КОНСТРУИРАНЕ И ТЕСТВАНЕ НА ЕКСПЕРИМЕНТАЛНА АПАРАТУРА ЗА АНАЛИЗ НА ПОЖАРОГАСИТЕЛНИ ДЮЗИ В ПОДЗЕМНИ МИННИ УСЛОВИЯ

д-р Диана Македонска, Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", didi_fire@abv.bg
доц. д-р Васил Цанов, Академия на МВР, vasil.tsanoff@tsanoff-classic.com

РЕЗЮМЕ: *Настоящото изследване разглежда дисперсионните характеристики на спринклерни дюзи с оглед тяхната приложимост в реални подземни минни обекти. С оглед на ограниченията, свързани с масата и обема на противопожарните инсталации в специфични минни зони, е проектирана и изградена експериментална апаратура за едновременно изпитване на два броя дюзи. Целта е да се оцени ефективността на водно оросяване върху защитавана площ при едновременна работа на компактни спринклерни елементи.*

Изследването включва количествен анализ на интензивността на водната струя, както и оценка на дисперсионните параметри на различни типове дюзи (спринклерни и алтернативни), с цел оптимален подбор на пожарогасителна система за подземни условия. Проведен е сравнителен анализ на експерименталните данни, като акцентът е поставен върху приложимостта на тестваните конфигурации в реални минни среди с ограничени възможности за изграждане на мащабни инсталации.

Ключови думи: *подземни обекти, сприклерни дюзи, пожарна безопасност, стенд за изпитване*

DEVELOPMENT OF EXPERIMENTAL APPARATUS FOR INVESTIGATING FIRE SUPPRESSION NOZZLES IN UNDERGROUND MINING ENVIRONMENTS

Diana Makedonska, PhD, University of Mining and Geology St. Ivan Rilski, didi_fire@abv.bg
Associate Professor Vasil Tsanov, PhD, Academy of MoI, vasil.tsanoff@tsanoff-classic.com

ABSTRACT: *This study investigates the dispersion characteristics of sprinkler-type nozzles and their applicability in real underground mining environments. Due to constraints related to the mass and volume of fire suppression installations in specific mining zones, a dedicated experimental apparatus was designed and constructed to simultaneously test two nozzle units. The aim is to evaluate the effectiveness of water spray coverage over a protected area when operating compact sprinkler elements in tandem.*
The research includes a quantitative analysis of spray intensity and a comparative assessment of the dispersion parameters of various nozzle types (sprinkler and alternative designs), with the goal of selecting an optimal fire suppression system for subterranean

conditions. A comparative analysis of the experimental data was conducted, emphasizing the practical applicability of the tested configurations in real-world underground mining scenarios where large-scale installations are not feasible.

Keywords: *underground facilities, sprinkler nozzles, fire safety, test stand*

1. Въведение

Пожарната безопасност представлява ключов компонент в защитата на човешкия живот, материалните активи и критичната инфраструктура. Пожарите могат да възникнат спонтанно, да се развият бързо и да причинят сериозни щети в рамките на кратък времеви интервал. Особено уязвими в това отношение са подземните минни обекти, където ограничената достъпност, сложната геометрия и специфичните експлоатационни условия затрудняват прилагането на конвенционални противопожарни системи [1, 2].

В контекста на нарастващата необходимост от надеждни и ефективни решения за противопожарна защита в подземни среди [3, 4], проектирането и изграждането на експериментален стенд за изпитване на спринклерни дюзи придобива съществено значение. Целта е да се оцени реалната ефективност на компактни водни пожарогасителни системи, които могат да бъдат внедрени в зони с ограничени възможности за монтаж на мащабни инсталации [5].

Автоматичните системи за пожарогасене, базирани на водни струи или други огнегасителни агенти, осигуряват ранно откриване и потискане на огнища на горене. Спринклерните инсталации [6], в частност, притежават способността да локализират или напълно да погасят пожара, като ограничат неговото разпространение до пристигането на аварийните екипи [7].

Разработването на високоефективни, адаптивни и компактни противопожарни системи за подземни обекти е от първостепенно значение. Настоящото изследване поставя основите за последващ анализ на дисперсионните характеристики на различни типове дюзи, с оглед оптимизиране на тяхната приложимост в реални минни условия [8]. Авторите предвиждат продължаване на проекта чрез разширени експериментални и симулационни изследвания.

2. Теоретична основа

2.1. Автоматични стационарни пожарогасителни инсталации

Автоматичните стационарни пожарогасителни инсталации представляват инженерно изградени системи, предназначени за ранно откриване и потискане на огнища на горене в защитавани обекти. Те се състоят от резервоар или захранващ източник на пожарогасително вещество, свързан с една или повече фиксирани дюзи, през които веществото се подава — ръчно или автоматично — с цел локализиране или пълно погасяване на пожара.

Като част от техническите средства за активна пожарна защита, тези инсталации намират приложение в среди с повишен риск от бързо развитие на пожара, включително възможност за експлозии, структурни разрушения и нарушаване на функционирането на критични системи. В подобни случаи,

навременното задействане на автоматичната система е от съществено значение за ограничаване на материалните щети и осигуряване на безопасността на персонала.

Системите от този тип се характеризират с висока степен на надеждност, когато са правилно проектирани и адаптирани към специфичните условия на експлоатация — особено в подземни обекти, където достъпът е ограничен, а възможностите за евакуация са силно затруднени. Изборът на подходящо пожарогасително вещество, конфигурацията на дюзите и параметрите на разпръскване са критични за ефективността на инсталацията.

2.2. Автоматични спринклерни системи

Автоматичните спринклерни системи представляват активни противопожарни инсталации, предназначени за ранно откриване и потискане на пожари чрез водно гасене в началния етап на развитие на огнището. Основната им функция е да ограничат разпространението на пожара или да го държат под контрол до пристигането на аварийните служби, като в определени случаи могат да доведат и до пълното му погасяване.

Спринклерната система [9] включва водоснабдителен източник — водопроводна мрежа или резервоар с помпена група — и една или повече спринклерни инсталации. Всяка инсталация се състои от контролно-сигнален клапан и разклонена тръбна мрежа, оборудвана със спринклерни глави, монтирани на стратегически места в зависимост от конфигурацията и рисковия профил на защитавания обект.

Задействането на системата може да се осъществи автоматично — чрез термочувствителен елемент в спринклера, разположен над източника на пожара — или чрез сигнал от пожароизвестителна система (автоматична или ръчна), свързана с контролния блок. Ефективността на системата зависи от редица фактори, включително:

- типа и конфигурацията на тръбопроводната мрежа [10];
- регулярната техническа поддръжка и инспекция на компонентите [11];
- характеристиките на използваните спринклери — геометрични, топографски и термочувствителни параметри.

Тези системи са особено подходящи за обекти с повишен риск от бързо развитие на пожара, включително подземни съоръжения, където достъпът е ограничен, а възможностите за евакуация са затруднени.

3. Методология на изследването

Предложената методологична програма се основава на едно от фундаменталните инженерни допускания, че използването на вода в подземни минни обекти следва да бъде минимизирано по отношение на обем и инфраструктурна сложност. С оглед на това, броят на използваните спринклерни дюзи трябва да бъде ограничен. Изследват се инсталации с два броя дюзи, което води до олекотяване на конструкцията и улеснява нейното техническо обслужване.

Както вече бе посочено, корозията, вибрациите и трудностите при укрепване на съоръженията значително усложняват инженерните дейности, свързани с

противопожарни инсталации, и в крайна сметка намаляват тяхната надеждност. В този контекст се предлага следната методология:

1. провеждане на подробен анализ на международните и националните стандарти и нормативни документи, регламентиращи стационарни противопожарни инсталации, включително компонентите на спринклерни системи и водоразпръскващи устройства;
2. разработване на методика за определяне на интензивността на водното покритие върху защитаваната площ, чрез симетричен модел спрямо центъра на оросяваната зона;
3. на база предходните изводи — създаване на методика за определяне на размерното разпределение на капките;
4. конструиране на стенд за експериментално изпитване на спринклерни дюзи;
5. статистическа обработка на резултатите и графичното им представяне под формата на диаграми и схеми.

4. Проектиране и изграждане на стенд за изпитване на спринклерни дюзи

Една от основните задачи, заложени в рамките на проекта, е експерименталното изследване на дисперсионните характеристики на пожарогасителни дюзи при едновременна работа на два броя спринклерни елемента. С оглед реализирането на тази цел, е необходимо проектиране и изграждане на специализиран стенд за изпитване.

4.1. Етапи на проектиране

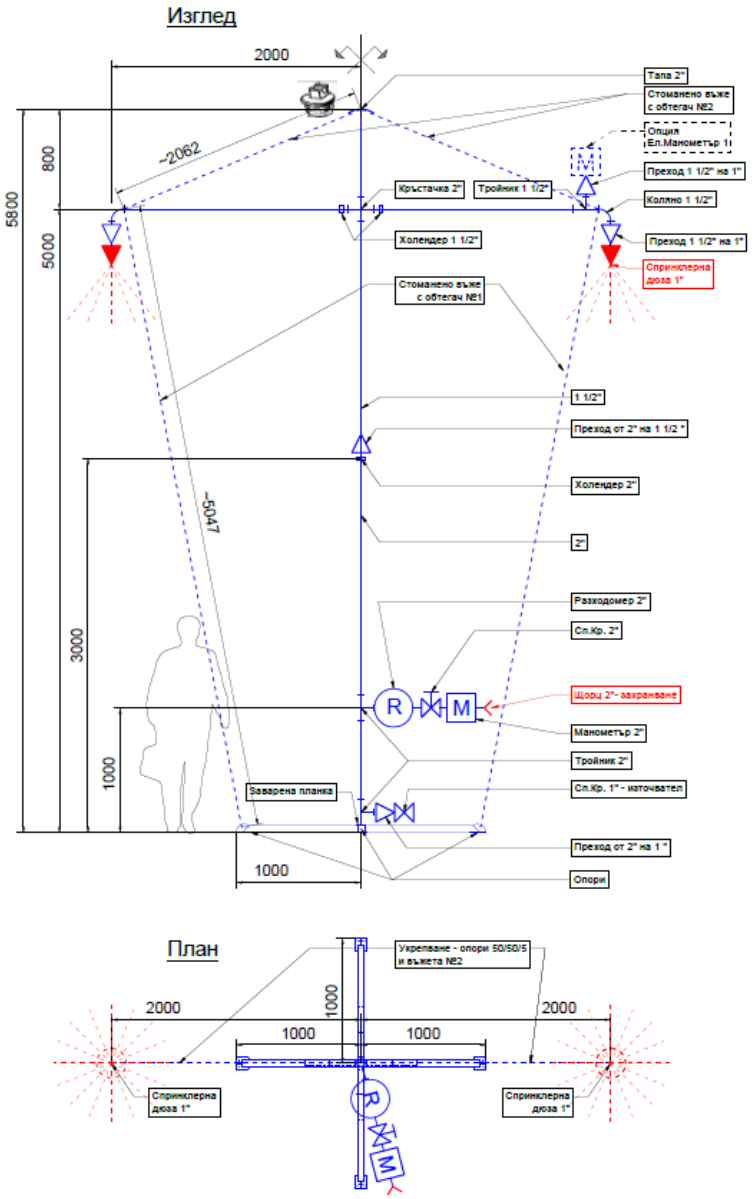
Процесът на проектиране включва последователно изпълнение на следните ключови стъпки:

- **анализ на нормативната база** Проведено е детайлно проучване на приложимите международни и национални стандарти, както и на регулаторните изисквания.
- **определяне на геометричните параметри** Размерите и конфигурацията на стенда са съобразени с конкретното приложение и ограниченията, характерни за подземни минни обекти.
- **дефиниране на изпитвателни параметри** Избрани са основни характеристики за тестване — дебит, налягане, интензивност на оросяване с цел обективна оценка на ефективността на дюзите.

След завършване на теоретичния и нормативен анализ, е пристъпено към инженерно проектиране и реализация на стенда, визуализиран на ***фиг. 1***.

4.2. Конструкция и параметри на експерименталния стенд

Експерименталният стенд е реализиран в откритото пространство на лабораторния блок към Минно-геоложкия университет в София, България. Съоръжението представлява тръбна конструкция, монтирана върху метална стойка и стабилизирана посредством стоманени въжета. Основната носеща височина на стенда е 5,00 m, което позволява монтаж на изпитвателни дюзи върху перила, разположени на тази височина. Този параметър е избран с оглед симулиране на условия, характерни за пътни тунели, където височината на монтаж е критична за ефективността на пожарогасителната система.



Фигура 1. *Стенд за изследване разпределението на интензивността на покритие на водна струя от спринклерни дюзи*

Конструкцията е модулна, с възможност за редуциране на височината до 3,00 m, което позволява адаптиране на стенда за изследване на дюзи, предназначени за други приложения — включително подземни гаражи, минни галерии и технически помещения с ограничена височина.

Разстоянието между двете изпитвани дюзи е фиксирано на 3,00 m, в съответствие с изискванията на стандарта EN 12845:2015+A1:2020 „Стационарни пожарогасителни инсталации. Автоматични спринклерни инсталации. Проектиране, монтиране и поддържане“. При определяне на този параметър е отчетен класът на пожарна опасност, характерен за тунелни и подземни обекти.

За изграждането на стенда са използвани поцинковани тръби с диаметри 2", 1.5" и 1", както и стандартни фитинги — тройници, муфи, колена, холендри и други свързващи елементи. Конструкцията е реализирана в реални размери, като за основната стойка са използвани квадратни профили със сечение 5 x 5 cm и дебелина на стената 5 mm. Четири профила с дължина 1 m са нарязани и съединени чрез заваръчен шев в кръстообразна конфигурация, осигуряваща стабилност и мобилност на стенда.

4.3. Етапи при конструиране и изграждане на изпитвателния стенд

Основната носеща конструкция на експерименталния стенд се състои от поцинкована тръба с диаметър 2" и височина 3,00 m. В двата края на тръбата са изработени резби, които изпълняват различни функционални роли:

- **долна резба** — служи за свързване към основната стойка на стенда, осигуряваща стабилност и вертикална опора;
- **горна резба** — към нея се монтира холендър, чрез който се осъществява преход към тръба с диаметър 1½".

В горната част на конструкцията се навива кръстачка, към която се присъединяват две хоризонтални тръби с дължина 1,5 m и диаметър 1½", предназначени за монтаж на изпитвателните дюзи. Свързването се осъществява посредством стандартни фитинги — колена, преходници и съединителни елементи. За допълнителна устойчивост, към кръстачката се монтира вертикална тръба с дължина 0,80 m, която се стабилизира чрез стоманени въжета, фиксирани към перилата на тръбите, а от тях към основата.

В тялото на основната тръба е пробит отвор, към който е заварен съединител тип „Щорц“. Към този съединител са монтирани следните контролни уреди (***фиг. 2***):

- **разходомер** — за измерване на дебита на подаваната вода;
- **спирателен кран** — за регулиране и прекъсване на водния поток;
- **манометър** — за проследяване на работното налягане в системата.



Фигура 2. *Контролни уреди – разходомер и манометър*

Работното налягане е предвидено да се осигурява от пожарен кран.

4.4. Избор на спринклерни дюзи за експериментално изследване

Към спринклерните дюзи, както и към всяко оборудване, от което пряко зависи пожарната безопасност и защитата на човешкия живот, се предявяват специфични технически и нормативни изисквания. Те са регламентирани в съответните национални и международни стандарти, обхващащи както самите спринклери, така и инсталациите, изграждани с тях.

Една от ключовите характеристики на спринклерите е способността им да осигуряват равномерно разпределение на водната струя върху защитаваната площ. Това изискване следва да бъде изпълнено дори в най-неблагоприятно разположените зони — включително под т.нар. „диктуващ“ спринклер, при който вследствие на хидравлични загуби налягането е минимално. В този контекст, решаващо значение има дали конкретният спринклер, при зададени условия на работа, може да гарантира необходимата интензивност на покритие както при самостоятелна работа, така и при синхронна работа с друг съседен спринклер.

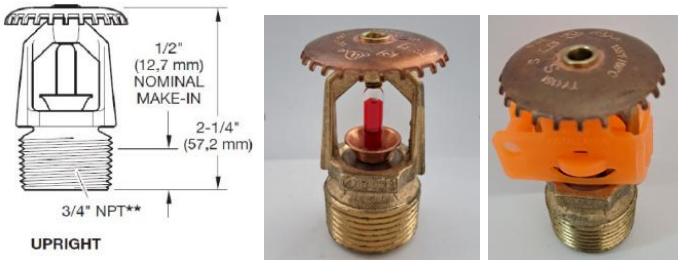
В България, като държава членка на Европейския съюз, се прилагат европейските стандарти, свързани с проектирането, изграждането и поддръжката на спринклерни инсталации. Основният нормативен документ, който определя за кои обекти е задължително изграждането на такива системи, е Наредба Із-1971 „За строително-техническите правила и норми за осигуряване на безопасност при пожар“, чл. 3, ал. 1, приложение №1.

Стандартът EN 12259-1 дефинира изискванията към производството, характеристиките и методите за изпитване на спринклерни дюзи, включително препоръчителна програма за типови изпитвания за съответствие.

Компанията TYCO FIRE & BUILDING PRODUCTS (САЩ) предлага допълнителни методи за оценка на спринклерни характеристики (*фиг. 3*), сред които:

- **метод „профил на струята“** — предоставя информация за формата и радиуса на разпръскване, подходящ за спринклери със стандартна водна струя;
- **метод „напречна секция“** — визуализира фактическия контур и горната граница на покритие, приложим предимно за стенни хоризонтални спринклери;
- **метод „мокра стена“** — включва тестване в камери с различни размери, считан (Чочев, 2013) за най-подходящ при оценка на стенни спринклери с разширено покритие и жилищни висящи модели.

В реални условия, недостатъчната интензивност на гасене може да доведе до неконтролируемо развитие на пожара, с риск от разрастване на огнището и невъзможност за неговото локализиране. За съжаление, сред техническите спецификации на предлаганите на пазара спринклери често липсват данни за разпределението на интензивността на гасене върху защитаваната площ.



Фигура 3. *Спринклерна дюза серия TY4151*

Серията спринклерни дюзи TYCO е проектирана за приложение както в стандартни, така и във високорискови обекти, включително подземни съоръжения с ограничен достъп и повишени изисквания към надеждността на противопожарната защита. Дюзите са с антикорозионно покритие, което ги прави подходящи за агресивна среда и дългосрочна експлоатация.

Конструкцията на спринклера включва корпус, изработен от мед или месинг, и термочувствителна ампула от закалено стъкло. Ампулата съдържа специална течност, която се разширява при повишаване на температурата. При достигане на номиналната температура на задействане, обикновено 68 °C, налягането на разширената течност води до разрушаване на стъклената колба. Това освобождава запушалката на дюзата и позволява на водата да се излее върху защитаваната зона.

Този принцип на работа осигурява автоматично и локализирано задействане на системата само в зоната на възникналия пожар, като по този начин се минимизира водният разход и се повишава ефективността на гасене при едновременно ограничаване на вторичните щети.

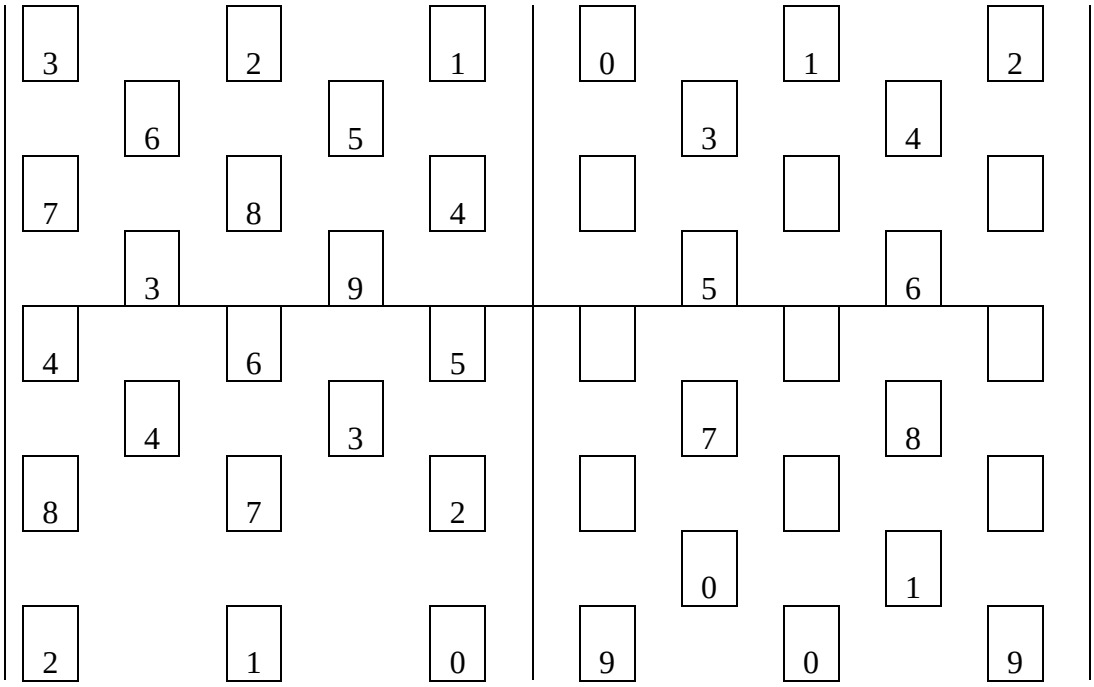
4.5. Методика на експеримента

На вече изградения стенд се монтират два броя дюзи (***фиг. 4***).



Фигура 4. *Спринклерни дюзи, монтирани на стенда*

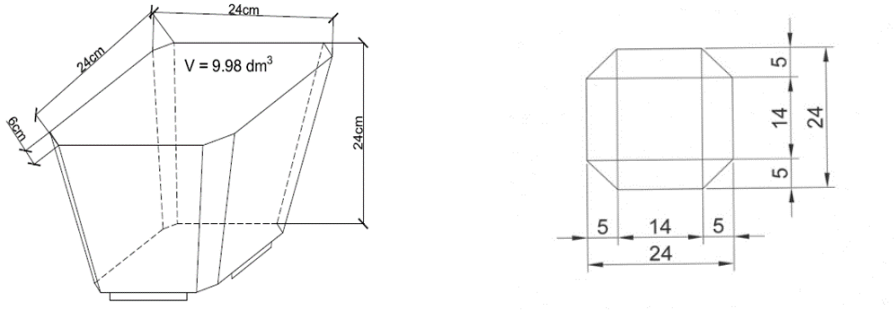
Целта на експеримента е да се определи ъгъла на действие на дюзата, зоната и интензивността на оросяване, както и размера на капките в изследвания оросителен участък. За да се определят тези характеристики е необходимо в оросителната зона да бъдат разположени еднакви мерителни/събирателни съдове, подредени в шахматна форма (***фиг. 5***).



Фигура 5. *Схема на разположение и номериране на съдовете за събиране на вода*

Количеството вода, разпределена върху площта под разпръсквача се събира с помощта на осмоъгълни събирателни съдове с размери: 0,25 x 0,25 x 0,30 m и площ на 1 събирателен съд 0,0526 m^2 (***фиг. 6***). Водното съдържание се измерва посредством лабораторни мензури с вместимост 100 ml, 250 ml, 500 ml и 1000 ml с отчитане, съответно ±1 ml, ±2 ml и ±50 ml, което отнесено към осредненото съдържание в мерителните съдове обезпечава точност ±1%.

Продължителността на експериментите е между 4 и 10 min. Времето е измерено с електронен хронометър. Проведени са два опита при различни налягания. Работното налягане се създава от пожарен кран.



Фигура 6. *Размери на събирателен съд*

След приключване на опитите, се измерва обема на водата във всеки събирателен съд. Обема, времето за получаването му и площта на съда са основните стойности за определяне интензивността на оросяване (I), а именно (***уравн. 1***):

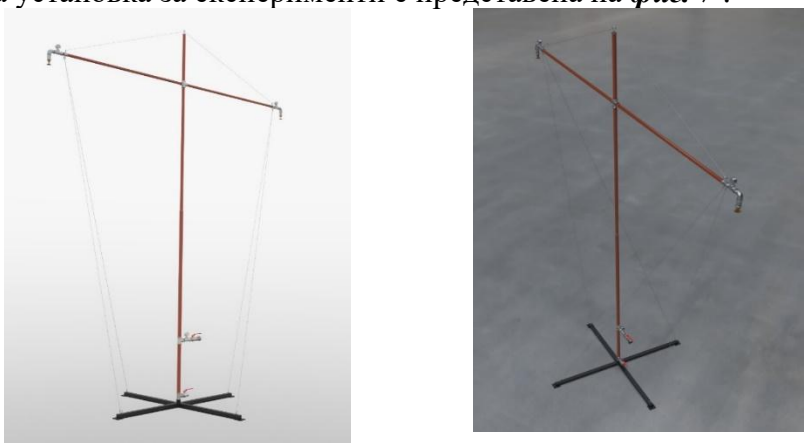
$$I = \frac{V}{S\tau}\left[\frac{dm^3}{dm^2 \min} * 100 = \frac{mm}{\min}\right] \quad (1)$$

където:

$\boldsymbol{V}$ – е обемът на водата в съда, dm^3; $\boldsymbol{S}$ - е площта на съда, dm^2;

$\boldsymbol{\tau}$ - е продължителността на експеримента, min.

Опитната установка за експерименти е представена на ***фиг. 7*** :



Фигура 7. 3D визуализация на стенда

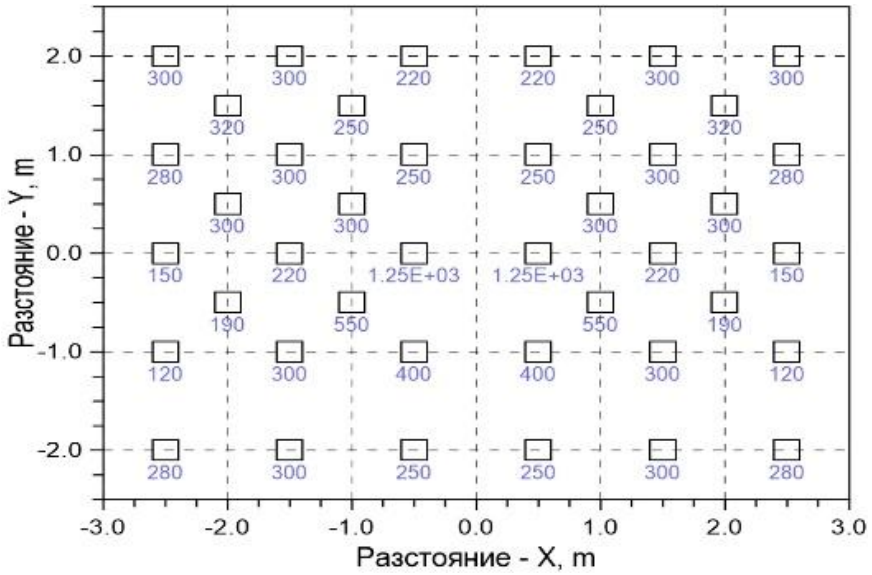
5. Експериментална част

Провеждане на експеримент 1

Параметри на експеримента:

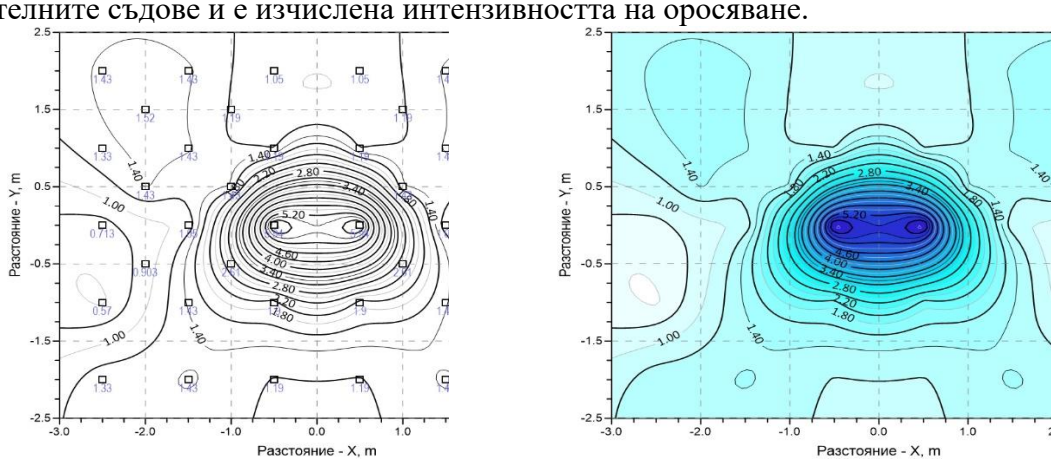
дата	*18.06.2024*
Брой дюзи	2
Вид дюзи	Sprinkler TY4151 – Upright 8.0K, 3/4″ NPT
Налягане	0,8 bar
Продължителност/време	4 min

Разположението на събирателните съдове и попадналото количество вода в тях са показани на ***фиг. 8*** :



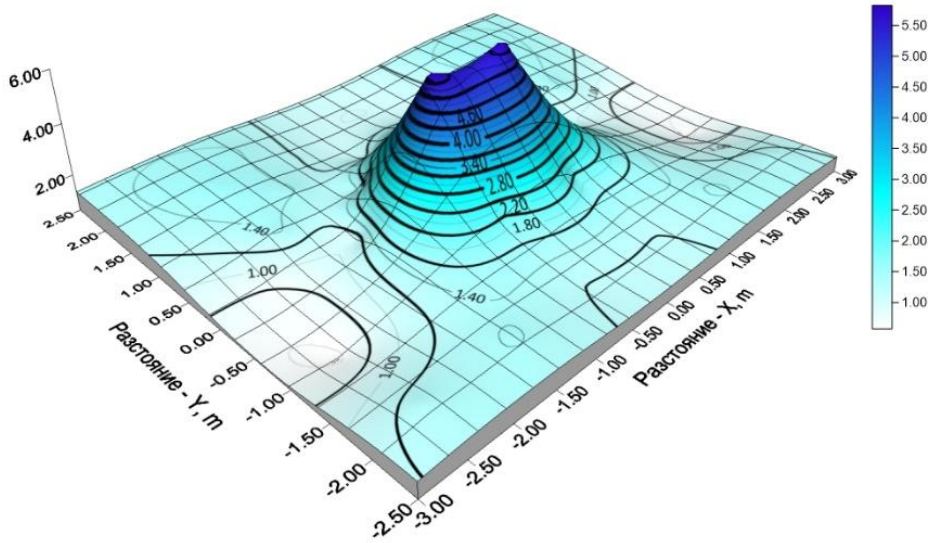
Фигура 8. *Схема на събирателните съдове и попадналото количество вода*

След приключване на експеримента е отчетено количеството вода в събирателните съдове и е изчислена интензивността на оросяване.



Фигура 9. *Изолинии на интензивността на оросяване [mm/min], P=0.8 bar*

Площните диаграми на интензивността на оросяване са изчертани в изолирани контури и като обемна диаграма (***фиг. 9***), и като разпределение на интензивността на покритие на водата от спринклерни дюзи (***фиг. 10***)



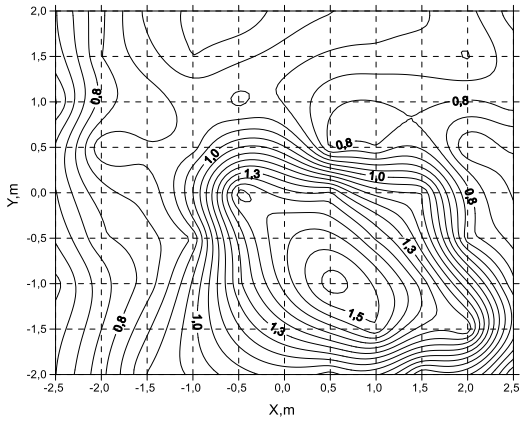
Фигура 10. *Разпределение на интензивността на покритие на водата от спринклерни дюзи*

Провеждане на експеримент 2

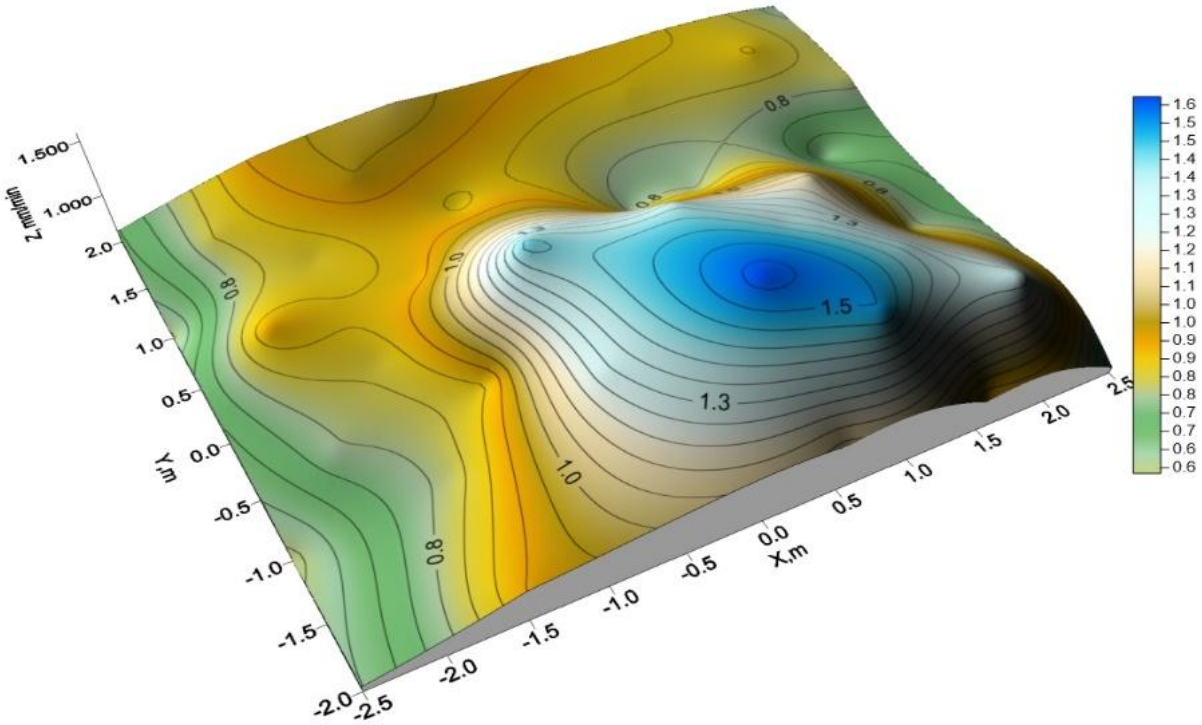
Параметри на експеримента

дата	*04.10.2024*
Брой дюзи	2
Вид дюзи	Sprinkler TY4151 – Upright 8.0K, 3/4″ NPT
Налягане	2 bar
Продължителност/време	10 min

Резултатите от опитите, проведени при налягане 2 bar са представени на ***фиг. 11*** и ***фиг. 12***.



Фигура 11. *Изолинии на интензивността на оросяване [mm/min], P=2.0 bar*



Фигура 12. *Разпределение на интензивността на покритие на водата от спринклерни дюзи*

6. Анализ на получените резултати

Анализът на получените резултати показва, че работното налягане влияе както върху стойностите на интензивността на оросяване, така и върху нейното пространствено разпределение. При налягане 0,8 bar се формира ясно изразена централна зона с повишена интензивност, разположена между двете дюзи. Максималната измерена стойност е около 5,20 mm/min. С отдалечаване от тази зона интензивността постепенно намалява, като в периферните участъци се наблюдават по-ниски стойности. Това показва наличие на зона на взаимно припокриване на водните струи, в която се достига по-висока интензивност на оросяване.

При повишаване на налягането до 2,0 bar се наблюдава различно пространствено разпределение. В централната област стойностите са приблизително 1,2–1,3 mm/min, докато максималната отчетена интензивност е около 1,5 mm/min и е разположена към десния край на изследваната площ.

Съществена е и промяната в положението на зоната с максимална интензивност. При 0,8 bar тя е концентрирана в централната област между двете дюзи, докато при 2,0 bar се измества към десния край на изследваната площ. Наблюдаваната асиметрия може да е свързана с условията при провеждане на експеримента.

Получените резултати показват, че при оценяване на работата на спринклерните дюзи е необходимо да се отчита не само максималната стойност на интензивността, но и нейното пространствено разпределение в защитаваната площ. При система с две дюзи особено значение има зоната на взаимно припокриване на водните струи, тъй като нейното положение влияе върху равномерността и разпределението на водата в защитаваната площ.

Получените резултати и разработената методика позволяват:

- провеждане на изпитвания с различни типове водни дюзи върху експерименталния стенд и определяне на техните характеристики;
- определяне на интензивността на оросяване при едновременна работа на две дюзи;
- извършване на сравнителен анализ между спринклерни, винтови и спирални дюзи;
- оценяване на влиянието на налягането върху характеристиките на водния поток;
- подпомагане на избора на подходяща пожарогасителна система за приложение в подземни съоръжения.

Сравнението на резултатите при двете изследвани налягания показва. че при проектиране и оценяване на системи с няколко дюзи е необходимо да се отчита не само работното налягане, но и пространственото разпределение на водата и взаимното разположение на дюзите. Получените резултати могат да бъдат използвани като основа за последващо изследване на различни конфигурации и работни режими с цел установяване на условията за по-равномерна интензивност в защитаваната зона.

7. Заключение

В подземни съоръжения могат да се развият сложни пожари, водещи до сериозни аварии, инциденти и значителни материални щети. Стационарните пожарогасителни системи имат потенциал да контролират пожара в началния етап на възникване и да предотвратят линейното му разпространение в обекта. Това подпомага действията на спасителните екипи и съкращава времето за достъп до огнището.

Времето до пристигане на противопожарните служби и началото на гасителните действия зависи от местоположението на пожара, достъпа на пожарния автомобил и конкретната ситуация. Познаването на реалната обстановка предполага избор на адекватна тактика. Времето за започване на гасителни действия от минноспасителните и противопожарни служби често надвишава времето за развитие на пожара, което прави гасенето продължително и в някои случаи неефективно. Поради това, внедряването на стационарни пожарогасителни системи оказва положително въздействие върху цялостния процес на пожарогасене.

Изграждането на стенд за изпитване на спринклерни дюзи представлява ключова стъпка към повишаване на безопасността и ефективността на противопожарните системи. Тези системи играят решаваща роля в защитата на сгради и инфраструктура от разрушителните последици на пожара, като

автоматично задействат водни струи при откриване на огън или повишена температура.

Чрез детайлни и прецизни изпитвания се гарантира правилното функциониране на спринклерните системи и осигуряване на максимална защита при пожар.

8. Препоръки

Получените резултати представляват интерес както за минни и индустриални предприятия, така и за подземни пространства в жилищни сгради и търговски комплекси, където пожарното натоварване е хетерогенно. Прилагането на подходяща противопожарна инсталация в тези обекти може да ограничи развитието на пожара до нискоенергийно ниво и да предотврати сериозни щети.

Благодарности: Авторите изразяват своята благодарност към Минно-геоложки университет „Св. Иван Рилски“ за финансирането по проект МТФ-193/2024. Изказваме благодарност на колегите за оказаната помощ при изграждането на стенда и провеждането на експериментите.

Библиография

1. Shopov, A, Bonev, B. Ascertainment of the change of the ductility in corroded steel specimens by experiment. International Journal of Civil Engineering and Technology, 10.1, 2019, pp. 1551-1560;

2. Ivanov I., T. Tsankov, Safety culture in disasters and accidents and human health risk management, ID: 52, 6th Regional European Safe Community Conference – ESCON’2018, October 3-5, Skopje, Nord Macedonia;

3. Fabio Borghetti, Marco Derudi, Paolo Gandini, Alessio Frassoldati, Silvia Tavelli, Tunnel Fire Testing and Modeling, Springer Cham, 978-3-319-49516-3, https://doi.org/10.1007/978-3-319-49517-0, (2016);

4. Handbook of Tunnel Fire Safety, Alan Beard and Richard Carvel, Default Book Series. January 2012 ISBN: 978-0-7277-4153-0;

5. Tsankov T., Analysis and risk assessment of an electric car fire in an underground garage ENERGY FORUM 2024, June 25–28, Proceedings Collectionhttps://www.ntse-bg.org/UPLOADS/conf/EF2024/Articles/Energien_forum_2024.pdf;

6. Yordanov, Sv., P. Klisarski, M. Nenov. Trends in the Development of Sprinkler Fire Suppression Systems. Proceedings of the Scientific Session VVISSU 98 – Volume 2, Higher Military Civil Engineering School “Lyuben Karavelov”, November 18–19, 1998, Sofia, Bulgaria, pp. 585–588;

7. Koichev, K., V. Chochev, M. Nenov. Investigation of Fire Development and Suppression Issues in the Chemistry Faculty of Sofia University “St. Kliment Ohridski”. Proceedings of the Scientific Session VVISSU 98 – Volume 2, Higher Military Civil Engineering School “Lyuben Karavelov”, November 18–19, 1998, Sofia, Bulgaria, pp. 467–473;

8. Nenov, M., D. Lepniyski, N. Popova. Analysis of Fire Suppression Possibilities for Fires Caused by Ignition of Non-Traditional Materials. Proceedings of the Scientific Session VSU 2001 – Volume 3, Higher School of Civil Engineering "Lyuben Karavelov", May 29 – June 1, 2001, Sofia, Bulgaria, pp. V.1–V.6. COBISS.BG-ID – 48619528;

9. Chochev, V. (2013) Research on the extinguishing intensity of sprinklers, dissertation, AoMoI, Sofia

10. Shopov, A., Bonev, B. (2019) B. Experimental determination on the change of geometrical characteristics and the theoretical ultimate-load capacity of corroded steel samples. International Journal of Civil Engineering and Technology 10.2, pp.320-329; http://www.iaeme.com/IJCIET/issues.asp?JType=IJCIET&VType=10&IType=2

11. Shopov, A., Bonev, B., Brayanov, N. (2018) Change of spring constant for springs with corrosion. Proceedings of the 5th International Conference on Road and Rail Infrastructure CETRA 2018, Zadar, Croatia, pp. 291-297.