

„Висше строително училище „Любен Каравелов“ - София
Строителен факултет
Катедра „Технология и мениджмънт на строителството“

инж. Борис Тодоров Николов

**Изследване на технологични и методични решения при
изграждане на напорни канализационни системи**

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т Н А Д И С Е Р Т А Ц И Я
за присъждане на образователна и научна степен „доктор“

Област:	5 Технически науки
Направление:	5.7 Архитектура, строителство и геодезия
Научна специалност:	Технология и механизация на строителното производство
Научни ръководители:	проф. д-р инж. Христо Бояджиев, проф. д-р инж. Теню Пейчев

София
2017

Авторът е докторант към катедра „Технология и мениджмънт на строителството“ при „Строителен факултет“ на ВСУ „Любен Каравелов“ - София.

Дисертационният труд е обсъден и насрочен за защита от разширен катедрен съвет на катедра „Технология и мениджмънт на строителството“, състоял се на 14.03.2017.

Във връзка с работата по дисертационния труд са осъществени работни посещения в гр.Щайнхаген и гр.Лаге, Германия по покана на фирма Jung Pumpen със съдействието на Maribu GmbH, 2011; конгрес Wasser Berlin International 2015 и Schaustelle Wasser 2015, Германия.

Изказвам моята признателност на научните ми ръководители проф. д-р инж. Христо Бояджиев и проф. д-р инж. Теню Пейчев за ценните професионални насоки, споделените знания и помощта в разработването на настоящата дисертация. Благодаря на колегите си настоящи и пенсионирани от катедра „Технология и мениджмънт на строителството“, колеги от СФ, Деканското и Ректорското ръководство при ВСУ „Любен Каравелов“ за съветите, мненията и моралната подкрепа по време на разработването на дисертацията. Благодаря на всички, които вярваха в моя потенциал.

На родителите ми

Дисертационният труд съдържа 233 страници, включва 145 формули, 108 фигури и 72 таблици. Цитирани са 125 литературни източника, от които 43 на кирилица и 82 на латиница. Във втори том са публикувани Приложения 1 и 2, които са неразделна част от настоящата разработка.

Защитата на дисертационният труд ще се състои на 21.06.2017 г. от ч. в Заседателната зала на ВСУ „Л. Каравелов“ - София.

Материалите по защитата са на разположение на интересуващите се в деловодството на ВСУ „Л. Каравелов“ - София, Ректорат на ВСУ, етаж 3, стая № 33.

Научно жури:

1. проф. д-р инж. Христо Владимиров Бояджиев
2. доц. д-р инж. Венцислав Кирилов Стоянов
3. доц. д-р инж. Жани Димова Нейкова
4. доц. д-р инж. Лъчезар Спасов Хрисчев
5. доц. д-р инж. Любка Заркова Петрова

Резервни членове:

1. доц. д-р инж. Божидар Георгиев Велев
2. доц. д-р инж. Георги Агати Тепеделенов

Автор: инж. Борис Тодоров Николов

Заглавие: Изследване на технологични и методични решения при изграждане на напорни канализационни системи

Тираж: 20 бр.



Висше строително училище „Любен Каравелов“ - София

гр. София 1373, ул. "Суходолска" N 175, тел.: 02 8029 100, 02 8029 191, vsu@vsu.bg

Съдържание

Обща характеристика на дисертацията

v

ГЛАВА 1. Анализ на състоянието на системите за транспортиране на отпадъчна вода. Задачи на изследването

1.1. Класификация на видовете системи за транспортиране на отпадъчна вода	1
1.2. Напорни канализационни системи	1
1.3. Сравнение на видовете канализационни системи	4
1.4. Анализ на състоянието на канализационната практика в Р.България	5

ГЛАВА 2. Теоретична постановка за изследване на структура и характеристики на НКС

2.1. Характеристики на системата	6
2.2. Оразмерителни водни количества	6
2.3. Методология за изработване на идейно решение на напорна канализационна мрежа	6
2.4. Работа на система помпи-напорни тръбопроводи	7
Изводи	10

ГЛАВА 3. Технология на изпълнение на елементи на НКС по открит способ

3.2. Спомагателни процеси	11
3.2. Основни процеси	11
3.3. Систематизация на модели на водещи машини за изпълнение на изкопи по открит способ	14

ГЛАВА 4. Технология на изпълнение с безтраншейни и полуоткрити методи за полагане на тръбопроводи

4.1. Теоретична постановка (HDD)	17
4.2. Машини и оборудване за хоризонтални сондажи	19
4.3. Течности за сондиране	20
4.4. Методи за установяване на местоположението и ориентацията на сондажната глава	21
Изводи	22

ГЛАВА 5. Анализ на технологични методи за изпълнение на НКС

5.1. Методика за определяне на себестойността на единица продукция	23
5.2. Аналитично изследване на разходите за механизация за водещи машини при изпълнение на изкопи по открит способ	24
5.3. Факторен анализ за подбор на оптимално технологично решение за изпълнение по открит способ на траншеи за магистрални клонове на НКС	25
5.4. Аналитично изследване на разходи за труд при изпълнение с управляемо хоризонтално сондиране	26
5.5. Аналитично изследване на разходи за механизация при изпълнение с управляемо хоризонтално сондиране	26
5.6. Съставяне на разходни норми и единични калкулативни цени за изпълнение с безтраншееен метод с управляемо хоризонтално сондиране	27
5.7. Подбор на оптимални технологически решения	29
Изводи	32

ГЛАВА 6. Експериментално изследване на структура и характеристики на НКС

6.1. Цел и задачи	34
6.2. Програмен модел и апарат	34
6.3. Провеждане на практически експеримент	34
Обобщени изводи	
.	41
Претенции за научно-приложни приноси	
.	42
Насоки за бъдеща работа	
Публикации по темата на дисертационния труд	
.	44

Списък на съкращенията

ГИС – географска информационна система
ГПСОВ – градска пречиствателна станция за отпадъчни води
ГСМ – горивно смазочни материали
НКМ – напорна канализационна мрежа
НКС – напорна канализационна система
НСИ – Национален Статистически Институт
НЦКС - Наръчник по ценообразуването в капиталното строителство
ПС – помпена станция
ПСОВ – пречиствателна станция за отпадъчни води
ООП – обектно ориентирано програмиране
СКО – сградно канализационно отклонение
СУРБД – система за управление на релационни бази данни
ЧР – черпателен резервоар
API – application programming interface
CSV – comma separated values file
EPA – Environmental Protection Agency
GUI – Graphical User Interface
HDD – Horizontal Directional Drilling
IWA – International Water Association
KS&AH – Komatsu Specifications & Application Handbook
SCADA – supervisory control and data acquisition
SDG – small-diameter gravity
SQL – structured query language
STEG – septic tank effluent gravity
STEP – septic tank effluent pumped
WEF – Water Environment Federation
WLAN – wireless local area network
XML – extensible markup language

Обща характеристика на дисертацията

Проблемът за управлението на отпадъчните води представлява сериозно екологично предизвикателство на съвремението. За решаването на това предизвикателство се влагат сериозни финансови ресурси. На преден план изниква необходимостта от решаване на редица научни, методически, технически и технологични проблеми за да се постигне ефективно използване на отдадения финансов ресурс и практическо решение на това екологично предизвикателство. В условията на съвременният свят опазването, рационалното използване и управление на водните ресурси придобива все по-голямо значение.

В класическите канализационни системи режимът на движение на водите е гравитационен, безнапорен без да са приложени външни сили. Тези системи имат дървовидна структура започваща от сградните канализационни отклонения, от дъждоприемните шахти, от второстепенните клонове, вливащи се в главните канализационни колектори и външният колектор водещ към ПСОВ. Опасността от запушване изисква поставянето на голям брой ревизионни шахти.

Комплексното отвеждане на битовите отпадъчни и атмосферни води е масова практика в градовете, понеже голяма част от обществените територии са заети от улици, тротоари, площи, покриви, които са с постоянна водоплътна настилка и дъждовните води и водите от снеготопенето не могат да бъдат отведени по друг начин освен с канализационна система.

Анализът на състоянието на водоснабдителната и канализационна инфраструктура в Р. България показва, че към 2010 г. 48% от населението е свързано към канализация и ПСОВ. Налице е диспропорция в темповете на развитие на водоснабдителните и канализационните мрежи от една страна и диспропорция в процентното разпределение на мрежата в гъсто и слабо населени урбанизирани територии. Причини за това могат да бъдат потърсени в по-късното в историческо отношение осъзнаване на необходимостта от отвеждане и пречистване на отпадъчните води, но и в значителните инвестиции необходими за изграждането на традиционната канализационна инфраструктура.

Под термина слабо населени урбанизирани територии се разбират селата, крайградските зони заети предимно с индивидуални сгради с просторни парцели, вилните зони, крайбрежните почивни зони край морето, езера, язовири, индивидуални застроявания в стръмни и каменисти зони.

В тези зони дебитът на отпадъчните води е относително малък и непостоянен. Големите затревени площи естествено поемат голяма част от атмосферните води, в това число за изкуствено задържане и последващо напояване на територията.

В последно време след стагнацията от 90-те години на миналия век станахме свидетели на „раздвижване“ при строителството и реконструкцията на инфраструктурни обекти и в частност на канализационни мрежи и ПСОВ. Това може да бъде окачествено като положителна тенденция, но същевременно в условията на световна икономическа криза трябва да бъде поставен и въпросът за ефективното използване на финансовите ресурси. В контекста на канализационната практика оптимизиране може да бъде потърсено посредством приложение на нови технологични решения за транспортиране на отпадъчните води. Литературният анализ на развитието в канализационната практика на чужди страни, на

материалите и технологиите позволяват да се направи изводът, че в слабо урбанизирани територии се прилага следната практика: управлението на битовите отпадъчни води и атмосферните води е разделено в две системи; за транспортирането на битовите отпадъчни води се използват методи за принудителното им транспортиране до ПСОВ.

Направеният в Глава 1 литературен обзор и класификация на видовете канализационни системи, проведеният анализ на тяхната същност и ефективност на изграждане и функциониране показва, че сравнително широко разпространение в слабо урбанизирани територии са получили напорните канализационни системи.

Цел на разработката е усъвършенстване отвеждането на отпадни води посредством напорна канализационна система и на технологиите за тяхното изпълнение.

За постигане на поставената цел се поставят следните задачи:

1. Разработка на методика за изследване на НКС.
2. Адаптиране на технологии за изпълнение на НКС за приложение в страната ни.
3. Сравнение на технологични методи за изпълнение на канализационни участъци за НКС.
4. Оценяване за приложимост на НКС.

Обект на изследването са напорни канализационните системи за слабо населени урбанизирани територии.

Предмет на изследването са методичните проблеми по определяне структурата, характеристиките, технологиите на изграждането на напорните канализационни системи и обосновка приложението им в слабо населени урбанизирани територии.

Хипотеза на научното изследване: във връзка с необходимостта от опазване, рационално използване и управление на водните ресурси канализационните системи се явяват неразделен елемент от техническата инфраструктура на съвременните урбанизирани територии. В условията на световна икономическа криза с оглед рационалното използване на финансовите ресурси отвеждането на отпадъчни води от определени типове райони, при които конвенционалните гравитационни системи се явяват икономически неизгодни, може да бъде реализирано с канализационни системи с принудително транспортиране работещи на напорен принцип.

Теоретична и методологична основа на изследването са фундаменталните научни работи на учени и експерти в областта на канализационната практика, численият анализ, технологията на строителство, сравнителния технико-икономически анализ. Методологията на изследването включва използването на числен подход за моделиране работата на напорната канализационна система, формализация на технологични методи за изпълнение, технико-икономическо сравнение на технологични методи, моделиране на топологична структура на НКС.

Изследването е проведено в научна област „Технически науки“, научно направление 5.7. Архитектура, строителство и геодезия“, научна специалност „Технология и механизация на строителното производство“ и „Водоснабдяване и канализация“.

Получените резултати са публикувани в осем доклада на международни научни конференции у нас.

ГЛАВА 1. Анализ на състоянието на системите за транспортиране на отпадъчна вода. Задачи на изследването

В главата е извършена класификация и анализ на системите за транспортиране на отпадъчна вода. Разгледани са гравитационни, напорни, вакуумни и системи за първично пречистена вода от септични ями. Извършен е обзор на изследвания по приложение на принудителните канализационни системи, проучване на нормативната база в Р.България, анализ на състоянието на канализационната практика в Р.България.

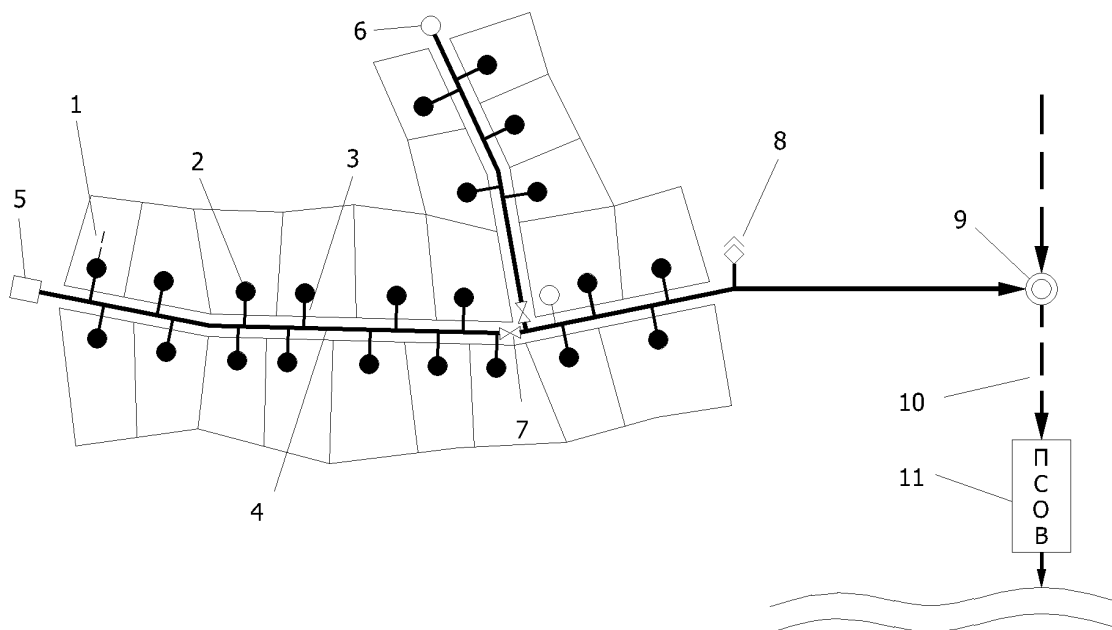
1.1. Класификация на видовете системи за транспортиране на отпадъчна вода

Класификацията на канализационните системи е извършена по няколко признака:

- според режима на движение на водата (транспортиращата сила);
- според вида на отвежданата вода;
- според вида на принудителната транспортираща сила;
- според състоянието на отпадъчната вода;
- според степента на функционална и териториална обхватност на системата.

1.2. Напорни канализационни системи

Напорните канализационни системи (НКС) са с принудително движение, за сурова битова отпадъчна вода. Те се състоят от помпени станции свързани към напорна канализационна мрежа (Фиг.1.1). Битовите отпадъчни води от един, два или група от обекти се събират и транспортират до прилежащата помпена станция посредством конвенционална гравитационна канализационна мрежа.

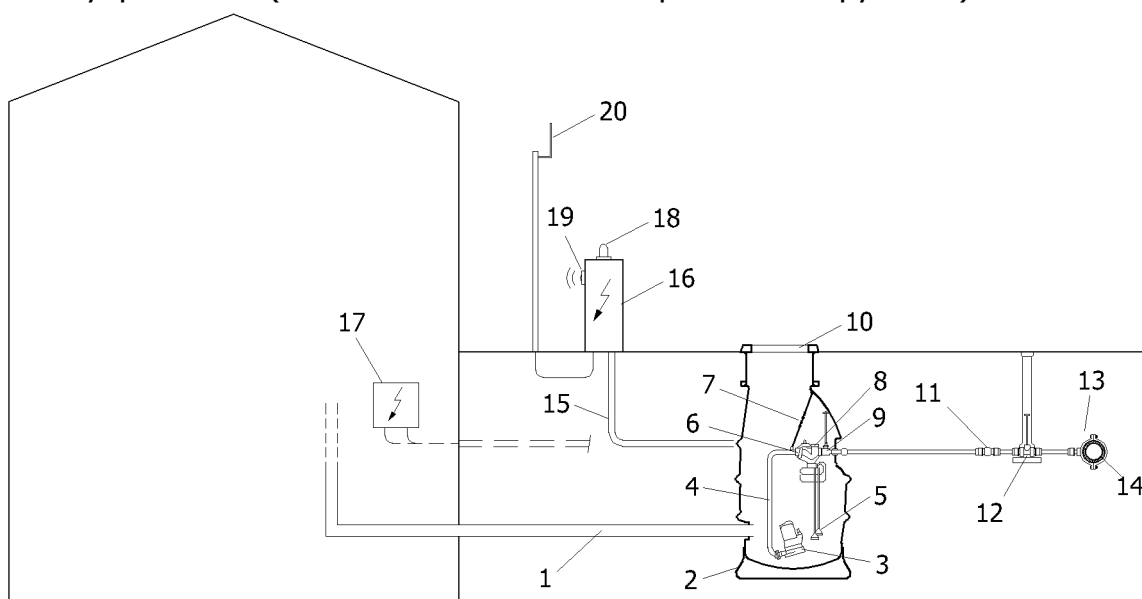


Фиг. 1.1. Схема на напорна канализационна система с индивидуални помпени станции за всеки обект

1 – гравитационно сградно отклонение, 2 – помпена станция, 3 – напорно имотно отклонение, 4 – главен напорен клон, 5 – компресорна станция, 6 – връзка за промиване, 7 – спирателен кран, 8 – обезвъздушител, 9 – приемна шахта, 10 – гравитационна канализация, 11 – ПСОВ

При запълване на предвидения обем датчик за ниво подава информация за пускане на помпата на станцията. При изчерпване на акумулирания обем помпата спира. Отпадъчните води се транспортират през напорната канализационна мрежа и заустват в приемни канализационни колектори или директно в ПСОВ.

Помпените станции са от компактен тип и с автоматичен режим на работа (Фиг.1.2). Терминът „компактен тип“ отразява разликата във функционалната схема спрямо помпените станции при гравитационни системи с елементи като решетка (дробилка), черпателен резервоар, монтажен полуэтаж, машинна зала, командна зала, дежурна зала, работилница, склад. Те съответно изискват разполагане в сграда с подземно ниво и частично надземен етаж. Помпените станции за НКС от друга страна изискват черпателен резервоар (подземна шахта), захранващ блок и модул за контрол и управление (надземна касета за електрическо оборудване).



Фиг.1.2. Схема с основни елементи на напорна канализационна станция

1 – гравитационно сградно отклонение, 2 – шахта, 3 – потопена помпа, 4 – тласкател, 5 – спирателен кран, 6 – връзка за промиване (опционална), 7 – бърза монтажна връзка, 8 – верига за изтегляне на помпата, 9 – датчици за ниво, 10 – заключен чугунен капак, 11 – напорно СКО, 12 – възвратна клапа, 13 – тротоарен спирателен кран, 14 – водовземна скоба, 15 – напорен канализационен клон, 16 – отвор за кабелни връзки, 17 – обсадна тръба за кабелни връзки, 18 – захранващ блок и модул за контрол и управление, 19 – алтернативно положение на захранващ блок и модул за контрол и управление, 20 – визуална сигнализация, 21 – аудио сигнализация, 22 – антенен предавател към модул за дистанционно сигнализиране

В зависимост от типа на помпите използвани в станциите системите се разделят на две групи: системи със раздробяване на отпадъците (grinder-pump system) и системи без раздробяване на отпадъците (solids handling system).

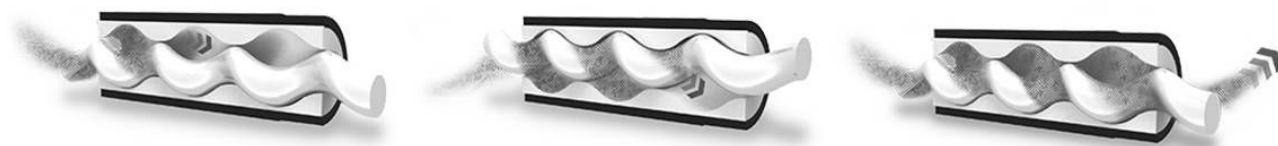
Помпите са потопени, при което шахтата изпълнява ролята на черпателен резервоар. Резервоара обикновено е кръгъл в план и изпълнен от бетонови пръстени, стъклопласт или пластмаса. Работният обем на резервоара се определя от ниско и високо водно ниво. Обема между високо и аварийно ниво позволява притока на вода временно да надхвърли капацитета на помпата, без да се задейства

алармената система. Обемът над аварийното ниво служи като резервен обем при повреда.

Помпената станция е оборудвана с канализационна помпа. За група от обекти могат да бъдат инсталирани две помпи свързани паралелно. Спрямо класификационните си характеристики помпите за НКС са: според принципа на действие: центробежни или обемни; според приложението: канализационни; според вида на енергията, която се придава на течността: за сметка на непосредствено изменение на налягането, с придаване на кинетична енергия.

Центробежните помпи са най-често използваният тип помпи за НКС. Конструктивните възможности за форма на работното колело включват: стандартно колело с дискове и лопатки, но оборудвано и с дробилка; колело с открит канал (наричано още едноканално); вихрово колело.

Обемни помпи винтов тип спадат към категорията на помпите от тип „progressing cavity“. Те се състоят от хеликоидален ротор, който се върти ексцентрично в двойно хеликоидален статор от еластичен материал. Диаметъра на светлата част на статора е два пъти по-голяма от диаметъра на ротора. По този начин се образуват спираловидни кухини, които при завъртане на ротора се придвижват от смукателя към изхода на работната част на помпата (Фиг.1.3).



Фиг.1.3. Схема на работа на обемна помпа винтов тип

(Източник: <http://www.pcm.eu/sites/>)

Главната напорна канализационна мрежа служи за транспортиране на събраните в помпените станции битови отпадъчни води до приемник. Клоновете на главната канализационна мрежа се изграждат от тръби със сравнително малък диаметър (спрямо конвенционалната гравитационна канализация), положени плитко и следвайки конфигурацията на терена. Тръбопроводите се изпълняват от PVC SDR 21 или HDPE SDR 11 тръби, положени с покритие под нивото на замръзване (80 cm за Р.България). Минималното налягане, на което трябва да издържат тръбите е 600 kPa. Минималният диаметър за системи оборудвани с дробилки е DN32, а за останалите DN80.

Компресорните станции се предвиждат в началните участъци на напорната мрежа. Те се състоят от компресор, захранващ блок и модул за управление. Битовата отпадъчна вода не трябва да се задържа дълго време в напорните тръбопроводи. В противен случай се увеличава риска от утаяване на едрите неразтворени примеси, отлагане на мазнини в горната половина на тръбите, възникване на анаеробни процеси със формиране на H_2S . Ако за даден клон 1 – 2 пъти дневно не може да се осигури минимална скорост на потока 0.7 m/s или има периоди без движение повече от 8 h, то следва да се предвиди в началото му станция за сгъстен въздух.

1.3. Сравнение на видовете канализационни системи

Конвенционалните гравитационни системи, когато са правилно проектирани и изпълнени, представляват надеждно решение за транспортиране на отпадъчни води от високо урбанизирани територии. Те осигуряват високо ниво на хигиена и комфорт за потребителите. В чиста форма, т.е. само гравитационни участъци, експлоатационните разходи са минимални.

Гравитационните системи изискват сравнително голям и постоянен отток за поддържане на самопречистващи скорости, в противен случай експлоатационните разходи за почистване и промиване нарастват.

Капиталните вложения за гравитационните системи са значителни. Капацитета на системата се предвижда в проектна фаза за края на експлоатационния период, т.е. липсва скалируемост и цялата финансова тежест пада върху настоящите ползватели.

Смесените и пълноразделни (т.е. с изградена дъждовна канализация) варианти на гравитационните системи осигуряват интегрирано решение за отвеждане на атмосферните води.

Системите с принудително транспортиране на отпадъчните води (напорни и вакуумни) имат сходни области на приложение като вид на отпадъчната вода (битова) и географски условия (високи подпочвени води, скални и други неблагоприятни почвени условия, възможност за възходящо движение).

Напорните системи предоставят възможност за поетапно изграждане, изискват по-малки траншеи и диаметри на тръбите, т.е. първоначалните капитални инвестиции за самата преносна мрежа са относително по-ниски спрямо гравитационните. В зависимост от формата на финансиране финансовата тежест за включване на индивидуалните ползватели към системата е по-висока поради необходимостта от монтиране на помпена станция със съответното оборудване. За станциите е необходимо да се осигури електрозахранване.

НКС не изискват големи по обем и постоянни по време оттоци за да работят нормално. В случаи на силно изразена сезонна или дневна неравномерност работоспособността на системата се осигурява технически с компресорни станции за въздушно промиване.

С НКС може да се реализира заустване на единични или малък брой потребители към съществуващи мрежи, защото активните елементи (помпени станции) са при самите обекти и не трябва да се търси място за централна вакуумна станция. При заустване в съществуващи мрежи на НКС трябва да се държи сметка за състава на отпадъчните води поради престоят им в тръбите.

Вакуумните системи не изискват електрозахранване в точките на свързване на потребители, събирателните шахти с вакуумните клапани са със сравнително по-малки размери спрямо помпените станции при НКС. За системата трябва да се предвиди централна станция с осигурено електрозахранване. При ситуиране в урбанизиран район следва да се вземат мерки за контрол на шумовото замърсяване и миризмите.

Вакуумните системи спрямо НКС са ограничени в известна степен от топографията на терена и вакуумното налягане, което може да се постигне на

практика. Радиусът на действие на вакуумните станции е от порядъка на 3000 до 4500 m в равнинен терен. За да е икономически оправдана системата е необходимо да има определена гъстота и брой на обитателите (за условията на САЩ се посочват 100 - 200 обекта).

Спецификата на работа и областите на приложение на трите типа принудителни канализационни системи – НКС, вакуумните и STEP системите показва, че за приложение в Р.България интерес представляват преди всичко НКС.

1.4. Анализ на състоянието на канализационната практика в Р.България

Пътят за приложението на алтернативни напорни канализационни системи е проправен с въвеждането на новата нормативна рамка под формата на хармонизиран с европейското законодателство Български стандарт БДС EN 1671:2004 „Напорни канализационни системи извън сгради“ и на новата „Наредба РД-02-20-8 за проектиране, изграждане и експлоатация на канализационни системи“ от 2013 г. При тези нормативни документи има редица неизяснени въпроси най-вече при проектирането и оразмеряването на мрежите и сравнителния им спрямо гравитационни канализационни системи технико-икономически избор:

- има изброени случаи, в които може да се търси приложение на напорни канализационни системи, но не са дадени критерии за оценка и избор на оптимален вариант и граници на приложимост;
- при хидравличното оразмеряване е описан случай на статично решение с една работеща помпена станция, без да се отчита обстоятелството, че в система са включени много на брой помпи към разклонена тръбопроводна мрежа с различни диаметри. Липсват статистически или теоретични данни за условията в Р.България относно връзката между площ на обекта, общ брой помени станции и едновременно работещи станции;
- при хидравличното оразмеряване е описано положението с наличие на въздушни възглавници вследствие промиването на мрежата с въздух, при което се получават повишени загуби на напор от което се променя работната точка на помпата, съответно водните количества, а оттам и скоростите, от които зависи самопречистващата способност на мрежата. Методологията за изчисляване на максималните напорни загуби не е описана, както и не са дадени инструкции, дали мрежата трябва да се оразмерява за този случай или например за някакво по-малко процентно наличие на въздух;
- при изискванията за проектиране е въведено условие мрежата да се проектира, така че водата да не се застоява над определен порядък часове в тръбите, от което възниква въпроса за часовото разпределение на оттока, данни за което не са дадени;
- особеностите в структурата и параметрите на напорните канализационни системи изискват изследването и приложението на иновативни за Р.България технологии за изграждането им, което да изисква ниска капитални вложения и да осигурява кратки срокове за изграждането.

ГЛАВА 2. Теоретична постановка за изследване на структура и характеристики на НКС

В настоящата глава се формулират параметри на средата, в която се развива напорни канализационни системи (НКС). Съставя се методика за генериране и изследване на структурата на системата, с което се цели принос към практиката за проектиране на канализационни системи и формиране на основа за съставяне на бъдещи моделни изследвания на експлоатационният режим, развитие на концептуална структура на системите за автоматично управление и формулиране на задачи за оптимизиране режима на експлоатация. За подпомагане на моделните изследвания се развива въпроса за работа на система помпи-напорни тръбопроводи.

2.1. Характеристики на системата

- хидравличен режим – напорен;
- флуид – смесен, въздушно-воден с примеси;
- топология – разклонена мрежа;
- характеристика спрямо броя обслужвани потребители: индивидуална система – за един обект; груповая система: с общи елементи за препомпване; със самостоятелни елементи за препомпване;
- изискване за наличие на електрозахранване по дължината на мрежата – да;
- изискване за наличие на електрозахранване в точката на заустване: да, при ПСОВ; не, при заустване в съществуващ канализационен колектор;
- материал на транспортната мрежа: PE, PVC, PP;
- наличие на елементи за управление на потока – да, спирателни кранове, възвратни клапи;
- наличие на елементи за ревизия – да, връзки за промиване.

2.2. Оразмерителни водни количества

За оразмерително водно количество се приема количество, което може да възникне един или два пъти в денонощие. Оразмерителните водни количества зависят от отводнителната норма, режима на оттичане, характеристиките на използваните помпи, обема на събирателните резервоари, големината на системата. Центробежните помпи изпразват съдържанието на черпателния резервоар сравнително бързо поради високият дебит, следователно в повечето случаи вероятно е да има ситуация с една единствена помпа работеща в даден момент в системата. В големи системи с много на брой свързани ПС във даден момент могат да работят няколко помпи едновременно. За дефиниране на оразмерителен случай съществуват четири метода: статистически метод: прилаган в някои страни в Европа и Австралия; метод на максималните водни количества (за Германия); рационален метод (за САЩ); вероятностен метод (за САЩ).

За оразмерително водно количество се приема количество, което може да възникне един или два пъти в денонощие.

2.3. Методология за изработване на идейно решение на напорна канализационна мрежа

- Проектиране:
 - избор на схема спрямо броя обслужвани потребители:

- индивидуална система – за един обект;
- групова система: със самостоятелни елементи за препомпване; с общи елементи за препомпване;
- идентифициране на точки на заустване;
- идентифициране на отделните обекти (при групова схема);
- формиране на групи от обекти (при схема с общи елементи);
- разполагане на помпени станции:
 - в частни имоти (при схема със самостоятелни елементи за препомпване или за общи елементи при възможност за законово уредено разрешение за поставяне);
 - в общинска зона (идентифициране на подходящи зони)
- трасиране на разклонена напорна канализационна мрежа:
 - определяне на подробни теренни коти по трасетата;
 - определяне на дълбочини на полагане на тръбите;
 - определяне на геодезични височини за отделните клонове;
 - идентифициране на върхови точки (ниски и високи) за клоновете;
 - определяне на сумарна геодезична височина за клоновете;
- предвиждане на спирателни кранове, точки за измерване;
- предвиждане на точки за промиване на мрежата;
- предвиждане на обезвъздушители и калници;
- определяне на необходимост и предвиждане на компресорни станции в начални точки на мрежата за продухване;
- Хидравлично оразмеряване:
 - оразмерително водно количество;
 - избор на диаметър на напорния тръбопровод: единичен еднороден тръбопровод; единичен разнороден тръбопровод;
 - изчисляване на необходимия напор: геодезична височина;
 - избор на помпа и определяне на работна точка;
 - проверка на реалната скорост;
 - избор на шахта: аварийен обем; работен обем.

2.4. Работа на система помпи-напорни тръбопроводи

За подпомагане на моделни изследвания на НКС и принос към практика за компютърно проектиране на системите е извършен избор на форма за представяне на Q-H, Q-P, Q-η характеристики на помпи като алгоритмично решение. Целта е обогатяване на програмния апарат с инструменти за програмен достъп до база данни за характеристики и динамично моделиране на работната точка, без да се използват ръчни операции, като например единични въвеждания на Q и H в уеб интерфейс и снемане на pdf. За въвеждане на записи в база данни е разработен и реализиран алгоритъм за съставяне на матрица с дискретни стойности.

За намиране на междинна стойност в матрицата се използват:

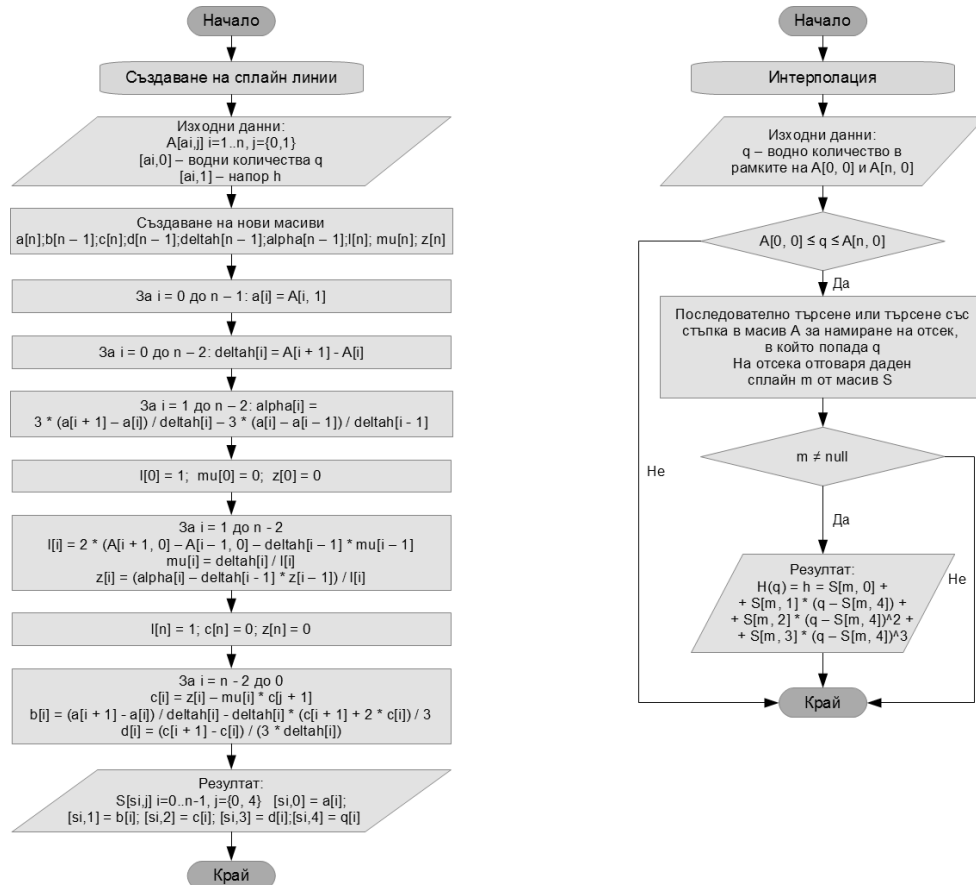
- линейна интерполация;
- интерполация със сплайн криви (spline) - сплайн кривата преминава „огъвайки“ се през фиксираните точки на матрицата A следователно първата и

втората производна на всеки полином H_i трябва да са непрекъснати. За да се реализира това трябва да са удовлетворени условията:

$$H'_i(q_i) = H'_{i+1}(q_i) \quad (2.1)$$

$$H''_i(q_i) = H''_{i+1}(q_i) \quad (2.2)$$

за $1 \leq i \leq n-1$. Това може да се постигне само ако полиномите са от трета степен или по-голяма – т.нар. кубични сплайн линии. След крайните фиксирани точки от двете страни на разглеждания интервал сплайн линиите приемат линейна форма с $H'' = 0$.



Фиг.2.1. Алгоритъм за намиране на параметрите на системата от полиноми и за намиране на междинна стойност

Интерполацията се реализира с помоща на $n-1$ на брой полиноми уравнения от вида:

$$H_i(q) = a_i + b_i(q - q_j) + c_i(q + q_j)^2 + d_i(q - q_i)^3 \quad (2.3)$$

Системата от уравнения трябва да отговаря на условията (2.1) и (2.2):

$$H_i(q_i) = h_i = H_{i-1}(q_i), i = 1 \dots n-1$$

$$H'_i(q_i) = H'_{i-1}(q_i), i = 1 \dots n-1$$

$$H''_i(q_i) = H''_{i-1}(q_i), i = 1 \dots n-1$$

$$H'''_0(q_0) = H'''_{n-1}(q_n) = 0$$

Полиномите ще се представят в матричен вид:

$$S=[s_{i,j}]_{i=0\dots n-1,j=(0,4)} \quad (2.4)$$

където:

$$[s_{i,0}]=a_i \text{ от (2.41); } [s_{i,1}]=b_i ; [s_{i,2}]=c_i ; [s_{i,3}]=d_i ; [s_{i,4}]=q_i .$$

Алгоритъм за намиране на параметрите на системата от полиноми и за намиране на междинна стойност е даден на Фиг.2.1.

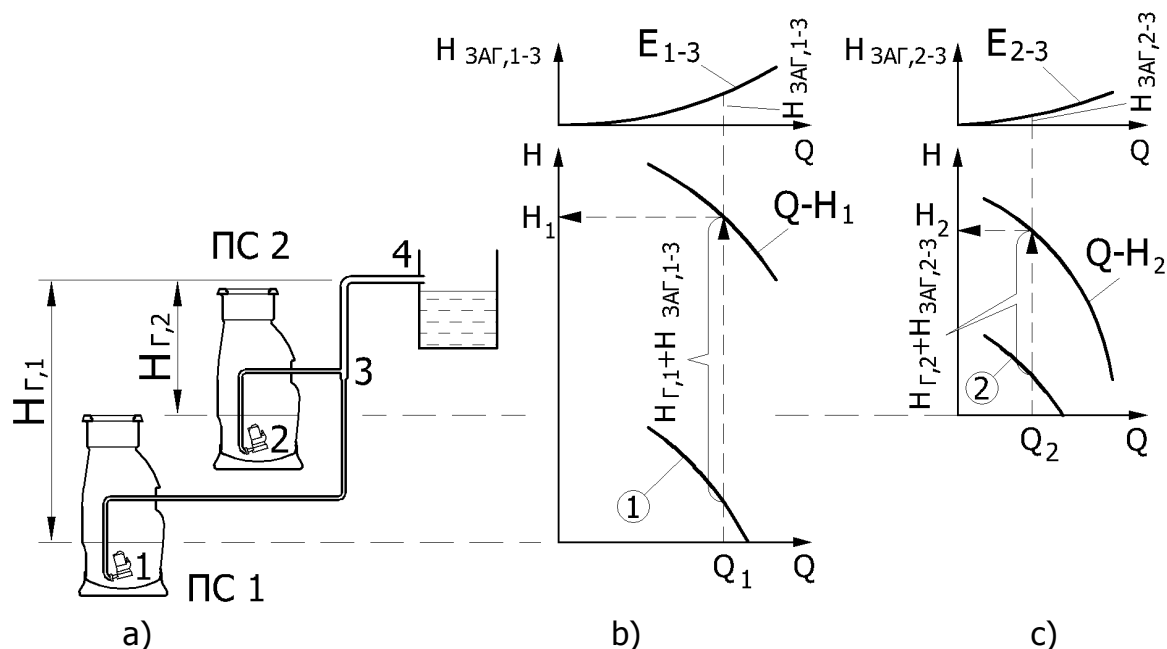
Характеристика на тръбопровод Е представлява зависимостта между водното количество и хидравличните загуби на напор. Хидравличните загуби на напор се определят по формулата:

$$h_{об} = h_{дл} + h_{м} \quad (2.5)$$

където:

$h_{дл}$ са хидравличните загуби на напор по дължина; $h_{м}$ са загубите на напор от местни съпротивления.

В дисертацията за допълване на програмния апарат е извършен избор на метод на изчисление на характеристиката на напорен канализационен тръбопровод. От проведените експериментални изчисления, с цел приложение в задачи за определяне на хидравличните загуби на напор по дължина при тръбопроводи за напорни канализационни системи с формула на Дарси-Вайсбах, решението на Сергхайд за приблизително изчисление на коефициента на съпротивление на триене по дължина λ дава резултати доближаващи се най-близко до оригиналната формула на Колбрук-Уайт. За изчисляване на загубите на напор от местни съпротивления са разгледани няколко метода, като е прието използване на класическата за България формула на Вайсбах.



Фиг. 2.2. Схема за определяне на работна точка при две едновременно работещи помпени станции свързани посредством дълги собствени тръбопроводи към общ тръбопровод

a) схема b) характеристики на помпа 1 и тръбопровод 1-3 c) характеристики на помпа 2 и тръбопровод 2-3

При паралелно свързани помпи всяка от тях засмуква от черпателен резервоар и изпраща водното количество в обща напорна тръбопроводна мрежа. Помпите могат да бъдат една до друга в общ черпателен резервоар или в отделни станции с достатъчно дълги собствени тръбопроводи.

При двата случая водното количество след общата точка е равно на сумата от отделните количества на двете помпи, а напорите в точката на свързване трябва да са еднакви.

На Фиг.2.2 е представена схема на две помпени станции свързани посредством дълги собствени тръбопроводи към общ тръбопровод. Когато двете помпи работят едновременно, работните точки на помпите зависят от налягането в т.3.

Налягането, срещу което работят двете станции може да бъде разделено на компоненти: $H_{г,1}$ – геодезична височина за ПС 1; $H_{г,2}$ – геодезична височина за ПС 2; $H_{заг,1-3}$ – загуби на налягане в тръбопровод 1-3; $H_{заг,2-3}$ – загуби на налягане в тръбопровод 2-3; $H_{заг,3-4}$ – загуби на налягане в общия тръбопровод 3-4.

Изводи

1. За напорните канализационни системи са разгледани нормативните изисквания за Германия и България и е съставена методика за генериране на структура и определяне на характеристики.

2. За определяне на характеристиките на мрежата, както и за решаването на динамични задачи е разгледана работата на система помпи-напорни тръбопроводи. Съставен е и е реализиран алгоритъм за дигитализация на характеристики на помпи. За работните характеристики са разгледани варианти, извършен е анализ и е избрана форма за представяне посредством система от 'сплайн' криви. По темата е публикуван един доклад.

3. За характеристиките на напорни тръбопроводи и прилагане на уравнение на Дарси-Вайсбах са разгледани решения за изчисление на коефициент на съпротивление на триене по дължина. Проведено е експериментално изследване, резултатите от което са публикувани в доклад.

4. За определяне на работната точка са разгледани случаи, характерни за НКС и е съставен алгоритъм за решение на система „Паралелно свързани помпи – общ разнороден тръбопровод“.

5. НКС могат да се разгледат като обект на управление, с цел да се формулира концептуална структура на възможните системи за автоматично управление и да се формулират задачи за оптимизиране режима на експлоатация. В допълнение се реализира и по-пълно приобщаване на НКС в концепцията за устойчиво развитие и прецизиране на оценката за стойност на системата през целият жизнен цикъл („whole-life cost“, „life-cycle cost“). Поради ограничения обем на разработката въпросите за управление на системата и оптимизация на режимите са маркирани в публикация с опция за бъдещо разработване.

ГЛАВА 3. Технология на изпълнение на елементи на НКС по открит способ

В главата са разгледани технически и технологични характеристики на елементите на напорни канализационни системи (НКС), както и процеси при изпълнение на изкопи по открит способ. С разработката се цели формализиране и структуриране на технологията на изпълнение на НКС с оглед създаване на основа на решаване на задача на дисертационният труд за адаптиране на технологии за изпълнение на НКС за приложение в страната ни. Теоретичното изследване ще помогне за бъдещо съставяне на технологични карти и учебни помагала. Също така е извършен преглед на теоретичната постановка за производителност на строителни машини, съставена е методология и систематизация на параметри на модели на водещи машини, групиране и извеждане на обобщени показатели. Тези точки имат връзка със задачи от технико-икономическия анализ, разработен в Глава 5: аналитично изследване на разходите за механизация, анализ на стойността и времето за изпълнение на траншеи и извеждане на числени данни за стойността на СМР.

Изпълнението на земни работи по открит способ е конвенционална и широко прилагана в практиката технология. При изграждането на помпените станции при НКС тя няма аналог, а при изграждането на тръбопроводите е един от възможните варианти. С оглед извършването на сравнителен анализ за областта на технически рационално и икономически обосновано приложение на видовете технологии в следващите точки конспективно са описани процесите при изграждане по открит способ. Разгледани са средствата за механизизирано изпълнение на процесите, като е обърнато внимание на хидравличните еднокошови багери, като водещи машини.

3.2. Спомагателни процеси

Основните групи спомагателни процеси включват: разваляне и възстановяване на настилки, поставяне на огради и сигнализация на обекта, мероприятия за отводняване на изкопи, понижаване на нивото на подпочвените води, укрепване на изкопи.

3.2. Основни процеси

3.2.1. Изпълнение на земни работи с багери

Земните работи включват изпълнение на:

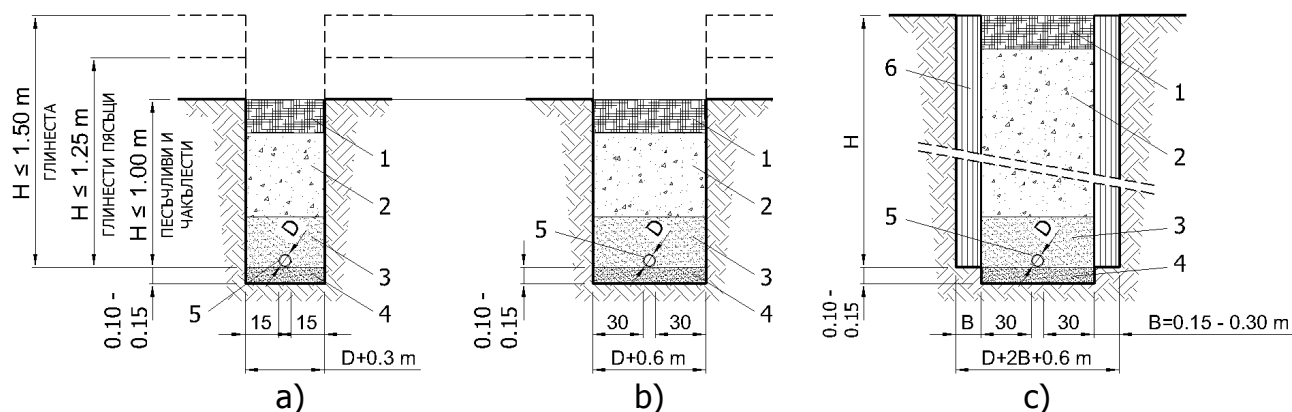
- траншейни изкопи за напорната тръбопроводна мрежа и кабелни връзки
- ями за помпените станции и фундаменти за монтиране на надземно оборудване.

Траншейни изкопи

На база конструктивните характеристики широчината на траншеята при DN32 - DN100 е (Фиг.3.1):

- за схема а: $D + 0.30$ m, при DN32 – DN100: 0.34 – 0.40 m [34];
- за схема б: $D + 0.60$ m, при DN32 – DN100: 0.64 – 0.70 m [34];
- за схема с: $D + 2B + 0.60$ m, при DN32 – DN100: 0.94 – 1.00 m за схема с и $B = 15$ cm), където:

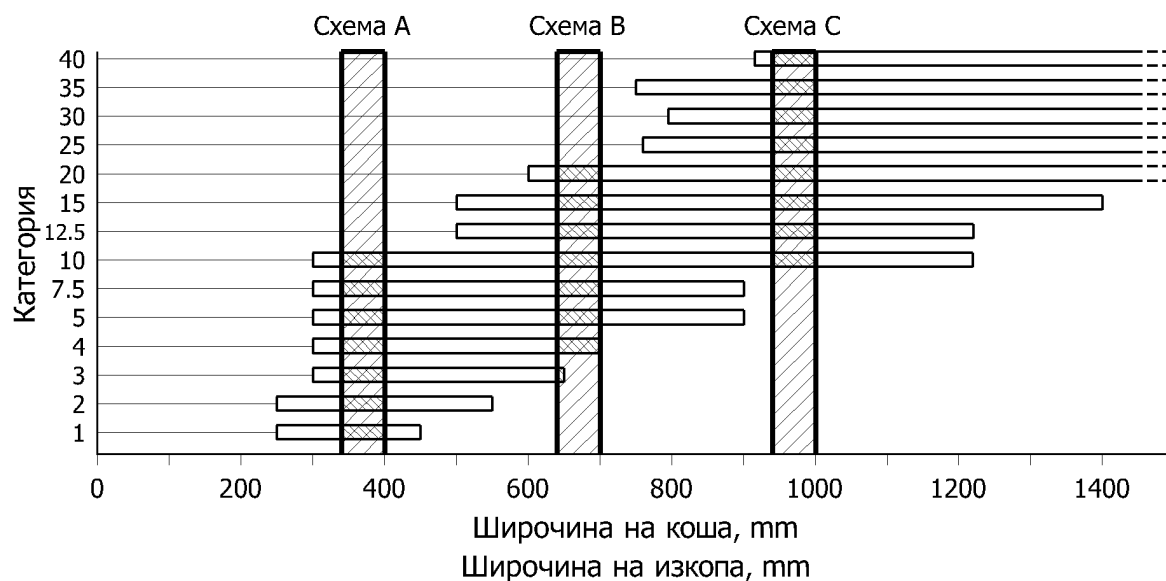
D е диаметърът на тръбата, m ; B е широчината на плътното укрепване, m .



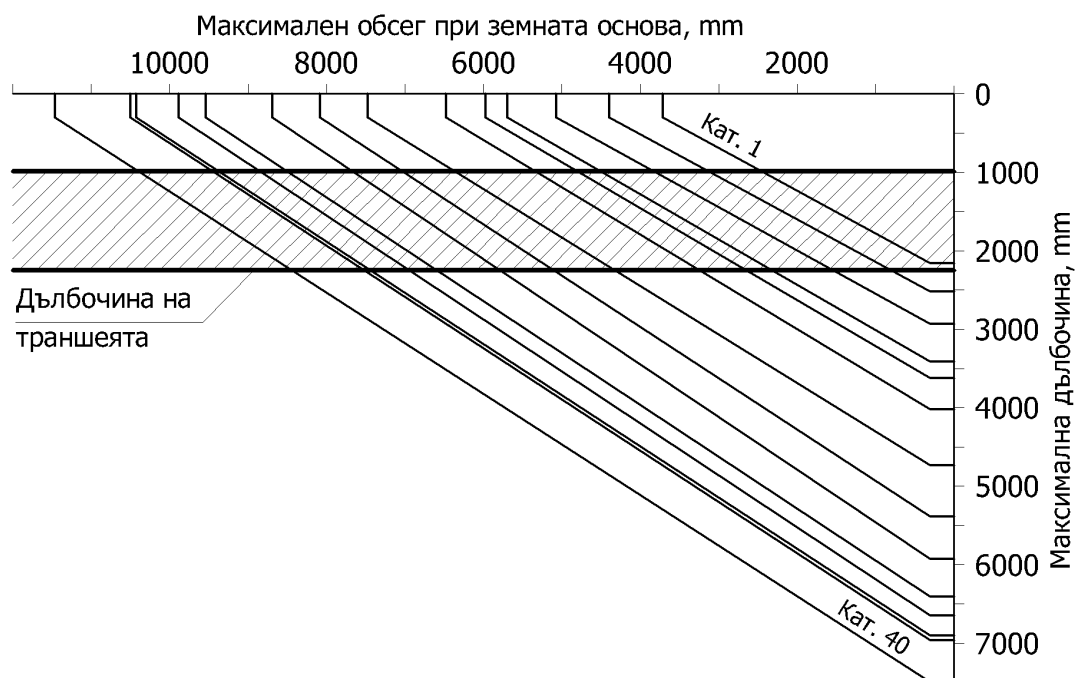
Фиг.3.1. Схеми на траншеи с вертикални стени за напорни канализационни клонове
 а) без укрепване при полагане на секции от тръби б) без укрепване при полагане на отделни тръби в) с плътно укрепване при полагане на отделни тръби

1 – крайно покритие, 2 – обратен насип, 3 – пясъчно покритие 0.3 m, 4 – пясъчна подложка, 5 – тръбопровод, 6 – плътно укрепване

Обхвата на кошовете като широчина е посочен на Фиг.3.2. Данните се отнасят за предлаганите варианти от самите производители, посочени в изходните данни от т.2. Данните не обхващат цялото множество от разглеждани модели. На Фиг.3.2 са посочени и границите на широчината на траншеята за схеми А, В и С. За схема А вариантите към категории 1 до 10 дават възможност за покриване на необходимите широчини на изкопите, докато с кошовете използвани за категории над 10 ще се получи разширяване на изкопа и излишни обеми на земните работи. За схема В припокриване на областите се получава при категории 4 до 20, а за схема С – от 10 до 40.



Фиг.3.2. Обхват по широчина за кошове



Фиг.3.3. Работен обем по категории багери и дълбочина на траншеята

Стандартни дълбочини са от 0.99 (DN32, 80 cm покритие, 15 cm подложка) до 2.25 m (DN100, 200 cm покритие, 15 cm подложка). На Фиг.3.3 са посочени данни за работния обем (максимален обем при земната основа, максимална дълбочина на копаене) и границите на дълбочините на траншеите. Категория 1 има недостатъчен обем за изпълнение на траншеи с максималните приети дълбочини. В останалите случаи резерва на обхвата, като дълбочина на копаене, предоставя възможност за изпълнение на повече работни операции от една позиция в зависимост от обсега при земната основа.

3.2.2. Подготовка на основата

Преди полагане на тръбите недоизкопаните части при машинно изпълнение се отстраняват и основата се подравнява. Подложката се състои от два слоя – основен и изравняващ. Първия слой служи за постигане на проектните параметри за надлъжен наклон. За тръби с диаметър DN до 200 mm фракцията на частиците е до 22 mm, материала е баластра, едрозърнест пясък или рециклирани строителни материали отговарящи на изискванията на т.5.3 от БДС EN 1610. Не бива да се използва фин пясък, който е податлив на отмиване или материал с остри ръбове, които биха увредили тръбите. Основният слой е с дебелина 10 cm или 15 cm за скална основа. Вторият (изравняващ слой) е от същият материал с дебелина 5 cm. При насипване се прави ръчно трамбоване. При монтажа тръбата образува легло в изравняващия слой.

3.2.3. Обратно засипване и уплътняване

Зоните на обратно засипване при траншейно полагане на тръбопроводи се

обособяват като : подложен пласт, горна част на основата, странична засипка, първоначална обратна засипка, основна обратна засипка, настилка, укрепване. При гъвкави тръби, какъвто е случаят с НКС, и уплътняване на зоната около тръбата, е необходимо ъгълът на основата да бъде 180°.

За обратна засипка най-често се използват подобрена почва от изкопа и обработени скални материали от баластриери или кариери. По-рядко се използват изкуствен или рециклиран скален материал. При напорни канализационни тръбопроводи засипката около тръбата трябва да бъде от пясък или почва, не съдържаща по-едри от пясък частици, поради опасност от нараняване на тръбопровода.

Класификация на строителните почви за обратна засипка е съгласно CEN/TR 1295-3. В случаите, когато естествената почва от изкопа е с по-неблагоприятен клас от 4 се използват обработени скални материали от баластриери и кариери.

Съгласно CEN/TR 1295-3 начините на оформяне на зоната около тръбата се класифицират като видове (embedment types) и подвидове. Най-често прилаганият вид на полагане в България е ET2.

3.3. Систематизация на модели на водещи машини за изпълнение на изкопи по открит способ

При извършване на строителните процеси за изграждане на НКС приложение намират: еднокосови багери, многокосови багери, булдозери, еднокосови товарачи, машини за уплътняване, транспортни средства. Машините се комплектуват с оглед осигуряване на максимална производителност на водещата машина и постигане на минимални стойности за трудоемкост и себестойност на земните работи. В литературни източници са разгледани въпросите по методология за комплектуване и избор на машини и са представени данни за технико-работните характеристики на наличните за времето модели. Към настоящия момент в условията на отворена пазарна икономика строителни машини се произвеждат и предлагат от редица производители в широка гама от базови модели и модификации към тях.

Цел е да бъде разгледана и систематизирана информация за модели на еднокосови багери, като най-често използвани водещи машини.

За изходни данни служат технически спецификации в pdf формат. Данните се отнасят за актуални модели към 03.2015 г., достъпни на официалните сайтове на 20 производители на оборудване: Bobcat, Case, CAT, Doosan, Hidromek, Hitachi, Hyundai, JCB, John Deere, Kobelco, Komatsu, Kubota, LiuGong, New Holland, PM-Терекс, Sany, Terex, Volvo, XCMG, Yanmar. Документите са използвани при условието, че производителите запазват правото си да променят информацията по всяко време без предварително уведомление. От изходните данни са обработени и въведени в двумерен масив технически параметри за 228 модела. Параметрите включват общи данни, конфигурация на работния орган, статични размери, работен обем и опционални елементи.

В изследването е приложен метод с дискретизация: машини с маса до 5 t се обединяват в групи през 1 t, за 5 – 15 t в групи през 2.5 t, за 15 – 40 t в групи през 5 t, за 40 – 100 t в групи през 10 t. Обобщените средноаритметични стойности на показателите след втората оптимизация са представени в Табл.3.1.

Таблица 3.1. Средноаритметични стойности на технически показатели

Категория	Средноаритметични стойности									
	Макс. мощност	Тегло	Статични размери				Работен обхват			
			Ходова част		Горна структура					
			A	B	C	D	E	F	G	H
	kW	kg	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1	12.3	1618	1468	1057	2312	941	2156	3722	2402	1510
2	16.7	2593	1875	1448	2391	894	2518	4406	2899	1958
3	22.5	3544	2074	1662	2372	913	2932	5081	3338	2172
4	31.7	4626	2611	1963	2552	1002	3417	5698	3800	2352
5	34.8	5658	2547	1974	2561	1200	3624	5977	4167	2414
7.5	43.0	8355	2873	2295	2693	1369	4024	6485	4765	2450
10	76.5	12144	3234	2445	2842	1788	4737	7477	5626	2667
12.5	79.7	13917	3667	2546	2852	2098	5385	8092	6150	2436
15	91.0	17490	4051	2710	2919	2438	5928	8694	6300	3205
20	122.4	22470	4404	2851	2999	2690	6406	9548	6807	3577
25	143.0	27101	4681	3092	3030	2965	6653	9887	6691	3881
30	181.9	32636	4863	3154	3179	3282	6902	10430	6950	4371
35	211.1	37159	5109	3191	3229	3541	6967	10503	7090	4349
40	295.3	46388	5431	3373	3217	3738	7499	11469	7542	4799

Легенда: А – обща дължина, В – обща ширина, С – обща височина, D – радиус на завъртане на периферията, Е – максимална дълбочина, F – максимален обем при земната основа, G – максимална височина на разтоварване, H – минимален радиус на завъртане на стрелата.

Изводи

1. Спецификата на техническите характеристики на основните елементи на НКС, а именно на ПС, изградени с блокови станции с диаметър 1 – 2 m и на НКС, изградени с тръби DN50 - DN100 mm, с покритие 0.8 – 1.5 m изисква прилагането на технологични методи различни от тези, използвани при изграждане на гравитационни системи. За изграждане на НКС е съставено методическо решение за изпълнение по открит способ.

2. За извадка от модели на хидравлични багери с обратна лопата са изведени технически показатели и е извършена класификация в категории по маса. За категориите са изведени средноаритметични стойности на ключови показатели. Те оказват влияние при оценка на областта на приложение на отделните категории багери в зависимост от конструктивните характеристики на напорната канализационна мрежа и също така за приблизително изчисление на производителността на машините.

3. Оптимизация на модела на съхранение може да се постигне с трансформиране на базата данни в релационен тип със свързани таблици. Подобно представяне дава възможност за по-пълно представяне на вариантите на конфигурации (напр. за различните дължини на стрелата) и съответно по-добро оптимизиране на категориите.

ГЛАВА 4. Технология на изпълнение с безтраншейни и полуоткрити методи за полагане на тръбопроводи

В настоящата глава са разгледани процеси при изпълнение по безтраншееен метод. За приложение при НКМ интерес представляват технологии за изпълнение без достъп на персонал и за сравнително малки диаметри до DN100, а именно хоризонтален сондаж с:

- радиално уплътняване (почвоизместващ метод) за диаметри до DN150 и максималната дължина на сондажа около 12 до 20 m. Методът се прилага до средно твърди почви, които имат резерв за уплътняване, в противен случай деформациите могат да се предадат до повърхността;
- управляемо сондиране за диаметри от DN50 до DN1200, максималната дължина на сондажа е около 200 m. Методът е приложим при разнообразни пясъчливи и глинести почви, но наличието на едри камъни и скали може да намали ефективността на метода значително.

В обобщен формат са разгледани технологии за изпълнение с радиално уплътняване и се обобщава полуоткрит метод, като се цели маркиране на потенциал за бъдещо развитие.

Основният фокус на главата е върху безтраншейното полагане с управляемо хоризонтално сондиране (HDD, horizontal directional drilling). Извършено е формализиране и структуриране с оглед създаване на основа за решаване на задача за разработване на рационални технологии за изграждане на НКС, принос към допълване и разширяване на системата от теоретични в Р.България на познания по технология на изпълнение и бъдещо съставяне на технологични карти и учебни помагала. Съставено е методическо решение за планиране на процеса. Систематизирани са изследвания за производителност на водещи машини. Разгледани са компонентите на основният консуматив – течност за сондиране. Методите за установяване на местоположението и ориентацията на сондажната глава са систематизирани теоретично и е изведена технология на процеса.

При метод с управляемо хоризонтално сондиране се изпълняват две основни технологични операции: пилотен сондаж (pilot drill); изтегляне (pullback) на инсталационният провод (канализационна тръба при НКС).

Пилотният сондаж се изпълнява със съчленени една към друга серия от инвентарни сондажни тръби (щанги) и сондажна глава. Те се управляват от сондажна машина с прилагане на комбинирано действие на натиск и завъртане. За определяне на местоположението на сондажа спрямо проектното трасе се използва локационна система състояща се от предавател и приемник (след главата).

Процеса на изтегляне се извършва след като по цялото трасе е прокаран пилотния сондаж. В изходната шахта сондажната глава се демонтира и се монтира разширяваща глава оборудвана със система за закачане на канализационните тръби. От другата страна сондажната машина прилага опънна сила, с която се изтеглят обратно сондажните тръби и прикрепените към края им канализационни тръби.

През целият период на извършване на операциите по пилотно сондиране и изтегляне се вкарва под налягане сондажна течност за намаляване на усилията и

отстраняване на изкопаният материал.

4.1. Теоретична постановка (HDD)

4.1.1. Условия за сондиране

Трасето и дълбочините на тръбопроводите се определят с проектното решение в инвестиционният проект. При прилагане на безтраншейни технологии е възможно да се получат отклонения поради реалните условия на строителната площадка и почвените слоеве.

За дълбочината на полагане при рохки почви би следвало да се спазва отношение между покритието и крайният диаметър на сондажа (тръбопровода) 10:1. В този случай изпълнението на сондажа е съпроводено с процес на уплътняване на излишната почва към периферията на сондажа и изземването на почва от сондажа е малко, следователно и обема на сондажната течност е сравнително малък. Сондирането в сбити почви е съпроводено с по-интензивно изтегляне на почва от сондажа, в този случай отношението е 5:1.

Траекторията на сондиране трябва да бъде съобразена с типа на сондажните тръби и допустимия радиус на огъване. Минималният радиус на огъване се изчислява по формулата:

$$R_{\text{сонд.тр.}, \min} = 1.2 D_{\text{сонд.тр.}}, \text{ m}, \quad (4.1)$$

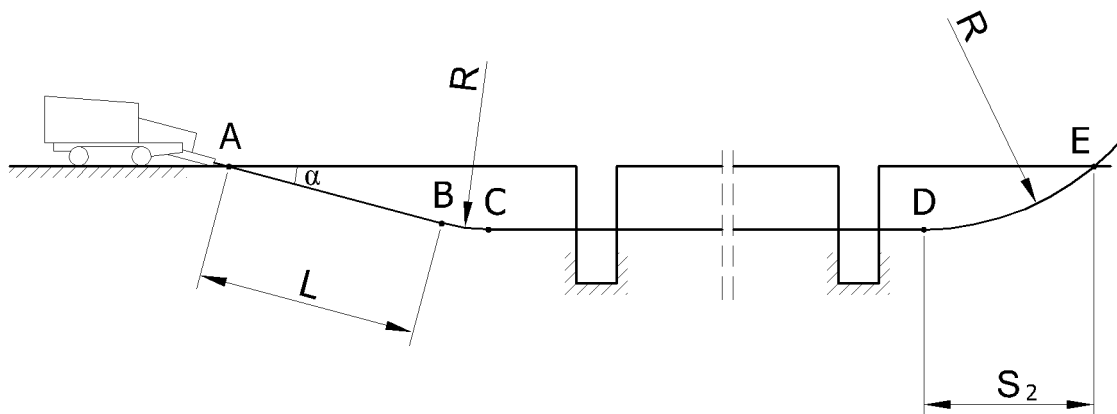
където:

$D_{\text{сонд.тр.}}$ е диаметъра на сондажната тръба в mm.

В повечето случаи производителите на сондажни тръби позволяват по-малки радиуси на огъване. Минималният радиус на огъване на сондажните тръби е по-голям от този на стандартно влаганите полиетиленови тръби (SDR 11).

4.1.2. Вертикална траектория

За постигане на проектно зададените дълбочини при управляемо сондиране трябва да се отчетат радиуса на огъване на сондажните тръби и ъгъла на задълбаване. Тези фактори влияят и върху така нареченото отместване, което представлява хоризонталното разстояние на преходна зона, в която сондажа набира дълбочина до достигане на проектната (Фиг.4.1).



Фиг.4.1. Надлъжен разрез на площадка на управляем хоризонтален сондаж

Един от факторите, които определят траекторията на сондажа в началният участък е ъгълът на задълбаване α (обикновено $5^\circ - 25^\circ$). Дължината L на правия участък АВ трябва да бъде не по-малка от дължината на използваната сондажна тръба за да се избегнат напречни усилия в лагерите на направляващия апарат на сондажната машина. След този участък траекторията на сондажа може да се променя с позицията на главата. Участък В-С представлява дъга с радиус R не по-малък от допустимия радиус на огъване за избраните сондажни тръби.

При тръбопроводите за НКМ с диаметри от DN32, дълбочината (осово) на полагане ще започне от 0.94 m. Тази дълбочина удовлетворява изискването за минимално покритие срещу замръзване 0.80 m. За постигане на желана зададена дълбочина H в дадена точка 1 са възможни три варианта:

Вариант 1: точка 1 попада в зоната на правият тръбен участък А-В. В този случай отместването S_1 е с минимална стойност, но след тази точка сондажа ще продължи да набира дълбочина по права траектория до точка В, след което може да започне коригиране на траекторията (участък В-С).

Вариант 2: точка 1 попада в зоната на дъгата В-С.

Вариант 3: точка 1 съвпада с края на дъгата С В този случай се достига проектната дълбочина без допълнително задълбаване и следващия участък С-Д може да се прекара хоризонтален, паралелно на повърхността или да се управлява дълбочината с помощта на главата до зададени проектни стойности.

4.1.3. Статическа схема и въздействия върху тръбопровода

Тръбопроводите за НКС с изпълнение по безтраншеен метод трябва да имат достатъчна якост за поемане на усилия в две състояния:

- изпълнение – от опънните сили, прилагани от сондажната машина при изтегляне, усилие вследствие хидравлично съпротивление;
- експлоатация – вътрешно налягане на течността, външно натоварване от земен натиск, хидростатичен натиск от подпочвени води, хидростатичен натиск от сондажна течност, динамични натоварвания от трафик.

Земния натиск и хидростатичния напор, като постоянни натоварвания, се поемат от дългосрочната якост на полиетиленовия материал със съответния дълготраен (равновесен) модул на Юнг. Вакуум, възникнал вследствие на хидравличен удар, ще добави компонент с положителен знак към общото външно натоварване. Тъй като хидравличният удар е мигновен процес, тръбата ще се държи като еластично тяло с моментен модул на Юнг, който може да бъде 4 пъти по-голям от равновесния. В зависимост от плана за строителство и пускане в експлоатация тръбите в някои участъци могат да останат празни за период от няколко месеца.

4.1.4. Граница на устойчивост на тръбопроводи от полиетилен

При статическото оразмеряване на тръбопроводите се изчисляват натоварванията, избира се отношение SDR и се изчислява коефициент на сигурност. Ако коефициента на сигурност не е задоволителен се избира по-нисък SDR и процедурата се повтаря. Коефициента на сигурност се изчислява за всяко

оразмерително състояние на натоварванията спрямо съответната граница на устойчивост. Външното натоварване от земен натиск, хидростатичен напор, вакуум и динамично натоварване предизвикват:

- деформация на пръстена: граница на устойчивост е еластичността на пръстена;
- вдлъбване на пръстена: граница на устойчивост е коравината на пръстена.

4.2. Машини и оборудване за хоризонтални сондажи

Сондажната машина е водеща за изпълнение на работните операции при управляемото хоризонтално сондиране. Подчинени машини и оборудване са:

- системата за управление на сондажна течност – някои модели сондажни машини са оборудвани с помпа за приготвяне на разтвора и подаване към сондажа. Те се окомплектоват със самостоятелно стоящ резервоар. В останалите случаи се използва специализирана система;
- подемно-транспортни средства с общо предназначение за доставка на сухите смеси, тръбопроводи и др. материали на площадката;
- цистерна за вода;
- вакуумна цистерна;
- система за рециклиране на сондажната течност (опционална);
- машина за полидифузно заваряване на тръби.

Обобщени характеристики на HDD машини са изведени на база систематизиране на информация за 107 модела машини от 17 производителя. Машините са разпределени по категории (Mini-, Midi-, Maxi-) на база сравнение на показателите генерирана сила на натиск/опън, въртящ момент, маса и размери на машината. Резултатите за категории Mini-HDD и Midi-HDD са дадени в Табл.4.1.

Таблица.4.1. Обобщени характеристики на HDD машини

Категория	Работни характеристики				Размери				Вградена система за управление на сондажна течност	
	Сила на натиск	Сила на опън	Обороти	Въртящ момент	Д	Ш	В	Тегло	Налягане	Дебит
-	kN	kN	rpm	Nm	m	m	m	kg	bar	l/min
Mini	89	94	170	3701	5.1	1.5	2.1	5802	76	110
Midi	255	263	173	11948	8.5	2.5	2.6	15705	75	497

Изследвания в областта на производителността на HDD са правени в Канада и САЩ от Allouche, Dubey, Zayed, Mahmoud, Sarireh. Allouche (2000) идентифицира почвените условия и диаметъра на тръбопровода като главни фактори, които оказват влияние на производителността. Dubey (2006) разработва детерминистичен модел за производителността и конкретизира разширен набор от фактори. Zayed (2007) категоризира количествени и качествени фактори в четири категории: управление, механични, условия на работа и характеристики на тръбопровода.

Mahmoud (2009) използва аналитичен йерархичен процес за определяне на теглата на факторите и изкуствени невронни мрежи за изграждане на модел на

производителността в пясъчливи, скални и глинести почви.

Sarireh (2011) извършва наблюдение на реален обект и статистическа обработка на анкетни карти и съставя модел за производителност в глинести и скални почви, поради липса на достатъчно информация за пясъчливи почви посочва средна стойност. Анкетните карти са изпратени до 250 специалисти и фирми от Северна Америка, Европа и Близкия Изток с 14 отговори. За производителността в глинести и скални почви Sarireh предлага следните формули в m/h (коефициентите са преобразувани за работа с метрична система):

$$P_{HDD, \text{ глина}} = 33.7353 - 0.0037 D + 0.309 H + 3.148 L_{\text{с.тръба}} + 0.0279 F - 0.0015 M, \quad (4.2)$$

$$P_{HDD, \text{ скали}} = 60.1919 - 0.008 D - 4.313 L_{\text{с.тръба}} + 0.0517 F - 0.0034 M, \quad (4.3)$$

където:

D е диаметра на тръбопровода, mm; H е дълбочината на полагане, m; $L_{\text{с.тръба}}$ е дължината на използваните сондажни тръби, m; F е силата на натиск, kN; M е въртящият момент, N.m.

С оглед изследване на производителността за условията на Р.България е съставена анкетна карта (<https://goo.gl/forms/LDfP46sW47JKsRCB3>):



4.3. Течности за сондиране

При управляемото хоризонтално сондиране течностите изпълняват следните функции: смазване на инфраструктурната тръба, укрепване на стената, охлаждане на предавателя, подпомагане на срязващите и ударни операции, отстраняване на изкопаният материал. Течностите за сондиране се състоят от: вода, бентонит, полимери добавки (полиакриламид, polyanionic cellulose, биополимери, скорбяла и др.). В зависимост от зърнометричния състав за пясъчливи и чакълести почви се прилагат бентонитови и бентонит/полимерни смеси, за глинести – полимери или полимер/бентонитови.

Обемът на изкопаната почва за 1 m от пилотния отвор и за всеки последващ разширяван отвор се изчислява по формулите:

$$V_n = \frac{D_{\text{п.отвор}}^2}{12.72}, \quad \text{l/m}', \quad (4.4)$$

$$V_n = \frac{D_{\text{р.отвор}}^2 - D_{\text{пр.отвор}}^2}{12.72}, \quad \text{l/m}', \quad (4.5)$$

където: $D_{\text{п.отвор}}$ е диаметра на пилотния отвор, cm; $D_{\text{р.отвор}}$ е диаметра на разширявания отвор, cm; $D_{\text{пр.отвор}}$ е диаметра на предходния отвор, cm.

Във формираната смес от почвени частици и сондажна течност отношението

на двата компонента трябва е 50/50, с оглед осигуряване на транспортиращата способност. Някои източници посочват до 80 % съдържание на сондажна течност. Следователно за общият обем се получава:

$$V_{п-с.т.} = \frac{100\%}{C_p} V_{п'}, \text{ l/m}', \quad (4.6)$$

където:

C_p е концентрацията на почвени частици, 20 – 50 %.

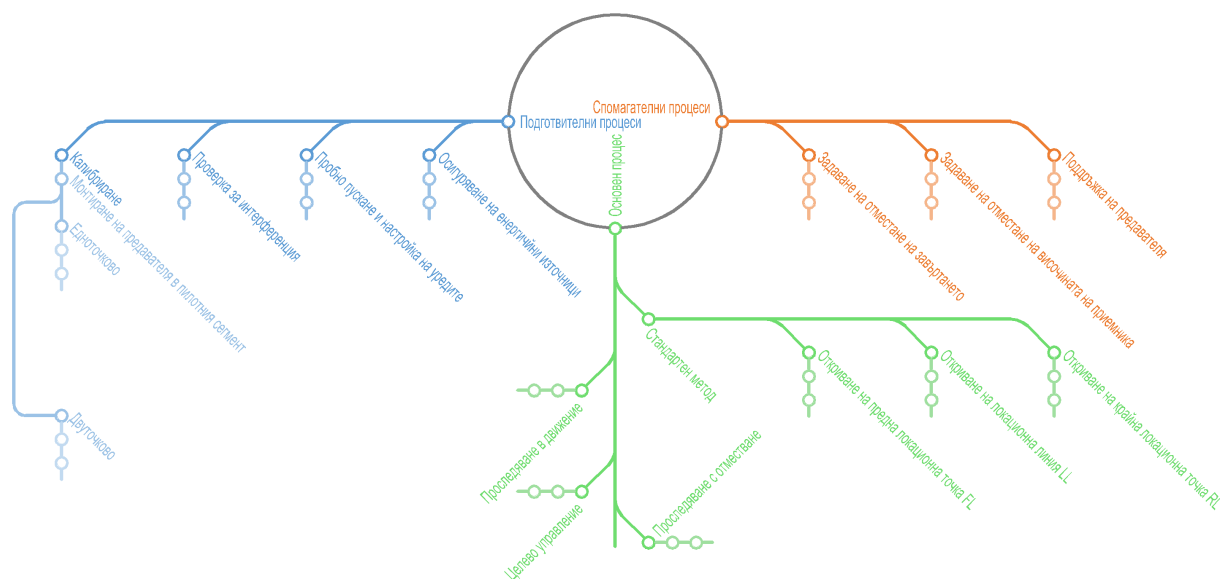
Минималното време за почистване на отвора за всяка вкарана (или изтеглена при разширяване на отвора) сондажна тръба с дължина $L_{с.тръба}$ е:

$$T_{min} = \frac{L_{с.тръба} \cdot V_{п-с.т.}}{Q_{помпа}}, \text{ min}, \quad (4.7)$$

където: $L_{с.тръба}$ е дължината на сондажна тръба, m; $V_{п-с.т.}$ е обема на формираната смес от почва и сондажна течност, l/m'; $Q_{помпа}$ е дебита на помпата, l/min.

4.4. Методи за установяване на местоположението и ориентацията на сондажната глава

Технологията на изпълнение с HDD дава възможност на оператора на сондажната машина да задава команди за управление на направлението на главата на база информация в реално време за текущото и местоположение. Използват се системи с проходка по повърхността. Системата се състои от предавател, които се поставя в първия сегмент на пилотния сондаж след главата. Предавателя генерира магнитно поле, с чиято помощ се извършва локацията и дигитален сигнал, с който се предава параметрична информация; приемник – ръчен инструмент, опериран от един мобилен отговорник по локацията. В дисертацията е съставена схема на структурата на локиране, поради ограниченото пространство и размер на Фиг.4.2 е показан само фрагмент.



Фиг.4.2. Структура на технология на локиране (фрагмент)

Изводи

1. Технологията на изпълнение по безтраншеен способ с радиално уплътняване е подходяща за изпълнение на гравитационните сградни и напорни имотни отклонения с диаметри до DN160 и дължини до 25 m. Техническата установка е компактна и лесно преместваема, също така позволява пускане от съществуващи шахти с диаметър 1000 mm и от сутерени на сгради. За включване на гравитационни клонове към ПС на НКС следва да се обърне внимание на прецизното насочване от стартовата площадка на сондажната глава. Също така леки или водонаситени почви могат да изменят наклона на траекторията.

2. Полуоткритият метод на полагане при НКМ може да намери приложение за участъци от тръбната мрежа преминаващи през зелени площи, при предварително прокарване на клон без да се свързват отклонения, а също при излизане на тръбопровода от населеното място с външен колектор. Този метод е приложим при леки почви и отсъствие на каменни включения над 5 – 10 cm.

3. Анализа на характеристиките на видовете безтраншейни методи показва, че най-висок потенциал за приложение в урбанизирани територии за полагане на магистрални клонове на НКС дава метода с управляемо хоризонтално сондиране (HDD).

4. Предложената систематизирана теоретична постановка за изпълнение с метод на управляемо хоризонтално сондиране спомага планирането на операциите, като предпоставка за надеждно изпълнение.

5. За изпълнението на задача за полагане на НКМ с HDD са формулирани два подхода за организиране и управление на проекта. За проектната фаза са идентифицирани фактори на влияние за икономии на средства и време.

6. За машините за изпълнение на HDD са формулирани технически характеристики, систематизирана е информация за 107 модела и са изведени обобщени характеристики на основни показатели.

7. За производителността на машините е направен обзор и обобщение на изследвания и е приложено преобразуване към метрична система на основни зависимости. Изследвания от 2009 и 2011 г. показват производителност от 13 до 23 m/h за глинести почви, 9 – 10 m/h за скални, 11 – 30 m/h за пясъчни пови.

8. За течностите за сондиране е анализиран състава и пропорциите и е формулирана методика за определяне на необходимото количество.

9. Основна технологична характеристика на метода с HDD е способността за управление на посоката на движение, поради тази причина е разработена подробна теоретична постановка за методите за установяване на местоположението и ориентацията на сондажната глава. За технологията на локиране е съставена схема с технологичните процеси в подготвителни, спомагателни и основни групи. Към технологията за локиране са разгледани стандартен метод за локация, локация с проследяване в движение, локация с отместване, целево управление.

ГЛАВА 5. Анализ на технологични методи за изпълнение на НКС

В настоящата глава е извършен анализ на технологичните варианти от Глави 3 и 4. За основният линеен елемент на системата, магистралните клонове, съществува възможност за изпълнение по открит способ и с безтраншейни методи (управляемо хоризонтално сондиране), именно тази вариантност е предмет на изследване.

За подбора на оптимални технологични решения в настоящото изследване като критерии за ефективност са приети минимална стойност на единица продукция (линеен метър) и минимално време за изпълнение. В настоящото изследване, когато се говори за разход за механизация, се разбира обобщен показател, към който са включени и капиталните разходи, в този смисъл под стойност се разбират приведените разходи.

В началото на главата е извършено теоретично обобщение и съставяне на методики за изчисление на компоненти влияещи на фактора стойност. За фактора време на изпълнение теоретичната основа е разработена в Глави 3 и 4. За открития способ новост е приложението на разработената категоризация на модели на водещи машини за изследване на разходите за механизация при извършване на земни работи от по-широк набор от актуални машини отколкото са налични в съществуващите източници. За категориите водещи машини е извършен анализ за предварителен подбор на оптимално решение за открито полагане, което е включено в окончателния анализ при сравнението с безтраншейният метод.

За безтраншейното полагане е извършена серия от процедури за установяване компоненти на себестойността. Систематизирани са параметри и цени на машини, производителност. Анализирани са състава на звено и е предложена методика за изчисляване на разходите за работна ръка. Съставени са варианти на разходни норми и единични калкулативни цени за полагане на тръби с диаметри DN32 – 100.

В крайната част на главата е извършено изчисляване на факторите на ефективност за полагане с открит способ и безтраншейно полагане с управляемо хоризонтално сондиране и технико-икономически анализ на вариантите.

5.1. Методика за определяне на себестойността на единица продукция

В България за НКС няма разработени разходни норми, също така към настоящия момент няма практика да се следят и обработват справочни цени в изданията на СЕК. Що се отнася до изпълнението на тръбопроводите, като първо приближение могат да се приложат данните от „Външни водопроводи и канализации“ (СЕК, 2011) за полагане и свързване на водопроводни полиетиленови тръби и части. Тези норми са за челно свързване на тръбите, поради което представлява интерес за бъдеща разработка извеждането на данни за други разпространени методи на монтаж.

Себестойността на единица продукция или обозначаваща още като единична цена, анализна цена, калкулативна цена се определя по формулата:

$$UP = LC + EC + AC + MC + P + VAT \quad , \quad (5.1)$$

където:

UP (Unit Price) е единичната цена; LC (Labour costs) са разходите за работна

ръка; EC (Equipment costs) са разходите за механизация; AC (Additional costs) са допълнителни разходи; MC (Material costs) са разходите за материали; P (Premium) са начисления; VAT – ДДС.

Разходите за машини, в машиносмени или машиночасове, се групират в две категории (Фиг.5.5): инвестиционни разходи (разходи за притежаване) и оперативни разходи. В България през предходни периоди са прилагани официално утвърдени принципи на ценообразуване, на база нормативни документи като „Правилник за икономически механизъм“, „Правилник за капитално строителство“, наредби за ценообразуване и за цените. Методологията е изложена в „Наръчник по ценообразуването в капиталното строителство“. В пазарни условия, въпросите засягащи сметки и цени не се уреждат с нормативни документи. Издателство СЕК публикува периодични актуализирани цени. В наръчници на някои фирми производители на строителна механизация, с цел предвиждане на себестойността за притежаване и работа, са дадени указания и форми.

В дисертационният труд са разработени и приложени блок-диаграми за методика на НЦКС и СЕК (Методика 1) и за метод, базиран на факторите, описани в наръчника Komatsu Specifications & Application Handbook 2009 Edition 30 (Методика 2).

5.2. Аналитично изследване на разходите за механизация за водещи машини при изпълнение на изкопи по открит способ

Цел на изследването е да се разгледат варианти за изпълнение на траншейни изкопи за магистрална мрежа на НКС с еднокошови хидравлични багери с обратна лопата, разделени в категории съгласно класификацията в Глава 3 и да се направи оценка за оптималност на на база цена и време за изпълнение.

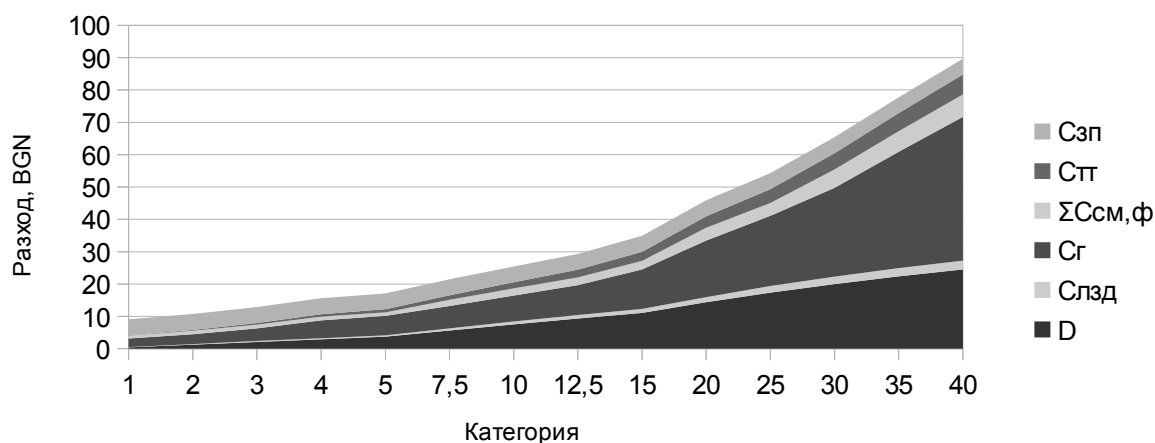
Резултата от обобщение на средни цени на строителна механизация, продажна (набавна) цена $C_{пр}$, е представен в Табл.5.1. Като гранично условие са разглеждани машини до 40 t, източник: <http://www.constructionequipment.com/>; <http://equipmentwatch.com/>.

Таблица 5.1. Средна цена на хидравлични багери по категории

Категория	-	1	2	3	4	5	7.5	10
Средна цена	BGN	11 135	33 821	56 192	78 246	99 984	152 945	203 929
Категория	-	12.5	15	20	30	35	40	
Средна цена	BGN	252 937	299 968	388 100	468 326	540 645	605 058	661 564

Резултата за разхода за строителна механизация ЕС за изпълнение на траншейни изкопи е представен на Фиг.5.1. При категории 1 – 4 съществен показател за формиране на разхода е часовата ставка за оператора с разпределение над 30 % от общата стойност за дадената категория. Разходите за текущ ремонт и текуща поддръжка, при приетите условия формират 1.1 – 8.0 %. Разхода за смазочни материали и филтри е до 10.3 % при категория 1 и средно 8.3 % при другите. Разхода за гориво е съществен за всички категории – 28.3 % до 49.6 %. Разхода за лихви, застраховки, данъци оказва малко влияние при приетите постановки с до 3.7 %. Амортизацията за категории 1 – 4 формира 4.5 – 18 % от общата стойност, докато за следващите категории оказва съществено влияние

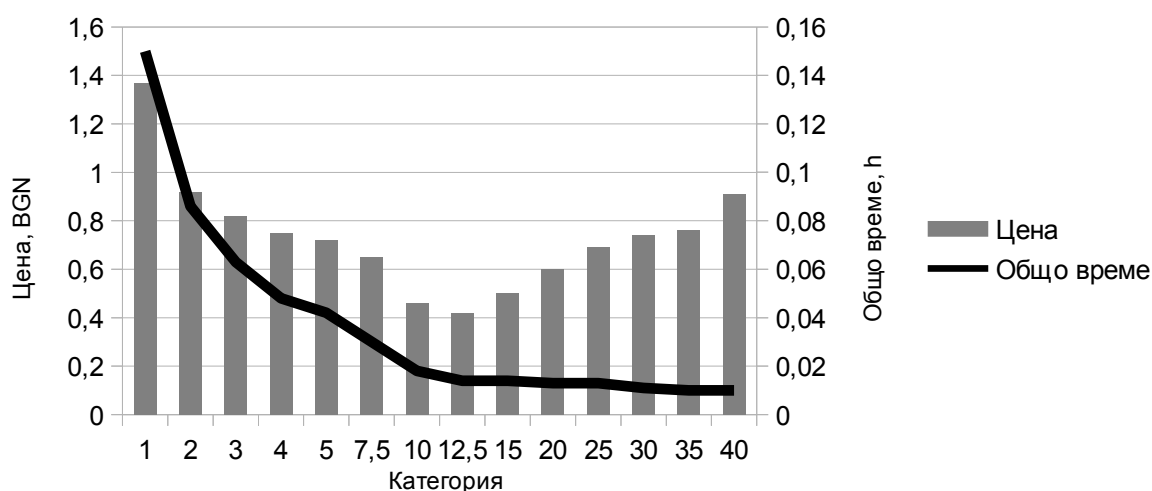
(средно 29.1 %).



Фиг.5.1. Разход за строителна механизация (Водеща машина)

5.3. Факторен анализ за подбор на оптимално технологично решение за изпълнение по открит способ на траншеи за магистрални клонове на НКС

Разглеждайки показателя време (Фиг.5.2) при категории под 7.5 се регистрира увеличение над 2 пъти, докато за категории над 20 поради приетия минимален по обем работен орган заради ограничение в широчината, не може да се реализира повишаване на производителността. Спрямо цената (Фиг.5.14) категории 10 и 15 се намират под 18.5 % над минималната, докато при категория 7.5 се регистрира увеличение на цената с 50%. Следователно може да се направи извод, че оптимални по отношение на цена и време за изпълнение на траншеен изкоп с дефинираните размери са хидравлични багери с маса над 10 t и до 20 t (категории 10, 12.5 и 15).



Фиг.5.2. Цена и време за изпълнение на 1 m³ по категории багери

5.4. Аналитично изследване на разходи за труд при изпълнение с управляемо хоризонтално сондиране

В настоящото изследване към разходите за механизация на машините е включена ставката за съответния оператор. Заплащането на техническия ръководител не е включвано. Приетият състав на звеното е: HDD оператор: 1 (към разход за механизация); оператор на система за смесване на сондажната течност: 1 (към разход за механизация); оператор на вакуум цистерна: 1 (към разход за механизация); HDD работник: 2 (към единична калкулативна цена); локатор: 1 (към единична калкулативна цена като фракция от времето за работа по предварително приета дължина на участък).

В Табл.5.2 е дадена извадка от средните часови ставки за изследваните от Sarireh обекти и приведени стойности за България с приет еквивалент 1 за оператора на багер. За базова ставка е приета пазарната цена от СЕК Строителен обзор 2015/11. За оператора на HDD машината и локатора е прието завишение до 50% за да се отчете необходимостта от висока квалификация на персонала, като ключов фактор влияещ върху производителността.

Таблица 5.2. Средни часови ставки

Длъжност	Ставка Sarireh, 2011	Еквивалент	Базова ставка, СЕК	Еквивалент	Ставка
	USD/h	-	BGN/h	-	BGN/h
HDD Оператор	23.00	1.18		1.50	7.39
HDD Работник	15.00	0.77		0.77	3.79
Оператор на система за сондажна течност	16.20	0.83		0.83	4.09
Оператор на багер	19.50	1.00	4.93	1.00	4.93
Механик	19.00	0.97		0.97	4.80
Оператор на вакуум цистерна/водна цистерна	-	-		0.83	4.09
Помпиер	16.00	0.82		0.82	4.04
Технически ръководител	30.00	1.54		-	-
Локатор	-	-		1.50	7.39

5.5. Аналитично изследване на разходи за механизация при изпълнение с управляемо хоризонтално сондиране

Целта на изследването е да се извърши методическо прецизиране и извеждане на числени стойности на структурата на себестойността за единица продукция при използване на безтраншеен метод с управляемо хоризонтално сондиране. Механизацията, която е изследвана, включва:

- водеща машина – машина за управляемо хоризонтално сондиране категории Mini-HDD и Midi-HDD;
- подчинена машина 1: система за смесване на сондажна течност (Mud Mixing System/Tank);
- подчинена машина 2: вакуум цистерна (Vacuum System).

Извършено е обобщение на цени на строителна механизация за HDD. За

източници са използвани: Najafi, M. Trenchless technology: Planning, Equipment, and methods. 2012; CIMT, DEFY, XCMG (нова техника); <http://www.machinerytrader.com/> (втора ръка); <http://www.hddbroker.com/> (втора ръка). Цените на нови с източник Najafi са означени като Mini HDD_{Najafi,Lo} и Mini HDD_{Najafi,Hi}, съответно долна и горна ценова граница. В изследването е включена група за нови машини на няколко китайски производителя, на база получени оферти с цени, те са означени с Mini HDD_{Chi}. От описаните източници за техника втора ръка са извлечени данни за 227 HDD машини, 20 Mud Mixing Systems и 30 Vacuum Systems. Цените на машини втора ръка са в границите 20 802 – 225 352 BGN за Mini-HDD и 26 002 – 42 4701 BGN за Midi-HDD, годината на производство по десетилетия: 1990: 19%, 2000: 48%, 2010: 33%. Средната възраст на Mini-HDD е 11 години, а Midi-HDD – 8 г.

При системите за смесване на сондажна течност средната възраст е 11 години. Цените са от 4 777 до 37 349 BGN, средната – 16 229 BGN. За вакуум цистерните средната възраст на машините е 9 години. Цените са от 13 029 до 99 888 BGN, средната – 43 736 BGN.

Таблица.5.3. Разход за строителна механизация (Обобщение)

№	Категория	Общо инвестиционни разходи	Общо оперативни разходи	ОБЩО
-	-	$\Sigma C_{ир}$	$\Sigma C_{оп}$	ЕС
		BGN/h	BGN/h	BGN/h
1	Mini HDD _{Najafi,Lo}	38.60	24.58	63.18
2	Mini HDD _{Najafi,Hi}	57.78	57.77	115.55
3	Mini HDD _{Chi}	24.22	38.46	62.68
4	Mini HDD _{Sec}	22.94	35.10	58.04
5	Midi HDD _{Sec}	43.12	66.49	109.62
6.1	MMS _{Sec} (към Mini HDD)	3.71	8.65	12.37
6.2	MMS _{Sec} (към Midi HDD)	3.96	8.65	12.61
7	VS _{Sec}	10.04	17.91	27.95

Резултата от проведеното изследване на разхода за механизация е даден в Табл.5.3 при предпоставки за набавна цена съгласно; остатъчна стойност 20%; годишно натоварване 400 часа; амортизационен период 10 години; процентна ставка за застраховка; фиксиран годишен компонент за данъци – прието е прехвърляне на част от пътния данък, винетна такса и такса за ГТП на транспортното средство, което обслужва машините, за системите за смесване на сондажна течност, които обслужват нови HDD машини в ниския ценови клас няма фиксиран компонент, защото системата се побира и превозва заедно с водещата машина в едно ремарке; часови разход на гориво; допълнение за филтри 50 %; часова ставка оператор.

5.6. Съставяне на разходни норми и единични калкулативни цени за изпълнение с безтраншеен метод с управляемо хоризонтално сондиране

Предмет на изследване: CMP за полагане на НКС с HDD

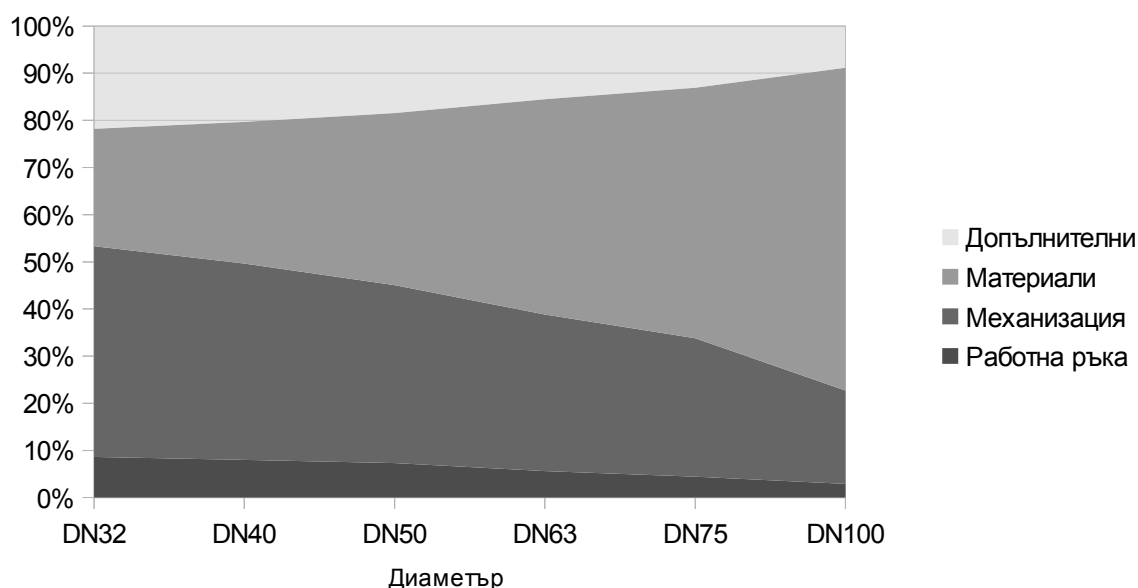
Изходни данни: общи разходни норми, цени на материали и ресурси, единични калкулативни цени описани в Приложение 1 , Табл.П1.12 – П1.16; производителност

на HDD машини; себестойност на HDD; специфични разходни норми за HDD съгласно постановки от Глава 4.

Входни параметри: Диаметър на инсталирания провод (за разходни норми и единични калкулативни цени): DN32 – DN100; Диаметър на инсталирания провод (за решаване на задача за количества и стойности на СМР): DN100; Материал: HDPE; Форма на доставяне: на кангал; Осова дълбочина на полагане (1.50 m покритие над тръба с диаметър DN100): 1.55 m; Отвори на шахти (В x L x Н) 1.00 x 1.00 x 1.60 m; Коефициент на разбухване на почвата: 1.25; Отношение на механизирано към ръчно изкопаване (на шахти): 100 : 0 %.

Гранични условия: изпълнение с Mini- и Midi-HDD машини; глинести почви; работни участъци за извеждане на дялови СМР: 20 m.

Конфигурациите на сондиране (дължина на сондажната тръба и диаметър на главата) за съставяне на разходни норми и единични калкулативни цени включват 19 варианта. За систематизирано представяне на вариантите са въведени два индекса А и В, с които се дефинират съответно конфигурацията за пилотния сондаж и за обратното изтегляне.



Фиг.5.3. Разпределение на разходите

При изчисляването на разхода на материали са приети статични пропорции, които са посочени от производители и специалисти (Baroid, Cetco, JetLube, Mi SWACO), като подходящи за т.нар. „нормални условия“ и при използване на прясна вода. В реални условия сместа ще се различава в зависимост от характеристиките на почвените пластовете. Съответните разходи за пилотен сондаж, обратно изтегляне и общи са дадени в Приложение 2, Табл.П2.9 – П2.11.

Съставени са 19 варианта на разходни норми, поместени в Приложение 2, т.П2.7. Единичните калкулативни цени са дадени в Приложение 2, т.П2.8. За диаметри DN63, DN75 и DN100 разликата при изпълнение с Midi- спрямо Mini-HDD машини е съответно 17.7%, 14.0% и 9.7%. Разпределението на разходните

компоненти е дадено на Фиг.5.3.

При формирането на разходните норми са приети определени предпоставки за някои от параметрите - разхода за работна ръка е равен на разхода на водещата машина; разходите на материали за сондажна течност могат да се отличават в зависимост от почвените условия. Следователно интерес представлява влиянието на отделните фактори върху крайната цена. За единичните калкулативни цени с код B.X11 (DN32), B.X14 (DN63) и B.X16 (DN100) резултат (върху крайната цена) от промяната с +1% по отделно на разходите за работна ръка, механизация и материали (за сондажна течност, без тръбопровода) са дадени в Табл.5.4.

Таблица 5.4. Влияние върху крайната цена при промяна на факторите с 1 %

ЕКЦ	$\Delta_{+1\%}$		
	Работна ръка	Механизация	Материали
B.X11	0.086 %	0.445 %	0.118 %
B.X14	0.061 %	0.316 %	0.124 %
B.X16	0.033 %	0.172 %	0.151 %

За малките и средни диаметри ключов фактор е разхода за механизация с разхода за материали (за сондажна течност) на второ място. Разхода за работна ръка за всички диаметри оказва около 5 пъти по-малко влияние от разхода за механизация. Граници на влияние на факторите за промяна на крайната цена с 5 % и 10 % са дадени в Табл.5.5.

Таблица 5.5. Граници на влияние на факторите за промяна на крайната цена с 5 % и 10 %

ЕКЦ	Работна ръка		Механизация		Материали	
	$\Delta 5 \%$	$\Delta 10 \%$	$\Delta 5 \%$	$\Delta 10 \%$	$\Delta 5 \%$	$\Delta 10 \%$
B.X11	61.3 %	129.3 %	11.8 %	24.9 %	44.6 %	94.1 %
B.X14	86.5 %	182.6 %	16.6 %	35.1 %	42.5 %	89.8 %
B.X16	159.2 %	336.0 %	30.6 %	64.6 %	34.9 %	73.6 %

5.7. Подбор на оптимални технологически решения

В настоящото изследване основни работни фактори (критерии) за ефективност на технологично решение са стойност и време за изпълнение. За стойността на изпълнение CC е приета следната структура:

$$CC = \sum C_{CMP} + \sum (C_{\text{доставка}} + C_{\text{извозване}} + C_{\text{депониране}}) + \sum C_{\text{системно оборудване}}, \quad (5.2)$$

където:

C_{CMP} е разхода за изпълнение на CMP; $C_{\text{доставка}}$, $C_{\text{извозване}}$ и $C_{\text{депониране}}$ са компоненти транспортни разходи и операции по управление на строителни отпадъци за материали като асфалтобетонена смес, фракция каменна, земни маси и др.; $C_{\text{системно оборудване}}$ са разходите за елементи монтирани в канализационната система.

За дадена CMP, разхода с определя по формула:

$$C_{CMP} = UP \prod_{i=1}^n a_i \cdot \prod_{i=1}^m k_i, \quad (5.3)$$

където:

UP (Unit Price) е единичната цена от (5.1.). За целите на изследването към нея няма да бъдат включвани компоненти за начисления и ДДС; a_i са линейни размери с чиято помощ се формира обема на СМР, $n=\{1, 2, 3\}$; k_i са специфични корекционни коефициенти, например за отчитане раздухването на изкопани земни маси.

Фактора време за изпълнение попада в обхвата на теория на организация на строителството и принципите за проектиране на строителни потоци. В настоящото изследване се разглежда дискретен елемент на цялостния поток (изпълнение на 1 линеен метър), поради което е възприета постановка на синтетично изчисление на база логическа последователност на простите строителни процеси в СМР.

За оценка на оптималност е въведена целева функция:

$$f(x, y) = \left(\frac{x_2 - x_1}{x_1 + x_2} \right) + \left(\frac{y_2 - y_1}{y_1 + y_2} \right), \quad (5.4)$$

където: x_1 и x_2 са стойностите на изпълнение; y_1 y_2 са време за изпълнение. При $f(x, y) > 0$ оптимален е методът с параметри $\{x_1, y_1\}$.

За изчисляване на време за изпълнение за отделните операции е съставена таблица с позиции работна ръка и механизация. От нормовремената за ЕКЦ (Табл.П2.8, Приложение 2) и обема на работата са изчислени необходимите дискретни времена. След това е извършено разпределение на база логическа последователност на простите строителни процеси в СМР. Общото време при открит способ е 6:45 h, а при безтраншеен метод 0:34 h.

Резултата от изчислението на количествено стойностна сметка за изпълнение по открит способ и по безтраншеен метод е дадена в Табл.5.6. Изграждането на 1 m напорен канализационен клон HDPE DN100 mm SDR11 по открит способ спрямо безтраншеен метод, при приетите условия, струва 151.98 BGN срещу 42.18 BGN или отношение 3.6:1. Откритото полагане дава възможност да се изпълнят и отклонения, докато при другия метод е необходимо изпълнението на допълнителни шахтови изкопи, но при добавяне например на 2 бр. шахти 1.0x1.0x1.6 m в рамките на 20 метров участък промяна на цената за 1 m е до 51.60 BGN, т.е. остава два пъти по голям резерв до цената на откритото полагане. Ако при открития способ вместо плътно укрепване се приеме изпълнение на сегменти с щит, то цената става 127.08 BGN.

Таблица.5.6. Количествено стойностна сметка за изпълнение по открит способ

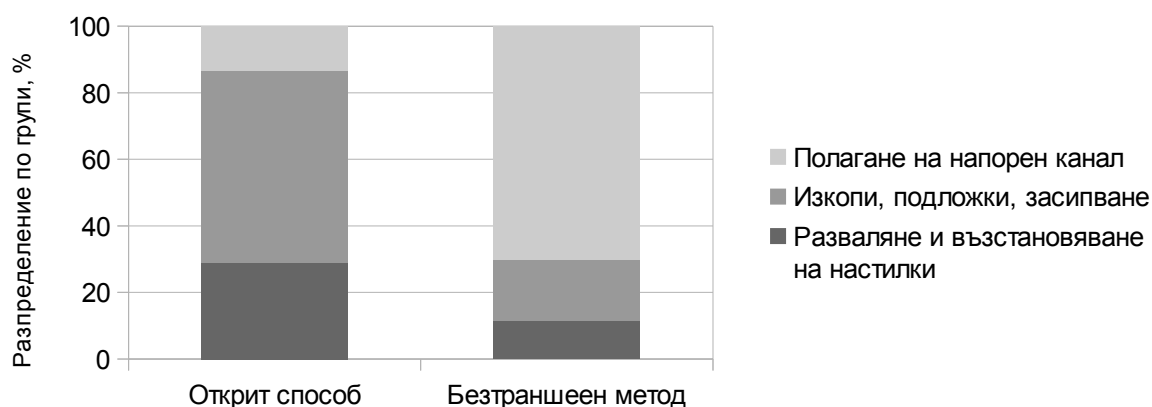
№	Група	Открит способ	Безтраншеен метод
		BGN	BGN
I.	Разваляне и възстановяване на настилки	43.77	4.86
II.	Изкопи. подложки. засипване	88.13	7.69
III.	Полагане на напорен канал	20.07	29.63
	ОБЩО:	151.98	42.18

За двата метода разпределения на разходите в групите „Разваляне и възстановяване на настилки“ и „Изкопи, подложки, засипване“ са приблизително еднакви, поради сходната им структура. Следователно промяна на някои от параметрите ще доведе до правопрпорционални изменения в крайната цена.

В Табл.5.7 са дадени стойности на изменението на отношението между крайната цена на изпълнение по двата метода при промяна с 10% на цената на някои от компонентите. Максимум от 1.6 % е отчетен при комбинирано действие.

Таблица 5.7. Изменение на отношение между крайната цена

Ресурс	Цена, BGN		Стойност на изпълнение, BGN		Отношение $k = C_1 / C_2$ (при $k_e = 3.60$)	Промяна на отношение Δk
	Еталон	Изменение +10%	Открит способ C_1	Безтраншееен метод C_2		
Работник 23-2	4.90	5.39	154.33	42.38	3.64	+1.1%
Багер категория 15	279.14	307.05	152.27	42.21	3.61	+0.3%
Превоз на асфалт + земни маси	5.86	6.45	153.19	42.30	3.62	+0.6%
Общо (комбинирано действие)			155.83	42.53	3.66	+1.6%



Фиг.5.4. Процентно разпределение на разходите спрямо общата стойност по групи

Процентно разпределение на разходите по видове компоненти спрямо общата стойност показва, че група „Изкопи, подложки, засипване“ при открития способ заема над половината от разходите и заедно с „Разваляне и възстановяване на настилки“ формира над 80 %. При безтраншейният метод отношението е обърнато и ключов фактор представляват компонентите за полагане. Обобщено процентно разпределение на разходите спрямо общата стойност по групи е дадено на Фиг.5.4.

Анализа на процентното разпределение по групи показва, че оптимизация на технологията на изпълнение по открит способ може да се търси посредством редуциране на обема изкопни работи с редуциране на дълбочината на полагане на напорния канал, за което ще са необходими промени в Наредба № 8 за правила и норми за разполагане на технически проводи и съоръжения в населени места. Ако се приеме 80 cm покритие срещу замръзване с DN100 и 15 cm подложка дълбочината на траншеята е 1.05 m и съответно разхода се намалява на 121.80 BGN (-24%).

При приетите изчислителни предпоставки безтраншейният метод на

изпълнение има ясно изразено финансово предимство. Ако стойността при открит способ се приеме за фиксирана и се постави граница за икономическа ефективност 90% от тази стойност, то за компонента „Полагане на напорен канал“ при безтраншеен метод остава резерв за увеличение 319 %. Тази стойност предоставя сравнително широка граница за покриване на неотчетени в използваната методология разходи и за осигуряване на допълнително предимство при анализ на разходната ефективност при разглеждане на варианти на системи (спрямо гравитационни мрежи).

Стойността и за двата метода остава под нивата на изпълнение на конвенционален гравитационен канал по открит способ. За изграждането на 1 m гравитационен канализационен клон PE DN250 mm SN4 струва 261.76 BGN, като следва да се отбележи, че цената на гравитационният канал е приета за минимален диаметър и с покритие близко до минималното, като се очаква повишаване заради наклоните и увеличаване на диаметрите.

Целевата функция (5.18) за изчислените в т.5.7.1 и т.5.7.2.1 стойности на разходите и времената за изпълнение има следния вид:

$$f = \left(\frac{42.18 - 151.98}{151.98 + 42.18} \right) + \left(\frac{34.66 - 405.66}{405.66 + 34.66} \right) = -1.408 ,$$

следователно и с отчитане на комбинирано влияние на стойността и времето безтраншейният метод е по-ефективен.

Изводи

1. За себестойността на СМР при изпълнение на НКС са анализирани съставните части за разход на труд, материали, механизация и допълнителни разходи. За разходите за механизация са предложени два варианта за аналитично изчисление и блок-схеми. Към метода на база KS&AH (Методика 2) е съставено алгоритмично решение към програмния апарат (разгледан в Глава 6).

2. За категориите багери, като водещи машини при изпълнение на изкопи по открит способ, е направена извадка за средни продажни цени и са изведени числени стойности за разхода за машиночас. Анализ на разпределението на компонентите показва, че за всички категории съществен фактор е разхода за гориво (средно 36 %). Друг съществен фактор при ниските категории багери е часовата ставка за оператора (кат. 1 – 4: > 30 %), докато при високите категории багери това са амортизационните отчисления (средно 29 %).

3. Анализ на времето за изпълнение на траншейни изкопи за магистрална мрежа на НКС с еднокосови хидравлични багери с обратна лопата показва, че оптимални по отношение на цена и време за изпълнение на траншеен изкоп с дефинираните размери са хидравлични багери категории 10, 12.5 и 15.

4. За безтраншейният метод на изпълнение с управляемо хоризонтално сондиране изследването показва, че за обекти със сравнително малки диаметри и дължини с използване на Mini- и Midi- машини звеното се състои от 1 оператор на водещата машина, 1 оператор на системата за смесване на сондажна течност, 1 оператор на вакуум цистерна, 2 работника и локатор. За отделните позиции са

изготвени часови ставки. Предложено е завишаване с 50% на ставките на оператора на водещата машина и локатора спрямо еталонните стойности, поради ключовата роля за определяне на производителността на системата.

5. За изчисление на разходи за механизация при изпълнение с управляемо хоризонтално сондиране са събрани и обобщени данни за цени на строителна механизация и разходни стойности за консумативи и горива.

6. За решаване на задача за определяне на себестойността на 1 m от напорен канализационен клон са съставени разходни норми за диаметри DN32 – DN 100 mm с Mini- и Midi- машини. За диаметри DN63, DN75 и DN100 разликата при изпълнение с Midi- спрямо Mini- машини е съответно 17.7%, 14.0% и 9.7%. За малките и средни диаметри ключов фактор е разхода за механизация, следван от разхода за материали. За DN100 разхода за материали е 68 % от общия и над три пъти по-голям от разхода за механизация. Разхода за работна ръка за всички диаметри оказва около 5 пъти по-малко влияние от разхода за механизация.

7. За подбор на оптимални технологически решения е предложена целева функция за ефективност на технологично решение с фактори: стойност и време за изпълнение.

8. Извършен е анализ за подбор на оптимално технологично изпълнение между открит способ и безтраншеен способ с управляемо хоризонтално сондиране. Резултатите от изчислението на стойност на изпълнение показват предимство на безтраншейният метод в отношение 1:3.6. За времето за изпълнение отношението е 1:11.7.

9. Структурата на отношението на разходните компоненти в групите СМР „Разваляне и възстановяване на настилки“ и „Изкопи, подложки, засипване“ е сходна за двата метода на изпълнение, следователно не оказва съществено влияние за определяне на оптималност.

10. Анализа на процентното разпределение по групи показва, че оптимизация на технологията на изпълнение по открит способ може да се търси посредством редуциране на обема изкопни работи с редуциране на дълбочината на полагане на напорния канал, за което ще са необходими нормативни промени.

11. При безтраншейният метод компонента „Полагане на напорен канал“ разполага с резерв от 319 % до достигане на 90% от стойността на полагане по открит способ.

12. При отчитане на комбинирано въздействие на фактори себестойност и време за изпълнение безтраншейният метод е по-ефективен.

ГЛАВА 6. Експериментално изследване на структура и характеристики на НКС

6.1. Цел и задачи

Цел на експерименталното изследване е оценка на приложение на НКС с използване на инженерна методика за компютърно моделиране на топологична структура. Обект на изследване: Урбанизирани територии в Р.България без редовно изградена и въведена в експлоатация канализация. Предмет на изследване: СО "Витоша", кв. Симеоново.

6.2. Програмен модел и апарат

Причина за разработване на собствен модел и апарат е липсата на достъп до специализирани системи. Също така съставянето на българска разработка, би дала възможност за по-прецизно отразяване на специфичните изисквания на регионалните нормативни документи и технически институции.

Програмния модел е заложен на базата на теоретичните зависимости изведени в Глава 2. Програмният апарат представлява интегрирана платформа включваща реализация на алгоритмите заложен в модела и допълнителни елементи функционални елементи. В зависимост от предназначението си структурите на апарата са организирани в следните 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).

6.3. Провеждане на практически експеримент

6.3.1. 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. Към дисертационният труд е проведен практическо експериментално изследване за оценка на приложение на НКС с използване на разработения апарат в границите на кв.Симеоново.

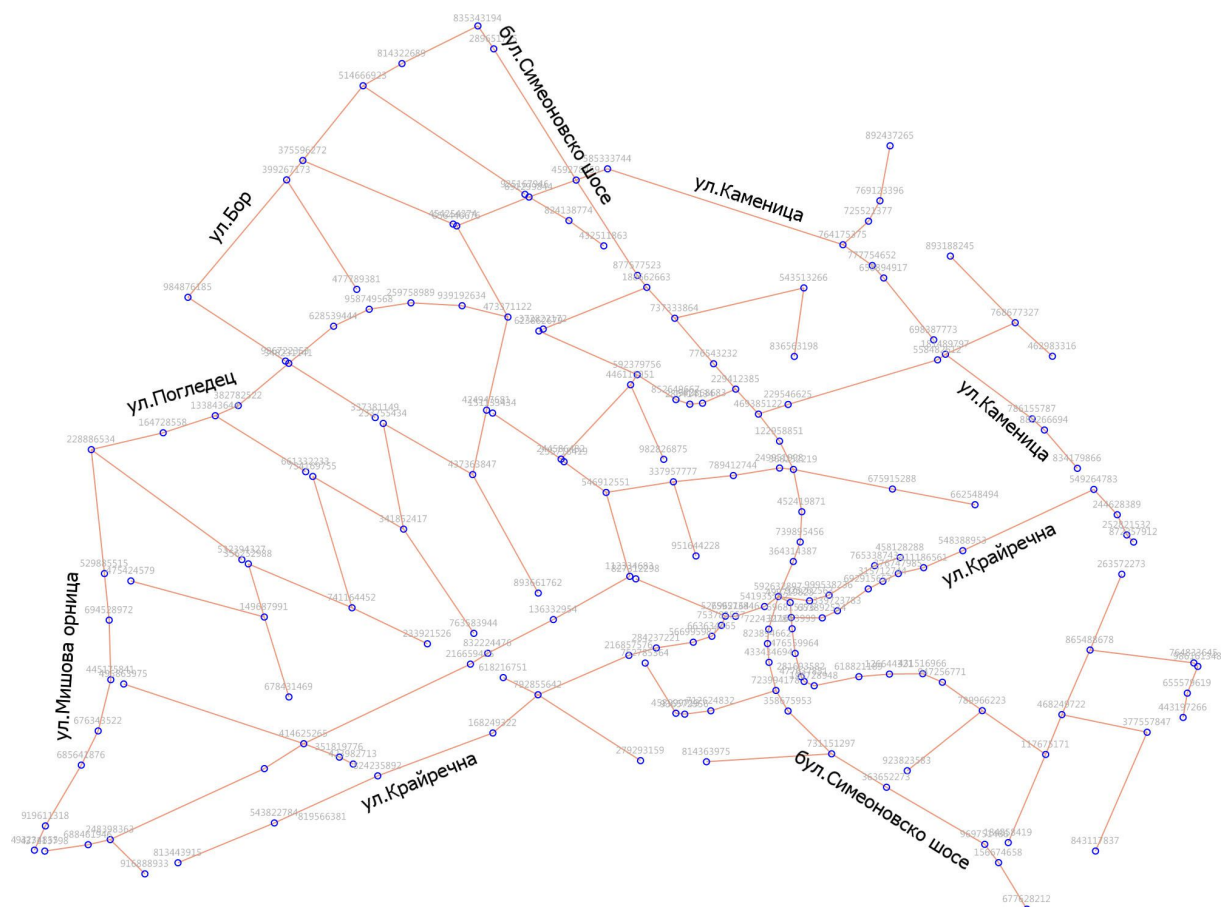
6.3.2. Подготовка

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.

Програмно е създаден набор от структурни слоеве за върхове и връзки на топология. 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.

6.3.6. Съставяне на топология



Фиг.6.1. Топологична структура за кв.Симеоново

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 реализираният алгоритъм за синхронизиране изчертаната структура се пренася в проектния файл като топологична структура от върхове с географски координати и ребра. Към програмният апарат съществуват функционалности за откриване на нови елементи, премахване на изтрита 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 (Фиг.6.1).

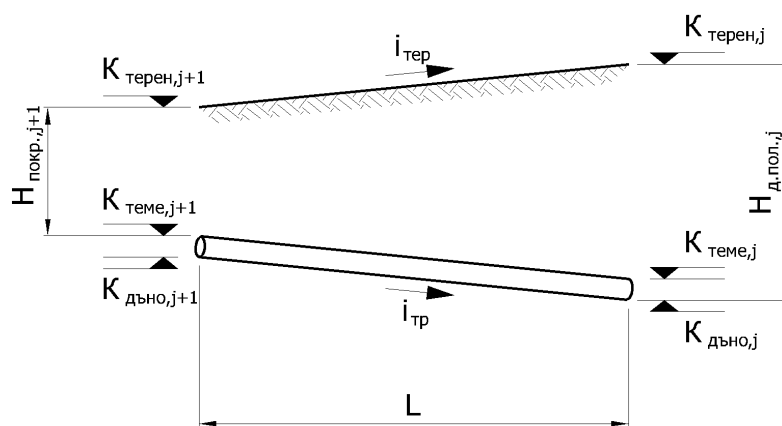
6.3.4. Ролеви модел и модел на състояние

Дефинирането на ролеви модел дава възможност да се фиксира предназначението на елементите на топологията. Модела на състояние е свързан с

даден ролеви модел и дава възможност за дефиниране на елементи като съществуващи, съществуващи непроменливи, планирани, планирани непроменливи, условни. Ролевият модел се задава посредством изчертаване на нови графични елементи в набор от генерирани слоеве в графичния файл, състоянието се задава посредством цветово кодиране.

6.3.5. Критерий за оценка на приложимост на НКС

За фаза на предварителни проучвания разработения критерий за оценка се базира на сравнение на средният 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 обратния случай, при който за гравитационна канализация се получава увеличаване на изкопните работи. Низходящ терен се записва с положителен наклон, възходящ с отрицателен.



Фиг.6.2. Теоретична постановка на Ниво 4

Ниво 0 отговаря на благоприятни теренни условия за полагане на гравитационна канализация, т.е. тръбопровода 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 индикира 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.6.2):

- 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 проводни и съоръжения в населени места“;

- дефинирани са еталонен диаметър на гравитационен клон D и минимален наклон на полагане $i_{тр}$.

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

$$K_{теме, j+1} = K_{терен, j} - H_{д.пол, j} + D + L_{j, j+1} \cdot i_{тр}, \text{ m}, \quad (6.1)$$

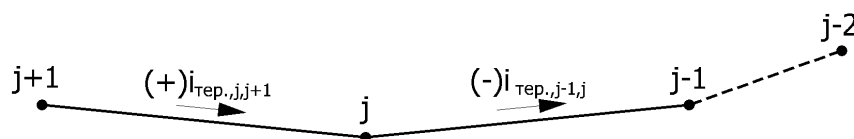
където:

$H_{д.пол, j}$, е дълбочината на полагане при j . За първият разглеждан участък $H_{д.пол} = H_{д.пол, max}$.

$$\text{Покритието при } j+1 \text{ е } H_{покр., j+1} = K_{терен, j+1} - K_{теме, j+1}, \text{ m}, \quad (6.2)$$

Ако е изпълнено условието $H_{покр., j+1} \geq H_{покр., min}$ е възможно приложение на гравитационен канал и участъка 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.

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.6.3), то са възможни два подхода: изграждане на гравитационен колектор, който да се заусти помпена станция на следващата напорна канализация; продължаване с напорна канализация.



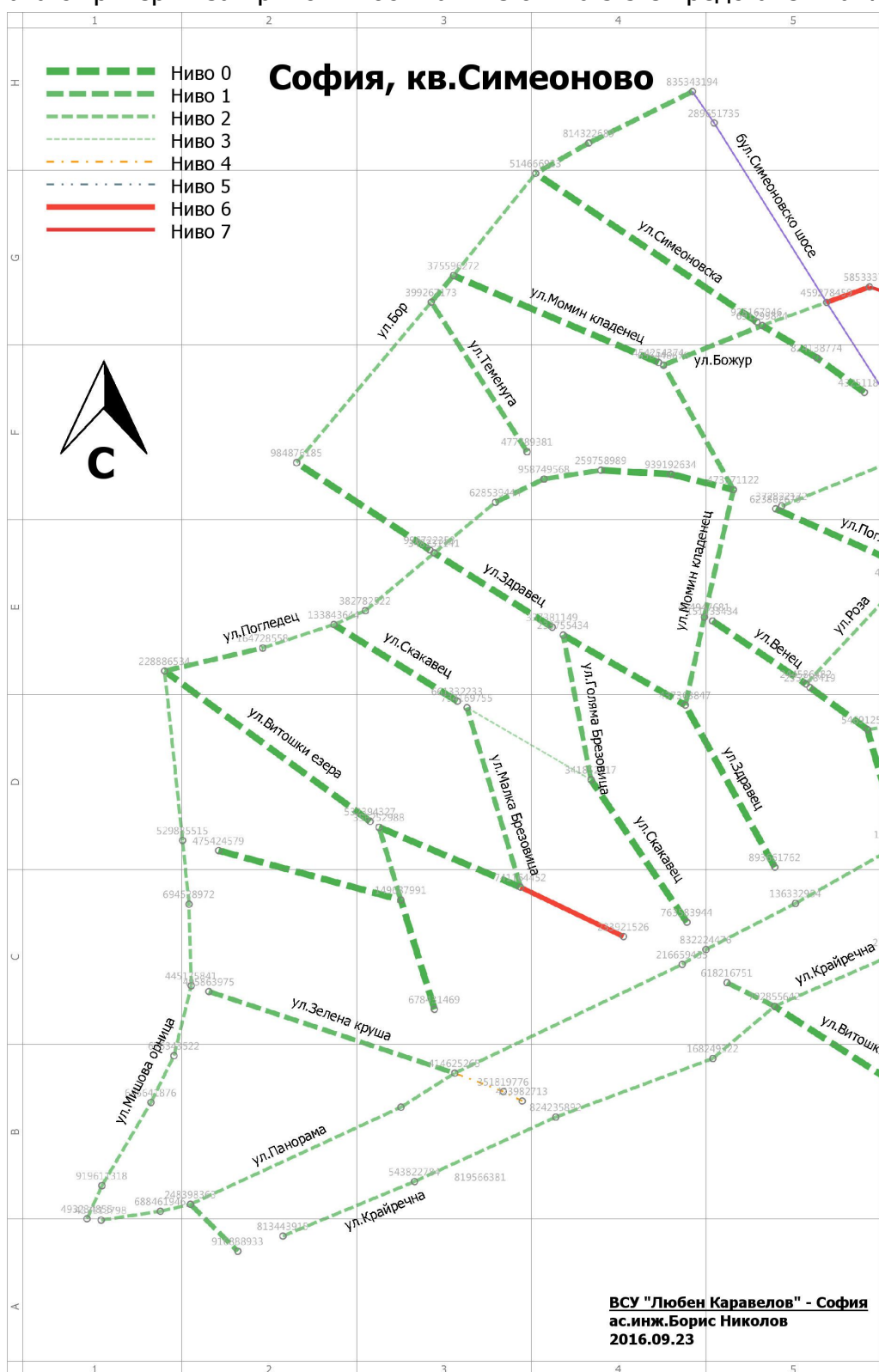
Фиг.6.3. Теоретична постановка на Ниво 6

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;
- 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).

6.3.6. Резултат

За разглежданата топологична структура на кв.Симеоново резултат от обработката с критерий за приложимост на НКС от т.6.3.5 е представен на Фиг.6.4.



Фиг.6.4. Резултат от анализ на приложимост на НКС за кв.Симеоново, София

Анализа на резултатите показва, че района 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 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.6.2.

Таблица 6.2. Клонове с НКС

Клон	Обхванати улици	Начална точка	Заустване	Дължина	Абсолютна денивелация	Обща възх. денивелация
				m	m	m
1	Шумака	892437265	764175375	113	10.0	10.0
2	Каменица	698387773	459278459	348	10.9	11.1
3	Шумака-Вит.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 ливади - Еминица	843117837	468249722	200	-6.6	4.5
13	-	752785364	458999713	58	2.9	2.9

Реализираното инженерното решение дава резултат, като първо приближение на база формираната научна методика за оценка на техническа приложимост на база топологична структура на системата. Съставянето на самата структура на конкретна канализационна система предоставя възможност за включване на допълнителни стъпки за оценка, напр. посредством генериране на количествени сметки за НКС и остойносттаване.

Изводи

1. Съставен е програмен модел за компютърно моделиране на топологична структура и са реализирани базови части от функционалната му структура (апарат).

2. Към програмния апарат е реализирано инженерно приложение на научна методика за оценка на техническа приложимост на база топологична структура на системата (т.6.3.5).

3. С програмният апарат е проведено е експериментално изследване за оценка на приложимост на НКС в кв.Симеоново, гр.София. Резултатите дават предложение за потенциално приложение по улици от източната част на бул. Симеоновско шосе с обща дължина 2658 m и средна денивелация (възходяща към заустването) 11.2 m.

Обобщени изводи

В съответствие с поставените цел и задачи на дисертационния труд и направения анализ на получените резултати, могат да се обобщят следните изводи:

1. Установено е, че системите с принудително транспортиране работещи на напорен принцип представляват технически възможно решение за изграждане на канализационна инфраструктура в слабо населени урбанизирани територии с равнинни или силно пресечени терени, зони под нивото на главния канализационен колектор, при неблагоприятни почвени условия, при поетапно развитие с отместване на финансовата тежест.

2. Предложена е методологична основа за генериране на структура и изследване на характеристики на НКС. За прецизиране на някои въпроси свързани с техническите параметри на елементите (брой едновременно действащи станции, необходимост от компресорни станции) е разкрита необходимостта от провеждане на натурни експерименти при местни условия за установяване на режима на оттока.

3. Разработена е технологията на изпълнение на НКС на база технически и технологични характеристики на елементите на напорни канализационни системи.

4. От безтраншейните методи при метод с радиално уплътняване и метод с управляемо хоризонтално сондиране е разкрит потенциал за приложение при полагане на тръбопроводи за НКС. Предложена е систематизирана теоретична постановка за изпълнение с метод на управляемо хоризонтално сондиране.

5. Съставено е първо приближение на разходни норми и единични калкулативни цени за полагане на полиетиленови тръби DN32 – DN 100 mm с метод на управляемо хоризонтално сондиране.

6. За подбор на оптимални технологически решения при сравняване на методи за изпълнение е предложена целева функция с фактори стойност и време за изпълнение.

7. Извършен е анализ за подбор на оптимално технологично изпълнение между открит способ и безтраншееен метод с управляемо хоризонтално сондиране за тръба DN100. Резултатите от изчислението на стойност на изпълнение показват предимство на безтраншейният метод в отношение 1:3.6. За времето за изпълнение отношението е 1:11.7.

8. За оценка на приложимост на НКС е предложена и реализирана в програмен апарат научна методика за техническа приложимост на база топологична структура на системата.

9. Резултата от проведения експеримент за оценка на приложимост на НКС за кв. Симеоново, гр.София показва потенциал за приложение на методиката в практиката на проектиране на канализационни системи за цели райони.

Претенции за научно-приложни приноси

1. Систематизирана е методика за генериране и изследване на структурата на НКС с оглед разширяване и обогатяване на системата за проектиране и моделиране на канализационни системи.
2. Технологията на изпълнение по открит способ е формализирана и структурирана с оглед усъвършенстване на технологичните процеси за проектиране и изпълнение по открит способ.
3. Изготвена е класификация на модели хидравлични багери с обобщени показатели.
4. Адаптирана е технологията за безтраншейно полагане за условията на страната ни.
5. Изведени са разходи за механизация и труд при изпълнение на НКС.
6. Предложени са разходни норми и единични калкулативни цени за изпълнение на НКС.
7. Представена е методика за подбор на оптимални технологични решения за изпълнение на НКС.
8. Разработен е програмен модел и апарат за провеждане на експериментално изследване.
9. На база оценяване на приложимостта са установени зони за приложение в изследван район на гр.София.

Насоки за бъдеща работа

При изградени напорни канализационни системи в Р.България следва да се проведат натурни наблюдения за режима на оттока към станциите, напр. посредством запис на нивата на напълване на резервоарите, и режима на работа на самите станции, посредством запис на електрическите величини от захранващия блок или на сигналите от блока за управление. Подобно изследване би спомогнало за по-прецизното проектиране на системите и на компресорните станции съгласно местните условия. Към програмният модел могат да се развият компонентите за моделиране и анализ на работата системите с оглед проиграване на сценарии и установяване на критични/неблагоприятни ситуации в експлоатационния режим и залагане на защитни механизми в системата за управление.

НКС могат да се разгледат като обект на управление, с цел да се формулира концептуална структура на възможните системи за автоматично управление и да се формулират задачи за оптимизиране режима на експлоатация. По този начин може да се реализира и по-пълно приобщаване на НКС в концепцията за устойчиво развитие и прецизиране на оценката за стойност на системата през целият жизнен цикъл („whole-life cost“, „life-cycle cost“).

Новосъставените разходни норми при изпълнение с управляемо хоризонтално сондиране са изведени теоретично с определени предпоставки и на база насоки от чуждестранния опит, поради което следва да се приемат като първо приближение и база. Преди разпространяване за публична употреба, параметрите следва да се калибрират с изследвания върху реални обекти в страната. Също така обхвата на разходните норми би следвало да се разшири към допълнителни видове почви, напр.

песъчливи.

Числените данни за разходите за механизация при управляемо хоризонтално сондиране в частта си инвестиционни разходи са изведени при определени предпоставки – приет амортизационен период, годишно натоварване и проучване за набавните цени в световен мащаб. При оперативните разходи разходите за ГСМ също са изчислени с определени предпоставки и указания от чуждестранен опит. Тук също би могло да се търси повишаване на точността с наблюдения за страната.

За установяване продължителността на работният цикъл при открито полагане с хидравлични багери може да се организира изследване за снемане на кинематични параметри на работният орган със сензорни модули от вида на GY-85.

Реализираното инженерното решение дава резултат на база формираната научна методика за оценка на техническа приложимост от топологична структура на системата. Съставянето на самата структура на конкретна канализационна система предоставя възможност за включване на допълнителни стъпки за оценка, напр. посредством генериране на количествени сметки за НКС и остойностяване.

Конкретното програмно решение за съставяне на топология на канализационната система 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 генериране (вкл. вариантност) на ребрата (участъците на мрежата) между върховете на база теоретични постановки за транзитивно ориентиране, минимално покриващо дърво, динамично оптимизиране и др.

Публикации по темата на дисертационния труд

1. Николов, Б. Алтернативни канализационни системи, В: Доклади XII Международна научна конференция ВСУ'2012, 7-8 юни 2012 г, София, ВСУ, 2012, 7-12 (ISSN: 1314-071X)
2. Николов, Б. Напорни канализационни системи – схеми и основни елементи, В: Доклади XII Международна научна конференция ВСУ'2012, 7-8 юни 2012 г, София, ВСУ, 2012, 7-12 (ISSN: 1314-071X)
3. Николов, Б. Интерполация на работна характеристика на помпа с естествен кубичен сплайн, В: Доклади XIII Международна научна конференция ВСУ'2013, 6-7 юни 2013 г, София, ВСУ, 2013, 13-18 (ISSN: 1314-071X)
4. Николов, Б. Сравнение на методи за приблизително изчисляване на коефициента на съпротивление на триене по дължина при турбулентен режим за кръгли тръби, В: Доклади XIII Международна научна конференция ВСУ'2013, 6-7 юни 2013 г, София, ВСУ, 2013, 19-24 (ISSN: 1314-071X)
5. Иванов Г., Б. Николов. Съвременни технологии за изпълнение на напорни канализационни системи, В: Доклади XIV Международна научна конференция ВСУ'2014, 5-6 юни 2014 г, София, ВСУ, 2014, 534-539 (ISSN: 1314-071X)
6. Иванов Г., Б. Николов. Технологичен режим на експлоатация и методи за управление на напорни канализационни системи, В: Доклади XIV Международна научна конференция ВСУ'2014, 5-6 юни 2014 г, София, ВСУ, 2014, 528-533 (ISSN: 1314-071X)
7. Николов, Б. Багери за изпълнение на траншейни изкопи при полагане на тръбопроводи за напорни канализационни мрежи, В: Доклади XV Международна научна конференция ВСУ'2015, 4-5 юни 2015 г, София, ВСУ, 2015, 386-391 (ISSN: 1314-071X)
8. Николов, Б. Вертикалната траектория при полагане на напорни канализационни клонове с управляемо хоризонтално сондиране, В: Доклади XV Международна научна конференция ВСУ'2015, 4-5 юни 2015 г, София, ВСУ, 2015, 392-396 (ISSN: 1314-071X)