

НОВА ТРАСЕРНА ТЕХНОЛОГИЯ В ХИДРОМЕТРИЯТА

Евелин Монеv, Румен Маринов,

*Национален институт по метеорология и хидрология- БАН, 1113,
София, България, evmon@abv.bg , rummarin@yahoo.com*

NEW TRACER TECHNOLOGY IN THE HYDROMETRICS

Evelin Monev, Roumen Marinov,

*National Institute of Meteorology and Hydrology- BAS, 1113,
Sofia, Bulgaria, evmon@abv.bg , rummarin@yahoo.com*

ABSTRACT

New understanding of tracer technology in terms of their use in the construction objects with high demanding of water quality, where it is unacceptable even a short-term change in them. The application of thermal tracers as a unpolluted technology is expected. New formulation for the thermal tracer is their treatment as a clean energy supplement to water of the studied streams. It is discuss the transit time method, which is applicable for mechanical tracer (method of gauging indicatory) and for their similar versions of dispersion tracer, as the thermal tracer are and which have the properties of the dispersed substances in the aquatic environment. It is described a scheme of the experimental installation with the basic components, as their physical sense take place. A description of the experimental formulation, with its individual components and their function is done. The basic quantitative characteristics of the experiment are determined. Some graphic images of the obtained results are shown.

Key words: hydrometrics, tracer, water quality, method.

1. Цел на изследването

Новото осмисляне на трасерните технологии се извършва от гледна точка на възможностите им за използване при обекти с високи изисквания за качеството на водата, където е недопустимо, макар и кратковременна промяна в него.

На това изискване отговарят само енергийните, механичните - газообразни (неутрален газ), твърдо тяло и част от дисперсните трасери – безвредна, стерилна субстанция, която не влиза в химическа реакция с водата на течението. Незамърсяваща технология се очаква от приложението на термичните трасери, които едновременно притежават свойства, както на дисперсни така и на енергийни трасери. За тяхното използване до сега се съобщава само като за техническа възможност, като проведените експериментални работи в миналото не са довели до насърчителни резултати.

Новата постановка за термичните трасери е тяхното третиране като чиста енергийна добавка към водите на изследваните течения. Това може да се постигне по два различни начина – или чрез инжектиране на течението на обем от същата вода, с предварително променена температура или чрез потапяне в него на неутрално твърдо тяло, охладено или нагрят до температура различаваща се значително от температурата на водата в течението. Така се получава краткотраен импулс от отнета или придадена топлинна енергия на течението, която благодарение на слабата топлопроводимост на водата се разпространява в пренасящото го течение, главно чрез турбулентната дифузия на образувания трасер, с известен принос от молекулярната дифузия на водните частици .

2. Методика

Принципът на транзитното време е отдавна известен в хидрометрията. Той се прилага при механичните трасери (метод на хидрометричните плуваци) и при аналогичния им

вариант на дисперсните трасери. Тъй като термичните трасери притежават свойствата на дисперсни субстанции във водната среда, накратко ще бъде проследен теоретичният принцип за тяхното приложение.

Очевидно и тук трябва да са на лице предпоставките за равномерно движение с допустима апроксимация на леглото като призматично. Методът позволява и по-свободни трактовки на тези условия, дори и при квази стационарен режим на течението, но това са въпроси разглеждани в други студии на колектива, които могат да бъдат дискутирани на един следващ етап от развитието на термичните трасери.

След импулсно инжектиране на трасерна субстанция – определен обем чиста вода с температура $t_{тр}$ във водата на измерваното течение с фонова температура $t_{ф}$ той бива увлечен от течението, като постоянно се диспергира в напречно и надлъжно направление (Фиг.1). Благодарение на размесването на трасерните малекули с водните молекули на течението се извършва интензивен обмен на топлинната енергия, при което температурата t на общата смес заема стойности

$$t_{ф} < t < t_{тр} \text{ ако } t_{тр} > t_{ф}$$

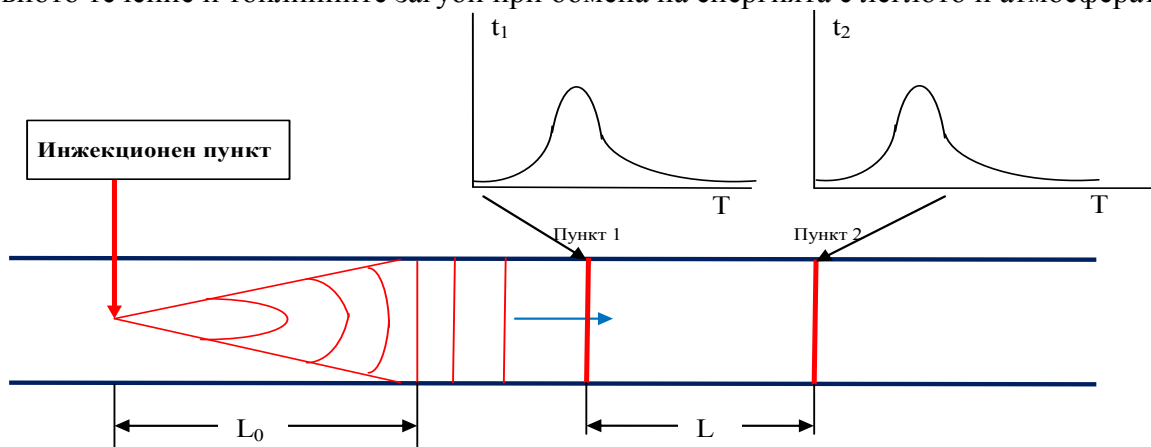
или

$$t_{ф} > t > t_{тр} \text{ ако } t_{тр} < t_{ф}$$

За опростяване на изложението, понататък се приема, че температурата на трасера е по-голяма от температурата на водата в течението $t_{тр} > t_{ф}$, като всички разсъждения и изводи могат лесно да се трансформират и за обратния случай.

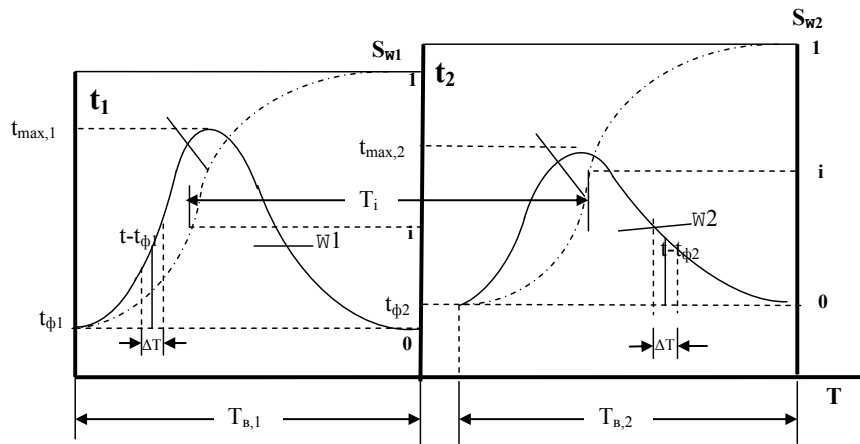
На определено разстояние L_0 , наречено „разстояние на добро размесване“, трасерът получава пълна хомогенизация с водата от цялото напречно сечение на течението, т.е. през всеки следващ момент, температурата на водата t е еднаква във всяка негова точка. Постигането на „добро размесване“ е задължителна теоретична предпоставка при метода на транзитното време по всички трасерни технологии [5]. Само тогава движението на трасера е представително за местните скорости в цялото напречно сечение, а измерването на неговата температура (т.е. концентрация) не зависи от напречните координати на измервателната точка.

След разстоянието L_0 температурата t на водата в течението продължава да намалява за сметка само на надлъжното „разтягане“ на белязания обем под действието на неравномерното скоростно поле в сечението, поради включване на нови молекули от основното течение и топлинните загуби при обмена на енергията с леглото и атмосферата.



Фиг.1 Схема на теоретичния принцип на измерването.

Ако в участъка след разстоянието L_0 се проведе непрекъснато измерване на температурата на водата при два пункта, разположени на разстояние L един от друг, при преминаването на температурно променения воден обем през тях ще бъдат регистрирани два вълнообразни ходови графици на температурата t , както е показано на фигурата.



Фиг.2 Интерпретация на вълновите графики.

От гледна точка на теорията за системите, тези графики представляват два независими „отговора” на водната система, получени на различно разстояние от причиняващото ги едно и също „въздействие”. Поради това, те съдържат много богата информация за кинематичната структура на течението.

Получените два експериментални вълнови графика $t_1 = f_1(T)$ и $t_2 = f_2(T)$ са представени в принципна форма на фиг. 2, от където може да се добие по-добра представа за техния характер и технологичните стъпки на използване. Те започват и завършват при фоновата температура t_ϕ на водното течение.

Извършва се следната обработка:

- Изчисляват се площите W_1 и W_2 под вълновите графики.
- Изчисляват се сумарните им криви в безразмерен вид

$$S_{\Omega 1} = \frac{1}{\Omega_1} \int_0^{T_{\Sigma 1}} (t_1 - t_{\phi 1}) dT \quad \text{и} \quad S_{\Omega 2} = \frac{1}{\Omega_2} \int_0^{T_{\Sigma 2}} (t_2 - t_{\phi 2}) dT \quad (1.1)$$

При това изчисление и двете сумарни криви заемат стойности от 0 до 1. Този диапазон се разделя на n равни части и за двете сумарни криви.

- След това, се отчитат (или изчисляват) времената T_i ; между съответстващите си ординати $S_i = S_{i-1} + \frac{1}{n}$ на двете сумарни криви в диапазона $1 \leq i \leq n$.

Съгласно теорията на интегралните трасерни методи, получените стойности на T_i съответстват на n на брой местни скорости в напречното сечение на течението [5]:

$$u_i = \frac{L}{T_i} \quad (1.2)$$

където L е разстоянието измерено по остта на течението между двата наблюдавани пункта.

Броят на тези площи n се приема достатъчно голям за да се постигне по-голяма точност. Експериментите показват, че добра сходимост на резултатите се получава при $n \geq 30$. Тогава, средната скорост на течението се определя от уравнението:

$$v = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{i=n} u_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{i=n} \frac{L}{T_i} = L \left(\frac{1}{T_i} \right) \quad (1.3)$$

където $\left(\frac{1}{T_i} \right)$ представлява средната стойност на отношенията. Размерът на водното количество се изчислява елементарно:

$$Q = vF \quad (1.4)$$

където F е площта на напречното сечение.

3. Експериментални изследвания

Експериментирането на метода бе проведено в Лабораторията по хидравлика на НИМХ-БАН (по време на експериментите лабораторията се числеше към бившия Институт по водни проблеми на БАН). Експерименталният безнапорен канал е с размери на напречното сечение – ширина 0,60 м., дълбочина 0,90 м. и максимално водно количество 0,220 м³/с.

На фиг.2 е показана комплектацията на експерименталната апаратура, състояща се от първични преобразуватели на температура, двуканален програмируем интерфейс, стандартен адаптер RS-232 и персонален компютър “Toshiba A 300”.

Дебитът на водното течение при експериментите се контролираше с еталонен водомер, „Badger Meter” ДУ 300 мм. с клас на точност 0,3 %. Фоновата температурата на водата се контролираше чрез образцов живачен термометър.

В качеството на термичен трасер се използваше определен обем предварително загрята вода до около 85⁰С.

Размерите на напречното сечение на течението и базата на измерването L се определяха с прецизна ролетка с минимална стойност на делението 1 мм.



Фиг. 2 Снимка на експерименталната апаратура

4. Резултати и анализи

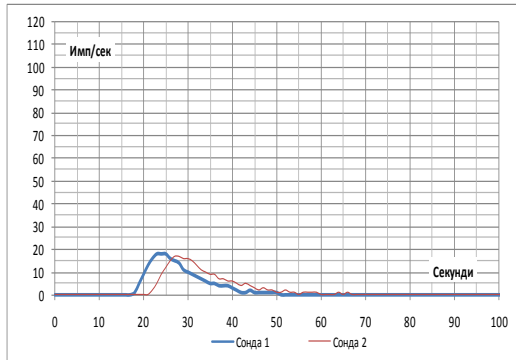
Крайните резултати от експериментите с необходимите допълнителни параметри за извършване на анализите бяха оформени в таблици. Техния анализ показва, че така комплектуваната апаратура е напълно функционална и добре изпълнява предназначението си по алгоритъма на метода. Получените термични вълнови графики са изразителни и годни за следваща обработка (Фиг. 3 а и 3 б). На тях температурата е дадена в условни единици, изразяващи честотата на първичните преобразуватели, надвишаваща фоновата честота преди инжектирането.

Влиянието на измервателната база L не може да се установи добре в наличните лабораторни условия, поради ограничената технологична дължина на експерименталния канал. Теоретично е установено, че при по-дългите бази, двата подобни вълнови графици се раздалечават един от друг във времето, което намалява влиянието на апаратурната грешка при неговото измерване.

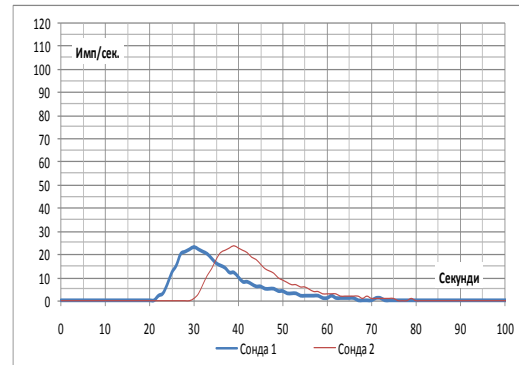
Количеството на инжектирания трасер изразително влияе върху амплитудата на вълновите графики, като при по-големите количества се получават по-големи върхови стойности и по-контрастно разграничаване на техния ход от фоните температури.

За оптимизиране на количеството на трасера бе проведена серия от експерименти с намаляващи обеми на трасера, до достигане на ниво, при което надеждото интерпретиране на графиците е невъзможно. Установено е, че обемът на трасера може да се намали до около 0,7 % от секундният обем на течението, без да се наруши тяхната изразителност за следващите интерпретации по алгоритъма. Този въпрос се нуждае от допълнително теренно

експериментиране, като за сега може да се препоръча обемът на трасера да се подбира около 1,5 % до 2 % от секундният обем на течението.



Фиг.3а) Вълнови графики на температурата при количество на трасера 10 % от дебита и база на измерване $L = 4,27$ м.



Фиг.3. б) Вълнови графики на температурата при количество на трасера 20 % от дебита и база на измерване $L = 8,46$ м.

За оценка на точността на измерването послужиха всички експериментални резултати. Размерът на отклоненията от еталонната стойност на водното количество рядко надвишават $\delta = \pm 5,5$ %, като в преобладаващите случаи остават по-малки от $\delta = \pm 4,0$ %.

5. Заключение

Доказано е, че методът на транзитното време чрез технологията на основата на термични трасери е напълно приложим, като максималната неопределеност, изчислена по ISO/TR 5168 е 4,4% , а максималната грешка стига до 5%. Неговото приложение, експериментирано чрез добавка на нагрятата вода с обем 0,7-2% от секундният обем е високо ефективен при обекти с високи санитарни изисквания.

Литература

1. Монеv Е.Монеv с колектив, Трасерни (индикаторни) метод в хидрометрията, Научен отчет на ИВП-БАН, С., 1988.
2. Монеv Е. с колектив, Електролитен трасерен метод за кинематични изследвания на водните течения, Наученотчетна ИВП-БАН, С., 2001.
3. Монеv Е. с колектив, Безконтаминационен метод за измерване дебита в технологични тръбопроводи, научен отчет ИВП-БАН, С., 1996.
4. Монеv Е. с колектив, София, Хидрометрични методи чрез трасери с автономно движение, Научен отчет ИВП-БАН, 2005.
5. Монеv Е., Радиоизотопна хидрометрия, Техника, С., 1994.
6. ISO/TR 5168, Measurement of fluid flow – Evaluation of uncertainties, Technical Report, 1998.
7. Марчинков Б., Хидрология, Техника, С., 1973.
8. Маринов Ив., Инженерна хидрология, Техника, С., 1984.
9. Быков В. Д., Гидрометрия, ГИДРОМЕТЕОИЗДАТ, Л., 1949.
10. Гириллович Н. А., Гидрометрия, ГРСЛ, М., Л., 1937.