



Получена: 17.02.2017 г.

Приета: 24.02.2017 г.

ОСОБЕНОСТИ НА ХИДРАВЛИЧНОТО ПОВЕДЕНИЕ НА КАНАЛИЗАЦИОННИ ШАХТИ, ПРОИЗВЕДЕНИ В ЗАВОДСКИ УСЛОВИЯ С ТРИ ВХОДЯЩИ И ЕДНА ИЗХОДЯЩА ТРЪБА

Д. Аличков¹, Б. Инджов², Е. Цанов³, Т. Игнева-Данова⁴

Ключови думи: фабрично произведени канализационни ревизионни шахти, коефициенти на местно съпротивление, напорни загуби в открити течения, незатлачващи скорости

РЕЗЮМЕ

В настоящата статия са показани резултатите, получени от хидравлични изследвания на стандартни фабрично произведени канализационни ревизионни шахти с три входящи и една изходяща тръба. Установено е тяхното влияние върху хидравличните условия на движение на отпадъчните води в канализационните мрежи.

Получени са графични зависимости между напорните загуби и дебита, наклона на тръбите и наклона на дъното на ревизионните шахти.

Направени са изводи по отношение на подобряване на производството на канализационни ревизионни шахти с три входящи и една изходяща тръба и проектантската практика с оглед осигуряването на минималните незатлачващи скорости на водата.

¹ Димитър Аличков, доц. д-р инж., кат. „Водоснабдяване, канализация и пречистване на води“, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: d.alitchkov@aquains.com

² Борислав Инджов, ас. инж., кат. „Водоснабдяване, канализация и пречистване на води“, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: bindjov4525@abv.bg

³ Емил Цанов, гл. ас. д-р инж., кат. „Водоснабдяване, канализация и пречистване на води“, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: e.tsanov@mail.bg

⁴ Таня Игнева-Данова, гл. ас. д-р инж., кат. „Водоснабдяване, канализация и пречистване на води“, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: igneva@mail.bg

1. Въведение

В настоящата статия са представени част от резултатите от проведените в хидравличната лаборатория на Университета по архитектура, строителство и геодезия-София изследвания на произведени в заводски условия събирателни ревизионни шахти от полипропилен на фирма „Пайплайф България“.

Предмет на статията са получените резултати от хидравлични изследвания на стандартни кръгли ревизионни шахти DN1000 тип 1 и тип 2 (фиг. 1).



Инжекционно лята ПП РШ DN1000 с три входа и един изход и ъгли: 1-ви вход на 90°, 2-ри вход на 180°, 3-ти вход на 270° и изход на 0° – **тип 1**



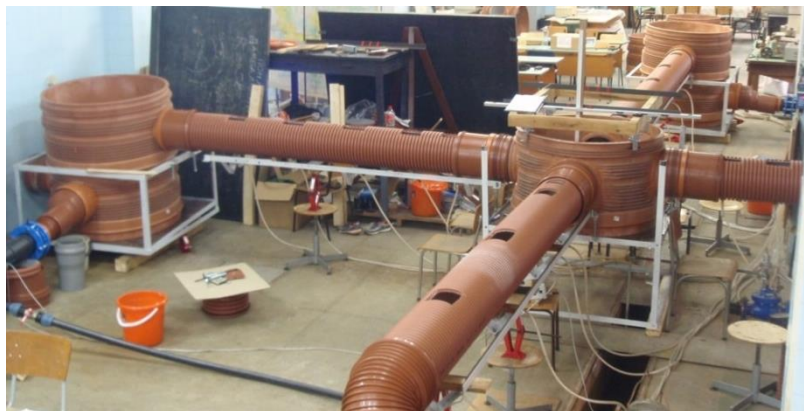
ПП РШ DN1000 с кюнета от тръбни сегменти с три входа и един изход и ъгли: 1-ви вход на 90°, 2-ри вход на 180°, 3-ти вход на 270° и изход на 0° – **тип 2**

Фиг. 1. Изследвани събирателни шахти, произведени в заводски условия

2. Експериментални изследвания

За изследване на фабрично изготвените ревизионни шахти на фирма „Пайплайф България“ ЕООД е използвана специално конструирана за тази цел експериментална установка [1, 2].

На фиг. 2 е представена снимка на лабораторната установка с монтирана събирателна шахта DN1000 с три входящи и една изходяща тръба DN/OD315.



Фиг. 2. Снимка на експерименталната установка при изследване на събирателни шахти с три входни и изходяща тръба

Изпитваната ревизионна шахта е разположена централно. Наклоните на тръбите и шахтата са изследвани в диапазон от 0,4% до 1,1%, като същите са нагласявани чрез метална конструкция и серия от механични крикове, разположени по дължина на установаката, а дълбочината на водата в различните сечения е отчитана чрез пиезометрично измервателно табло. Диапазонът на изменение на водните количества е от 0,5 dm³/s до 42 dm³/s, като дебитът е измерван чрез ултразвукови разходомери [2].

За определяне на физичните и хидравличните параметри на течението при изследваните наклони и водни количества са използвани измерими и изчислителни величини [1].

Напорните загуби в събирателната шахта са изчислени след решаване на следната система уравнения [6]:

$$\begin{cases} Q_{ex.mp.1} H_{ex.mp.1} + Q_{ex.mp.2} H_{ex.mp.2} + Q_{ex.mp.3} H_{ex.mp.3} - \sum Q_i H_{изх.mp.} = \sum Q_i \Delta H \\ \sum Q_i = Q_{ex.mp.1} + Q_{ex.mp.2} + Q_{ex.mp.3} \end{cases} \quad (1)$$

където $Q_{ex.mp.1,2,3}$ е постъпващото водно количество от всяка една от входящите тръби 1, 2, 3;

$H_{ex.mp.1,2,3}$ – общият напор на потока във всяка една от входящите тръби 1, 2, 3;

$\sum Q_i$ – сумарното водно количество, което преминава през изходящата тръба;

$H_{изх.mp.}$ – общият напор в изходящия тръбопровод;

ΔH – общата загуба на напор в събирателната шахта.

Коефициентът на местно съпротивление по всяка една линия е определен по формулата [6]:

$$\xi_{ex.mp.i-изх.mp.} = \Delta H_{ex.mp.i-изх.mp.} / \left(\frac{V_{изх.mp.}^2}{2g} \right), \quad (2)$$

където $V_{изх.mp.}$ е средната скорост на водата в изходящата тръба;

$\Delta H_{ex.mp.i-изх.mp.}$ е загубата на общ напор между i -та входяща и изходящата тръба.

Оценката на водния поток за склонността към седиментация е направена чрез анализ на „минималната незатлачваща скорост“ и използване на следния математически израз [5]:

$$V_{\min} = 1,57 \sqrt[n]{R}, \text{ m/s}, \quad (3)$$

където $n = 3,5 + 0,5R$ е емпиричен коефициент;

R – хидравличният радиус, m.

За проведените експерименти стойността на тази скорост е равна на 0,75 m/s.

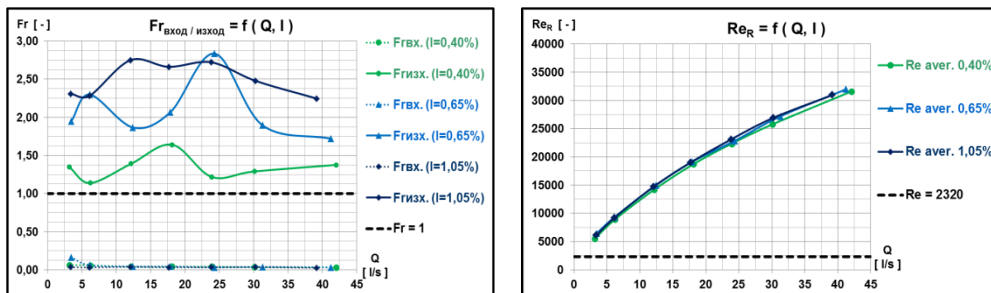
Извършена е оценка на състоянието на течението, като за целта са използвани числото на Рейнолдс (Re) и числото на Фруд (Fr) [1, 4].

Оценка на режима на движение

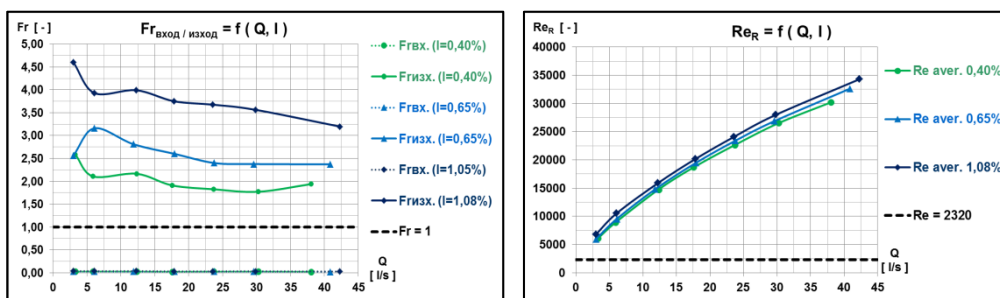
За оценка на режима на движение и вида на течението са изчислени числата на Рейнолдс и Фруд. На фиг. 3, 4 и 5 са показани получените резултати от извършените експериментални изследвания.

От получените стойности за числото на Рейнолдс се вижда, че режимът на движение на водата при направените експериментални изследвания се намира в турбулентната област.

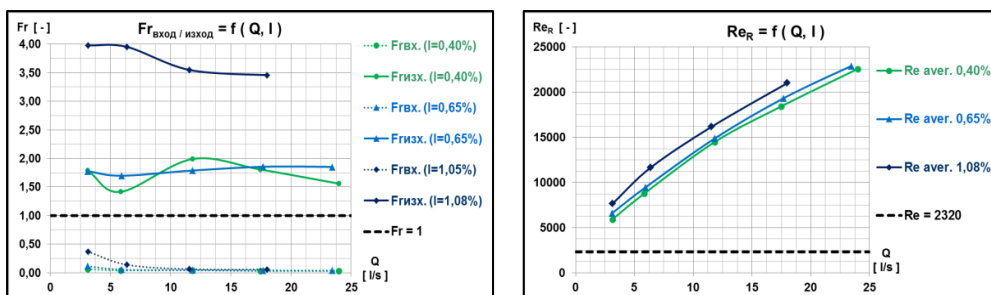
Числото на Фруд е използвано за оценка на вида на течението. Резултатите показват, че течението е спокойно във входящите тръби и бурно в изходящата.



Фиг. 3. Стойности на Re и Fr при събирателна РШ с инжекционно ляга база (тип 1) и хоризонтален монтаж на дъното на кюнетата



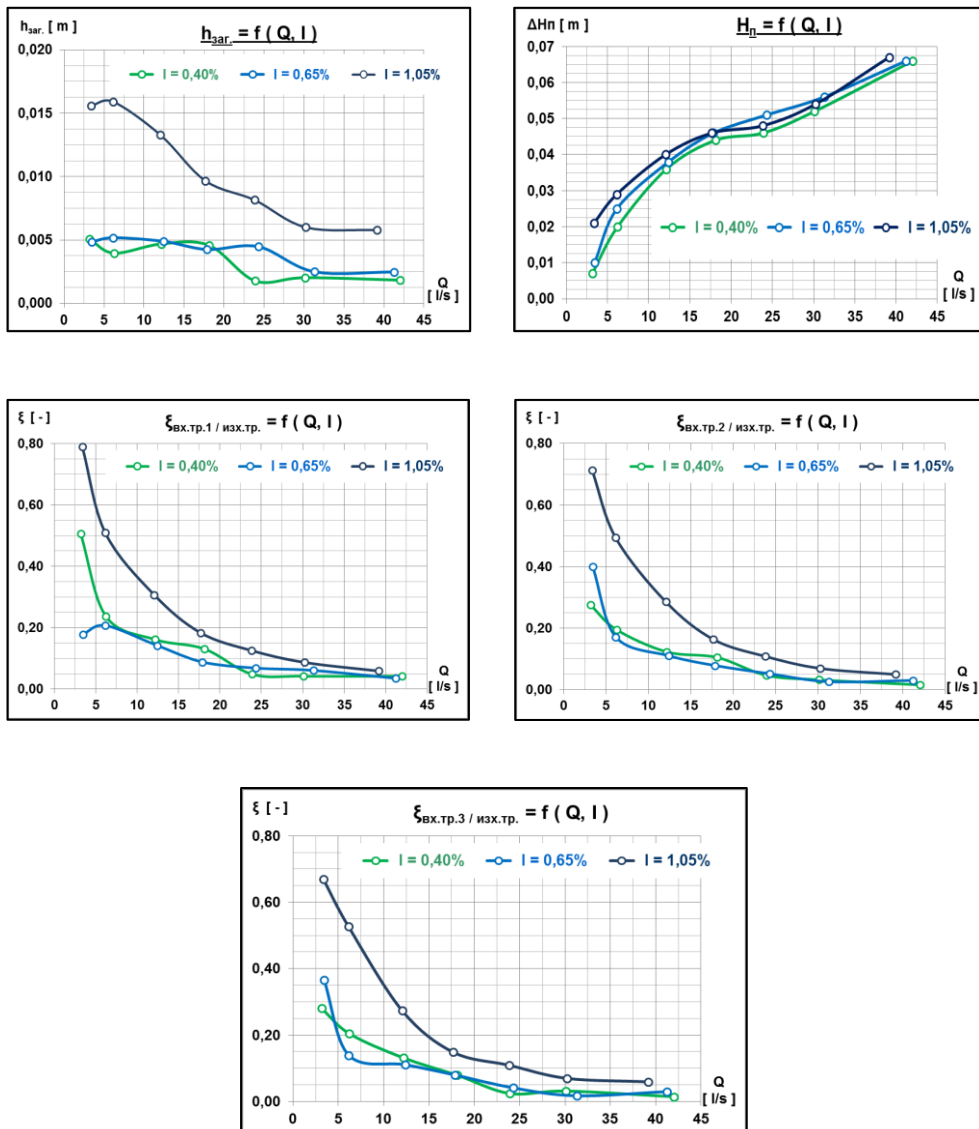
Фиг. 4. Стойности на Re и Fr при събирателна РШ, изготвена от тръбни сегменти кюнета (тип 2) и хоризонтален монтаж на дъното



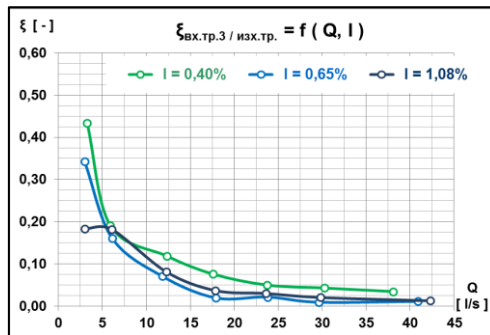
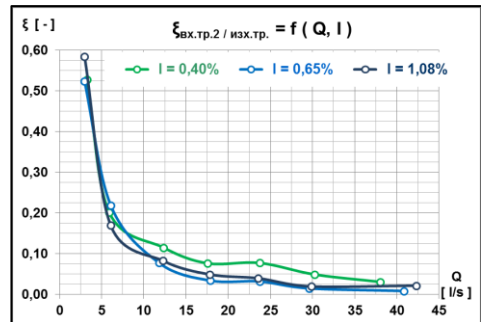
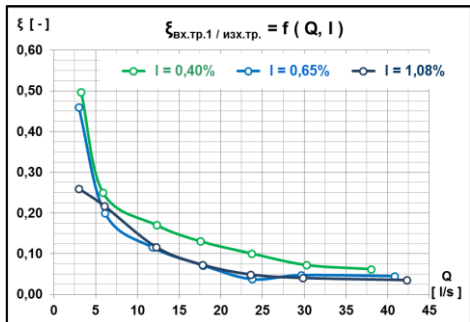
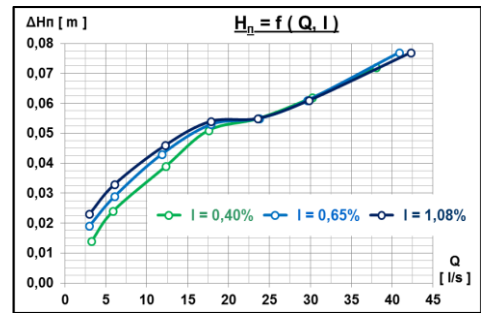
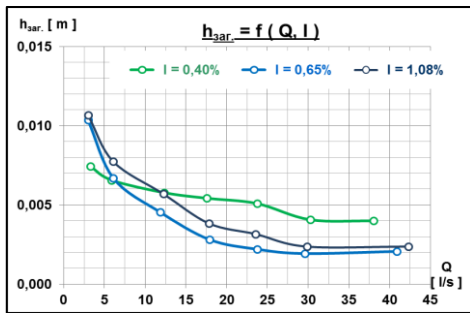
Фиг. 5. Стойности на Re и Fr при събирателна РШ, изготвена от тръбни сегменти кюнета (тип 2) и наклонен монтаж на дъното

Напорни загуби и коефициенти на местно съпротивление

Във фиг. 6, 7 и 8 са представени резултатите от получените напорни загуби и съответстващите на тях коефициенти на местно съпротивление в изследваните събирателни шахти, както и изменението на пиезометричния пад преди и след тях.



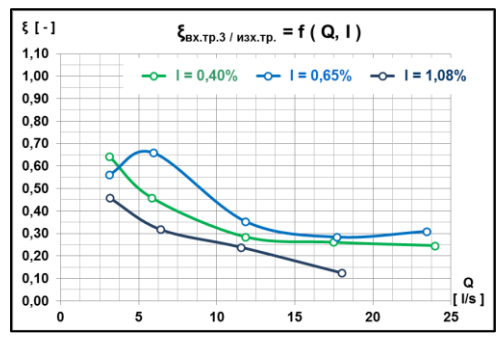
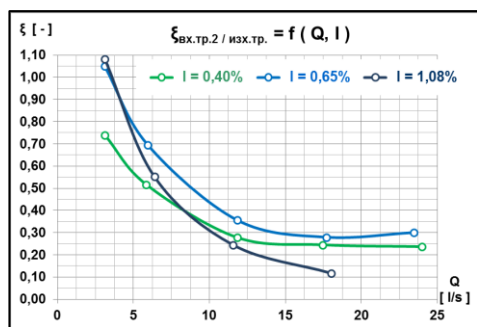
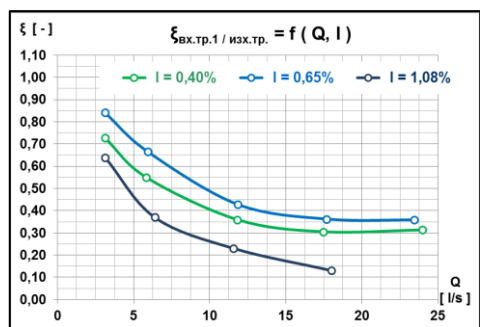
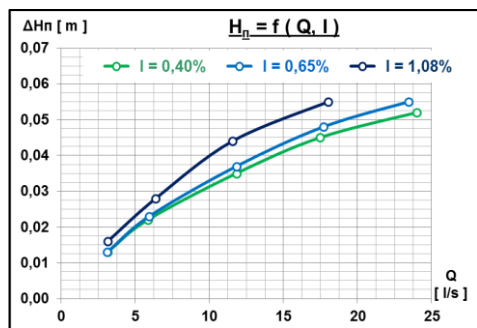
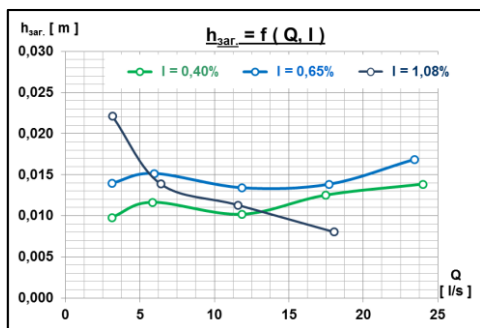
Фиг. 6. Изменение на напорните загуби, пиезометричния пад и коефициентите на местно съпротивление на РШ с инжекционно лята база (тип 1) на събирателна шахта с три входящи тръби при хоризонтален монтаж



Фиг. 7. Изменение на напорните загуби, пиезометричния пад и коефициентите на местно съпротивление на събирателна шахта, изготвена от тръбни сегменти (тип 2) с три входящи и една изходяща тръба при хоризонтален монтаж

Няма съществена разлика между загубите на напор събирателни шахти с инжекционно лети кюнети и кюнети, изготвени от тръбни сегменти. Има регистрирани загуби, които не варират значително. Коефициентите на местно съпротивление следват тенденцията на напорните загуби, като имат по-съществена важност при по-малки водни количества ($< 10 \text{ dm}^3/\text{s}$).

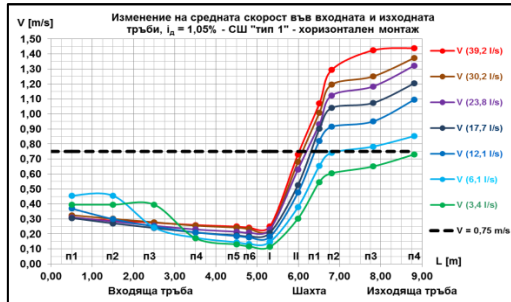
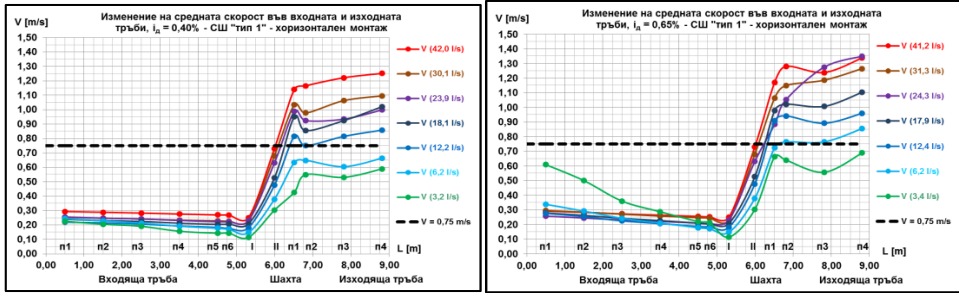
Наклонът на дъното на кюнетите не оказва съществено практическо влияние върху големината на напорните загуби. Причина за това е начинът на свързване на довеждащите и отвеждащата тръба (дъно с дъно) и получаването на подприщване на потока преди шахтата.



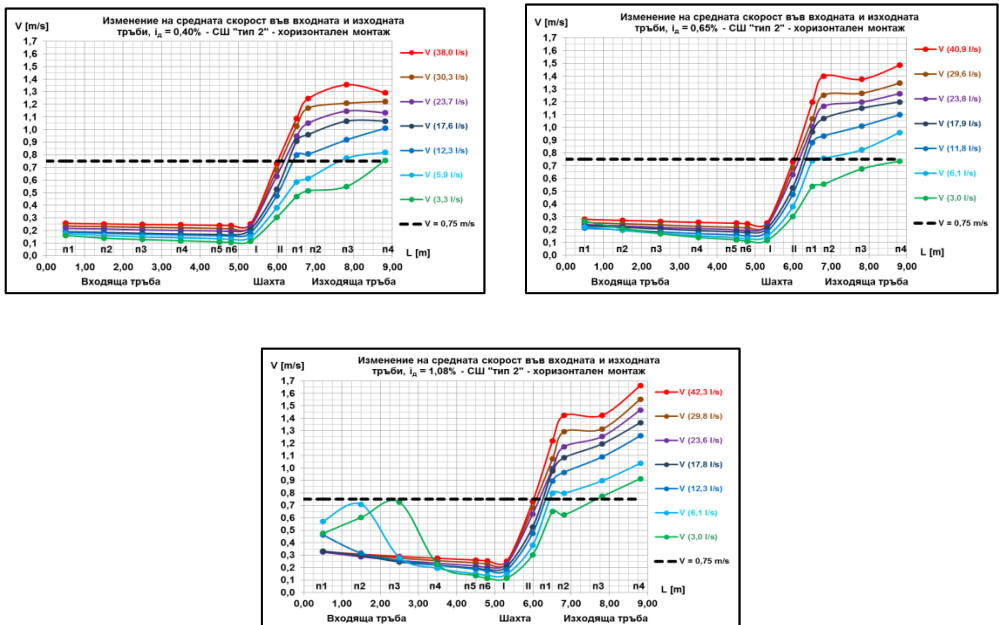
Фиг. 8. Изменение на напорните загуби, пиезометричния пад и коефициентите на местно съпротивление на събирателна шахта, изготвена от готови сегменти (тип 2) с три входящи и една изходяща тръба при наклонен монтаж

Минимални незатлачващи скорости

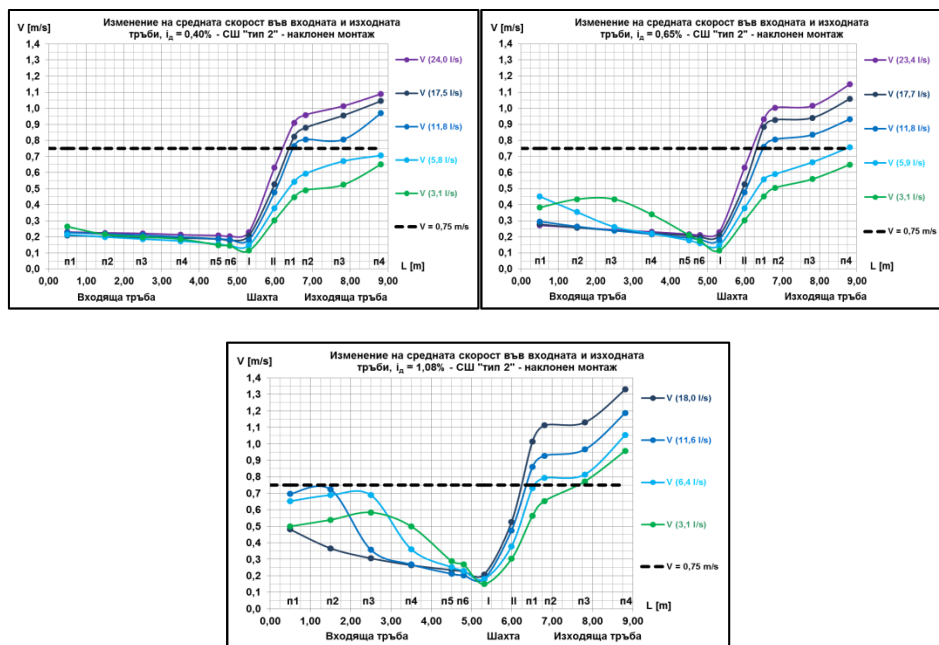
Получените резултати за изменението на скоростта по надлъжния профил входяща тръба-РШ-изходяща тръба, са сравнени със стойността на минималната незатлачваща скорост, получена чрез уравнение (3) и изобразена като права линия на фиг. 9, 10 и 11.



Фиг. 9. Профили на скоростите по дължината на течението при инжекционно ляга събирателна шахта „тип 1“ с три включения и хоризонтален монтаж на кюнетата



Фиг. 10. Профили на скоростите по дължината на течението при събирателна шахта, изготвена от тръбни сегменти „тип 2“ с три включения и хоризонтален монтаж на кюнетата



Фиг. 11. Профили на скоростите по дължината на течението при събирателна шахта, изготвена от тръбни сегменти „тип 2“ с три включения и наклонен монтаж на дъното

От получените резултати се вижда, че минимална незатлачваща скорост се постига в изходящите тръби след събиране на потоците.

Скоростта на потока в довеждащите тръби намалява по тяхната дължина, независимо от наклона на дъното на кюнетите в шахтите с около 30 – 60%. Това се дължи на полученото подприщване на водата в шахтите в следствие на събиране на трите потока и взаимното гасене на техните енергии. Поради различните диаметри на довеждащите и отвеждащите тръбопроводи (DN/OD315), чиито вътрешен диаметър е $ID = 277$ mm, и диаметъра, с който са изпълнени кюнетите, $ID = 300$ mm, скоростта на потока намалява допълнително и в зоните на шахтите. Ясно се вижда, че скоростта както в кюнетите, така и във входящите тръби за изследваните наклони, е по-ниска в сравнение с минимално допустимата незатлачваща скорост.

Не се наблюдава съществена разлика в хидравличното поведение на събирателните шахти в случаите на хоризонтален и наклонен монтаж на дъната на кюнетите им. И в двата случая се създават условия за седиментация (намаляване на скоростта на потока със 70 – 80%), която е вследствие на подприщването на потока в довеждащите тръбопроводи.

3. Изводи

3.1. Извършени са хидравлични изследвания на фабрично произведени полипропиленови събирателни шахти с три входящи и една изходяща тръба, които изясняват режима на движение на отпадъчната вода в тях и дават практи-

чески насоки за тяхното производство и проектиране на канализационни мрежи.

- 3.2. Получени са графични зависимости на коефициента на местни загуби на напор и водното количество за ревизионни шахти с три входящи и една изходяща тръба, които могат да се използват от проектантите в практиката.
- 3.3. Начинът на оформянето на кюнетите на фабрично произведени ревизионни шахти (в случая инжекционно лети), както и такива с предварително изготвени от тръбни сегменти кюнети от полипропилен, има значение за осигуряване на необходимата скорост и транспортиращата способност на потока. Местните съпротивления (загуби на енергия), които предизвиква всеки тип ревизионна шахта с характерната си кюнета, са индивидуални и зависят от: размерите на кюнетата; доколко плавно са оформени преходите и ръбовете на шахтите; ъгъла на събиране (разделяне) на потоците; хидравличния режим и др.
- 3.4. Формата на кюнетите, изпълнени от тръбни сегменти в събирателни ревизионни шахти DN1000 mm с три входящи тръби и една изходяща тръба DN/OD315 mm „тип 2“ може да се подобри, така че да не се получава подприщване на потока във входящите тръби. Ще се подобри хидравличната работа на шахтата, ако входящите тръби не се включват перпендикулярно вътре в шахтата, а с крива от 3 до 5D или с две чупки по 45°.
- 3.5. При изпълнението на кюнетите да се използва същата геометрична форма, както на тръбите, които се използват за канализационната мрежа (предоставените за изследване РШ, където вътрешните диаметри на довеждащите и отвеждащите тръби (DN/OD315) са $ID = 277 \text{ mm}$, докато и диаметъра на тръбата, от която е направена кюнетата, е $ID = 300 \text{ mm}$).
- 3.6. Наклонът на дъното на кюнетите не оказва съществено практическо влияние върху загубите на напор в сравнение с такива без наклон. В тези случаи следва да се има предвид промяната на режима на движение на водата, както и необходимостта от осигуряване на необходимата специфична енергия на течението за транспортиране на съдържащите се в него суспендирани вещества, пясък и др. От друга страна, липсата на наклон не способства за предотвратяване на подприщването във входящите тръби.
- 3.7. При едни и същи диаметри на довеждащите и отвеждащите тръби при събирателни шахти с три входа и един изход свързването на тръбите в шахтата не трябва да се извършва теме с теме (дъно с дъно), тъй като това води до подприщване на потоците в довеждащите тръбопроводи. Подходящо свързване в този случай е това по водни нива във входящите и изходящата тръба.

Авторите изказват своята благодарност на фирма „ПАЙПЛАЙФ България“ ЕООД за оказаното им съдействие във връзка с предоставянето на ревизионни шахти и други материали за извършване на експерименталните изследвания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аличков, Д., Игнева, Т., Инджов, Б., Цанов, Е. Хидравлични изследвания на произведения в заводски условия събирателни канализационни шахти с две входящи и една изходяща тръби. // Водно дело, бр. 1/2, 2017.
2. Аличков, Д., Игнева-Данова, Т., Цанов, Е., Инджов, Б. Хидравлични изследвания на канализационни ревизионни шахти, произведения в заводски условия. Осма международна конференция БУЛАКВА 2016: Иновативни решения за по-ефективни ВиК услуги, София, 2016.
3. Аличков, Д., Игнева, Т., Цанов, Е., Инджов, Б. Теоретични основи при проектиране на кръгли ревизионни шахти и несъответствия при тяхното промишлено производство. // Водно дело, бр. 3/4, 2016.
4. Маринов, Е., Казаков, Б., Мараджиева, М., Минков, И. Хидравлика. УАСГ, С., Издателски център, 2003.
5. Арсов, Р., Драганов, Д., Игнева-Данова, Т., Борисов, Б. Ръководство за проектиране на канализационни мрежи. Техника, С., 2015.
6. Hager, Willi H. (2010). Wastewater hydraulics: Theory and Practice, Springer. ISBN 978-3-642-11382-6.

SPECIFIC HYDRAULIC PERFORMANCE OF PREFABRICATED SEWERAGE MANHOLES WITH THREE INVERTS IN AND ONE INVERT OUT

D. Alitchkov¹, B. Indjov², E. Tsanov³, T. Igneva-Danova⁴

Keywords: prefabricated sewerage manholes, local headloss coefficients, open channel head losses, self-cleaning velocities

ABSTRACT

The present paper shows the results achieved by hydraulic investigations of standard prefabricated sewerage manholes with three inverts in and one invert out. Their influence on the hydraulic conditions of the wastewater flow in the sewerage networks is determined.

Graphical relations between the head losses, the flow, the slope of the pipes and the bottom of the channel manholes are received.

Conclusions for improvement of the production of prefabricated sewerage manholes with three inverts in and one invert out and the design practice in respect of establishing the minimum self-cleaning velocities of the flow in the sewerage networks are drawn.

¹ Dimitar Alitchkov, Assoc. Prof., PhD Eng., Dept. "Water Supply, Sewerage, Water and Waste water Treatment", UACEG, 1 H. Smirnenki Blvd., Sofia 1046, e-mail: d.alitchkov@aquains.com

² Borislav Indjov, Assist. Prof. Eng., Dept. "Water Supply, Sewerage, Water and Waste water Treatment", UACEG, 1 H. Smirnenki Blvd., Sofia 1046, e-mail: bindjov4525@abv.bg

³ Emil Tsanov, Chief Prof. PhD Eng., Dept. "Water Supply, Sewerage, Water and Waste water Treatment", UACEG, 1 H. Smirnenki Blvd., Sofia 1046, e-mail: e.tsanov@mail.bg

⁴ Tanja Igneva-Danova, Chief Prof. PhD Eng., Dept. "Water Supply, Sewerage, Water and Waste water Treatment", UACEG, 1 H. Smirnenki Blvd., Sofia 1046, e-mail: igneva@mail.bg