

HIDROGRAM OTICAJA MEREN PARŠALOVIM SUŽENJEM – KORIŠĆENJEM JEDNE JEDNAČINE

Lajoš HOVANJ

Univerzitet u Novom Sadu, Građevinski fakultet u Subotici,
Katedra za hidrotehniku i vodno inženjerstvo okoline

REZIME

U radu su analizirani rezultati dobijeni tokom merenja tokom januara 2015. godine u Hidrauličkoj laboratoriji Građevinskog fakulteta u Subotici, radi osposobljavaja Paršalovog suženja širine $b=0,0254$ m za merenje hidrograma oticaja. Za proticaje manje od $0,003$ m³/s utvrđena je jednačina prikazana na slici 2, pomoću koje poznavanjem merene dubine h_a i fizičke karakteristike vode u funkciji temperature vode može da se utvrdi hidrogram oticaja. Greška utvrđivanja proticaja (od -4,02 do +5,22%) je u granicama dozvoljenih grešaka domaćeg standarda.

Ključne reči: Paršalovo suženje, nepotopljeno tečenje, hidrogram oticaja

1. UVOD

Tokom 2014. i 2015. godine u Hidrauličkoj laboratoriji Građevinskog fakulteta u Subotici autor je sa docentom dr Ognjen Gabrićem izvršio dve serije merenja na Paršalovom (Parshall) suženju širine $b=0,0254$ m (slika 1) za merenje hidrograma oticaja (Hovány, Gabrić 2014, Gabrić et al. 2015).

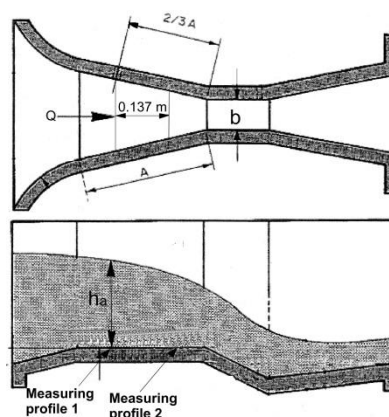
Međunarodni standard, za profil 1 (Slika 1), definiše zavisnost između proticaja Q ($0,00013 \div 0,00438$ m³/s) i merene dubine h_a ($0,019 \div 0,184$ m) pomoću sedeće jednačine:

$$Q=0,0604h_a^{1,55} \quad (1)$$

Kod obe serije merenja ispitivani su proticaji manji od $0,003$ m³/s.

Kod prve serije merenja (tokom 2014. godine) dubina vode h_a je merena mernom iglom tačnosti do $0,1$ mm (Hovány, Gabrić 2014). Zapremina vode utvrđena je

merenjem težine vode. Težine vode merene su vagom tačnosti 5 g ($2,4 \div 11,2$ kg), 10 g ($26,2 \div 102,6$ kg) i 100 g ($138,8 \div 261,3$ kg). Za proticaje veće od $Q_{\min}=0,00013$ m³/s greške proticaja su između $+4$ i $+7,2\%$. Pošto ovaj rezultat ne zadovoljava preporuke domaćeg standarda SRPS U.C5.092:1994 (približni opsezi tačnosti merenja proticaja vode za pravougaona suženja su 2 do 5%), merni profil je premešten u profil 2, koji se nalazi na $0,137$ m nizvodno od profila 1 (Slika 1). U ovom slučaju za $Q > Q_{\min}$ greške proticaja utvrđena pomoću jednačine (1) su između $-0,8$ i $+1,7\%$.



Slika 1. Paršalovo suženje sa mernim profilima 1 i 2 (Hovány, Gabrić 2014)

Tokom ovih merenja, radi osposobljavanja Paršalovog suženja za merenje hidrograma oticaja ispitivani su i proticaji manji od Q_{\min} , za koje ne važi jednačina (1). Za utvrđivanje proticaja u ovom dijapazonu, pri temperaturi vode od $16-17$ °C preporučeno je korišćenje jednačine (2):

$$Q=208,88h_a^4-15,197h_a^3+0,5402h_a^2+0,0002h_a+0,0000001 \quad (2)$$

Greške proticaja (od $-3,1$ do $+3,7\%$) zadovoljavaju preporuke domaćeg standarda.

Problem je kod proticaja Q_{min} : pri dubini $h_a=0,019$ m za Q_{min} , jednačina (2) daje 6% manji proticaj od jednačine (1). Zbog ove činjenice i nemogućnosti kontinualnog merenja nivoa vode mernom iglom, vršena su nova merenja tokom 2015. godine (Gabrić et al. 2015).

Tokom novih merenja merno mesto je bio profil 1. Nivo vode do 1 mm tačnosti je meren ultrazvučnom sondom EasyTREK SPA-380-4 proizvođača Nivelco. Zapremina vode utvrđena je merenjem težine i temperature vode. Tokom merenja ovde su korišćene dve vage: vaga tačnosti 5 g (2÷12 kg) i vaga tačnosti 100 g (14÷230 kg).

Za vodu temperature između 12 i 16°C za merenje hidrograma oticaja dato je rešenje korišćenjem sledećih jednačina:

$$Q(>0,00013 \text{ m}^3/\text{s})=0,0575h_a^{1,5407} \quad (3)$$

$$Q(\leq 0,00013 \text{ m}^3/\text{s})=0,0519h_a^{1,5119} \quad (4)$$

kada su greške za utvrđivanje proticaja između -3,46 i +4,77%. Greška utvrđivanja proticaja kod Q_{min} (za $h_a=0,019$ m) računata jednačinama (3) i (4) je 1,16%. Rešenjem iz 2015. godine znači nije otklonjena greška kod Q_{min} .

U ovim radovima – kao što se vidi – navedena je činjenica da jednačine za utvrđivanje proticaja manjih od Q_{min} važe za određenu temperaturu vode. U rešenjima za širu upotrebu, znači, umesto spomenute zavisnosti trebalo bi navesti druge u kojima figurišu karakteristike vode, koje su funkcije temperature vode.

U ovom pravcu je mogućnost za rešenje ovog problema otvorio rezultat istraživanja mogućnosti merenja hidrograma oticaja pomoću oštroičnog preliva (Hovány 2016, Hovány 2017a, Hovány 2017b, Hovanj 2017c, Hovány 2018). U zoni uticaja viskoznosti i površinskog napona na vezu između proticaja i visine prelivnog mlaza korišćena je funkcija

$$\frac{Q}{b(P+H)}=f\left(\frac{\sqrt[3]{Re^2}}{20000}\right)=f\left(\frac{\sqrt[3]{\sigma H}}{20000}\right) \quad (5)$$

gde su b i P širina i visina preliva, H visina prelivnog mlaza a $We=(2\rho g H b)/\sigma$ i $Re=((2gH)^{0,5}(bH)^{0,5})/\nu$ Veberov (Weber) i Rejnoldsov (Reynolds) broj, ρ gustina, σ koeficijent površinskog napona a ν kinematski koeficijent viskoznosti vode. Na osnovu funkcije prikazane jednačinom (5) za opšte rešenje

funkcije $Q=f(h_a)$ za Paršalovo suženje može da se ispita sledeća funkcija:

$$\frac{Q}{b_a h_a}=f\left(\frac{\sqrt[3]{Re^2}}{20000}\right)=f\left(\frac{\sqrt[3]{\sigma h_a}}{20000}\right) \quad (6)$$

gde je b_a širina Paršalovog suženja kod mernog mesta (Slika 1).

Cilj ovog rada je da se utvrdi funkcija oblika (6) za Paršalovo suženje, kod koga se rešava problem oko proticaja Q_{min} i u odnosu na rešenje objavljeno 2015. godine sačuvati dijapazon greške merenja proticaja.

2. OPIS INSTALACIJE

U ovom radu analizirani su rezultati merenja dobijeni tokom merenja tokom januara 2015. godine u Hidrauličkoj laboratoriji Građevinskog fakulteta u Subotici. Opis instalacije videti u radu objavljenom 2015. godine (Gabrić et al. 2015).

Temperatura vode tokom celog merenja je varirala između 12 i 16°C, prosečno 12,7°C. Gustina vode je bila 1 kg/dm³. Zbog ove činjenice proticaj vode je računat pomoću sledeće jednačine: $Q \text{ (l/s)}=(G_{sud+voda}-G_{sud})/t$, gde su: $G_{sud+voda}$ težina suda i zahvaćene vode (kg), G_{sud} težina suda (kg) i t vreme zahvatanja vode (s).

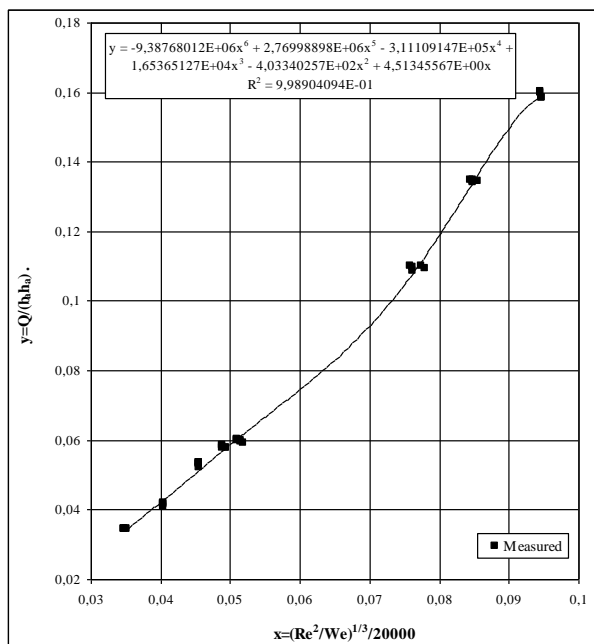
Greška određivanja proticaja je računata pomoću sledeće jednačine: $\text{Error (\%)}=100(Q_{slika 2}-Q_{mer})/Q_{mer}$, gde su: $Q_{slika 2}$ proticaj računat pomoću jednačine prikazane na slici 2 i Q_{mer} proticaj dobijen merenjem.

3. REZULTATI MERENJA

Vodom temperature od 12 do 16°C za osam proticaja izvršeno je po pet merenja. Rezultati merenja su prikazani na Slici 2. Na apscisi je data veličina $(Re^2/We)^{1/3}/20000$, a na ordinati $Q/(b_a h_a)$.

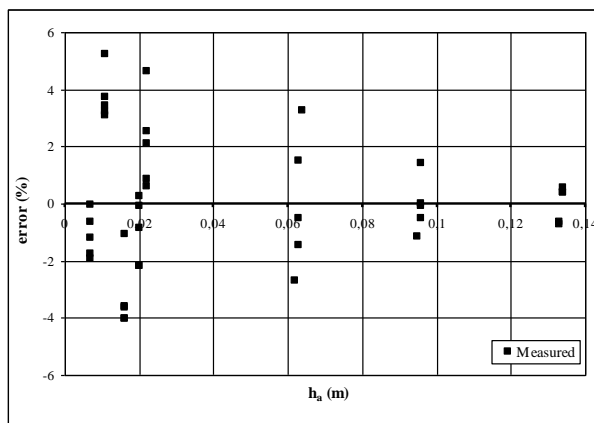
4. DISKUSIJA

1. Međunarodnim standardom nije regulisan način merenja hidrograma oticaja merenog Paršalovim suženjem. Metodom prikazanom u ovom radu za proticaje manje od 0,003 m³/s jednom funkcijom može da se opiše veza $Q=f(h_a, We, Re)$ (slika 2). Ovo je novost u odnosu na do sada objavljene rezultate ispitivanja. Ovim zahvatom je rešen problem greški utvrđivanje proticaja kod proticaja Q_{min} .



Slika 2. Funkcija oblika (jednačina 6)

2. Greške utvrđivanja proticaja pomoću jednačine prikazane na slici 2 variraju između -4,02 i +5,22% (Slika 3).

Slika 3. Greške (%) pri određivanju proticaja pomoću jednačine date na slici 2 u funkciji merene dubine h_a

Korišćena metoda je omogućila očuvanje dijapazona greški za utvrđivanje proticaja u odnosu na rezultate objavljene 2015. godine.

3. Opravdanost da se proticaj za $Q < 0,003 \text{ m}^3/\text{s}$ utvrdi jednom funkcijom potvrđuje i slika 3, gde se vidi da za sve merene dubine h_a greške utvrđivanja proticaja pripadaju jednoj grupi podataka.

4. Povećavanjem merene dubine h_a smanjuje se greška pri određivanju proticaja vode (slika 3). Najveće greške su za $h_a < 0,025 \text{ m}$. Najverovatniji uzrok ovoga je nedovoljna tačnost merenja nivoa vode sondom EasyTREK SPA-380-4 proizvođača Nivelco od 1 mm. Za smanjenje dijapazona greški trebalo bi povećati tačnost merenja nivoa vode.

5. ZAKLJUČAK

U radu su ponovo analizirani rezultati dobijeni tokom merenja 2015. godine u Hidrauličkoj laboratoriji Građevinskog fakulteta u Subotici za osposobljavaje Paršalovog suženja širine $b=0,0254 \text{ m}$ za merenje hidrograma oticaja.

Za razliku od međunarodnog standarda, koji važi za $Q > Q_{\min} = 0,00013 \text{ m}^3/\text{s}$, za utvrđivanje proticaja ovde je jednom jedačinom data veza između proticaja $Q < 0,003 \text{ m}^3/\text{s}$ i merene dubine h_a . Za utvrđivanje proticaja osim merene dubine potrebno je poznavati temperaturu vode, od čega zavise fizičke karakteristike vode.

Greške utvrđivanja proticaja za hidrogram oticaja meren Paršalovim suženjem pomoću jednačine prikazane na slici 2 (od -4,02 do +5,22%) su u granicama dozvoljenih grešaka domaćeg standarda.

Za smanjenje rasipanja vrednosti grešaka, pri utvrđivanju proticaja, bilo bi potrebno izučavati vezu između tačnosti merenja nivoa vode sondom EasyTREK SPA-380-4 proizvođača Nivelco i temperature vode.

LITERATURA

- [1] Hovány, L., Gabrić, O. (2014): *Parshall Flume Calibration for Free Flow*. Zbornik radova Građevinskog fakulteta. Specijalno izdanje Međunarodna konferencija Savremena dostignuća u građevinarstvu 24. i 25. april 2014/Journal of Faculty of Civil Engineering. International Conference Contemporary Achievements in Civil Engineering 24.-25.4.2014, 25, str. 653-659.
- [2] Gabrić, O., Hovány, L., Horvat, M., Horvat, Z. (2015.): *Parshall Flume Calibration for Hydrograph Measurement*. International conference Contemporary achievements in civil engineering 24. April 2015, Subotica, str. 583-588.
- [3] SRPS U.C5.092: 1994 *Merenje protoka vode u otvorenim tokovima, prelivima i mernim objektima – Pravougaoni preliv sa širokom krunom*, Institut za standardizaciju Srbije, 1994.

- [4] Hovány, L. (2016): *Discharge Measurement by Full-Width Ventilated Thin-Plate Weir*. Conference Proceedings 4th International Conference Contemporary Achievements in Civil Engineering 2016. Faculty of Civil Engineering, Subotica. 22nd April 2016, str. 669-677.
- [5] Hovány, L. (2017a): *Different Height Thin-plate Weirs for Measuring Discharge Hydrographs*. Contemporary Achievements in Civil Engineering 2017. 5th International Conference. Faculty of Civil Engineering, Subotica. 21. April 2017, str. 661-673.
- [6] Hovany, L. (2017b): *New method for discharge hydrograph measurement of the free overflow with full-width, thin-plate weir*. Current Science, 113(1), str. 148-154.
- [7] Hovanj, L. (2017c): *Oštroivični prelive različite visine osposobljeni za merenje hidrograma oticaja*. Vodoprivreda, 49(288-290), str. 329-335.
- [8] Hovany, L. (2018): *Contracted thin-plate weir for measuring discharge hydrographs*. Contemporary Achievements in Civil Engineering 2018. 6th International Conference. Faculty of Civil Engineering, Subotica. 20. April 2018, str. 417-427.

RUNOFF HYDROGRAPH DETERMINED BY PARSHALL FLUME, DEFINED BY SINGLE EQUATION

by

Lajos HOVANY

University of Novi Sad, Faculty of Civil Engineering Subotica,
Dept. of Hydraulic, Water Resources and Environmental Engineering,
Kozaracka 2/a, 24000 Subotica

Summary

The results of measurement carried out in the Hydraulic Laboratory of the Faculty of Civil Engineering, Subotica in the period from 6th to 14th January 2015 are analysed again, to fit a Parshall flume of width $b=0,0254$ m for measuring runoff hydrograph. For discharges smaller than $0,003$ m³/s, function shown in Fig. 2 has been fit to the results of measurement, which can be used to obtain runoff hydrograph for known flow

depth h_a , and physical characteristics of water depending of temperature. The error of discharge – which is between -4,02% and 5,22% – is within the limits of the local standard

Key words: Parshall flume, free flow, runoff hydrograph

Redigovano 6.11.2018.