

УДК 556.04

## Количественная оценка пропускной способности русла на основе современных информационных систем и технологий

Векшина Татьяна Викторовна, доцент, кандидат технических наук  
Российский государственный гидрометеорологический университет, Санкт-Петербург

**Аннотация.** В статье проведен обзор и анализ применения средств микропроцессорной измерительной техники в современной гидрометрии, а также рассматривается возможность применения математических моделей и компьютерных технологий для количественной оценки пропускной способности русла на основе параметра Великанова.

**Ключевые слова:** измерительная техника, микропроцессор, учет стока, зарастание русла, параметрическая модель, компьютерная технология.

Повышение требований к эксплуатационным качествам измерительного полевого оборудования, точности и повторяемости результатов измерений гидрологических параметров в различных точках земного шара, приводит к необходимости использования в измерительных приборах новых цифровых методов обработки информации и связанных с этим современных схемотехнических решений, основанных на применении микропроцессорных средств.

«Микроконтроллеры входят в состав большинства современных информационно-измерительных систем, не исключение и гидрометрические приборы и оборудование» [5, с. 73]. В них микроконтроллеры выполняют задачи: сбора и обработки данных, автоматического управления объектами и контроля их состояния, формирование сигналов в системах передачи информации. Необходимым условием бесперебойной работы технических средств измерения и систем передачи информации является их устойчивость к иногда агрессивной окружающей среде [8]. Устройство защиты средств измерения и встроенной управляющей микропроцессорной системы от атмосферных воздействий должно отвечать двум основным требованиям. Чувствительные элементы датчиков при проведении измерений должны находиться в исследуемой среде, а в периоды, между измерениями защищены от воздействий этой среды; пыли, забрызгивания, обледенения и, других природных явлений и факторов.

«В гидрологических информационно-измерительных системах могут, например, эффективно применяться 8-разрядные микроконтроллеры SiLabs фирмы Silicon Laboratories или 32-разрядные микроконтроллеры российской компании Миландр, предназначенные для интеграции аналоговой и цифровой электроники в системах сбора, обработки и передачи данных» [6, с.26].

Использование таких встроенных специализированных вычислителей с графическими и алфавитно-цифровыми индикаторами позволяет обеспечить визуальный (графический) стиль представления данных и организации интерфейса с пользователем [7].

«На современном этапе развития науки и техники потребность в повышении надежности учета стока приобретает особую актуальность, в связи с возрастающими масштабами контроля экологии ландшафтов и реализацией системы мониторинга водных объектов» [3, с. 232]. В последние годы участились катастрофические паводки, все больше возрастает антропогенное воздействие на бассейны рек. «Оно является

опосредованным и проявляется через перераспределение жидкого стока и, в частности увеличение максимальных расходов воды и стока наносов. Наибольшие воздействия на процессы формирования пойм и гидравлику руслопойменных потоков оказывают гидротехнические сооружения и водохозяйственные мероприятия, проводимые непосредственно в руслах и на поймах рек» [1, с. 7].

«Научные и технические задачи для народного хозяйства состоят, в первую очередь, в том, чтобы обеспечить потребителя информацией, контролем и поддержкой принятия управленческих решений в сфере планирования и проектирования гидротехнических сооружений, а также в предупреждении чрезвычайных ситуаций» [11, с. 75]. В связи с этим встает острая необходимость в точности и оперативности гидрометрического учета стока.

Гидрометрический учет речного стока предполагает получение его гидрографа как непрерывной функции времени по данным дискретных измерений расходов воды и практически непрерывных (ежедневных) наблюдений за уровнями, при неоднозначности этой связи, обусловленной изменением пропускной способности русла под влиянием различных факторов, в том числе зарастания дна и берегов, приходится прибегать к различным методам интерполяции характеристик пропускной способности русла в интервале между измерениями расходов воды. В методическом арсенале речной гидрометрии все еще остаются различные расчетные схемы, не опирающиеся непосредственно на уравнения движения потока и физические зависимости для факторов, определяющих пропускную способность русла.

«Между тем можно воспользоваться более корректными методами интерполяции данных измерений. Любая расчетная методика должна вытекать из соответствующих математических моделей изучаемого процесса, а измерения должны служить для идентификации их параметров» [10, с.174].

«В разработанной модели гидрометрического учета стока зарастающих рек, на основе параметра Великанова, получено уравнение множественной линейной регрессии, параметры которого определяются методом наименьших квадратов по совокупности измеренных расходов воды» [9, с.145].

Параметры уравнения  $a_0, a_1, a_2$  определяются по совокупности измеренных расходов воды и их элементов за время зарастания русла, методом наименьших

квадратов [4, с.218]. Ежедневные расходы воды вычислялись по формуле:

$$Q = \frac{m_3 \omega^{5/3}}{B^{2/3}}, \quad (1)$$

а значения  $\omega$  и  $B$  принимались по кривым связи  $\omega(H)$  и  $B(H)$ , построенным для каждого поста. Надо отметить, что возникли некоторые трудности, для определения этих связей при высоких уровнях, когда поток выходит на пойму, при прохождении летних паводков из-за недостаточности натуральных данных.

Морфометрические характеристики являются важными расчётными параметрами. «Все эти параметры довольно просто определяются на основе результатов анализа промеров и крупномасштабных планово-высотных съёмок. Значительно хуже положение с расчётными морфометрическими характери-

ками пойм» [2, с. 36]. С этой проблемой мы и столкнулись в наших исследованиях. Однако удалось получить удовлетворительные расчеты по модели РГМ и для летних паводков.

Как показали численные эксперименты, предложенная методика, основанная на хронологическом представлении параметра Великанова, в полной мере отражает изменения пропускной способности русла и является наиболее рациональной математической основой компьютерной технологии гидрометрического учета стока. Так же было установлено, что параметры регрессионо-гидравлической модели практически не изменяются для каждого створа за многолетний период, конечно это во многом зависит от водности года, но в общем и целом можно говорить о достаточной устойчивости параметров модели.

### Литература:

1. Барышников Н.Б., Поташко Е.А., Скоморохова Е.М., Субботина Е.С. Антропогенное воздействие на пойменные процессы и гидравлику руслопойменных потоков // Учёные записки Российского государственного гидрометеорологического университета № 22. Научно-теоретический журнал. – СПб.: изд. РГГМУ, 2011. – С. 7-12.
2. Барышников Н.Б., Скоморохова Е.М., Субботина Е.С. Морфометрические характеристики русел и пойм и их использование в гидравлических расчётах // Учёные записки Российского государственного гидрометеорологического университета № 30. Научно-теоретический журнал. – СПб.: изд. РГГМУ, 2013. – С. 36-40.
3. Большаков В.А. Информационные технологии в прикладных задачах гидравлики //Перспективы развития науки и образования: сборник научных трудов по материалам XXVII международной научно-практической конференции/ Под общ. Ред. А.В. Туголукова – Москва: ИП Туголуков А.В., 2018. С 231– 233.
4. Большаков В.А., Векшина Т.В. Гидравлические сопротивления и учет стока при зарастании русел рек водной растительностью//Перспективы развития науки и образования: сборник научных трудов 31 марта 2016 г. по материалам III международной научно-практической конференции/ Под общ. Ред. А.В. Туголукова – Москва: ИП Туголуков А.В., 2016 – С. 217-219
5. Большаков В.А., Векшина Т.В. Применение микроконтроллеров в гидрологических измерительных системах // Сб.тр.71-й науч.-техн. конф., посвященной Дню радио. СПб: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2016. 472с. – С.73-74.
6. Большаков В.А., Векшина Т.В. Устройство для измерения направления и скорости воздушного потока. // Информационные технологии и системы: управление, экономика, транспорт, право / Вып. 3 (21) / Под ред. д.т.н., проф. Истомина Е.П. – СПб.: ООО «Андреевский издательский дом» – 2017. – С. 25-27.
7. Большаков В.А., Толстобров Б.Я. Искровой измеритель скорости и направления воздушного потока. // Патент № 2064188 на изобретение, РОСПАТЕНТ – М.: 1996.
8. Большаков В.А., Толстобров Б.Я. Устройство для защиты метеорологических датчиков от воздействия окружающей среды. // Патент № 2047187 на изобретение, РОСПАТЕНТ – М.: 1995.
9. Векшина Т.В., Большаков В.А. Математическая модель влияния зарастания на гидравлические сопротивления речных русел // Информационные технологии и системы: управление, экономика, транспорт, право / Вып. 3 (21) / Под ред. д.т.н., проф. Истомина Е.П. – СПб.: ООО «Андреевский издательский дом» – 2017. – С. 145-147
10. Векшина Т.В., Большаков В.А. Оптимизация гидрометрического учета стока зарастающих рек//Перспективы развития науки и образования: сборник научных трудов 29 апреля 2017 г. по материалам XVI международной научно-практической конференции/ Под общ. Ред. А.В. Туголукова – Москва: ИП Туголуков А.В., 2017. – С. 173-175
11. Коринец Е.М. Практические рекомендации по учету эффекта взаимодействия руслового и пойменного потоков на транспортирующую способность руслового потока при формировании геоинформационной системы // Информационные технологии и системы: управление, экономика, транспорт, право / Вып. 3 (21) / Под ред. д.т.н., проф. Истомина Е.П. – СПб.: ООО «Андреевский издательский дом» – 2017. – С. 71-75.