполяции значение  $\tilde{q}_t$  на любую дату в интервале от последнего ИРВ до расчетной даты представляется в виде суммы взвешенных результатов относительных отклонений  $n$  последних измерений. Как правило, используются данные 1-2 последних ИРВ [3]:

$$\tilde{q}_t = p_1 q_1 + p_2 q_2 + (1 - \sum_{i=1}^n p_i) m_{\tilde{q}}, \quad (2)$$

где  $p_i$  – весовые коэффициенты, которые вычисляются на основе полученной АКФ;  
 $m_{\tilde{q}}$  – оценка математического ожидания (среднего значения) ряда элементов  $\tilde{q}_t$ .

Апробация представленной методики осуществлялась по данным наблюдений на нескольких десятках гидрологических постов сети Росгидромета (бассейнов рек Кубань, Дон, Волга, Урал, Енисей, Обь, Амур) [4,5]. В таблице 1 приведена выборка оценок эффективности методики оперативного учета стока на основе сравнения с режимными данными для гидрологических постов с разными причинами нарушения однозначности связи расходов и уровней воды.

**Таблица 1** – Оценка погрешностей оперативного учета речного стока по методу оптимальной экстраполяции для разных причин нарушения однозначности связи  $Q(H)$

Река-пост	Причина нарушения однозначности связи $Q(H)$	Расчетный период	Случайная среднеквадратическая погрешность $\sigma_{оп}$	Систематическая погрешность $\delta_{оп t}$ осреднённая за весь период, %	Количество суток, когда $\delta_{оп t} > 10\%$ , в % от общего числа суток в периоде
р. Воронеж – г. Липецк	зарастание русла	13.05.2014-16.11.2014	2,6	0,1	1,6
р. Свияга – с. Вырыпаевка	ледовые явления	03.12.2013-23.03.2014	4,7	-2,3	5,4
р. Кас – пос. Александровский Шлюз	неустановившееся движение	03.05.2008-10.06.2008	8,4	0,0	20,5
р. Урал – г. Оренбург	переменный подпор	04.04.2016-06.06.2016	5,5	-0,2	4,7
р. Малая Лаба – с. Бурное	неустойчивое русло	21.03.2012-16.12.2012	4,7	-0,3	4,8

Как видно из таблицы 1, представленная методика демонстрирует высокую эффективность расчета оперативных расходов воды для различных причин нарушения однозначности связи  $Q(H)$  и может быть рекомендована для использования в оперативно-производственных подразделениях гидрологической сети Росгидромета.

#### Литература

1. РД 52.08.872-2018 Оперативный учет стока на водотоках. Методы обработки наблюдений за уровнями и расходами воды. СПб., 2018. 107 с.
2. Яковлева Т.И. Оценка изменчивости пропускной способности русла на основе модели «сигнал плюс шум» // Вопросы гидрологии суши. 1991. С. 209–214.
3. Карасев И.Ф., Яковлева Т.И. Экстраполяционно-аналитический метод оперативного учета стока рек с неустойчивым руслом (на примере р. Амударья) // Труды ГГИ. 1988. Вып. 325. С. 19–30.
4. Шарина Ю.В. Методика оперативного учета стока в условиях зарастания русла (на примере реки Матыра в створе села Крутое) // Водное хозяйство России. 2017. № 2. С. 73–92.
5. Шарина Ю.В. Оперативный учет речного стока в условиях неустановившегося движения и переменного подпора (на примере ГП р. Урал – г. Оренбург) // Труды II Всероссийской конференции «Гидрометеорология и экология: достижения и перспективы развития». СПб.: ХИМИЗДАТ, 2018. С. 697–700.

## **THE REAL-TIME RIVER DISCHARGE DETERMINING IN CASE OF THE AMBIGUOUS STAGE–DISCHARGE RELATIONSHIP**

**Sharina Yu.V.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> – *State Hydrological Institute, Saint Petersburg, Russia, yulia\_sharina@mail.ru*

**Abstract.** The technique of the real-time river discharge determining for different causes of the ambiguous stage–discharge relationship is considered. The technique is based on the optimal extrapolation of the relative deviations of the measured discharges from the basic discharge curve.

Key words: real-time river discharge determining, discharge, ambiguous rating curve, optimal extrapolation.