

Получена: 03.11.2017 г.

Приета: 17.11.2017 г.

ИЗСЛЕДВАНЕ ЗА ПРИЛОЖИМОСТ НА НАПОРНИ КАНАЛИЗАЦИОННИ СИСТЕМИ

Б. Николов¹

Ключови думи: канализация, напорна канализационна система

РЕЗЮМЕ

В изследването се разглежда възможността за автоматизирано подпомагане на процеса на установяване на приложимост на напорни канализационни системи в урбанизираните райони. Напорните канализационни системи представляват системи за принудително транспортиране на отпадъчни води и предоставят алтернативно техническо решение за отводняване при специфични случаи. Цел на изследването е разработване и приложение на инженерна методика за анализ на топологична структура на системата. Разработен е програмен апарат за моделиране на структура на канализационна система върху дефинирана географска подложка, извличане на данни за теренни условия, анализ и представяне на резултати. За демонстриране на концепцията е представен пример за определен район на гр. София.

1. Въведение

Напорните канализационни системи (НКС) се състоят от помпени станции, свързани към напорна канализационна мрежа. Битовите отпадъчни води от един или група от обекти се събират и транспортират до прилежащата помпена станция посредством конвенционална гравитационна канализационна мрежа. Помпите към станциите периодично изпомпват акумулирания обем през напорната мрежа. Елементите, изискванията и принципите за оразмеряване на НКС са описани в [1]. Законово приложение на системите при отводняване на урбанизираните територии в Р България е поставено с обнародване на

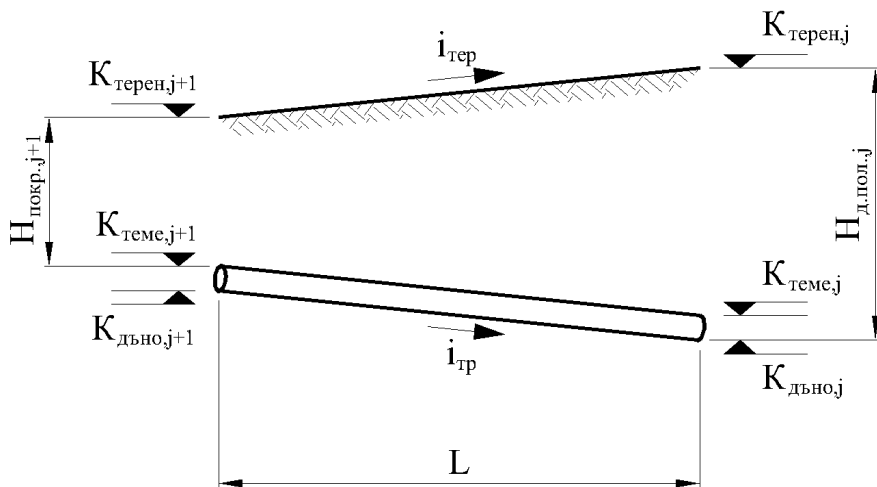
¹ Борис Николов, ас. д-р инж., кат. „Технология и мениджмънт на строителството”, ВСУ – София, ул. „Суходолска” № 175, 1373 София, e-mail: bnikolov@wss-bg.net

Наредба № РД-02-20-8 от 2013 г. [3]. В Чл. 70, ал. 2 са изброени случаи на възможно приложение на напорни системи, без да се дават конкретни критерии за оценка или методология за работа. Поради тази причина и с цел създаване на принос към практиката на проектиране на канализационни системи настоящото изследване е включено като задача към дисертационен труд „Изследване на технологични и методични решения при изграждане на напорни канализационни системи“, разработен в периода 2011 – 2016 г. [4].

2. Критерий за оценка на приложимост на НКС

За фаза на предварителни проучвания разработеният критерий за оценка се базира на сравнение на средния наклон на терена за всеки участък с дефинирани гранични нива. В следващото изложение „низходящ наклон“ на терена означава низходящ наклон по посока към точката на заустване, „възходящ наклон“ е обратният случай, при който за гравитационна канализация се получава увеличаване на изкопните работи. Низходящ терен се записва с положителен наклон, възходящ с отрицателен. Нивата са както следва:

- Ниво 0: низходящ наклон 0,4 – 4,9%, гравитационна канализация;
- Ниво 1: низходящ терен 5,0 – 10%, гравитационна канализация;
- Ниво 2: низходящ терен > 10%, гравитационна канализация;
- Ниво 3: равнинен наклон, гравитационна канализация;
- Ниво 4: възходящ наклон, гравитационна канализация;
- Ниво 5: низходящ наклон, неблагоприятни условия в следващи участъци, напорна или гравитационна канализация;
- Ниво 6: възходящ наклон, напорна канализация;
- Ниво 7: възходящ наклон, неблагоприятни условия в следващи участъци, напорна канализация.



Фиг. 1. Теоретична постановка на Ниво 4

Ниво 0 отговаря на благоприятни теренни условия за полагане на гравитационна канализация, т.е. тръбопроводът следва терена като наклони и няма да има значителни задълбавания. При нива 1 и 2 също е възможно изграждане на гравитационна канализация, но с шахти с пад. Ниво 3 показва равнинен терен под 0,4%, т.е. с гравитационна канализация ще се получи „задълбаване“. Ниво 4 дефинира случай на възможно приложение на гравитационна канализация при възходящ терен при следната постановка (фиг. 1):

- даден е участък между върхове j и $j+1$ с дължина $L_{j,j+1}$. Връх j е точката на заустване за участъка;
- дадени са коти терен за върхове j и $j+1$, съответно $K_{\text{терен},j}$ и $K_{\text{терен},j+1}$;
- дефинирани са стойности на гранични условия за максимална дълбочина на полагане и минимално покритие на канализационен клон. За целите на разглежданото практическо изследване са приети стойности съответно 4,0 m и 2,0 m на база изискванията на „НАРЕДБА № 8 от 1999 г. за правила и норми за разполагане на технически проводи и съоръжения в населени места“;
- дефинирани са еталонен диаметър на гравитационен клон D и минимален наклон на полагане $i_{\text{тр}}$.

Извършва се обхождане на участъците на канализационния клон, започвайки от заустването и вървейки към началната точка на участъка. За точка $j+1$ кота teme трябва:

$$K_{\text{теме},j+1} = K_{\text{терен},j} - H_{\text{д.пол},j} + D + L_{j,j+1} \cdot i_{\text{тр}}, \text{ м}, \quad (1)$$

където $K_{\text{терен},j}$ и $K_{\text{терен},j+1}$ са коти терен;

$H_{\text{д.пол},j}$ – дълбочината на полагане при j . За първия разглеждан участък

$$H_{\text{д.пол},j} = H_{\text{д.пол},\text{max}};$$

D – диаметърът на тръбопровода в m;

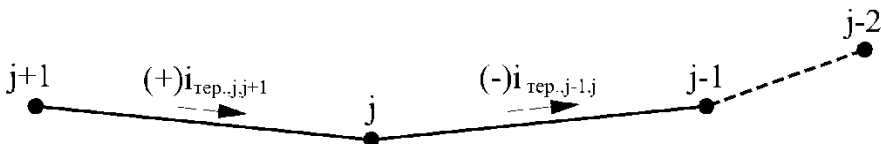
$L_{j,j+1}$ – дължината на участъка в m;

$i_{\text{тр}}$ – наклон на полагане в m/m.

Покритието при $j+1$ е:

$$H_{\text{покр.},j+1} = K_{\text{терен},j+1} - K_{\text{теме},j+1}, \text{ м}. \quad (2)$$

Ако е изпълнено условието $H_{\text{покр.},j+1} \geq H_{\text{покр.},\text{min}}$ е възможно приложение на гравитационен канал и участъкът се маркира с Ниво 4, в противен случай се маркира Ниво 6. С Ниво 7 се маркират участъци с възходящ наклон след като вече има маркиран един участък с Ниво 6.



Фиг. 2. Теоретична постановка на Ниво 6

Ако при обхождането към началото на клона при вече маркирано ниво за напорна канализация се срещне участък с низходящ наклон ($j, j+1$ на фиг. 2), то са възможни два подхода: изграждане на гравитационен колектор, който да се заусти помпена станция на следващата напорна канализация; продължаване с напорна канализация.

За инженерно-практическо приложение на критерия за оценка е разработена и приложена в програмен модел следната методика:

- съставяне на матрица на съседство (от топологична структура);
- проверка за цикличност;
- идентифициране на точка на заустване;
- идентифициране на начални върхове;
- съставяне на матрица на теглата;
- прилагане на алгоритъм на Дейкстра за намиране на екстремални (минимум) пътища от точка на заустване до всеки от началните върхове [2];
- проверка за наличие на върхове, маркирани в ролеви модел и модел на състояние като съществуващи или проектирани фиксирани ревизионни шахти;
- редуциране на пътищата до най-близка вътрешна точка на заустване;
- изчисляване на дължини и средни наклони на терен за участъци;
- итерация през всички пътища; итерация през всички участъци на даден път; оценка по критерия за приложимост и назначаване на препоръчано ниво;
- съставяне на списък с обобщени препоръки (най-неблагоприятен случай).

3. Програмен модел и апарат

Програмният апарат е разработен на език C# в среда Visual Studio Community 2015. Като парадигма е избран обектно-ориентиран стил на програмиране. Във версия 0.57 (17.09.2016) съдържа 23467 линии код и е организиран в следните функционални групи: съхранение на данни (WSS.Equipment); географска информационна система (WSS.GeoMapping); хидравличен модул (WSS.Hydraulics); модел на канализационна система (WSS.Project); анализ на топологични структури (WSS.Analysis); потребителски графичен интерфейс (WSS.GUI); интерфейсна връзка към AutoCad (WSS.ACAD); помощен модул (WSS.Utility).

4. Провеждане на практически експеримент

4.1. Предмет на изследване

На 11.02.2016 г. беше проведена среща с кмета на район „Витоша“ инж. Теодор Петков и Венцислав Цветков, ст. експерт, Мария Събкова, гл. експерт – канализация, водопровод. На срещата беше изложена идеята за разработване на предварително идейно решение на варианти на канализационни системи с оглед проучване на възможни области на приложение на НКС за реални обекти. За реализиране на целта беше получено съгласие от кмета и изпълнен ангажимент за предоставяне на данни от кадастъра на общината. Провеждането на експеримента е за район в границите на кв. Симеоново.

4.2. Подготовка

Данните за експерименталния проект се съхраняват в два файла – графичен dwg файл за AutoCad и проектен файл от WSS.Project, записан в xml формат. В среда на AutoCad със зареден модул AcadDetachedInterface е дефиниран нов проект с географски координати {42.633, 26.317} – {42.604, 26.358}. Географската подложка е осигурена от OpenStreetMap с детайлно ниво 19 (фиг. 3).

Програмно е създаден набор от структурни слоеве за върхове и връзки на топологията. Подложката и структурните слоеве се записват в графичния файл. Също така е добавен запис в Named Object Dictionary за идентифициране на принадлежност към дадения проект. Създадената за проекта инстанция на WSS.Project.Document (проектен документ) е записана в проектния файл.



Фиг. 3. Географска подложка за кв. Симеоново

4.3. Съставяне на топология

Топологията на канализационната система се въвежда в подготвения графичен файл посредством стандартни средства за изчертаване на линейни и точкови обекти. Те трябва да са разположени в съответните структурни слоеве за върхове и ребра на топологията. Посредством реализирания алгоритъм за синхронизиране изчертаната структура се пренася в проектния файл като топологична структура от върхове с географски координати и ребра. Към програмния апарат съществуват функционалности за откриване на нови елементи, премахване на изтрети и проверка за състоянието на съществуващите. Следващата стъпка включва извличане на данни за надморска височина на новите върхове посредством доставчик на съдържание Google ElevationAPI, те се съхраняват в структура на проектния файл. Разработената структура се състои от 181 върха и 180 ребра.

4.4. Ролеви модел и модел на състояние

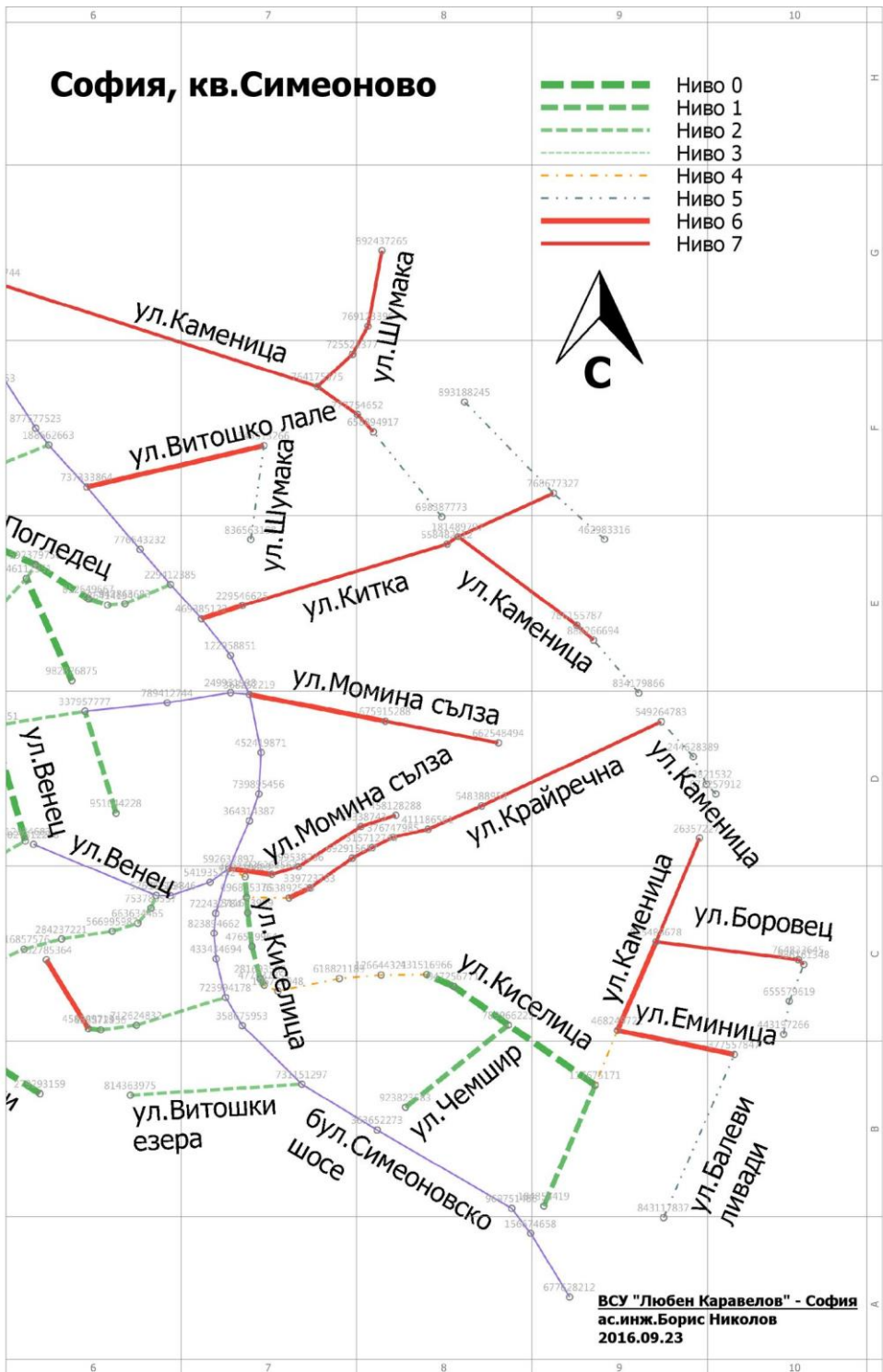
Дефинирането на ролеви модел дава възможност да се фиксира предназначението на елементите на топологията. Моделът на състояние е свързан с даден ролеви модел и дава възможност за дефиниране на елементи като съществуващи, съществуващи непроменливи, планирани, планирани непроменливи, условни. Ролеви модел се задава посредством изчертаване на нови графични елементи в набор от генерирани слоеве в графичния файл, състоянието се задава посредством цветово кодиране.

5. Резултат

За разглежданата топологична структура на кв. Симеоново резултат от обработката с критерий за приложимост на НКС от т. 2 е представен на фиг. 4. Анализът на резултатите показва, че районът от западната страна на бул. „Симеоновско шосе“ може да се отводни с конвенционална гравитационна канализация. Участък от връх 233921526 до 741164452 по ул. „Витошки езера“ е отчетен от алгоритъма като напорна канализация, но с корекция на топологията и обръщане на оттока в противоположна посока към т. 216659435 може да се реализира също гравитационно отводняване. Предложение за напорна канализация е регистрирано по улици от източната част на бул. „Симеоновско шосе“. Клоновете са номерирани от 1 до 13 и са дадени в табл. 1.

Таблица 1. Клонове с НКС

Клон	Обхватни улици	Начална точка	Заустване	Дължина, m	Абсолютна денивелация, m	Обща възходяща денивелация, m
1	Шумака	892437265	764175375	113	10,0	10,0
2	Каменица	698387773	459278459	348	10,9	11,1
3	Шумака-Витошко лале	836563198	737333864	177	7,3	11,9
4	-	893188245	768677327	86	-0,3	0,0
5	-	462983316	181489797	109	7,0	7,2
6	Каменица-Китка	834179866	469385122	316	16,4	16,7
7	Момина сълза	662548494	368252219	145	8,0	8,0
8	Момина сълза	458128288	592632897	109	10,1	10,1
9	Каменица-Крайречна	872257912	696815376	339	26,5	29,3
10	Каменица	263572273	865488678	83	11,9	11,9
11	Боровец-Каменица	443197266	117675171	574	8,9	22,3
12	Балеви л.-Еминица	843117837	468249722	200	-6,6	4,5
13	-	752785364	458999713	58	2,9	2,9



Фиг. 4 – продължение

6. Заключение

Приложеното решение дава възможност за автоматизиране на процеса за оценка на приложимост на системите. В конкретния случай е обработена информация за 45 участъка със 149 сегмента върху район с площ 123 ha.

Реализираното инженерно решение дава резултат, като първо приближение на база формираната научна методика за оценка на техническа приложимост на база анализ на топологична структура на системата. Съставянето на самата структура на конкретна канализационна система предоставя възможност за включване на допълнителни стъпки за оценка.

Конкретното програмно решение за съставяне на топология предполага взимане на експертни решения от работещия за формиране на разклонена структура между върховете (точките на канализационната мрежа), която трябва да е достоверна и практически приложима. Потенциал за развитие на модела представлява разработването на алгоритмични решения за работа с циклични (сключени) структури.

ЛИТЕРАТУРА

1. Арсов, Р., Д. Драганов, Т. Изнева-Данова, Б. Борисов. Ръководство за проектиране на канализационни мрежи и съоръжения. С., Техника, 2015.
2. Наков, П., П. Добринков. Програмиране++Алгоритми;. С., TopTeam Co., 2002.
3. Наредба № РД-02-20-8 от 17 май 2013 г. за проектиране, изграждане и експлоатация на канализационни системи. С., МРРБ, 2013.
4. Николов, Б. Изследване на технологични и методични решения при изграждане на напорни канализационни системи. Дисертация. Защитена на 21.06.2017 г., ВСУ „Л. Каравелов“ – София.

EVALUATION OF PRESSURE SEWER SYSTEM APPLICABILITY USING TOPOLOGY ANALYSIS

B. Nikolov¹

Keywords: *sewer system, pressure sewer system*

ABSTRACT

Pressure sewer systems have specific fields of application within municipal areas. This study is a part of a PhD thesis and aims at developing a semi-automated method for applicability evaluation. The developed first step of the project is based on a geographical topology analysis for acyclic structures. A case study is performed for a specific location.

¹ Boris Nikolov, Assist. Prof. Dr. Eng., Dept. “Technology and Construction Management”, VSU “Lyuben Karavelov”, 175 Suhodolska St., Sofia 1373, e-mail: bnikolov@wss-bg.net