

СЪВРЕМЕННИ МЕТОДИ ЗА ИЗМЕРВАНЕ НА РЕЧНИЯ ОТТОК

Анна Йорданова, Весела Райнова

Национален Институт по Метеорология и Хидрология – БАН,

София 1784, Р България, е-адрес: Anna.Yordanova@meteo.bg,

Vesela.Rainova@meteo.bg

Резюме

Измерванията на оттока в реки и открити канали са една от основните задачи на хидрографската служба в България. Приблизително 177 хидрометрични станции (ХМС) са част от мрежата за мониторинг на оттока годишно. Те се извършват по време на оперативната работа за да се изчислят ключовите криви. В последните няколко години е налице нарастващо търсене за използването на ADCP технологията при по-малки реки, който има голямото предимство, че за разлика от досегашните водомери, скоростта на оттока във вертикал не се измерва в отделни точки, а в целия профил. Тук са показани някои сравнения между досегашните уреди и ADCP уреди, както и предимствата и проблемите на тези системи.

Keywords: *discharge measurements, current meter, ADCP technology*

ВЪВЕДЕНИЕ

НИМХ използва мониторингова мрежа с около 177 ХМС. В тези ХМС, данните за нивото на водата се записват и съхраняват непрекъснато. Водното ниво на реката при хидрометричните станции е основната физическа величина за определяне на протичащото водно количество. За да се изчисли водното количество като базисна величина за всички водностопански задачи, свързани с управлението на водите, трябва да бъдат определени ключовите криви за пунктовете. Корелативната зависимост, която се построява за всяка хидрометрична станция между водния стоеж (кота на водното ниво - H) и протичащото водно количество (Q) се нарича в хидрометрията "ключова крива на водното количество" $Q = f(H)$.

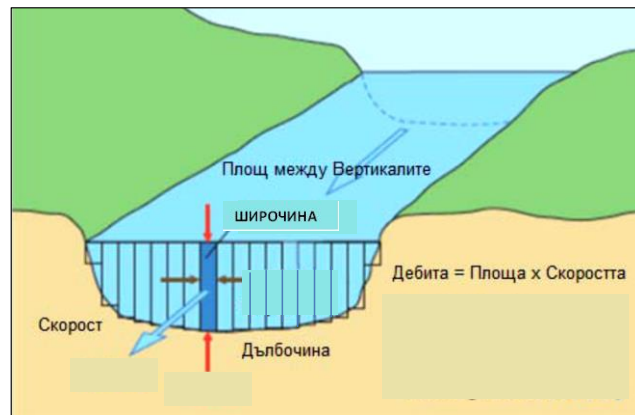
ИЗМЕРВАНИЯТА В БЪЛГАРИЯ

Основен елемент на всяка хидрометрична станция е хидрометричният профил. Това е избраният напречен профил на реката в измервателния участък, в който се извършва измерването на водното ниво и водното количество (фиг.1).

В хидрометричният профил се монтира нивомерна рейка - метална скала, разграфена в сантиметри. По тази скала се извършват наблюденията на водното ниво. Над хидрометричният профил се изгражда служебен мост, чиято височина е съобразена с максималните водни нива в реката. Служебният мост служи за провеждане на измерванията на скоростта на течението чрез спускане в него на скоростомер.



фиг.1 Измервателен участък



фиг.2 Хидрометричен профил

Първите измервания на водното количество в България са извършени през 1920 г. с помощта на витлови устройства. От този момент и до днес, витловите устройства са традиционен инструмент за измерване на скоростта на течението, не само в България, но и в целия свят. Те се използват главно върху прът или на въжена линия (фиг.3).

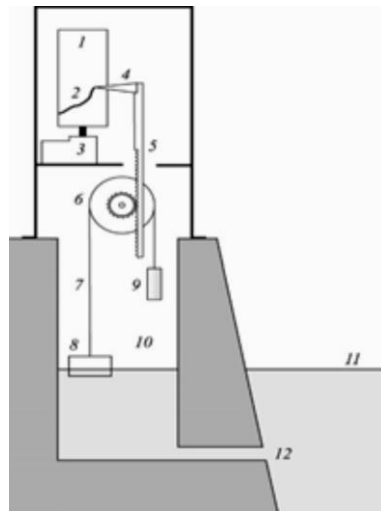


фиг.3 Витлови устройства

Методът за измерване, който се използва е 2-точков, т.е. скоростите в 60% и 20% от

дълбочината на водата и се използва средната им стойност.

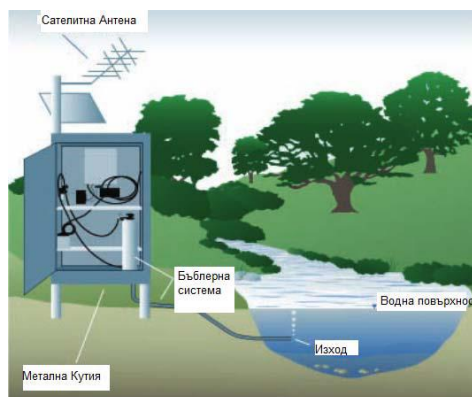
За непрекъснато измерване на дълбочината се използва лимниграф (фиг.4):



фиг.4 Лимниграф

Обслужването на този тип техника е затруднително, особено поради трудоемкото дешифриране на записите, което може да се извършва само ръчно. Освен това, лимниграфите показват дефекти при неблагоприятните атмосферни условия, като замръзване на поплаващите и разливания на мастилото по лентата.

Днес те се заместват със съвременни електронни измервателни уреди на водното ниво с цифров запис на „бъблерен“ принцип (фиг.5). Бъблерният принцип е утвърден в съвременното хидрометрично приборостроене като надежден и прецизен метод. Състои се в непрекъснато изпускане на малко количество газ под минималното водно ниво на реката, при което отделянето на газовите мехурчета се извършва с налягане равно на хидростатичното налягане на водния стълб над него. Налягането се измерва от вграден прецизен електронен манометър, след което се преобразува цифрови сигнали, чиято стойност е равна на водния стоеж.



фиг.5 Уред с цифров запис на „бъблерен“ принцип

С развитието на акустичната Доплер Current Profiler(ADCP) – технология[2], България[1] е сред страните, използващи оперативно този метод при допълнителен уред за плитки реки(фиг.6). Произходът на ADCP технологията се дължи на океанографията. Около 2000г., хидрографията признава предимствата, предлагани от този метод за измерване. В

сравнение с измерванията на витловото устройство, голямото предимство на метода на ADCP е, че скоростите на потока и водните нива се измерват не точково, а непрекъснато през целия напречен профил.



фиг.6 Уред с използване на метода на ADCP

Доплеровият ефект се основава на отразени ултразвукови вълни, които уредът излъчва около себе си с определена честота и които след отразяването им от съдържащите се във водата механични частици, се връщат при него с променена честота. Промяната на честотата е пропорционална на скоростта на водата. Измерванията се извършват в автоматичен режим, в резултат от което на дисплея се визуализира скоростния профил на всяка вертикала(фиг.7). Автоматичният цикъл на измерването завършва с изчисление на водното количество в целия напречен профил на реката.

СРАВНЕНИЕ МЕЖДУ ИЗМЕРВАНЕ С ВИТЛОВ УРЕД И ADCP УРЕД

Най-общо, резултатите за измерените ХМС са много сходни в хомогенните и нехомогенните напречни профили (разлики от макс. $\pm 5\%$), защото голямото предимство на ADCP метода е непрекъснатото наблюдение на скоростта и водното ниво.

Друго предимство на ADCP технологията е, че зоните с възвратно течение също могат да бъдат измерени, тъй като могат да бъдат интегрирани и отрицателните скорости.

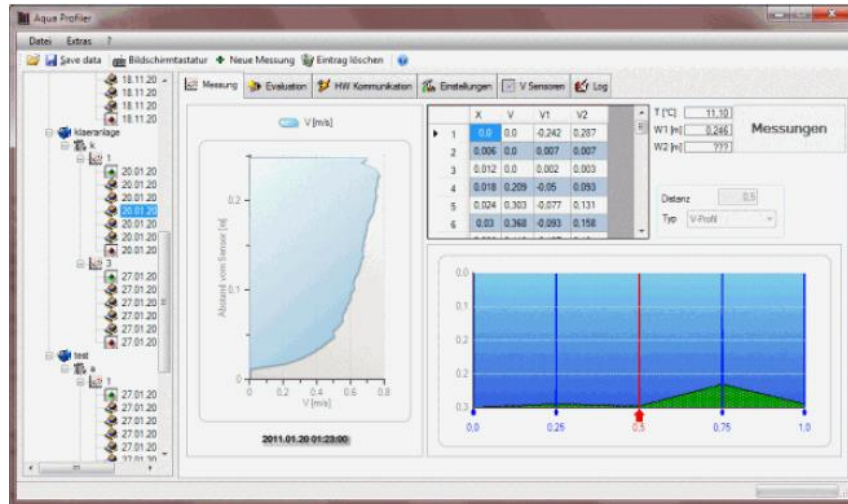
Въпреки предимствата на ADCP метода, възникват някои проблеми и са обобщени по-долу:

- а) Проблеми при получаване на достоверни резултати за реки със скорости по-високи от 3 м/сек;
- б) Те са с необходим минимум ниво на водата - от около 30 см.
- в) Използването е ограничено от наносен транспорт от ~ 1 г. /л.; При промяна на речното легло (наносен транспорт по речното корито), методът на измерване с движеща лодка (непрекъснати измервания) не може да се използва. Алтернативно, може да бъде избран метода за измерване на сектор по сектор, където скоростта на оттока се измерва само по вертикали.

Както вече бе споменато, висок процент ХМСта не позволяват използване на ADCP уред, тъй като са с под необходимия минимум ниво на водата - от около 30 см. При тези ХМС-та, измерванията на водното количество може да се извършва чрез използване на витлови уреди, с всичките им предимства и проблеми.

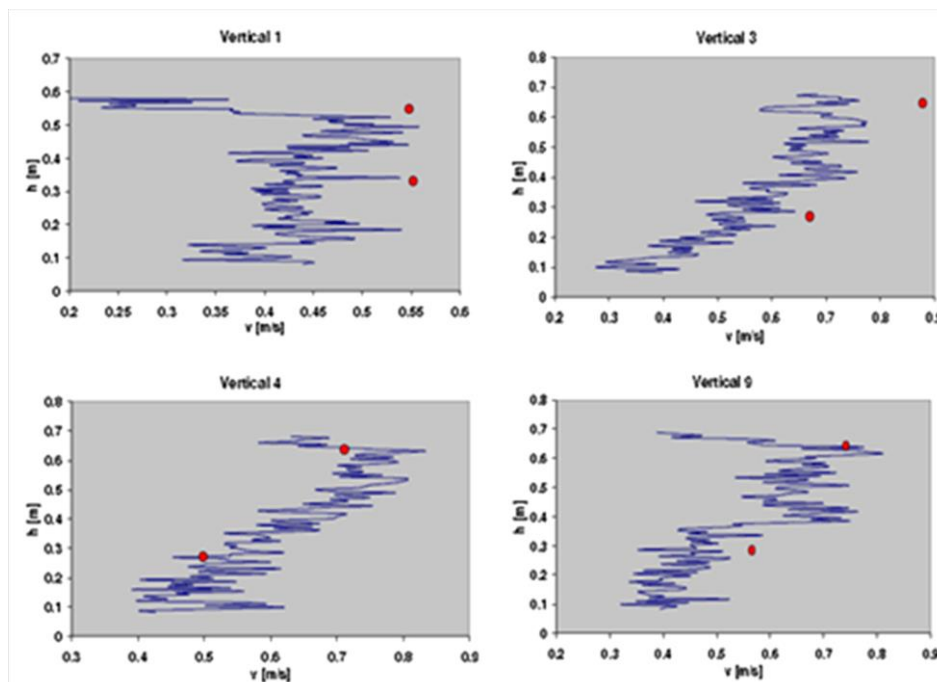
Единственият инструмент, комбиниращ подхода на витлов уред и технологията на

ADCP е така нареченият "Aqua Profiler". Големото предимство е, че в нехомогенни напречни профили могат да бъдат измерени надеждни вертикални профили на скоростта. Освен това, е възможна онлайн визуализация на измерването като цяло - включително вертикални и хоризонтални профили на скоростта, нивото на водата и действителното водно количество (Фиг. 7).



Фиг. 7 Използваният софтуер от Aqua Profiler

На фиг.8 могат да се видят някои резултати[3] от сравнение измервания между витлов уред и Aqua Profiler. Фигурите показват скоростни профили на водата с Aqua Profiler (сини линии) сравнени с точковите скорости на витловия уред (червени точки). Като цяло, в крайбрежните зони (вертикал 1 или вертикал 9), има повече разлики в скоростите, особено в близост до повърхността на водата. В централните зони на реките се наблюдава повече или по-малко много добра корелация. Като цяло, разликите в измерванията на водното количество между Aqua Profiler и витловия уред, се намират в много тесен диапазон от около $\pm 5\%$, докато разликата в скоростите може да нарасне до $\pm 30\%$, особено в крайбрежните зони.



Фиг. 8 Сравнените измервания между витлов уред (червените точки) и Aqua Profiler (сините линии)

Тъй като празната зона - зоната, където скоростите не могат да бъдат измерени, поради ограничения в технологията на ADCP - е много малка (около 2 см), а височината на сондата е около 5 см, дори реки с минимални водни нива от 10 см могат да бъдат измерени.

Единственият проблем открит досега е, че само измервания от дъното към горната част могат да се извършват, което може да бъде проблематично в случая на чакъл по речното легло. Тъй като тялото, покриващо ADCP сензора е сравнително голямо, нивото на водата не може да бъде измерено с добра точност, когато в речното корито лежат големи камъни. Този проблем трябва да бъде решен. След това, този инструмент ще е перфектно устройство, съчетаващо предимствата на витловия уред и ADCP технологията.

ИЗВОДИ

В последните 10-15 години се наблюдава бързо развитие на измервателните уреди на водното количество. До 2000г. е бил използван предимно витловият уред. След като се открива ADCP технологията, в уредите за измерване на водното количество за нуждите на хидролозите са направени основни подобрения.

Не е възможно да се правят всички измервания само с един инструмент. Въз основа на натрупания опит с различни инструменти, е възможно да се намери добър баланс в това - кога и къде и кой уред да бъде използван.

В бъдеще се очаква, че витловият уред, въпреки всичките си предимства, ще бъде заменен от уреди, базирани на ADCP технологията, какъвто е уреда "AquaProfiler".

ЛИТЕРАТУРА

1. Ангелов, П., Хидрометричен мониторинг на високите води в реките при наводнения, сп.Механика, транспорт, комуникации, т.5, бр.1, 2016.
2. Adler, M. & U. Nicodemus (2008): AGILA – Software for the Advanced Evaluation of

Science & Technologies

- Discharge Measurements with Acoustic Doppler Current Profilers, (ADCPs), Conference “Measurement and Data Processing in Hydrology”, Plitvice Lakes National Park, (2008))
3. Schatzl, R., 9th International Symposium on Ultrasonic Doppler Methods for Fluid Mechanics and Fluid Engineering, August 2014.