

ВАРНЕНСКИ СВОБОДЕН УНИВЕРСИТЕТ
“ЧЕРНОРИЗЕЦ ХРАБЪР”
АРХИТЕКТУРЕН ФАКУЛТЕТ
Катедра „Строителство на сгради и съоръжения”

АНГЕЛ ИЛИЕВ УШЕВ

**ИЗСЛЕДВАНЕ ВЪЗМОЖНОСТИТЕ ЗА ПРИЛОЖЕНИЕ
НА СЪВРЕМЕННИ ТЕХНОЛОГИИ ЗА МОНИТОРИНГ
ПРИ ВОДОСНАБДИТЕЛНИ И ПРОТИВОПОЖАРНИ
СИСТЕМИ**

АВТОРЕФЕРАТ

на дисертационен труд за присъждане на образователна и
научна степен „доктор”

Докторска програма:
„Техника на безопасността на труда и противопожарна техника”

Варна

2020

ВАРНЕНСКИ СВОБОДЕН УНИВЕРСИТЕТ
“ЧЕРНОРИЗЕЦ ХРАБЪР”
АРХИТЕКТУРЕН ФАКУЛТЕТ
Катедра „Строителство на сгради и съоръжения”

АНГЕЛ ИЛИЕВ УШЕВ

**ИЗСЛЕДВАНЕ ВЪЗМОЖНОСТИТЕ ЗА ПРИЛОЖЕНИЕ
НА СЪВРЕМЕННИ ТЕХНОЛОГИИ ЗА МОНИТОРИНГ
ПРИ ВОДОСНАБДИТЕЛНИ И ПРОТИВОПОЖАРНИ
СИСТЕМИ**

АВТОРЕФЕРАТ

на дисертационен труд за присъждане на образователна и
научна степен „доктор”

Докторска програма:
„Техника на безопасността на труда и противопожарна техника”

Научни ръководители

доц. д-р инж. Анета Георгиева
проф. д-р инж. Стефан Терзиев

Рецензенти

проф. д.т.н. инж. Асен Недев
доц. д-р инж. Генчо Паничаров

Варна

2020

Дисертационният труд е обсъден и насочен за защита пред научно жури от катедра „Строителство на сгради и съоръжения“ при Варненски свободен университет „Черноризец Храбър“ на заседание на катедрен съвет, проведено на 30.06.2020 г.

Дисертационният труд е с обем от 129 страници и се състои от увод, 3 глави и заключение, 23 фигури, 6 таблици, списък на публикациите по дисертационния труд и две приложения. Списъкът на литературните източници се състои от 114 заглавия на български, руски и английски език. Авторът на дисертационния труд е докторант на самостоятелна подготовка в катедра „Строителство на сгради и съоръжения“ към Архитектурен факултет на ВСУ „Черноризец Храбър“.

Защитата на дисертационния труд пред научно жури ще се състои на 03 септември 2020 г. от 10:00 ч. в Заседателната зала на Ректората на ВСУ „Черноризец Храбър“ на заседание на научното жури. Материалите по защитата са на разположение на интересуващите се в канцеларията на катедра „Строителство на сгради и съоръжения“ при Архитектурен факултет, стая А-226 при секретаря на катедрата.

I. ОБЩА ХАРАКТЕРИСТИКА НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

I.1. АКТУАЛНОСТ НА ПРОБЛЕМА

Глобалното затопляне и резките промени в климатичните условия са основни фактори, определящи картата на природните катаклизми в следващите десетилетия и на първо място опасността от възникване на пожари. Както в световен мащаб, така и в нашата страна, обществото търпи огромни загуби на човешки и материални ресурси, причинени от пожари. Пожарите са катастрофи, които причиняват необратимо унищожение на околната среда и огромни щети. Те представляват постоянна заплаха за екологичните системи, инфраструктурата и човешкия живот.

Пожарите се явяват и една от основните причини за риск от преждевременна смърт на населението. Като въздействие върху човека и обкръжаващата среда, пожарите са източници на атмосферни въздействия, генератори на вредни вещества, източници на изменение на климата, ландшафта, ерозията на почвата, изменение на концентрацията на газове и др.

Основно средство за гасене на пожари е водата. Тя има висока топлопоглъщаемост и термоустойчивост, която в значителна степен превишава тази на други негорими течности, като тетрахлорметана, етилбромида и др. Водните ресурси са под нарастващ натиск от промяната на климата. В редица райони на света се очертава недостиг на вода дори за приоритетни потребители като питейното водоснабдяване и пожарогасене. Нарастващото население увеличава натоварването върху водоснабдителната инфраструктура, тръбите и съоръженията са подложени на амортизация. Загубите на вода във водопроводните мрежи и особено скритите и явни течове, водещи до падане на налягането на вода в противопожарните инсталации и хидранти, могат непосредствено

да повлияят върху способността и надеждността за гасене на пожар и могат да предизвикат загуби на големи материални ресурси и човешки жертви. В допълнение към финансовите негативи, тези нежелани явления имат и отрицателни социални ефекти, като прекъсвания на услугите за потребителите и ненадежност на противопожарните системи.

Актуалността на дисертационната работа се заключава в създаването на система за непрекъснат мониторинг на налягането на вода във водоснабдителните и противопожарните системи като условие за актуализиране състоянието им и повишаване на способността и надеждността им при пожарогасене.

1.2. ЦЕЛ И ЗАДАЧИ НА ДИСЕРТАЦИОННАТА РАБОТА

Целта на докторската теза е: Изследване възможностите за приложение на съвременни технологии за мониторинг при водоснабдителни и противопожарни системи:

Задачите на изследването, чрез които ще се реализира целта са следните:

- Проследяване историческото развитие на средствата и технологиите за мониторинг на налягането във водоснабдителните и противопожарни системи;
- Анализирание структурата на технологии с подобно приложение;
- Установяване закономерностите и тенденциите в развитието на тези средства и технологии чрез проучване на българския и световния опит в създаването им;
- Създаване на модел на система за мониторинг на налягането във водоснабдителните и противопожарни системи чрез контрол на състоянието на пожарните хидранти и способността и надеждността им при пожарогасене.

Обект на научното изследване са експлоатационните и техническите характеристики на част от водоснабдителната и противопожарна система на гр. Варна по отношение на надеждност и сигурност при пожарогасене.

Предмет на изследването е възможността за създаване на система за непрекъснат мониторинг на налягането във водопроводните и противопожарните мрежи.

Ограничение на проблемния обхват на изследването

Изследването е извършено при следното ограничение:

Проучвани са водоснабдителните и противопожарни системи, намиращи се в райони на гр. Варна с най-много възникнали аварии през последните 5 г.

ІЗ. МЕТОДИ НА ИЗСЛЕДВАНЕ

За постигане на основната цел и за изпълнение на поставените задачи в дисертационния труд, като се има предвид специфичната характеристика на предмета на изследване, се използват предимно възможностите на методите за хидравлично моделиране, ГИС-технологиите, метода на риска, топографския метод, метода на сравнението и метода на експертната оценка.

ІІ. ОБЕМ И СТРУКТУРА НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

Дисертационният труд е с обем от 129 страници и се състои от увод, 3 глави и заключение, 23 фигури, 6 таблици, списък на публикациите по дисертационния труд и две приложения. Списъкът на литературните източници се състои от 114 заглавия на български, руски и английски език.

III. КРАТКО ИЗЛОЖЕНИЕ НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

УВОД

Във увода е изтъкнато, че резултатите от глобалните и регионални климатични модели потвърждават тенденциите на намаляване на водните ресурси, които ще продължат, влияейки върху водопотреблението. Статистическите изследвания показват, че нивото на загубите на вода в България е недопустимо високо в сравнение със загубите на вода в другите европейски страни. Около 45-60% от водата, подавана към разпределителните мрежи се губи преди да достигне крайния потребител. Това е недопустимо разхищение на превръщания се във все по-ценен за страната ни воден ресурс. За сравнение в развитите европейски държави процентът на загуби на вода варира от 10% до 25% [4,5]. Източниците на прясна питейна вода не се подновяват с необходимите темпове. Към 2018 година 92% от населението на България използва услугите на общественото водоснабдяване, като 53% от водопроводните мрежи са изградени от етернитови, 18 % от стоманени и 29 % от PVC, PP, PE и полимерни тръби. Над 50% от водопроводите са въведени в експлоатация преди повече от 25 години. Както заключават приетите в България национална водна стратегия през 2012г. и отраслова стратегия за сектор водоснабдяване през 2014г. , качеството на услугите и ефективността на услугите в България са много по-ниски от тези в развитите държави поради недостатъчни инвестиции и поддръжка, капацитет на институциите и най-вече на ВиК операторите, поради което са необходими мащабни инвестиции (около 12 млрд. лв за 10-годишен период) за постигане на необходимото съответствие и ефективност.

Формулирана е целта - голяма част от тези проблеми да бъдат решени със значително по-малък финансов ресурс чрез приложение на съвременни технологии за мониторинг при водоснабдителни и противопожарни системи.

ПЪРВА ГЛАВА

НЕОБХОДИМОСТ ОТ МОНИТОРИНГ НА ВОДОСНАБДИТЕЛНИ И ПРОТИВОПОЖАРНИ СИСТЕМИ

1.1. Загуби на налягане във водоснабдителната и противопожарна система.

В първа глава на дисертационния труд са констатирани причините за загубите на налягане и честотата на аварията във водопроводните мрежи на повечето от населените места в България [8] :

- Изтекъл амортизационен срок на мрежите ;
- Поддържане на по-високо налягане в мрежите.

Подчертано е, че загубите на вода са явна пречка за устойчивото развитие, както се вижда от по-долу изброените възможни негативни последици, свързани с тях:

- Икономически последици: разходи за добив, пречистване и транспортиране на вода, която се губи по пътя към клиента, без да донесе никакви приходи за водоснабдителната компания;
- Технически последици: течовете намаляват възможността да се отговори на съществуващата потребност от вода, дори до такава степен, че системата да не може да функционира без прекъсване. Изтъкнато е, че намаляването на способността и надеждността на пожарогасителните системи водят до невъзможност за бързо локализиране и потушаване на възникналите пожари;
- Социални последици: Загубите на вода водят до негативни последици за клиентите поради спиране на водоподаването заради ниско налягане, прекъсвания и неравномерно водоснабдяване, както и до риск за здравето, който може да възникне вследствие проникване на канални води и други замърсители във водопроводните мрежи при ниско налягане или режимно водоподаване;
- Екологични последици: когато се компенсират загубите на

вода с увеличаване на добива, се изтощават още повече водните ресурси и е необходима още енергия, а това означава емисии на въглероден двуокис, които е можело да се избегнат.

Чрез анализа на литературните източници са установени основните причини за загуби на вода – фиг. 1.1[9].



Фигура 1.1. Причини за загуби на вода в световен мащаб

Формулирана е стратегия за намаляване на аварийността при най-малки разходи. Тя предполага да се намери оптимална комбинация от решения при дадени гранични условия, включително ремонт вместо подмяна, приоритет по време и място, избор на тръби, регулиране на налягането.

Посочено е, че количеството на аварията се формира от аварията на главни водопроводи - $K_{гд}$, аварията в сградните отклонения - $K_{сгр}$ и аварията, открити в резултат на активния контрол на течовете - $K_{т}$. [12]. Количеството на аварията на главни водопроводи $K_{гд}$, описва средния брой на аварията на водопроводи

на 100 km водопровод годишно. То се изчислява за цялата водоснабдителна система. За целите на подробните анализи, количеството трябва да се изчислява за всяка група тръби, за да може да се идентифицират критични групи тръби с висок брой аварии, както следва от израза:

$$K_{г.л.} = \frac{K_{дн.} \cdot 365}{L_{маг.} \cdot 100 \cdot K_{оц.}} \quad (1.1)$$

където :

- $K_{г.л.}$ - брой на аварията на 100 km главни водопроводи;
- $K_{дн.}$ – осреднено дневно количество на аварии на главен водопровод;
- $L_{маг.}$ - обща дължина на магистралните и разпределителните главни водопроводи (без включени сградни отклонения);
- $K_{оц.}$ - брой дни в периода на оценка.

Определено е, че за целите на подробните анализи, количеството на аварията в сградните отклонения може да се изчислява за всяка тръбна група на сградните отклонения, за да може да се идентифицират критични групи тръби с висок брой аварии, както следва:

$$K_{сгр.} = \frac{K_{дн.} \cdot 365}{L_{сгр.} \cdot 1000 \cdot K_{оц.}} \quad (1.2)$$

където:

- $K_{сгр.}$ - брой на аварията на 1000 km сградни отклонения;
- $K_{дн.}$ – осреднено дневно количество на аварии в сградните отклонения;
- $L_{сгр.}$ - обща дължина на сградните отклонения;
- $K_{оц.}$ - брой дни в периода на оценка.

Формулирано е, че средният брой на количеството на аварията се изчислява за цялата водоразпределителна система, включително течове от главни водопроводи и сградни отклонения, както следва:

$$K_T = \frac{K_{акт.} \cdot 365}{(L_{маг.} + L_{сгр.}) \cdot 100 \cdot K_{оц.}} \quad (1.3)$$

където:

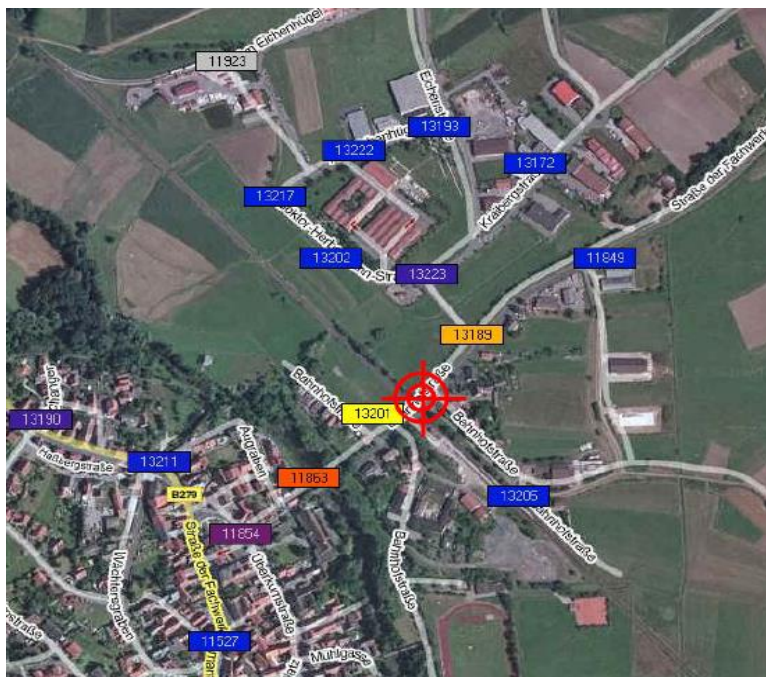
- K_T - количеството на аварията открити в резултат на активния контрол на течове на 100 km главни водопроводи и сградни отклонения;
- $K_{акт.}$ – количество на ремонтирани течове в резултат на активния контрол на течовете;
- $L_{маг.}$ - обща дължина на магистралните и разпределителните главни водопроводи (без включени сградни отклонения);
- $L_{сгр.}$ - обща дължина на сградните отклонения;
- $K_{оц.}$ - брой дни в периода на оценка.

Констатирано е, че течовете във водоснабдителната система са сред основните причини за огромните загуби на вода по мрежата. Адекватното управление на течовете във водоснабдителната система се приема като един от основните методи за преодоляване на проблема с големите загуби на вода. Управлението на течовете обикновено се свързва с намаляването им чрез управление на налягането и точното локализиране на местата, в които има такива.

1.2. Конвенционални методи за откриване мястото на теча

Направен е анализ на конвенционалните методи за откриване мястото на теча. Посочено е, че в практиката за откриване на течове най-често се използват акустични или корелационни уреди. При уредите, работещи на базата на акустичния метод, мястото на теча се определя чрез шума от самия теч, който се засича с помощта на усилвател на шум или чрез електронен детектор за течове. Един от най-лесните за използване уреди, работещи на този принцип, е земният микрофон. На практика това е микрофон, който се поставя на земята, като целта е да се увеличи шумът, който се получава при излизането на водата от пробита тръба под налягане.

Отчитането на най-силно изразен шум показва мястото, където е най-вероятно да има теч – фиг. 1.2 [28].



Фигура 1.2. Оценка за получените акустични данни от ВиК мрежата

Изтъкнато е, че за откриване на течове е възможно и използването на георадарни системи . Използван метод на работа при тях е осветяването за секунда на определена площ с определен брой импулси (насочени вълни), при което отразените вълни от земните слоеве се приемат и посредством специализирана програма се изобразяват във вид на радарграми – фиг. 1.5 [31].



Фигура 1.5. Принцилна георадарна система

Подчертано е, че дейностите по намаляване на течовете са свързани с бързото им откриване, планирано проверяване за наличието им и взимането на превантивни мерки за недопускане на тяхното възникване.

1.3. Управление на налягането на вода във водоснабдителните и противопожарни системи.

Изтъкнато е, че управлението на налягането на водата във водопроводните мрежи е ефективна мярка за:

- непрекъснато осигуряване на необходимите водни количества за пожарогасене и водопотребление;
- намаляване загубите на питейна вода;
- намаляване на честотата на аварияте;

-предотвратяване на прекъсванията на водоподаването и нарушаване трафика по улиците;

- продължаване на функционирането на водопроводната мрежа;
- намаляване на експлоатационните разходи (ел. енергия и реагенти) за поддръжка на съществуващите ВиК помпени и пречиствателни станции.

За намаляване загубите на налягане и броя на аварияте във водопроводната мрежа е необходимо да бъдат анализирани:

- изменението на налягането в различни точки на водопроводната мрежа;
- разположението и състоянието на водопроводната мрежа;
- изменението на постъпващите водни количества по магистралните водопроводи;

За установяване на динамичните изменения на налягането се използват дейта логери, които се монтират на много различни точки от водопроводната мрежа. Така например са установени широки диапазони на изменение на съществуващото налягане от 7,09 bar до 3,8 bar, които са отклонения от максимално допустимото налягане, съгласно Наредба № 4 [34].

Оценени са възможностите за намаляване загубите на вода, а именно:

- цялостна подмяна на съществуващата водопроводна мрежа;
- регулиране на налягането и селективна подмяна на най-износените тръбни участъци и арматура.

В първия случай са необходими значителни инвестиции и продължителен период за реализацията и на възвращаемост на вложените средства, докато при втория се постига намаление на загубите на вода за кратък период от време със значително по-малки инвестиции.

ИЗВОДИ

1. Изтъкнато е, че загубата на вода в хидравличната мрежа на България е средно три пъти по-голяма от тази в ЕС.
2. Направеният анализ на водния баланс показва, че значителна част от загубите на вода са причинени от аварии и явни и скрити течове във водопроводната мрежа.
3. Разгледани са основните методи за откриване на аварии и течове.
4. Изтъкнато е, че управлението на налягането на вода води до намаляване на аварийността и контрол на течовете в хидравличната мрежа.
5. Подчертано е, че за намаляване загубите на налягане и броя на аварията във водопроводната мрежа е необходимо въвеждането на непрекъснат мониторинг.

ВТОРА ГЛАВА СИСТЕМИ ЗА МОНИТОРИНГ НА ВОДОСНАБДИТЕЛНИ И ПРОТИВОПОЖАРНИ СИСТЕМИ

2.1. Дефиниция на система за текуща информация и система за мониторинг

Във втора глава на дисертационния труд са дефинирани и разграничени термините Система за текуща информация и Система за мониторинг. Посочено е, че Системата за текуща информация представлява компютърно-базирана или автоматизирана система за текуща информация съдържаща хардуер, софтуер, бази от данни, комуникации, човешки ресурси и процедури, които осигуряват действието на организацията за постигането на набелязани цели. Информационната система за текущо състояние на водопроводната и противопожарна мрежа се изгражда от отделни компоненти или

подсистеми и притежава специфична архитектура, която обхваща отделните елементи на системата, техните взаимодействия и начина на функционирането им.

От друга страна е констатирано, че Системата за мониторинг може да бъде дефинирана като:

- неделима част от текущото управление на проект;
- инструмент, подпомагащ контрола върху управлението и процеса на вземане на решения;
- описание на събития и условия в рамките на определен период от време;
- систематично събиране на достоверна, актуална и значима информация за напредъка, промените и последиците от предприеманите програмни действия.

Подчертано е, че тези характеристики на мониторинга го определят като един от най-важните компоненти от функционирането на Националната стратегия за управление и развитие на водния сектор в Република България и Плана за действие в краткосрочна (2013-2015 г.), средносрочна (2016-2021 г.) и дългосрочна (2022-2037 г.) перспектива.

2.2. Съвременни технологии за мониторинг на водоснабдителни и противопожарни системи

Проведен е обстоен анализ на съвременните технологии за мониторинг на водоснабдителни и противопожарни системи. Изтъкнато е, че SCADA системите използват разпределена децентрализирана архитектура, в която могат да бъдат разграничени две нива – локално ниво, отговарящо за водоснабдителните станции, и централно ниво за оператора. Подчертано е, че главната характеристика на SCADA системите, а именно гъвкавостта, е резултат от следването на принципа на модулност, посредством който се улесняват конфигурирането и поддръжката на системата и

се създават възможности за разширяването ѝ. Обикновено SCADA системите за водоснабдителни мрежи проследяват следните показатели: налягане, дебит, ниво на водата, състояние на помпите и филтрите, активна/реактивна енергия. Изтъкнато е предимството от внедряването на SCADA система, а именно възможността за детекция и предотвратяване на повреди във водоснабдителната мрежа. Дистанционната информация за работните условия на системата позволява на операторите да реагират бързо при възникване на проблем, като например теч от водопровод или електрически или механични повреди.

Анализът на съвременните технологии за мониторинг позволява те да бъдат подразделени в пет категории:

- Мрежови модели в реално време;

Изтъкнато е, че мрежовите модели, симулиращи хидравличното поведение на системите за управление на качеството на водата са сред най-ефективните начини да се предвиди поведението на водоразпределителните и водоснабдителните съоръжения при широк набор от профили на натоварване и работни условия. Моделите, базирани на закона за запазване на енергията и на кинетиката на реакцията, определят какви биха били налягането, потокът и качеството на водата при дадена комбинация от системни характеристики и работни условия.

- Модели за оптимизация на операциите в реално време;

Посочено е, че моделите за оптимизация в реално време подобряват ефективността на водоснабдителните системи и осигуряват по-надеждни операции при свеждане на разходите до минимум. Тези модели автоматично обработват полевата информация в реално време, като своевременно се обновяват и настройват графици за работа на помпите и пречиствателните съоръжения, така че да изпълняват операциите с минимум разходи.

- Модели за мрежов мониторинг;

Тези модели разширяват функциите на интелигентните

мрежи с възможности за предиктивно прогнозиране и предварителна оценка на условията. Те позволяват на операторите да следят в реално време хидравличните показатели на мрежата и да сравняват моментната мрежова динамика с прогнозни и исторически стойности, за да идентифицират бързо неочаквани явления и проблеми и да набелязват ефективни мерки за разрешаването им.

- Модели за детекция;

Посочено е, че моделите за детекция на водоснабдителни и пожарогасителни системи представляват фундаментален напредък в мониторинга и осигуряват възможности за навременно инициране на мероприятия за предотвратяване или смекчаване на неприятните икономически последици и рискове за общественото здраве. Тези модели позволяват предвиждане на аварии и осигуряват достатъчно време за реакция и подготовка при настъпващи кризисни ситуации.

- Модели за регистриране на събития в реално време;

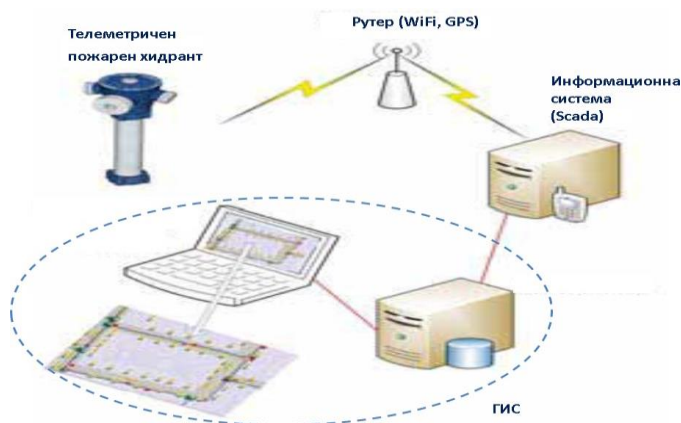
Този тип модели създават условия в интелигентните водоснабдителни системи и мрежи да се осъществява непрекъснат мониторинг и оценка на динамиката на качеството на водата, като по този начин позволяват на операторите да сравняват реалните резултати с регулаторните изисквания (например нивата на замърсяване). Чрез идентифициране на промените в качеството на водата в мрежата е възможно да бъдат разграничавани нормалните показатели на водата и да се отсеят фалшивите от реалните сигнали за опасност.

2.3. Системи за мониторинг на състоянието на пожарни хидранти и прилежащата им хидравлична мрежа

Направен е аналитичен преглед на съществуващите системи за мониторинг на състоянието на пожарните хидранти. Изтъкнато е, че използването на пожарни хидранти за състоянието на мрежата в системите за мониторинг на водоснабдителни и пожарогасителни системи не е намерило широко приложение в световната практика [49]. Това се дължи на основното приложение на пожарни хидранти

за пожарогасене, а не като източник на информация за състоянието на хидравличната мрежа. Наличието на пожарни хидранти, тяхното устройство и експлоатация се разглеждат само от гледна точка на пожарната безопасност. Подчертана е необходимостта от въвеждането на непрекъснат мониторинг на хидравличната мрежа за повишаване надежността и ефективността на действието на пожарните хидранти. Формулирано е, че основна задача на системата за мониторинг е предоставянето на пълна и достоверна on-line информация на противопожарните служби на града за местоположението, работоспособността и готовността на пожарните хидранти за използване в конкретни ситуации. Представена е иновативна система за мониторинг на водоснабдителните и пожарогасителни системи, която се базира на използването на телеметрични пожарни хидранти, като източници за информация - фигура 2.3. Предложеният софтуер на системата за мониторинг включва:

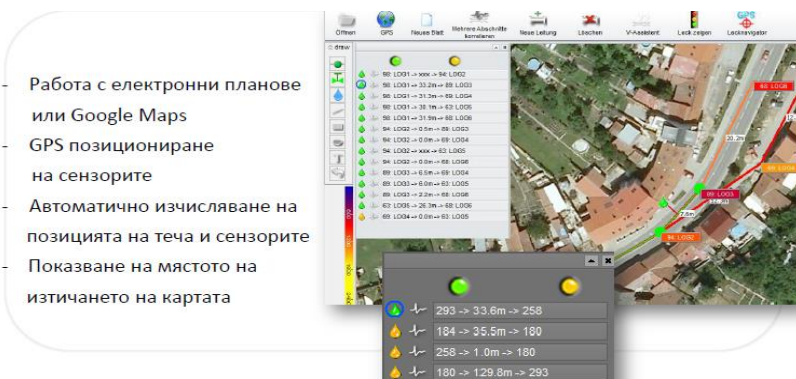
- Комуникация ;
- GSM/GPRS ;
- ГИС ;
- Система SCADA



Фигура 2.3. Структура на системата за мониторинг

Подчертано е, че основна задача на системата за мониторинг е представянето на пълна и достоверна информация на службите за местоположението и работоспособността на телеметричните пожарни хидранти, тяхната надежност за използване в конкретни ситуации, скритите течове, водещи до падове на налягане в съответните зони на хидравличната мрежа, способността на мрежата за надеждно водоснабдяване и пожарогасене. Посочено е, че непрекъснатия мониторинг на състоянието на пожарните хидранти създава възможност за контрол на хидравличните характеристики на мрежата. Вследствие на това, тази система може да бъде част от обща система на мониторинг на водоснабдителни и противопожарни системи.

Представен е работен алгоритъм за функционалните възможности на системата за мониторинг на състоянието на пожарните хидранти. За реализиране на алгоритъма е създаден програмен продукт Monitoring data 1, който е изпълнен с версия Visual Studio 2017 (Приложение № 1). Системата може да бъде управлявана посредством персонален компютър или мобилно устройство – смартфон или таблет. Самата платформа може да бъде хоствана както на локален сървър в съответните служби– фиг. 2.4.



Фигура 2.4. Визуализация на резултатите и местоположението

Структурата на предложената система за мониторинг на състоянието на пожарните хидранти се състои от три подсистеми: една основна система за информация и контрол на изпълнението и две подсистеми за информация и действие. Посочени са целите на системата за мониторинг:

- Непрекъснато наблюдение на състоянието на водоснабдителните и пожарогасителни системи;
- Визуализиране на преходни процеси в тръбопроводите чрез аудиограми;
- Откриване на повреди в мрежите в началния етап на тяхното възникване;
- Прехвърляне на информация за аварии в центъра за вземане на решения;
- Контрол на сроковете за отстраняване на течове и извършването на аварийно-възстановителни работи по мрежата;

Функциите на автоматизираната система за мониторинг на телеметричните пожарни хидранти включват:

- подготвяне на денонощни актове за състоянието на телеметричните пожарни хидранти;
- подготвяне на ведомости от проверките на състоянието на телеметричните пожарни хидранти;
- подготвяне на предписания;
- подготвяне на информация за отстраняването на неизправностите на телеметричните пожарни хидранти;
- потвърждаване на данните за отстранените неизправности на телеметричните пожарни хидранти от службите ПБЗН;
- потвърждаване на данните за отстранените активни и скрити течове на водоснабдителната и пожарогасителна система от службите ВиК;
- представяне на информационно-графическа система на редицата телеметрични пожарни хидранти с цветово

разделяне в зависимост от техническото им състояние.

Изтъкнати са предимствата при използване на системата за мониторинг на телеметричните пожарни хидранти като интегрирана система за автоматизация и унифициран контрол:

- увеличава се надеждността на получаваната информация за контролираните параметри;
- потреблението на вода става по-ефикасно и икономично, загубите на вода се намаляват;
- системата за мониторинг позволява точно измерване на консумираната вода;
- подобряване на качеството на услугите за населението, осигурява се непрекъснато водоснабдяване и пожарогасене и поддържане на постоянно оптимално налягане във водопроводната мрежа;
- повишава се надеждността на инженерните водни системи чрез мониторинг на работата на техническото оборудване;
- намалява се времето за уведомяване и призоваване на спасителни служби в случай на произшествия и извънредни ситуации;
- позволява удобно и бързо дистанционно управление на процеса на водоснабдяване и пожарогасене;
- увеличава икономията на човешки и финансови ресурси;

ИЗВОДИ

1. Изтъкната е необходимостта от въвеждането на непрекъснат мониторинг на хидравличната мрежа за намаляване на аварийното ѝ състояние.
2. Разгледани са и анализирани конкретни системи за мониторинг на състоянието на хидравличната мрежа и пожарните хидранти.

3. Предложен е модел на система за мониторинг, базиращ се на данните от телеметрични пожарни хидранти.
4. Разработен е алгоритъм за мониторинг на състоянието на хидравличната мрежа и пожарните хидранти, за реализацията на който е създадено програмно приложение Monitoring data 1.
5. Изтъкнати са предимствата на предложения модел за мониторинг.

ТРЕТА ГЛАВА

ПРИЛОЖЕНИЕ НА ГЕОГРАФСКИ ИНФОРМАЦИОННИ СИСТЕМИ В МОДЕЛА ЗА МОНИТОРИНГ

3.1. Архитектура на географските информационни системи

Изтъкнато е, че Географските Информационни Системи (ГИС) са модерни, многофункционални, компютърно базирани технологии, които не само визуализират обекти от географското пространство чрез цифрово картографиране, но и позволяват интегриране и анализ на интердисциплинарни атрибутни данни в географски контекст. Анализът на литературните източници показва различните дефиниции на понятието географски информационни системи. Съобразно целите на дисертационния труд се приема следното определение за географски информационни системи [72]: „ГИС е вид информационна система, състояща се от компютърен хардуер и софтуер, база данни и обекти, която се използва за въвеждане, съхраняване, режисирание, анализиране и извличане на географски данни с цел управление и контрол на състоянието на водоснабдителната и пожарогасителна система“.

Географската информационна система включва четири подсистеми:

- подсистема за събиране и обработка на данни;
- подсистема за съхраняване и обновяване на данните;
- подсистема за режисирание и анализи;
- подсистема за извеждане и визуализация.

3.2. Концептуален модел на географска информационна система като допълнение към системата за мониторинг

Изтъкнато е, че съвременното проектиране на водопроводните и противопожарни мрежи е невъзможно без да се предвиди в проекта динамично управление и непрекъснат мониторинг.

Посочено е, че е необходимо да се планира въвеждането на географска информационна система за наблюдение на отделните зони в реално време, като се следят основни параметри на водопроводната мрежа.

Това дава възможност за контрол и оптимизация на мрежата, по-конкретно на възникналите течове и поведението на мрежата от гледна точка на осигуряване на способността и надежността ѝ за водоснабдяване и пожарогасене.

Конкретизирана е структурата на ГИС в разработения концептуален модел на мониторинг, която включва следните подсистеми:

- Подсистема „Регистър на хидравличната мрежа“;
- Подсистема „Хидравличен модел на мрежа“;
- Подсистема „База данни за аварията по мрежата“.

Подсистемата „Регистърът на хидравличната мрежа“ на база ГИС-технология дава възможност на водоснабдителните компании да изготвят автоматично доклади, които групират течовете на базата на обслужвана зона, материал на тръбите, причина за аварията, големина на теча, вид на теча и дали е извършван ремонт.

Подсистема „Хидравличен модел на мрежа“ се използва за симулация на поведението на съществуващи или планирани системи при най-разнообразни условия, без прекъсване на водоснабдяването на абонатите.

Подсистема „База данни за аварииите по мрежата“ предоставя информация за аварииите през целия експлоатационен период на една водоснабдителна и пожарогасителна мрежа.

Подчертано е, че аварииите са съсредоточени в началото (аварии от строително естество) и в края (умора на материала, корозия) на експлоатационния период на определен водопроводен участък, както е показано на фиг. 3.6 [81].



Фигура 3.6. Аварийност на тръбопроводите

Кривата показва аварийността като функция на „възрастта“ на тръбопровода: първоначалните проблеми, породени от некачествени материали и монтажна работа, рязко намаляват още в началото на проекта. Следва дълъг период на стабилност с относително ниско ниво на аварии.

В края на кривата аварииите нарастват бързо с амортизиране

на системата. Когато появата на аварии наближи критични граници, това е предупреждение, че водоснабдителната компания трябва да се подготви за факта, че наближава време за рехабилитация, и че експлоатационният срок на водопровода изтича.

3.3. Управление и контрол на налягането в хидравличната мрежа

Посочено е, че контролирането на налягането във водоснабдителните и противопожарни системи се осъществява чрез разделяне на мрежата на географски зони за управление.

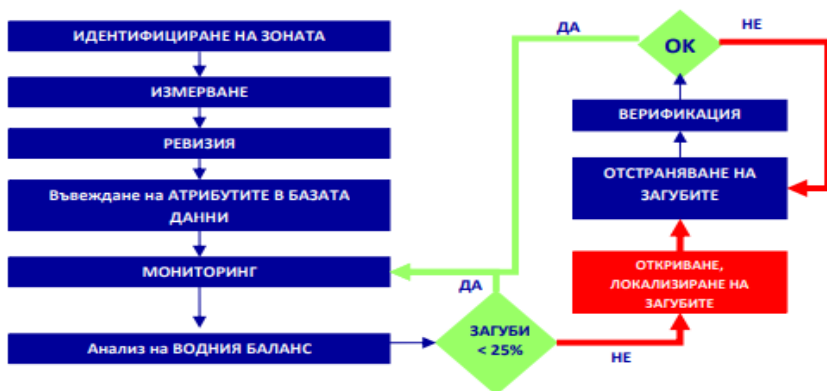
Изградените зони представляват самостоятелни водопроводни мрежи, на които се осъществява непрекъснат мониторинг на налягането на базата на телеметрични пожарни хидранти.

Хидравличното поведение на водоснабдителните и противопожарни системи и работата на интегрираните в тях съоръжения могат да бъдат предвидени чрез мрежови модели за симулация. Чрез тях могат да бъдат зададени и обработени различни параметри на работните условия, разнообразни профили на натоварване, както и да бъдат разиграни различни сценарии на развитие.

Разделянето на географски зони на една водопроводна мрежа зависи изцяло от нейната схема и хидравлични характеристики, което обуславя нуждата от подробното ѝ опознаване. При това обособяване трябва да бъдат ограничени входовете и изходите на зоните, което спомага за по-лесен и точен контрол на постъпващите водни количества.

Изтъкнато е, че проектирането на система за мониторинг на налягането включва прогнозно моделиране на ситуацията в реално време. Посочено е, че основната цел на модела е прогнозиране и

дефиниране на условия за надеждно функциониране на водоснабдителните и пожарогасителни системи и оптимизиране загубите на вода в тях. На фиг. 3.8 е представена блок-схема на алгоритъма на модела.

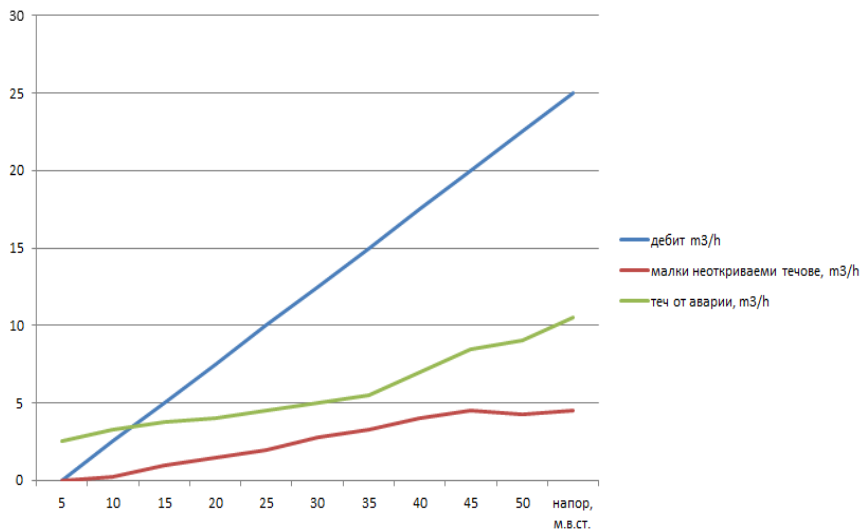


Фигура 3.8. Блок-схема на алгоритъма на модела на система за мониторинг на налягането във водоснабдителни и противопожарни мрежи

Численият анализ на резултатите на модела за мониторинг показва, че съществува пряка, линейна зависимост между налягането на водоснабдителната и пожарогасителна система и аварийността на хидравличната мрежа. Направените изследвания показват взаимовръзката между дебита, налягането и компонентите на теча. При максимален дебит $Q_{\text{дн}}$ около 30 m^3/h и максимално налягане на хидравличната мрежа P около 47m воден стълб, разхода на теч от водопроводите може да достигне до 12 m^3/h и налягане съответно до 42 m воден стълб. При минимален нощен дебит $Q_{\text{нощ}}$ от около 13 m^3/h и налягане на хидравличната мрежа 37 m воден стълб, разхода на теч от тръбопроводите се намалява до 6,5 m^3/h .

На фиг. 3.12 е представена средностатическата връзка между

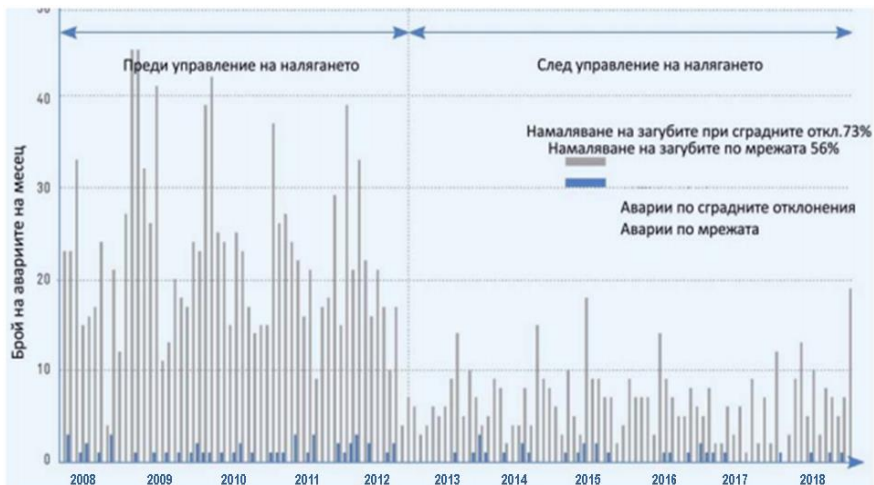
дебита, налягането и компонентите на теча за ж.к. Възраждане, гр. Варна.



Фигура 3.12. Взаимовръзка между дебита, налягането и компонентите на теча

Анализът на резултатите от модела показва, че аварийността на хидравличната мрежа се намалява драстично чрез управление на налягането. Управлението на налягането във водоснабдителни и противопожарни системи включва регулиране на нивата на налягането с цел подобряване на надежността на хидравличната мрежа. Основно средство за реализацията на тези подходи е внедряването на регулиращи системи за налягане и системни точки за мониторинг на хидравличната мрежа, чрез които да бъде постигнато стабилно налягане в цялата водоснабдителна мрежа. На фигура 3.13 е посочено, как управлението на налягането може да понижи повредите по мрежата

и сградните отклонения на същата географска зона на гр. Варна [89].



Фигура 3.13. Влияние на управлението на налягането върху аварийността на мрежата

Както показва моделът на мониторинг, налягането в хидравличната мрежа има пряко, близко до линейно, отношение към физическите загуби (например, 10 % по-голямо налягане се изразява в 10 % по-голям обем течове). Изтъкнато е, че управлението (не непременно намаляването) на налягането е от първостепенно значение, особено при системите с ниско налягане и лошо състояние на инфраструктурата. Посочено е, че изследването на чувствителните аварийни водопроводни зони преминава през три фази :

- Идентификация на чувствителните водопроводни участъци;
- Оценка на риска от аварии;
- Определяне на приоритетните за рехабилитация зони.

При определяне на чувствителните аварийни зони се

изхожда приоритетно от надеждността на водоснабдяването на потребителите. В табл.3.2 са посочени индикаторите за определяне на аварийните зони с висока вероятност за възникване на аварии [90].

Таблица 3.2. Индикатори за класификация на аварийните зони

Индикатор	Доказателство за определяне на аварийната зона с висока вероятност за възникване на аварии
Функционално поведение	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Една или повече аварии на тръба или връзка през последните 5г.
Процеси на корозия	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Един или повече случаи с пълно графитизиране (корозионно износване цялата дебелина на стената) на металните тръби ▪ Доказателство за възникнала авария в следствие на корозия (на цялата дебелина на стената) на метална тръба работеща при подобни почви и води, които да дадат информация за подобни зони с възможни аварии в зависимост от възрастта на тръбите. За азбестоциментовите тръби-аналогичен критерии, които да даде индикация по отношение на аварии в следствие на корозия на материала
Натоварване	<ul style="list-style-type: none"> ▪ PVC тласкателни водопроводи на помпени станции или PVC тръби с диаметър >300mm; ▪ Участък с налягане, надвишаващо средното за съответния тип тръби с идентични параметри (материал, номинално налягане) за дадена водоснабдителната система; ▪ Когато има доказателство, че натоварването се е увеличило в следствие на трафика (увеличаване на теглото на преминаващите транспортни средства), намаляване на земното покритие и др.

Като чувствителна се определя тази зона, която при авария в нея и нейно отстраняване ще доведе до преустановяване на водоснабдяването съответно пожарогасенето за продължителен период от време на част от потребителите.

Това са зони, в които има участъци с големи диаметри, на които аварията се отстраняват трудно, но включват също така труден достъп до тях.

Ефектът от управление на налягането нараства при

по-голям дял на тръбите от пластични материали и от цялостното състояние на мрежата, тъй като това влияе силно върху малките неоткриваеми течове. Материалът на тръбите влияе силно на връзката налягане-теч.

Водното налягане причинява напрежение по стените на тръбопровода. В зависимост от свойствата на материала (модулът на еластичност), тръбопроводите имат склонност да аварират по определен характерен начин според материала, от който са направени и да реагират по различен начин на колебанията в налягането.

При организиране на система за управление на налягането изключително важен проблем за разрешаване представляват местните противопожарни изисквания. Задължително следва да се избягват негативни последици за противопожарните служби чрез обходна връзка за аварийни нужди или чрез модулация на дебита.

Модулацията на дебита позволява да се извършва контрол на налягането по предварително зададени параметри във връзка с променящото се отношение загуба на налягане / дебит в рамките на аварийната зона.

В този случай контролерът увеличава налягането с покачване на дебита и така се гарантира достатъчно налягане в мрежата за противопожарни нужди.

При разработения модел за мониторинг на водоснабдителни и противопожарни системи информацията от базата данни за аварията се свързва с регистъра на хидравличната мрежа чрез ГИС приложенията.

Това се осъществява чрез интерфейс за обмяна на данни между двете системи, а при невъзможност за on-line връзка - чрез директно въвеждане на данните за аварията в регистъра на мрежата.

Връзките между данните за водопровода и данните за

аварията се анализират посредством широко достъпни инструменти, базирани на ГИС технологии.

Тази информация помага на експлоатационните ВиК дружества да намерят връзки между интензивността на аварията и натоварването от трафика, налягането на системата или характеристики на почвата.

Анализът на резултатите разрешава намирането на оптимална стратегия за експлоатация, обслужване и рехабилитиране на мрежата.

ИЗВОДИ

1. Анализирани са възможностите за приложение на географски информационни системи (ГИС) в модела за мониторинг.
2. Предложен е Модел на система за мониторинг на налягането във водоснабдителни и противопожарни мрежи, включващ Приложението на ГИС.
3. Направен е числен анализ на резултатите, получени от модела на системата за мониторинг.
4. Определено е влиянието на управлението на налягането като фактор за намаляване аварийността на хидравличната мрежа.
5. Подробно са анализирани различните фактори, оказващи непосредствено влияние върху аварийността на водоснабдителните и противопожарни системи.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Посочено е, че развитието на инженерните технологии позволява управлението на водоснабдителните и противопожарни системи да се осъществява чрез автоматически режим на работа, което води до намаляване на загубите на вода на хидравличните мрежи, съкращаване числеността на персонала и подобряване качеството на обслужване на потребителите.

Предложена е система за мониторинг на състоянието на телеметричните пожарни хидранти, която влиза в състава на автоматизирана информационна система за управление и контрол на технологичните параметри на хидравличната мрежа. Тя дава възможност на персонала самостоятелно да получава своевременно информация за състоянието на водоснабдителните и противопожарни системи. На базата на получените данни от мониторинга се осъществява анализ на състоянието на хидравличната мрежа и прогнозиране на предаварийните и аварийни ситуации, което дава възможност за превенция на риска от аварии.

Приложението на географските информационни системи (ГИС) като допълнение на системата за мониторинг позволява реализирането и проиграването на различни сценарии за поведение на хидравличната мрежа при многовариантни аварийни ситуации.

Изтъкнато е, че хидравличните модели представляват интегрирани ГИС бази данни, в които са описани географски (с реални координати), геометрично и технологично всички тръбопроводи, затворни органи, помпени станции, резервоари, водоизточници и др. С помощта на хидравличните модели могат да се решат почти всички ежедневни задачи по управление на мрежите - помощ при локализиране на течове, оптимизиране на режими за управление на помпени станции, управление на налягането, изследване на причини за аварии, сравнение на технико-икономически ефекти от варианти за реконструкции и разширения.

IV. ПРИНОСИ С НАУЧНО-ПРИЛОЖЕН И ПРИЛОЖЕН ХАРАКТЕР

Приноси с научно-приложен характер

1. Предложена е Методика за определяне количеството на аварията на главни водопроводи във водоснабдителната и противопожарна система.
2. Разработен е модел на система за мониторинг на състоянието на водопроводната мрежа, базиращ се на данните от телеметрични пожарни хидранти.

Приноси с приложен характер

1. Структуриран е алгоритъм за мониторинг на състоянието на хидравличната мрежа и пожарните хидранти, за реализацията на който е създадено програмно приложение Monitoring data 1.
2. Предложен е Модел на система за мониторинг на налягането във водоснабдителни и противопожарни системи, включващ приложение на географски информационни системи (ГИС).
3. Разработен е хидравличен модел на конкретен обект от водоснабдителна и противопожарна системи.
4. На базата на извършения анализ на резултатите на хидравличния модел е доказано, че управлението на налягането е главен фактор за намаляване аварийността на хидравличната мрежа.
5. Направен е анализ на причините, оказващи непосредствено влияние върху аварийността на водоснабдителните и противопожарни системи.

V. АПРОБАЦИЯ НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

Дисертационният труд е апробиран в основните си части на VIII, IX и X международна научна конференция „Проектиране на сгради и съоръжения – DCB“ на VIII и IX международна научна конференция по архитектура и строителство ArCivE.

ПУБЛИКАЦИИ СВЪРЗАНИ С ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД:

1. Ушев А., Приложение на съвременни технологии за мониторинг на противопожарни водоснабдителни системи. VIII международна научна конференция по архитектура и строителство ArCivE 2017, 31 май-2 юни 2017 г., Варна, България.
2. Ушев А., Концепция за мониторинг на противопожарни водоснабдителни системи. X юбилейна международна научна конференция DCB 2018 „Проектиране и строителство на сгради и съоръжения“, 20-22 септември, Варна, България.
3. Ушев А., Анализ на моделите за мониторинг на водоснабдителни и пожарогасителни системи. IX международна научна конференция по архитектура и строителство ArCivE 2019 31 май – 2 юни 2019 г., Варна, България.
4. Ushev A., Application of GIS for water network monitoring. Annual Conference “AIS 2019 - The 14th International Symposium on Applied Informatics and related Areas”, 9th November 2019, Hungary.