



Получена: 20.12.2019 г.

Приета: 22.01.2020 г.

ОЦЕНКА НА ХИДРАВЛИЧНИЯ КАПАЦИТЕТ НА КАНАЛИЗАЦИОННИ МРЕЖИ ПРИ ПРОМЯНА НА ОТТОЧНИЯ КОЕФИЦИЕНТ

Т. Игнева-Данова¹

Ключови думи: отточен коефициент, канализационни мрежи, хидравличен капацитет, урбанизация

РЕЗЮМЕ

Бързата урбанизация на населените места води до увеличаване на стойността на много специфичен параметър за канализационните мрежи – отточния коефициент. Хидравличният капацитет на тези мрежи е много чувствителен при промяната на коефициента. Канализационната мрежа се оразмерява при предпоставката за приета една единствена стойност на отточния коефициент за определена водосборна област. Това води до невъзможност за предсказване на поведението на потока отпадъчни води в тръбната система при изменението му. Влиянието на промяната на този параметър може да бъде оценена точно, само ако се използва хидравлично моделиране на канализационни мрежи. Настоящата статия демонстрира приложението на хидравличните модели, като се вземат предвид множество стойности на отточния коефициент. В резултат е предложена процедура за оценка на канализационни мрежи в условия на промяна в отточния коефициент.

1. Въведение

По своята същност канализационната система е предназначена за предотвратяване на разпространението на болести при контакт с фекални и други отпадъчни води, както и управление на дъждовните води и повърхностния отток. По този начин се свежда до минимум опасността за общественото здраве, включително възможността за възникване на щети при евентуално наводнение.

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

В тази връзка основната задача е да се проектира, изгради, експлоатира, поддържа и рехабилитира канализационната система, така че да се сведат до минимум рисковете, свързани със събиране и отвеждане на отпадъчните води. Лошо проектирани, лошо и некачествено изпълнени или лошо поддържани системи могат да причинят опасност за здравето и безопасността за обществото. Наводнението от канализацията може да окаже негативно влияние върху засегнатите хора, като причини икономическо въздействие под формата на щети на сградите и градската инфраструктура.

За да се гарантира, че системата постига изискванията за функционалност по време на експлоатационния си живот, трябва да се определят критерии за проектиране, които да гарантират, че системата продължава да отговаря по показатели за ефективност в дългосрочен план. В същото време трябва да се вземат под внимание всички предвидими промени през живота на системата. Промените, които трябва да се отчетат включват:

- увеличени отпадъчни водни количества в резултат на промени в съществуващото застрояване и съответно увеличаване на отточния коефициент;
- увеличени отпадъчни водни количества поради ново застояване;
- намален хидравличен капацитет в резултат на влошаване на физическото състояние на тръбната система;
- намален хидравличен капацитет поради натрупване на утайки в канализацията.

Обикновено наводнението на урбанизираната територия с канализационни води се ограничава до повтаряемостта или периода на еднократно претоварване, които са предписани от националния норматив – Наредба № РД-02-20-8 от 2013 г. за проектиране, изграждане и експлоатация на канализационни системи [1]. В този случай трябва да се предвиди:

- въздействието върху здравето и безопасността при наводняване на територията от канализационни води;
- разходите за преодоляване на щетите;
- степента, до която всяко наводнение от канализацията може да бъде контролирано без при това да се причинят щети;
- дали е вероятно претоварването на градската мрежа да доведе до наводнения от канализацията на сутерените на сградите.

Интегрираното управление на канализационната система включва именно отчитане на взаимодействията на канализационната система с градската среда като цяло. Затова е важно да бъдат определени възможните последствия при промяна на всеки един параметър, който влияе върху хидравличния капацитет на канализационната мрежа и да бъдат взети мерки за намаляване на евентуалните щети.

2. Нормативни изисквания за отточния коефициент

Отточният коефициент влияе пряко върху големината на дъждовното оразмерително водно количество, а чрез него и на действителния период на еднократно претоварване – P . В проектантската практика се използват отточни коефициенти за различните

видове повърхностни покрития, които са предписани в Наредба № РД-02-20-8 от 17 май 2013 г. за проектиране, изграждане и експлоатация на канализационни системи [1]. Съгласно табл. 1 се използва диференциране по отношение на осем вида повърхностни покрития със съответни граници на изменение на отточния коефициент ψ .

Таблица 1. Отточен коефициент съгласно Наредба № РД-02-20-8

№	Видове повърхностни покрития	Отточен коефициент ψ
1	Покриви – всички видове	0,90 – 0,95
2	Плътни покрития – асфалтови, бетонни, фугирани паважи, тротоари, заплочени дворове	0,85 – 0,90
3	Паважии с незапълнени фуги и грундиращи трошенокаменни настилки	0,50 – 0,70
4	Калдъръми	0,35 – 0,50
5	Трошенокаменни настилки	0,30 – 0,40
6	Незаплочени дворове, гарови, складови и спортни терени	0,15 – 0,30
7	Тревни площи, паркове, градини (включително пътеките в тях)	0,10 – 0,20
8	Обработваеми терени	0,1

В норматива БДС EN 752 [2] са дадени стойности на отточните коефициенти в случай на изчисляване на дъждовния отток от малки застроени територии (табл. 2).

Таблица 2. Отточен коефициент съгласно БДС EN 752

Вид на повърхностните покрития	Отточен коефициент	Забележки
Непропускливи повърхности и стръмни наклонени покриви*	0,9 до 1,0	в зависимост от задържаните води върху земната повърхност
Големи плоски покриви	0,5	над 10 000 m ²
Малки плоски покриви	1,0	по-малко от 100 m ²
Пропускливи повърхности	0,0 до 0,3	в зависимост от наклона на терена и покритието
* Непропускливите повърхности могат да бъдат увеличени с 30% при наличие на големи вертикални площи.		

В сравнение с Наредба № РД-02-20-8 този норматив редуцира диференцирането на типовете повърхности, като опростява изчисляването на средния отточен коефициент за определена водосборна област. От друга страна обаче се създава възможност за не до там точно определяне на този параметър.

При липса на достатъчно подробни данни за площите с различни повърхностни покрития могат да се ползват стойностите на отточните коефициенти, които се предпо-

рчват в немския стандарт ATV – A 118 [3]. Този стандарт дава още по-специфично диференциране в стойностите на параметъра ψ (табл. 3). В случая те се приемат в зависимост от процентното отношение на площта на повърхностите с непропускливи покрития спрямо общата площ на водосборната област, в зависимост от средния наклон на терена ($I_{\text{терен}}$) и в зависимост от стойностите на интензивността на оразмерителния дъжд при продължителност на дъжда 15 min (q_{15}).

Таблица 3. Отточен коефициент съгласно ATV – A 118

Площ на непропускливите покрития, %	Група 1 $I_{\text{терен}} < 1\%$				Група 2 $1\% \leq I_{\text{терен}} \leq 4\%$				Група 3 $4\% < I_{\text{терен}} \leq 10\%$				Група 4 $I_{\text{терен}} > 10\%$			
	Стойности на интензивността на дъжда q_{15} :															
	100	130	180	225	100	130	180	225	100	130	180	225	100	130	180	225
0 ^{*)}	0,00	0,00	0,10	0,31	0,10	0,15	0,30	0,46	0,15	0,20	0,45	0,60	0,20	0,30	0,55	0,75
10 ^{*)}	0,09	0,09	0,19	0,38	0,18	0,23	0,37	0,51	0,23	0,28	0,50	0,64	0,28	0,37	0,59	0,77
20	0,18	0,18	0,27	0,44	0,27	0,31	0,43	0,56	0,31	0,35	0,56	0,67	0,35	0,43	0,63	0,80
30	0,28	0,28	0,36	0,51	0,35	0,39	0,50	0,61	0,39	0,42	0,60	0,71	0,42	0,50	0,68	0,82
40	0,37	0,37	0,44	0,57	0,44	0,47	0,56	0,66	0,47	0,50	0,65	0,75	0,50	0,56	0,72	0,84
50	0,46	0,46	0,53	0,64	0,52	0,55	0,63	0,72	0,55	0,58	0,71	0,79	0,58	0,63	0,76	0,87
60	0,55	0,55	0,61	0,70	0,60	0,63	0,70	0,77	0,62	0,65	0,76	0,82	0,65	0,70	0,80	0,89
70	0,64	0,64	0,70	0,77	0,68	0,71	0,76	0,82	0,70	0,72	0,81	0,86	0,72	0,76	0,84	0,91
80	0,74	0,74	0,78	0,83	0,77	0,79	0,83	0,87	0,78	0,80	0,86	0,90	0,80	0,83	0,87	0,93
90	0,83	0,83	0,87	0,90	0,86	0,87	0,89	0,92	0,86	0,88	0,91	0,93	0,88	0,89	0,93	0,96
100	0,92	0,92	0,95	0,96	0,94	0,95	0,96	0,97	0,94	0,95	0,96	0,97	0,95	0,96	0,97	0,98

^{*)} При площи на непропускливи покрития до 10 % включително спрямо общата площ, обикновено се изисква по-специален анализ.

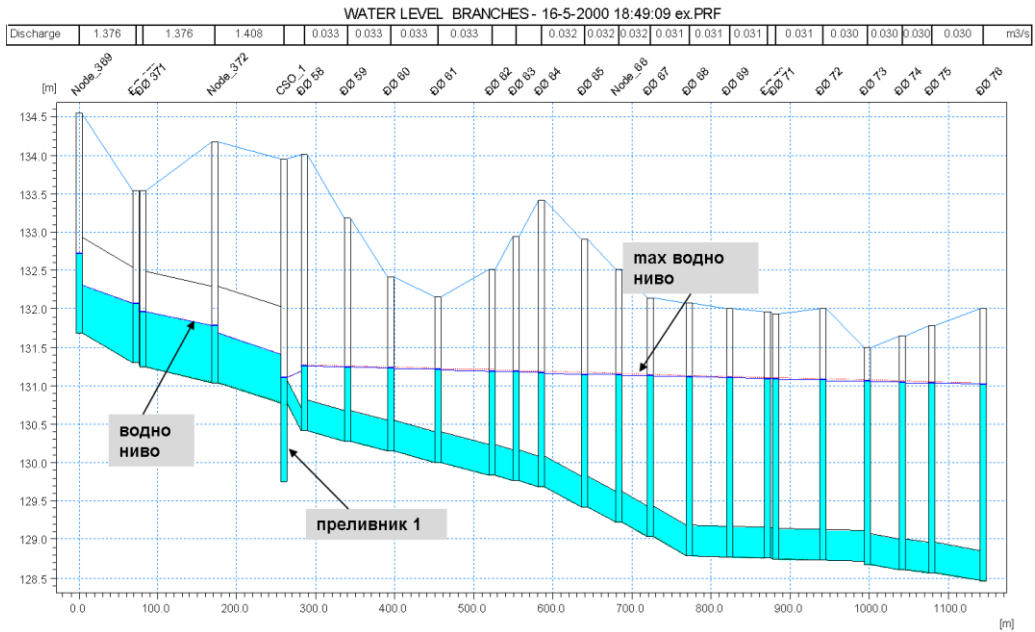
Независимо кой норматив се прилага при класическото хидравлично оразмеряване на канализационната мрежа, се приема предпоставката за една единствена стойност на отточния коефициент за определена водосборна област. По този начин липсва възможност за определяне на водни количества и пълнежни височини в тръбната система при промяната на ψ . Влиянието на изменението на този параметър може да бъде оценено точно, само ако се използва хидравлично моделиране на канализационните мрежи. Представената методика се основава на използването на хидравлични модели и оценка на влиянието на промяната в отточния коефициент върху действителния период на еднократно претоварване.

3. Методика за анализ на хидравличния капацитет на канализационните мрежи в условия на промяна на отточния коефициент

Първата стъпка се състои в изготвяне на хидравличен модел на градска канализационна мрежа. Колкото по-детайлен е моделът, толкова по-надеждни са получените резултати от него. За глобално планиране и управление на градската инфраструктура е възможно да се използва и стратегически модел, който да обхваща само главните канализационни колектори.

Следващата стъпка е провеждане на компютърни симулации с период на еднократно претоварване $P = 1, 2, 5, 10, 15, 20$ год. при първоначално определения среден отточен коефициент $\psi = 0,35$ за населеното място. Установени са водните нива и водните количества в ключови участъци по канализационните колектори.

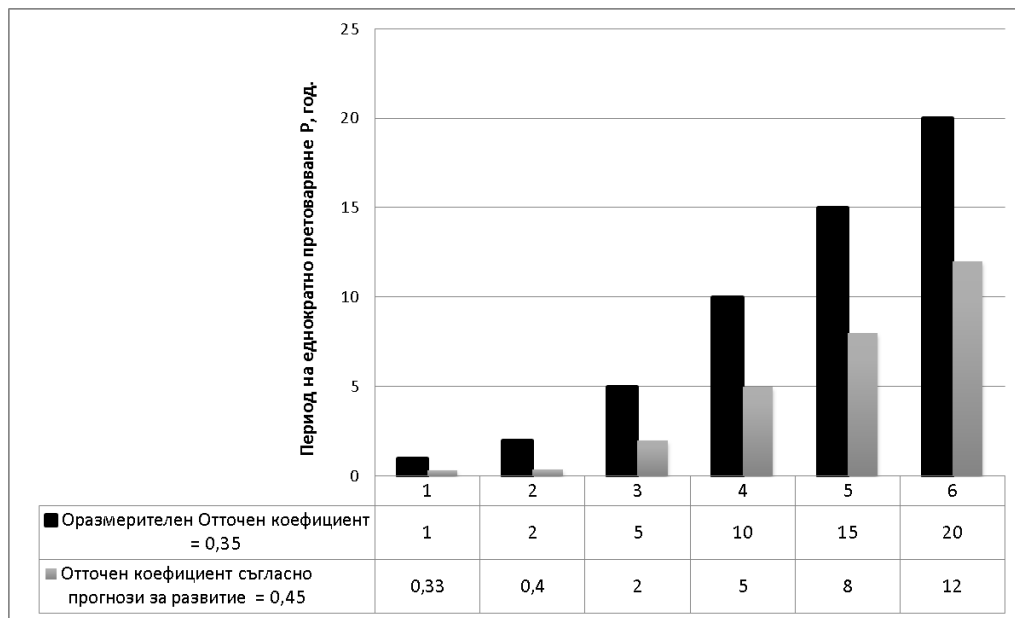
Въз основа на разработени предвиждания за увеличаване на застрояването в населеното място е достигнато до заключение, че отточният коефициент от $\psi = 0,35$ ще бъде увеличен на $\psi = 0,45$ за период от 10 години. Проведени са нови симулации и е извършено сравняване на водните нива и водните количества в същите участъци по канализационните колектори (фиг. 1) след промяна в отточния коефициент на $\psi = 0,45$. Оценено е и евентуалното наводнение на терена на разгледаната урбанизирана територия.



Фиг. 1. Максимални водни нива по Главен клон 1

След това е извършен сравнителен анализ на изменението на периода на еднократно претоварване след заложеното увеличение на отточния коефициент. Оказва се, че хидравличният капацитет на канализационните мрежи е много чувствителен при промяната на коефициента. След неговата промяна за анализирания канализационна мрежа се установи значително намаляване на периода на еднократно претоварване, а именно:

- степента на хидравлично претоварване на канализационната мрежа за отточен коефициент $\psi = 0,35$ и период на еднократно претоварване $P = 1$ години съответства на отточен коефициент $\psi = 0,45$ и период на еднократно претоварване $P = 0,33$ години (фиг. 2);
- степента на хидравлично претоварване на канализационната мрежа за отточен коефициент $\psi = 0,35$ и период на еднократно претоварване $P = 2$ години съответства на отточен коефициент $\psi = 0,45$ и период на еднократно претоварване $P = 0,4$ години;
- аналогичното се отнася и за степента на претоварване на канализационната мрежа и наводнението на терена за отточен коефициент $\psi = 0,35$ и период на еднократно претоварване $P = 5, 10, 15$ и 20 години, които съответстват на отточен коефициент $\psi = 0,45$ и период на еднократно претоварване $P = 2, 5, 8$ и 12 години (фиг. 2).



Фиг. 2. Промяна на периода на еднократно претоварване в зависимост от промяна в отточния коефициент

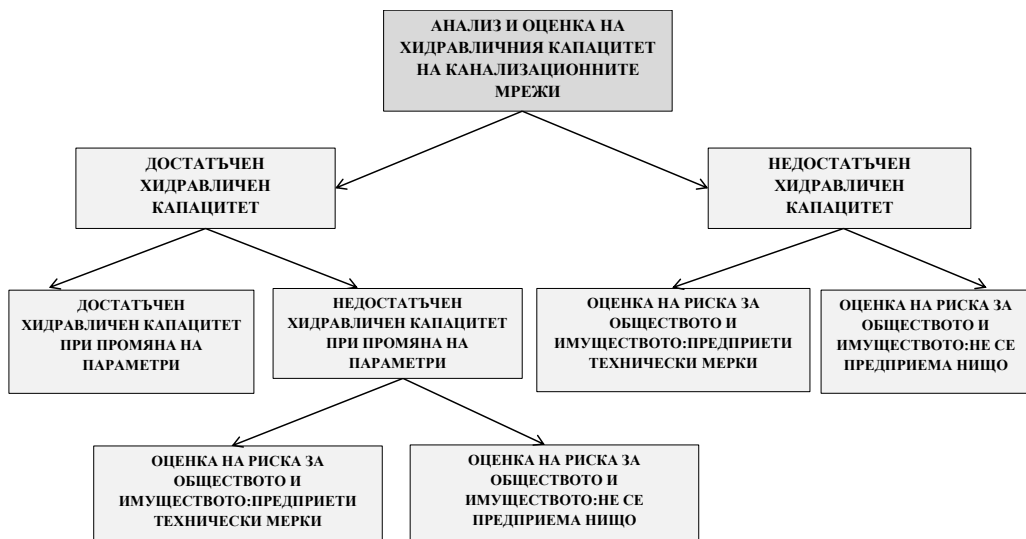
Получените данни могат да бъдат комбинирани и анализирани съвместно с резултатите от хидравлични симулации с променени други характерни за канализацията параметри, като:

- промяна във време за повърхностна концентрация;
- увеличена валежна интензивност вследствие на климатични промени;
- промяна в грапавината на тръбите по време на експлоатационния живот на мрежата и др.

4. Процедура за анализ и оценка на хидравличния капацитет на канализационни мрежи

Разработена е процедура за анализ и оценка на хидравличния капацитет на канализационни мрежи, която включва т.нар. „Дърво на решенията“ (фиг. 3). Този метод на оценка е възприет поради своите предимства по отношение на опростеното описание на възможните състояния на системата и възможните решения, които се вземат.

Като следваща стъпка за онагледяване на разпределението на риска в урбанизираната територия е изготвянето на карти на риска от хидравлично претоварване и наводнение след настъпилата промяна в отточния коефициент [4]. След това е възможно да бъдат предприети възможно най-подходящите мерки в зависимост от наличните технически средства.



Фиг. 3. Система за анализ и оценка на хидравличния капацитет на канализационните мрежи

Крайният етап от процедурата се състои в разработването на единен подход или т.нар. система за управление на риска и последствията от хидравличното претоварване и наводнение. Системата минимализира риска и подпомага вземането на решения по отношение на управлението на цялостната градска инфраструктура.

5. Заключение

Промяната в отточния коефициент вследствие на урбанизацията на населените места оказва значително влияние върху хидравличната проводимост на канализационните мрежи. При проектиране на канализационни мрежи съгласно изискванията в EN752:2017 е необходимо да се оцени степента на въздействие на потенциалното претоварване на канализационната мрежа и евентуалното наводнение на терена. С цел да се онагледят възникващият риск за урбанизираната територия, е удачно да се използват карти с пространствено разпределение на риска. След като се извърши анализ и оценка на хидравличната проводимост на канализационните мрежи, може да бъде използвана единна система за минимализиране на риска и управление на цялостната градска инфраструктура.

ЛИТЕРАТУРА

1. Наредба № РД-02-20-8 от 2013 г. за проектиране, изграждане и експлоатация на канализационни системи. ДВ, бр. 49 от 2013 г., изм. и доп., бр. 82 от 2014 г. и бр. 99 от 2018 г.
2. БДС EN 752 Отводнителни и канализационни системи извън сгради: Управление на канализационната система. Юли 2018, Български институт за стандартизация.
3. Standard ATV-A118E Hydraulic Dimensioning and Verification of Drain and Sewer Systems. March 2006, ISBN 978-3-940173-51-5.

4. *Игнева-Данова, Т.* Оценка и управление на риска от хидравлично претоварване на съществуващи и новопроектирани канализационни мрежи. Булаква, брой 3, 2011.

HYDRAULIC CAPACITY ASSESSMENT OF URBAN DRAINAGE NETWORKS IN TERMS OF CHANGED RUNOFF COEFFICIENT

T. Igneva-Danova¹

Keywords: runoff coefficient, urban drainage networks, hydraulic capacity, urbanization

ABSTRACT

Rapid urbanization in settlements leads to increase in value of one very specific parameter for urban drainage networks – runoff coefficient. The hydraulic capacity of these networks is very sensitive when the runoff coefficient changes. Urban drainage networks design is based on the assumption of single value of runoff coefficient for a certain subcatchment area. This leads to impossibility to predict the behavior of waste water flows in the pipe system. The influence of change of this parameter can be assessed accurately only by using hydraulic modeling of urban drainage networks. The present paper demonstrates the application of detailed hydraulic models considering multiple values for runoff coefficient. As a result, an assessment procedure has been proposed for urban drainage networks in terms of changed runoff coefficient.

¹ Tanya Igneva-Danova, Senior Assist. Prof. Dr. Eng., Dept. “Water Supply, Sewerage, Water and Wastewater Treatment”, UACEG, 1 H. Smiranski Blvd., Sofia 1046, e-mail: igneva@mail.bg