

**ПРИЛОЖЕНИЕ НА ГЕОГРАФСКИТЕ ИНФОРМАЦИОННИ  
СИСТЕМИ ЗА НАМАЛЯВАНЕ АВАРИЙНОСТТА НА  
ВОДОСНАБДИТЕЛНИ МРЕЖИ**

**Анета Йорданова Георгиева**  
**доц. д-р инж. ВСУ „Черноризец Храбър“**

**Резюме:**

В статията е представена концепция за приложение на географските информационни системи (ГИС) за намаляване аварийността на водоснабдителните мрежи чрез непрекъснат мониторинг. Подчертано е, че изследваната технология за мониторинг позволява своевременното откриване на малки и големи течове на водоснабдителната система. Посочено се, че системата за мониторинг осигурява динамични данни, използвани за вземането на своевременни решения. Приложението на системата за мониторинг в службите на ВиК позволява да се оцени и прогнозира състоянието на водоснабдителните системи и се намали аварийността им.

**Ключови думи:** географски информационни системи, мониторинг, аварийност, водоснабдителни системи, концепция

**APPLICATION OF GEOGRAPHICAL INFORMATION  
TO REDUCE THE ACCIDENTS  
WATER SUPPLY SYSTEMS**

**Aneta Yordanova Georgieva**

**Assoc. Prof. Dr. Eng. VFU "Chernorizets Hrabar"**

**Abstract:**

The article presents a concept for the application of geographic information systems (GIS) to reduce the failure of water supply networks through continuous monitoring. It is emphasized that the studied monitoring technology allows the timely detection of small and large leaks in the water supply system. It is stated that the monitoring system provides dynamic data used for timely decisions. The application of the monitoring system in the water supply and sewerage services allows to assess and forecast the condition of the water supply systems and to reduce their accident rate.

**Keywords:** geographic information systems, monitoring, , accident, water supply systems, concept

## Увод

Съвременното проектиране на водоснабдителните системи е невъзможно без да се предвиди в проекта динамично управление и непрекъснат мониторинг. Затова е необходимо да се планира въвеждането на географска информационна система (ГИС) за наблюдение на отделните зони в реално време, като се следят основни параметри на водоснабдителната мрежа. Това дава възможност за намаляване на аварийността на системата, по-конкретно - на възникналите течове и поведението на мрежата от гледна точка на осигуряване на способността и надежността ѝ за водоснабдяване. Много от необходимите данни за състоянието на водоснабдителната система са свързани с географската ѝ позиция и процесите на територията ѝ. Такива точни географски данни се наричат геореферирани. В географските информационни системи могат да се комбинират данни за географското положение на обектите и явленията с други видове данни за тях, което определя една информационна система като географска. Повечето процеси при мониторинга на състоянието на водоснабдителни системи са твърде сложни, за да бъдат представени в ГИС с абсолютна точност. Това налага да се опрости реалния обект и да се изгради собствен модел на данните за него в съответствие с решавания проблем. За представяне на реалните обекти в ГИС се използват цифрови модели за визуализация и анализ на пространствените данни и свързаната с тях атрибутивна информация. Цифровият модел на местността като основни данни обединява няколко типа информация, получена от стандартните цифрови продукти и други източници - цифров модел на земната повърхнина, векторни данни за топографски обекти като хидрография, растителност, транспортна мрежа.

## **1. Приложение на ГИС за мониторинг на водоснабдителна система**

Географската информационна система се използва за решаване на следните задачи:

- Логическо търсене (посочват се всички сградни отклонения изцяло в дадена водоснабдителна зона);
- Анализ на близостта до обекти (посочват се обекти, застрашени от наводняване в определен периметър на податливи участъци от водопровода);
- Анализ на мрежата (идентифицират се всички домакинства, засегнати от повреда на водопровод);
- Категоризация (комбиниране и визуализация на тръбни материали, възраст и честота на поява на аварии);

Визуализация (посочват се всички телеметрични пожарни хидранти, в това число планираните за подмяна). Всяка ГИС следва да използва определена земна основа като „подложка” и да има връзка с подсистемите ѝ и с други процеси на планиране и управление.

Подсистемите на ГИС в разработения концептуален модел на мониторинг са следните:

- Подсистема регистър на хидравличната мрежа;
- Подсистема хидравличен модел на мрежата;
- Подсистема база данни за аварията по мрежата.

Изграждането на земната основа включва получаване, цифровизиране и определяне на географски координати на топографски карти и въздушни или сателитни снимки, които формират гръбнака за всички останали данни. За попълване на земната основа могат да се използват и други полезни данни:

- Кадастрални данни (поземлени имоти);
- Информация за предназначение на земята;
- Данни за инфраструктурата и транспортната система;
- Административни граници;
- Разпределение на населението;
- Местоположение на административни, търговски и промишлени обекти;
- Цифрови височинни модели;
- Информация за почви, растителност, хидрографски и други екологични данни.

Минималните изисквания към съдържанието на земната основа са следните:

- ✓ изобразяване на всички сгради, граничещи с пътища и тръбопроводи;
- ✓ всякакви масивни обекти (язовири, мостове и пр.);
- ✓ пътища, бордюри, пътеки, ж. п. релси;
- ✓ парцели.

Допълнително могат да се включат местоположенията на реки, езера, канали, дървета и други обекти. Водоснабдителното дружество поддържа ядро от архиви с подробни данни за техническите съоръжения на водоснабдителната система, които следва да послужат като входни данни за регистъра на водопреносната мрежа.

Обикновено такива данни са:

- Карти на системата с различен мащаб и детайлност

Карти на системата на електронен или хартиен носител следва да бъдат обединени в една монолитна база данни с електронни карти. Те образуват основата на регистъра на мрежата и хидравличния модел.

- Подробни документи

Екзекутивни документи с местоположение, размер и подбрани параметри на тръбопроводи, кранове, помпи, сградни отклонения, водомери и пр., които могат да се сканират и свържат със съответните съоръжения в картографската база данни.

- Протоколи за аварии, проверки, ремонти

Протоколи, снимков материал и дори видео материали осигуряват допълнителна информация за съоръженията и може да се свържат с пространствени обекти.

- Непрекъснати измервания

Важно е качеството на изходните данни: местоположението на водопровода следва да се измери на място (с голяма точност: по време на строителство в разкритата траншея; с по-малка точност: на терена) или да се конструира точно от проектни чертежи на CAD.

Произходът на данните и нивото на точност се документира с така наречените метаданни [1].

За по-лесно разчитане точността на всички елементи от мрежата тя трябва да бъде съобразена с мащаба на проектираната карта.

Препоръчват се следните стандартизирани мащаби на карти в зависимост от степента на застрояване и количеството тръби – табл. 1. [2]

Таблица 1. Препоръчителен мащаб на карта за регистър на мрежата

Степен на застрояване	Мащаб
Гъсто застроени градски зони с голямо количество тръби	1 : 250
Средно застрояване със средно количество тръби	1 : 500
Слабо застроени селски райони	1 : 1000

При разработването на цифровия регистър на хидравличната мрежа в концептуалния модел за мониторинг се използва и адаптира сборник с изисквания GOWANIS [3], който е разработен от Немската асоциация за газ и вода DVGW. Главната цел на сборника е да подпомага водоснабдителните компании в разработването на цифров регистър на мрежата, който да е пригоден към специфичните им нужди, както и да подпомогне изграждането на хидравличния модел в зависимост от конкретния софтуер. В него се препоръчва стандартизирана структура на данните.

Цялата разпределителна мрежа следва да бъде разделена на обособени участъци, както следва:

- водопроводни участъци с идентични характеристики (материал, диаметър);

Ако дадена характеристика на водопровода се променя, следва да се обособи нов участък. По същия начин е необходимо обособяване на нов водопроводен участък на всеки клон. В началото и края на всеки водопроводен участък се локализируют възли. Участъците могат автоматично да се разделят на границите по зоните и административните предели.

- сградни отклонения от отделен клас обекти;

Едно или няколко сградни отклонения следва да се свържат към водопроводен участък. Когато сградното отклонение е свързано с водопроводния участък, се определя точката на свързване. Сградното отклонение не се смята за клон. Сградните отклонения могат да се разделят на клонове и да снабдяват различни консуматори. На тях следва да се определи ново сградно отклонение.

- локализиране на кранове и фитинги

Локализирането на кранове и фитинги не изисква разделянето на водопровод на два водопроводни участъка. При необходимост водопроводът следва да бъде разделен на два водопроводни участъка при крана (например при кранове на границата на зоната).

- съоръжения;

Съоръженията обхващат всяко оборудване, което произвежда, пренася,

съхранява и пречиства вода в рамките на системата, напр. каптажи, помпи, резервоари и пречиствателни съоръжения. Всяка мрежа следва да започва и да свършва с някакво съоръжение.

### **1.1. Подсистема „Регистър на хидравличната мрежа“**

Регистърът на мрежата на база ГИС-технология дава възможност на водоснабдителните дружества 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.

Такава информация помага за по-ефективното планиране на проектите за отстраняването на течове и подмяната на тръби. Графичното представяне на резултатите помага да се разкрият „горещи точки“ с течове, да се подредят по важност планираните ремонти, да се идентифицират



проблемните материали и да се изпращат целенасочено екипи за отстраняване на аварията [4]. Хидравличните изчисления за водоснабдителните и противопожарните системи са неотменна част при анализа на възможностите на мрежата. Свързването на хидравличния модел с регистъра на мрежата, базиран на ГИС-технология, улеснява и ускорява многократно процеса на изграждане на модела – фиг. 1.



Фигура 1. Свързване на хидравличния модел с регистъра на мрежата

Съществуват два подхода за свързване на хидравличния модел с регистъра на мрежата - интерфейсна връзка и интегриране на хидравличния модел в регистъра на мрежата.

➤ Интерфейсна връзка

В този случай въвеждането и редактирането на данни се извършва единствено в регистъра на мрежата. Необходим е интерфейс, който да експортира данните в определения формат, изискван от

хидравличния модел, обикновено файл от типа ASCII или файл от типа база данни.

➤ **Интегриране на хидравличния модел в регистъра на мрежата**

Интегрирането на хидравличния модел в регистъра на мрежата ускорява целия процес. Топологията на хидравличния модел се актуализира автоматично при всяка промяна в регистъра на мрежата, като така се намаляват възможните причини за грешки при обработката на данните.

Допълнителна информация (напр. характеристики на помпите, консумация на всяко сградно отклонение, налягане, дебит и положение на крановете – отворен/затворен от системата SCADA) може да се получи директно от съответния елемент на модела. По същия начин резултатите от симулацията биват директно съхранявани, визуализирани и анализирани на тяхното място в регистъра на мрежата. Такова интегрирано решение изисква повече усилия в началото, тъй като и двете системи трябва да бъдат хармонизирани една с друга. Интегрираната система е по-ефективна, тъй като позволява по-чести изчисления, които осигуряват стабилна основа на специалистите при взимане на решения [5].

## **1.2. Подсистема „Хидравличен модел на мрежата“**

Терминът „хидравличен модел на мрежата“ означава използването на математическо възпроизвеждане на реална водоснабдителна система. Хидравличните модели се използват за симулация на поведението на съществуващи или планирани системи при най-разнообразни условия, без прекъсване на водоснабдяването на абонатите. Те също предлагат ценен инструмент за повишаване ефективността на експлоатация и управление на разпределителните мрежи. Предвид специфичните изисквания за ефективно управление на загубите

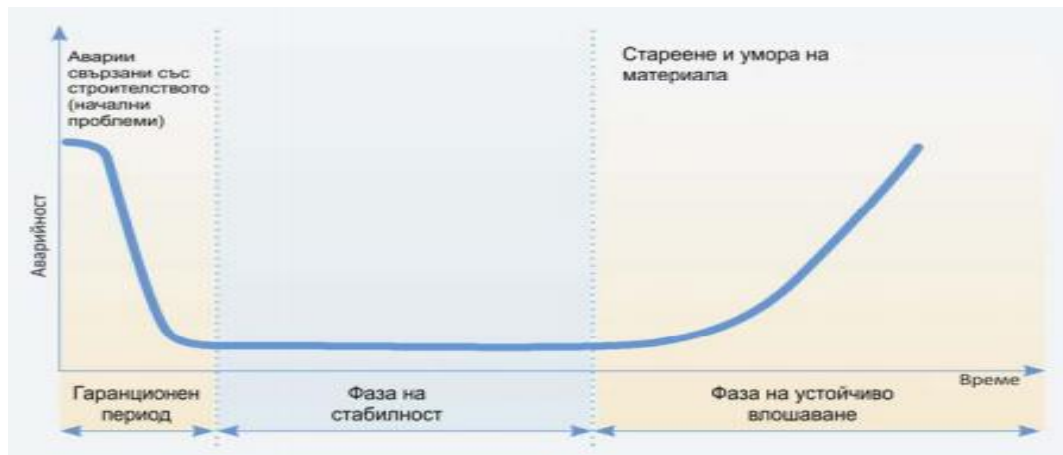
на вода, хидравличните модели биха могли да бъдат използвани за успешно прилагане на следните мерки:

- Проверка капацитета на системата: анализ на налягане и дебит;
- Избор на граница на зони за обособяване на водомерни зони (DMA) и зони за управление на налягането (PMA);
- Специфични приложения, свързани с планиране управлението на налягането: оразмеряване на кранове и водомери, проверка на разхода за противопожарни нужди, откриване на нередности, свързани с налягането или качеството на водата;
- Анализирани уязвимостта на системата, сигурност на водоснабдяването и спешни мерки в случай на авария на водопровода.

### **1.3. Подсистема „База данни за аварията по мрежата“**

Аварии се случват през целия експлоатационен период на една водоснабдителна и противопожарна мрежа. Аварията може да се дефинира като локална повреда, при която, най-общо, има теч. Аварии 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. 2. Кривата показва аварийността като функция на възрастта: първоначалните проблеми, породени от некачествени материали и монтажна работа, търпят спад още в началото на експлоатационния период. Следва дълъг период на стабилност с относително ниско ниво на аварии, когато те не са нито чести, нито сериозни и биват отстранявани на място. В края на кривата аварията нарастват бързо с амортизиране на системата. Когато появата на аварии наближи критични граници, това вече е предупреждение, че

водоснабдителното дружество трябва да се подготви за предстояща рехабилитация, поради изтичане на експлоатационния срок на водопроводните участъци.



Фигура 2. Аварийност на тръбопроводите

## 2. Модел на система за мониторинг на налягането във водоснабдителни системи

Проектирането на система за мониторинг на налягането на водата включва прогнозно моделиране на ситуацията в реално време. За да е възможно това прогнозно моделиране в реално време, модела за мрежова симулация следва да разполага с актуална информация за статуса на водоснабдителната система и съоръженията. Тъй като съвременните водопроводни мрежи най-често се управляват чрез SCADA системи и други телеметрични платформи, за да се осигури поток от актуални данни за състоянието на инфраструктурата подавани на кратки интервали към мрежовия модел, е препоръчително моделът да бъде синхронизиран с тези системи. Основната цел на модела е прогнозиране и дефиниране на

условия за надежно функциониране на водоснабдителните системи и оптимизиране загубите на вода в тях. Чрез модела за мрежова симулация и ГИС могат да се определят прогнозни стойности на налягането, потока и качеството на водата при дадена комбинация от работни условия. Типично това са показатели, за които не са налични мрежови регистратори. За база на тези мрежови модели се използват фундаментални физични принципи като закона за запазване на енергията и на кинетиката на реакцията.

Прогнозната мрежова симулация на поведението на хидравличните системи позволява и точно предвиждане при реализиране от страна на мениджмънта на дадени мероприятия и програми, свързани с подобряване на ефективността на водоснабдителните системи. Такива могат да са мерки за оптимизиране качеството на водата, надеждността на хидравличните съоръжения, функционалността на физическата инфраструктура и други мерки. Мрежовият модел позволява симулиране на поведението на водоснабдителните съоръжения, дори когато SCADA или телеметричната система е офлайн.

Благодарение на модела за прогнозно моделиране операторите на водоснабдителните съоръжения могат да получават известия в реално време при възникването на събития от различен характер, които влияят върху работата и ефективността на водоснабдителните мрежи, както и да предприемат навременни мерки за разрешаването на проблеми и критични ситуации, преди те да са достигнали върховата си точка. Чрез такава прогнозна диагностика на системите могат да бъдат генерирани и сравнявани различни сценарии на развитие при възникване на дадено неочаквано събитие, както и да бъде предвидено например, кои точно абонати на дружеството и как биха били засегнати. Моделът за прогнозно

моделиране представлява инструмент за предвиждане на ефекта и от различни планирани от ВиК оператора мерки като: цялостно спиране на съоръженията, изключване на помпите в дадена зона, провеждане на ремонтни дейности и др.

### **Изводи**

1. Анализирани са възможностите за приложение на географски информационни системи (ГИС) в модела за мониторинг.
2. Предложена е концепция на система за мониторинг на налягането във водоснабдителни системи, включващ Приложението на ГИС.
3. Определено е влиянието на управлението на налягането като фактор за намаляване аварийността на водоснабдителната система.
4. Подробно са анализирани различните фактори, оказващи непосредствено влияние върху аварийността на водоснабдителните системи.

### **Литература**

1. Panicharov G., A. Georgieva, M. Seebauer, Research on the Beach of Grand Hotel Varna, AIS 2016, 11th International Symposium on Applied Informatics and Related Areas, November 17, 2016 • Székesfehérvár, Hungary. ISBN 978-615-5460-92-0
2. Паничаров Г., А. Георгиева, Нестационарно течение на закипяващ адиабатен поток в тръбопровод с регулиращ клапан. Сп. Топлотехника № 10, 2015 г., Изд. ТУ-Варна, с. 20-24. ISSN 1314-2550
3. Паничаров, Г., Л. Шулдан, Термомодернизация на обществените здания. Развитие на конструктивните методи на енергоефективност и методика за тяхната количествена оценка. Международна научна конференция "Проектиране и строителство на сгради и съоръжения", DCB, 13-15.09.2012г., Варна; ISSN: 1314-6955

4. Panicharov G., Steve S., Hydrodynamic two-phase flow as a source of vibration pipelines. Научен Алманах на ВСУ „Черноризец Храбър“, книжка 5, Серия Архитектура и строителство 2011 г., ISSN: 1311-9222

5. Паничаров, Г., А.Георгиева, 3D моделиране динамиката на свлачищни процеси при статически товари, 6-та международна научна конференция “Архитектура, строителство - съвременност”, V-VI.2013г. Варна, с.167-172. ISSN 1314-381