

ОЦЕНКА И УПРАВЛЕНИЕ НА РИСКА ОТ ПОЖАРИ В ПРИРОДНИ И УРБОГЕННИ ЕКОСИСТЕМИ

доц. д-р Паулина Наскова

ТУ, Варна

гл. ас. инж. Али Чакър

Варненски Свободен Университет

Абстракт: Оценката на вероятността на риска е най-важния компонент за интегрирания цикъл за управление на риска при бедствия и аварии. Адекватна и навременна реакция може да има само ако има задълбочени познания за вероятността от възникване на събитието, обективна оценка и взети превантивни мерки.

Статията е фокусирана върху методологията за интегриране на управлението на риска при възникването на пожари в природни и урбогенни екосистеми. Тази методология е съществена поради нарастващото значение на опазването на околната среда. Изследването включва алгоритъм, който обхваща методите за оценяване на риска за възникване на пожари в природни и урбогенни екосистеми, теоретичните основи на управлението на риска и реализацията им в практиката.

Ключови думи: качество, риск, управление, пожари, околна среда, урбогенна екосистема

FIRE RISK ASSESSMENT AND MANAGEMENT IN NATURAL AND URBOGENIC ECOSYSTEMS

Assoc. prof. Pavlina Naskova

TU, Varna

Sen. assist. Ali Chakar

VFU, Varna

Abstract: Risk probability assessment is the most important component of an integrated disaster and accident risk management cycle. There can be an adequate and timely response only if there is a thorough knowledge of the probability of occurrence of the event, an objective assessment and preventive measures taken. The article focuses on the methodology for integrating fire risk management in natural and urban ecosystems. This methodology is essential due to the growing importance of environmental protection. The research includes an algorithm that covers the methods for assessing the risk of fires in natural and urban ecosystems, the theoretical foundations of risk management and their implementation in practice.

Key words: quality, risk, management, fires, environment, urban ecosystem

Въведение

Пожарите са в основата на природни катастрофи, които причиняват необратимо унищожаване на околната и жизнената среда и огромни материални щети. Те представляват постоянна заплаха за екологичните системи, инфраструктурата и човешкия живот.

За да се предотврати и намали загубата на човешки живот, имуществени вреди и нанасяните поражения на околната среда от пожари е

необходимо елиминиране на рисковете, които могат да причинят пожар. Прилагането на мерки за пожарна безопасност е по-ефективно, отколкото гасенето на пожара. Това се отнася както до горските пожари, така и до тези, които възникват и се развиват в закрити производствени и жилищни помещения. И в двата случая пожарът е неконтролирано горене, възникнало не по волята на човека или по умишлени действия продължаващо докато не настъпи условие за пасивно самопрекратяване или активно гасене.

I. Методи за оценяване на риска за възникване на пожари в природни и урбогенни екосистеми

Пожарите са природни екосистемни процеси със значително въздействие върху околната среда. Последствията от тях са различни в зависимост от климатичните условия, състоянието и разпределението на горимите материали, интензивността и продължителността на въздействието на огъня, количеството на изгорялата биомаса, наклона, изложението и надморската височина на терена, растителността, почвеният тип и много други фактори [2]. Почвата, като основен компонент на екосистемите е подложена на многостранното въздействие на пожарите. Под тяхното влияние се променят в една или друга степен основните почвени показатели [3,8,13,24]. Сред основните характеристики на почвата, които се променят под въздействие на огъня е съдържанието на общ въглерод, на азот и неговите съединения както и на рН. В резултат на нагряването на почвата се променят количеството и фракционният състав на хумуса [23] както и биогенната активност.

Пожарната активност, като потенциален риск за пожар на дадена територия се влияе от две групи фактори: природни и антропогенни. [11].

При оценката на риска изхождаме от общото определение (определение 1.1 от ръководство 73:2009 на ISO) [22], че рискът отчита влиянието на неопределеността върху постигането на зададените цели. Даден риск често се изразява като комбинация от последствията от дадено събитие (инцидент или злополука) и от тяхната възможност или правдоподобност (Забележка № 4 от определение 2.1. на БДС ISO 31000:2011) [15]. Що се отнася до управлението на риска ние приемаме определението, че то се свежда до осъществяване на координирани дейности за ръководене и насочване на дадена организация по отношение на риска с цел неговата минимизация, отчитаща взаимовръзката между постигнатия резултат и използваните ресурси (ISO 9001:2015, определение 3.7.10) [16]. На базата на тези разсъждения приемаме, че стратегията за управление на всяка конкретна система се свежда до минимизация на критерия на средния риск [9,4].

$$R = \sum_{i=1}^m P(x_i) L_{i,k} G_k = \min \quad (1)$$

където:

P_i -вероятност за авария при i -тата опасност

G_k -стойност на k -тото последствие за компенсиране на щетата;

$L_{i,k}$ -тегловен коефициент за отстраняването на k -тата щета при i -тата опасност.

При анализа на риска при пожар, чиито последствия са необратими и системите (околната среда) са невъзстановяеми формулата за минимизация на риска се видоизменя чрез обединяване на двата коефициента в общ коефициент на загубите C_k .

$$R = \sum_{k=1}^n P_k C_k = \min \quad (2)$$

Количествената оценка на риска се извършва по метода „Матрица на последствията и възможностите“ като се ползват балансираны скали с по шест нива за открити пространства и пет нива за пожари на сгради (ISO 9001, ISO 14001, ISO 31010) [16,17,18]:

- нулев риск - няма условия за възникване на пожар на обекта;
- нисък риск - оптимално почвено овлажняване и ниска вероятност за пожар;
- умерен риск – начален дефицит на овлажняване на почвата, изсъхване и податливост към запалване;
- висок риск – висок на овлажняване, изсъхване на горния слой и създаване на условия за активно горене;
- много висок риск – висок дефицит на овлажняване за пет последователни дни;
- пожарна опасност-максимално възможен дефицит на овлажняване и оповестяване на пожароопасна обстановка.

Въздействията (индекс k във формулите) се оценяват в четири области или аспекти:

- хора;
- имущество;
- околна среда;
- обществен имидж.

След извършването на тези предварителни дейности се пристъпва към методика за анализ на риска известна като „Матрица на последствията и възможностите“. В нея се прилага концепцията „рискът да е толкова нисък, колкото това е разумно приложимо“, известна в теорията на изследване на операциите с абревиатурата ALARP (минимално допустимо практически ниво на риска). В смисъла на гореизложеното целта на управлението на риска

е да се постигне приемлив риск. Принципът на управление на риска „толкова ниско, доколкото е разумно приложимо (ALARP)“ се прилага, за да отрази ситуацията, в която част от рисковете могат да се толерират само ако приложените към тях мерки за контрол осигуряват намаляване на риска до ниво в зоната ALARP и нивото на тези рискове не могат да се намалят повече без прилагане на дейността (фиг.2).

В труда на Димитракиев и Недев [4] тема 16. Управление на риска при търговско-транспортната дейност] е предложена и приложена конкретна схема за управление на риска при експлоатация на кораба с ограничен и смесен риск на плаване, което ние приемаме като начална фаза в нашето изследване.



Фиг. 1 Принцип ALARP за категоризиране на риска [5,21]

На етапа „проследяване на риска“, определянето при анализа на риска количествено ниво попада е една от следните три зони на матрицата (фиг.1), при което се преценяват бъдещите мерки по управление на риска:

- стойност на риска от 1 до 6 (зона ALARP) - необходимо е да се прецени ефективността на съществуващите контролни мерки и да се анализират възможностите за подобряване на тяхната ефективност или за въвеждане на допълнителни такива. Анализ на ползите и разходите от въвеждане на допълнителни мерки (подобряване на съществуващите) ще покаже на етапа „въздействие върху риска“ дали те са разумно приложими за снижаване на риска в приемливата зона. Ако това ще изисква непропорционални разходи или ще доведе до прекратяване на дейността, то рискът може да остане в тази зона, като периодично се наблюдава и преценява;

- стойност на риска от 15 до 25 (зона на неприемлив риск горе в дясно на матрицата). Трябва да се предприемат контролни мерки доколкото това е практически възможно. Това означава прилагане на всичко налично като технологично и организационно познание и възможности. Цената, срокът и условията, които ще са необходими за прилагане на контролни мерки за понижаване на неприемливия риск, поне до ниво в зоната на ALARP, не може да са причина за неприлагането им и за приемане на съществуващото високо ниво на този риск.

Таблица 1

Матрица със скали на последствията

	Хора	Околна среда	Имущество	Обществен имидж
П ₁	<u>незначително-</u> леко нараняване	<u>незначително-</u> незначително въздействие върху околната среда до 10 000 лв.	<u>незначително-</u> до 10 000лв.	<u>незначително-</u> до 10 000лв.
П ₂	<u>малко-</u> единична лека контузия	<u>малко-</u> единични инциденти в отделни райони от 10 000 до 100 000 лв.	<u>малко-</u> от 10 000 до 100 000 лв.	<u>малко-</u> лош местен имидж; загуби от 10 000 до 100 000 лв.

П ₃	<u>средно-</u> множество леки и една тежка контузия	<u>средно-обширна</u> територия с възможност за ограничаване до 1 млн. лв.	<u>средно-</u> от 100 000 лв. до 1 млн.лв.	<u>средно-</u> лош имидж. Преустановяване на работа в района- до 1млн.лв
П ₄	<u>голямо-</u> множество тежки контузии или единична смърт	<u>голямо-излизане</u> на пожара извън ограничени райони- от 1 до 10 млн. лв.	<u>голямо-</u> от 1 до 10 млн. лв.	<u>голямо-</u> лош национален имидж. Спиране на производството- загуби от 1 до 10 млн. лв.
П ₅	<u>катастрофално-</u> множество смъртни случаи	<u>катастрофално-</u> национално покритие, търсене на международна помощ-над 10 млн.лв.	<u>катастрофално-</u> над 10 млн.лв.	<u>катастрофално-</u> лош международен имидж. Загуби над 10 млн.лв.

За всеки от четирите аспекта на оценка на риска са посочени по пет нива на последствия (табл.1), които се нанасят по ординатната ос на матрицата за количествена стойност на риска (фиг.1, фиг.2). Всяко ниво на последствията в даден аспект е описано като въздействие и е реферирано като ориентировъчни разходи. По отношение на хората не е посочен разход, но на практика и в тези случаи може да се идентифицира еквивалентна сума, която обществото е готово да инвестира за предотвратяване на статистически загуби на живот.

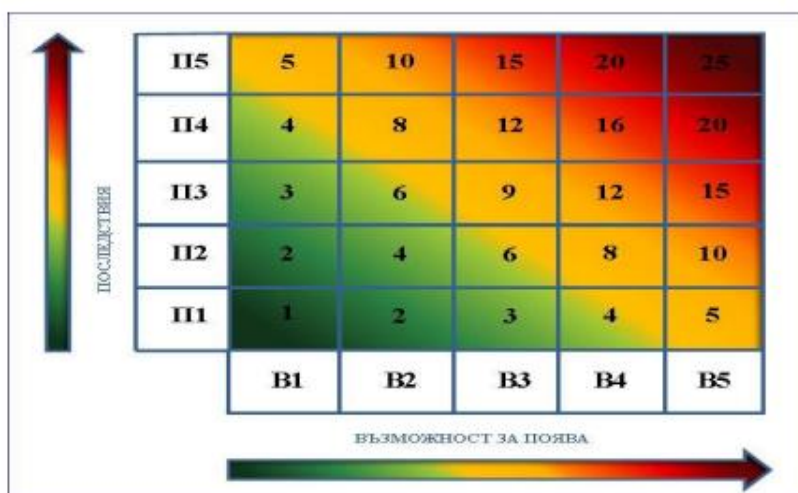
Следващата стъпка е определяне на количествената стойност на възможностите (вероятността) за настъпване на всяка идентифицирана опасност или източник на риск (табл.2).

Таблица 2

Скала на възможността за настъпване на риска

	Категория	Възможност за наблюдение и откриване
B1	Ежедневно наблюдаемо	Събитието е добре наблюдавано и тривиално
B2	Слабо познато	Необходими са усилия за откриването
B3	Малко вероятно	Нужна е статистическа обработка
B4	Рядко срещано	Трудно се открива с традиционните методи и средства
B5	Почти непознато	Необходимо е използването на специални средства за откриване на събитието

Тук се приема, че вероятността за настъпване на катастрофа е обратно пропорционална на възможностите за контрол и откриване на събитията водещи до пожар. Колкото по-малко е информацията за събитието, толкова по-голяма е вероятността за катастрофа. Това означава, че при управлението на риска е необходимо чрез нови методи за наблюдение и контрол да се преместват събитията от зоната на уникалните и слабо изучени явления към зоната на познатите т.е. към началото на абсцисата в матрицата на риска (фиг.2).



Фиг. 2 Матрица на количествената стойност на риска [5,21]

На фиг.3 е показан общия модел за оценка на риска от пожар, който показва нагледно реализацията на уравнение (1) за пресмятане на риска.



Фиг.3 Модел за определяне на риска от пожар [6]

II. Управление на риска

2.1 Теоретични основи

Базирайки се на схемата за оценка и анализ на риска от пожар, представена в предходната част ние предлагаме в теоретичен и практически аспект един подход за управление на риска, основаващ се на международния стандарт ISO 31000 [15]. Освен международния характер на този стандарт, когато става въпрос за оценка на риска в някой специфичен аспект (например пожарната опасност) към него се реферират всички стандарти за системи за управление [17], разработена по новия ISO Анекс SL [14]. Така се създава възможност за прилагане на единен, международно признат и структуриран подход обхващащ всички различни дейности по проблема. На фиг.4 е представен общият процес на управление на риска, съгласно този стандарт.



Фиг.4 Схема за управление на риска (ISO 31000) [5,21]

Тази схема включва три етапа: контекст, оценяване и третиране на риска.

Етапът “установяване на контекста“ включва идентифициране на обхвата на системата за управление на риска-дейности, физическо местоположение и граници, нормативен контекст и др. На този етап се дефинират ясни критерии за значимост на риска, като се дефинират количествени стойности на нивата за преценяване на риска.

Етапът „оценяване на риска“ се състои от три части. Частта „идентифициране на риска“ се основава на експертен анализ на възможните заплахи и уязвимости в областите, анализ на инфраструктурата и съществуващите административни дейности, климатични и нормативни фактори.

Частта “анализ на риска“ включва количествена оценка на отделните рискове и се състои от дейностите, описани в първата част на този труд. По същество тук се използва методът за количествена оценка известен като „матрица на последствията и възможностите“ приспособен към конкретната област.

Частта „преценяване на риска“ е процес на взимане на решение за това, кои от идентифицираните рискове са приемливи (т.е. може да се приемат така, както са и не е нужно да се предприемат действия) и кои от тях са неприемливи. Тук се прилага вече описаната концепция за приемане на риска „толкова ниско, доколкото е разумно приложимо „ (ALARP).

В етапа „третиране на риска“ се формулират мерки за третиране по отношение на неприемливите рискове и тези, които могат да се толерират, но при определени условия. Тези мерки може да включват намаляване, избягване, прехвърляне на риска и други действия, за да се сведе количествената оценка на неприемливите рискове до ново, приемливо ниво. Методиката използва опростен начин за анализ на разходи и ползи, позволяващ приоритизиране на мерките, като се отчитат конкретните аспекти на риска (хора, имущество, околна среда), в които мярката има благоприятно въздействие.

Обратните връзки „мониторинг и обсъждане“ затварят системата за управление и имат както информационен така и управляващ и регулиращ характер. Този тип въздействия, имащи за цел намаляване на риска (уравнение 2) включват два вида действия (фиг. 1 и фиг.2):

-намаляване на вероятността (възможността) за поява на високорискови ситуации чрез увеличаване на информацията за идентифицирането (преместване по абсцисната ос на матрицата за количествена оценка в посока от V_5 към V_1).

-намаляване на тежестта на последствията чрез предприемане на пасини и активни мерки за ограничаване и гасене на пожарите (преместване по ординатната ос на матрицата за количествена на риска в посока от P_5 до P_1).

По този начин се осъществява преместването на оценката на стойността на риска от зоната на „неприемлив риск“, през зоната ALARP до зоната на приемлив риск (фиг.1).

2.2. Практически реализации

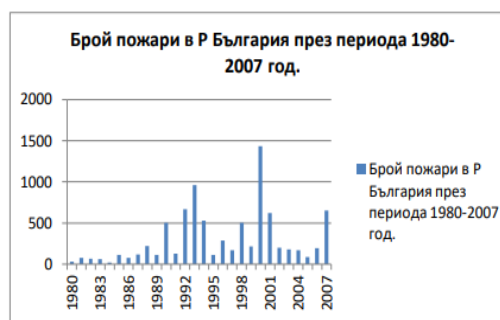
А. Намаление на риска от горски пожари чрез въвеждане на нови методи за мониторинг и контрол

Горските пожари представляват бедствие, нанасящо огромни щети на горите и горските стопанства в глобален мащаб. Нарушаването на целостта на горите чрез построяване на нови населени места в тях без предварително демографско планиране, антропогенната дейност, както и пожарите, възникващи в селскостопанските площи повишават съществено риска от пожари в този сектор.

На фиг. 5а е показан средния брой на пожарите в пет южноевропейски държави (Португалия, Испания, Италия, Франция и Гърция през периода 1980-2005 г. по данни на [19,20], а на фиг. 6б – броят на пожарите възникнали в България през периода 1980-2007г. по данни на [1,10].



а



б

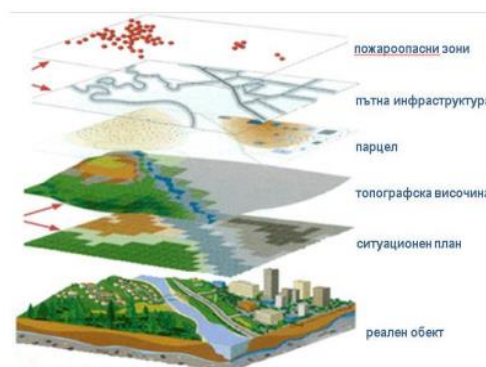
Фиг.5 Среден брой пожари

Анализът показва, че нарастващият характер на горските пожари и щетите от тях се дължи както на технологичните, природните и битовите причини за възникването им, така и на отсъствието на комплексни системи за ранно откриване на огнищата на пожари, създаващи възможности за прилагане на проактивен подход за предварително определяне на районите с висок риск от пожари и предприемане на действия за предотвратяването им. В последно време се смята, че добри възможности за подпомагане на вземането на решения в борбата с горските пожари дава използването на уеб базирани технологии, известни като географски информационни системи (ГИС) [11].

На фиг.6а са показани основните компоненти на ГИС, които са: компютърна система, геопространствени (географски) данни и потребители, а на фиг.6б-примерни слоеве на реален обект в ГИС [7].



Фиг.6а



Фиг.6б

На базата на информацията, получена от прилагането на технологията на ГИС е възможно да се направи класификация на горските райони в географските области (чрез картиране) по степента на оценка на възможността (вероятността) за възникване на пожароопасната ситуация. На тази основа могат да се разработят картографски схеми и карти за видимост

от модул на наблюдателен комплекс на системи за ранно откриване на горски пожари с цел създаване на възможности за проактивен подход за предварително определяне на районите с висока вероятност от пожар и предприемане на действия за предотвратяването им.

За вероятностна оценка на вероятността, като част от риска за възникване на пожари (абсцисната ос на рисковата матрица (фиг.2)) са въведени показателите:

- Плътност на пожарите $R_{пл}$, дефинирана като средногодишен брой на възникналите пожари за определен период от време, върху площ от 1000 ha:

$$R_{пл} = \frac{1000 \sum_{i=1}^n N_i}{n \cdot F_{гор.тер}} \quad (3)$$

където:

N_i -годишен брой пожарите в територия с площ $F_{гор.тер}$ за n години.

- Числена стойност на действително опожарените горски площи:

$$R_{ф.гор} = \frac{1000 \sum_{i=1}^n F_{оп.пл}}{n \cdot F_{гор.тер}} \quad (4)$$

където:

$F_{оп.пл}$ -годишно опожарена горска площи с площ в територия $F_{гор.тер}$ за n години.

Произведението на показателите (3) и (4) определя вероятностната съставяща на функцията на риска (абсцисата на фиг.1 или фиг.2).

$$P_{риск} = R_{пл} + R_{ф.гор} \quad (5)$$

На базата на прилагане на ГИС-технологиите в една експериментална горска област е получена следната скала на вероятността за поява на пожар (табл.3).

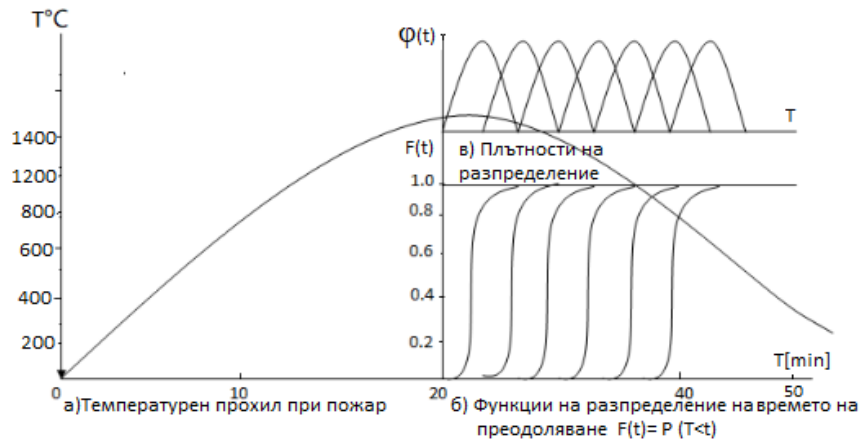
Таблица 3

Вероятност (възможност) за поява на пожар $P_{\text{риск}}$	Област на разположение на вероятността в диаграмата за категоризиране на риска
$P_{\text{риск}} \leq 0,1$	Област по вероятност, отговаряща на приемлив риск
$0,1 < P_{\text{риск}} \leq 0,3$	Област по вероятност, отговаряща на ALARP
$P_{\text{риск}} > 3$	Област по вероятност, отговаряща на неприемлив риск

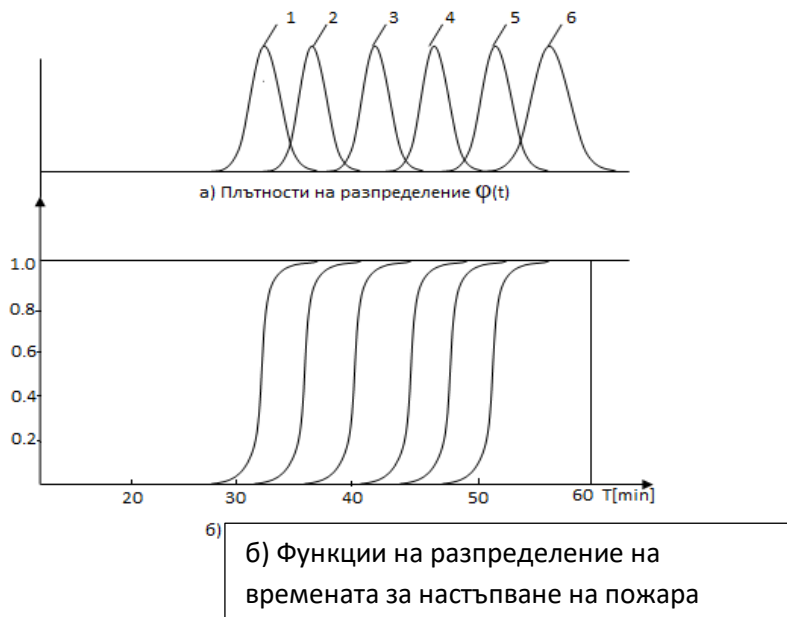
В заключение към тази част отбелязваме, че прилагането на ГИС технологиите води до преместване на оценката на вероятността от областта на неприемлив риск, през разумно приложимия (ALARP) към област на приемливия минимален риск.

Б. Управление на риска от пожари чрез конструктивни мерки за пасивна защита на производствени складове и жилищни сгради.

Пасивните системи за противопожарна защита имат за цел да ограничат или забавят разпространението на пожари в промишлени сгради чрез използване на огнеупорни строителни елементи. Основна пасивна мярка за ограничаване на разпространението на пожара в сграда е изграждането на пожарозащитни прегради, разделящи сградата на сектори, секции, защитени и безопасни зони, отделяне на пътищата за евакуация и др. В [12] са приведени данни за плътностите на разпределение на времената за преодоляване (по температури на защитите след всяка от експерименталните шест прегради (фиг.7а), а на фиг.7б –разпределенията на времената за настъпване на пожар във всяко от обособените помещения.



Фиг. 7а



Фиг. 7б

След интегриране на плътностите се получават функциите на разпределение на времената на ефективно действие на всяка от преградите. Ефективността на всяка от пасивните мерки (брой прегради) нараства с увеличаването на времената за пробив или настъпване на пожар. Последните

времена показват възможностите за евакуация на персонала и имуществото. При това практиката показва, че едно задържане на възпламеняването до 60 и повече минути осигуряван минимални стойности на загубите на хора, имущество и околна среда. След сравняване на всяка от пасивните мерки (брой прегради) с приетото безопасно време за евакуация се получават съответните стойности загубите във функцията на риска.

Таблица 4

Показател / Брой прегради	1	2	3	4	5	6
Вероятност на хипотезата за задържане на пробив след преградите	0,15	0,225	0,325	0,4	0,5	0,6
Времена за първоначално реагиране (мин)	9	13,5	19,5	24	30	36
Вероятност на хипотезата за забавяне на пожара	0,35	0,40	0,50	0,65	0,75	0,85
Времена за евакуация (мин)	21	24	30	39	45	51
Стойности на функцията на последствията и загубите	0,65	0,4	0,5	0,35	0,25	0,15

Стойностите на функцията на последствията и загубите се нанасят по ординатната ос на матрицата на количествената стойност на риска (фиг.1 и фиг.2) като се започва от най-благоприятния случай на шест прегради за пасивна защита. Увеличаването на броя на преградите води до преместване на оценката на последствията като съставна част на риска от областта на неприемливия риск, през разумно приложимия (ALARP) към зоната на приемливия минимален риск.

Заклучение

В настоящата публикация е предложена, разработена и внедрена методика за оценка и управление на риска от пожара в горски територии и сгради в населени места.

Литература

1. База данни АИС „Произшествия – ПБЗН“
2. Богданов, С. Промени на планинско-ливадни почви от високопланинския горски пояс след пожар. Екологично инженерство и опазване на околната среда, No 2, 2014, с. 61-67.
3. Велизарова, Е., К. Йорова, А. Ташев. 2001. Проучвания върху някои характеристики на горски почви засегнати от пожари в култури от черен бор (*Pinus nigra* Arn.). Наука за гората, кн. 1/2, с. 35-43.
4. Димитракиев, Д., А. Недев, С.Кръстева – Международни транспортни системи – ИК Ларгосити ООД, 2013,стр.404,ISBN 978-619-7026-07-8
5. Доклад за методика и количествена оценка на риска по проект „Количествена оценка на риска и подобряване на ефективността на българските пристанища за обществен транспорт с национално значение.“
6. Ипликчи, Ш. Ефективност на обследването на обекти при пожари и експлозии. Дисертация. ВСУ, 2017г.
7. Кетен. С. Картографиране на риска при борбата с горски пожари. Дисертация. ВСУ, 2018г.
8. Михайлова, М., М. Нусторова. 2002. Влияние на горските пожари върху структурата и функцията на почвената микрофлора. Почвознание, агрохимия и екология, XXXVII, 1- 3, 131-133.
9. Недев А., М. Бакалова, Г. Антонов, Б. Андреев, С. Сезгин, Д. Камберов (2012). Разпознаване на образи и оптимално стохастичеко управление-книга 2. Приложение на методите за разпознаване на образи в управлението на стопански, биологични и обществени системи, ИК "Геа-Принт", Варна, 365 с. ISBN 978-954-9430-91-2

10. НСПБЗН – МВР. Оценка на горските пожари в Република България в края на XX и началото на XXI век. Национален доклад. 2005г
11. Чакър. А. Горски пожари състояние, регулация, превенция. e-Journal VFU. ВСУ "Черноризец Храбър". Брой 13 - 2020, ISSN 1313-7514
12. Чакър, А., Р. Атанасов, Ал. Близнаков. Байесов подход за оценка на пасивните мерки за защита от пожар в помещение. e-Journal VFU Брой 15 – 2021. ISSN 1313-7514
13. Alexandrov, A., H. Tsakov, K. Genov, H. Stoykov, A. Dakov. 2002. Changes in the biodiversity and management of forests destroyed by fire. Journal of Balkan Ecology, No 4, 348-358.
14. Annex SL (normative) Proposals for management system standards, ISO/IEC Directives, Part 1 Consolidated ISO Supplement-Procedures specific to ISO, Third Edition, 2012
15. BDS ISO 31000: 2011. Risk management. Principles and guidelines (Оригинално заглавие: БДС ISO 31000:2011 Управление на риска. Принципи и указания)
16. BDS EN ISO 9001: 2015. Quality management systems. Requirements (Оригинално заглавие: БДС EN ISO 9001:2015 Системи за управление на качеството. Изисквания)
17. BDS EN ISO 14001: 2015. Environmental management systems. Application guidance requirements (Оригинално заглавие: БДС EN ISO 14001:2015 Системи за управление по отношение на околната среда. Изисквания с указания за прилагане)
18. BDS EN 31010: 2010. Risk management. Risk assessment methods (Оригинално заглавие: БДС EN 31010:2010 Управление на риска. Методи за оценяване на риска)

19. European Commission – “Forest Fire in Southern Europe”, Report №1/July 2001
20. European Commission – “Forest Fire in Europe”, Report №7/2007
21. Ivanov, K. Methodology for the integration of risk management in logistics processes in inland ports. PROCEEDINGS OF UNIVERSITY OF RUSE - 2019, volume 58, book 4. FRI-2.203-2-TMS-04
22. ISO РЪКОВОДСТВО 73: 2009 - Управление на риска
23. Jones, T. P., W. G. Chaloner, T. A. Kuhlbusch. 1997. Proposed biogeological and chemical based terminology for fire-altered plant matter. In: Clark, J. S., Cachier, H., Goldammer, J. G., and Stocks, B. (eds). Sediment Records of Biomass Burning and Global Change. Series I: Global Enviromental Change, Vol. 51. SpringerVerlag, Berlin, Heidelberg. pp. 9-22
24. Parker, J., I. Fernandez, L. Rustad, S. A. Norton. 2001. Effects of nitrogen enrichment, wildfire and harvesting on forest soil carbon and nitrogen. Soil Science Society of America Journal. 65: 1248-1255.