

## УТВРЂИВАЊЕ УЗРОКА ЕКСПЛОЗИЈЕ У ПОРОДИЧНОЈ СТАМБЕНОЈ ЗГРАДИ

Ева Мрачкова<sup>1</sup>, Мартин Ђовчош<sup>2</sup>  
[mrackova@vsld.tuzvo.sk](mailto:mrackova@vsld.tuzvo.sk), [mdjovcos@sudski-vestak.rs](mailto:mdjovcos@sudski-vestak.rs)



### РЕЗИМЕ

До експлозије гаса дошло је у породичној стамбеној згради. Зграда је била стара, приземна и садржавала је неколико соба и кухињу са трпезаријом. Иако је испред зграде пролазио подземни гасни цевовод, зграда није била прикључена на мрежу земнога гаса. У кухињи стамбене зграде постојао је гасни шпорет који је био прикључен на боцу течнога нафтнога гаса и то је био једини прикључак гаса у овој стамбеној згради. У згради је дошло до експлозије гаса. Требало је утврдити да ли је узрок експлозије смеша пропан бутан гаса и ваздуха, или смеша земнога гаса и ваздуха.

У овоме раду се говори о поступку доказивања узрока ове експлозије.

**Кључне речи:** гас, експлозија, стамбена зграда

## DETERMINING THE CAUSE OF THE EXPLOSION OF GAS IN THE FAMILY APARTMENT BUILDING

### ABSTRACT

The gas explosion occurred in an apartment building. It was the old, ground-floor building, consisting of several rooms and combined kitchen and the dining room. Although there was the underground gas pipeline in front of the building, the building was not connected to the natural gas network. There was a gas stove in the kitchen, but it used a bottled liquefied oil gas, and that was the only gas connection in the building. There was the gas explosion. It was necessary to determine whether the reason for the explosion was a mixture of propane-butane gas and air or the mixture of natural gas and air.

This paper deals with the method used for proving the causes that brought to the explosion.

**Key words:** gas, explosion, apartment building

### 1. УВОД

Експлозије су чести пратиоци људских активности и настају у свим срединама изазивајући хаварије и пожаре. Експлозије прате велике материјалне штете, људске жртве и повреде. Због разорног дејства експлозије, утврђивање узрока експлозија је неретко отежано и захтева, сем познавања трагова које проузрокују експлозије, познавање теорије настанка и реакција које се дешавају у процесу експлозија.

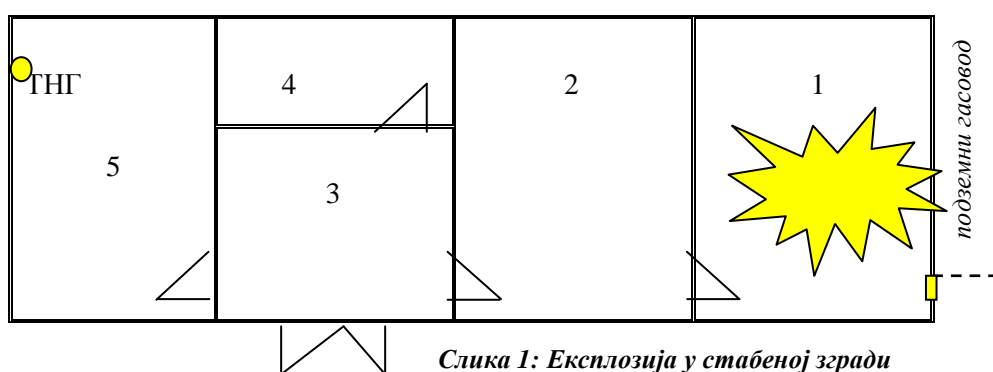
<sup>1</sup> Древарска факулта ТУ Зволен, 960 53 Зволен, ул. ТГ Масарика 2117/24, Република Словачка

<sup>2</sup> Стални судски већтак за пожаре и експлозије, 340650 Стара Пазова, С. Марковића 66, Србија, [www.sudski-vestak.rs](http://www.sudski-vestak.rs)

Свака концентрација експлозивног гаса или паре запаљиве течности у смеси са ваздухом није експлозивна. Да би дошло до експлозије експлозивног гаса или пара запаљивих течности у смеси са ваздухом, потребно је да се запаљиви гас, односно паре запаљивих течности, налазе у одређеној сразмери са ваздухом, а минимална концентрација гаса или пара запаљивих течности са ваздухом при којој долази до експлозије, назива се доњом границом експлозивности (ДГЕ). Граница на којој престаје експлозивна атмосфера гаса или пара у смеси са ваздухом, назива се горњом границом експлозивности (ГГЕ), а интервал између ДГЕ и ГГЕ се назива интервалом експлозивности. Гас или паре запаљивих течности су опаснији ако је ДГЕ мања а интервал запаљивости већи. Да би дошло до експлозије запаљивог гаса или пара запаљивих течности, смеша гаса или пара са ваздухом се мора налазити у интервалу експлозивности а други услов је да оваква смеша дође у додир са одговарајућом топлотом или извором паљења, као што су варница, пламен или слично.

## 2. ЕКСПЛОЗИЈА ГАСА У СТАМБЕНОЈ ЗГРАДИ

До експлозије гаса дошло је у породичној стамбеној згради. Зграда је била стара, приземна и садржавала је спаваћу собу (1), дневну собу (2), ходник (3), оставу (4) и кухињу са трпезаријом (5), укупне површине 72 м<sup>2</sup>. Све просторије су биле висине 2,30 м. Иако је испред зграде пролазио подземни гасни ценовод, зграда није била прикључена на ову мрежу земнога гаса. На згради је био постављен меро регулациони сет земнога гаса, али кућна инсталација у овом објекту није била изведена. У кухињи стамбене зграде постојао је гасни шпорет који је био прикључен на боцу ТНГ и то је био једини гасни прикључак у овој стамбеној згради.



Слика 1: Експлозија у стамбеној згради

У спаваћој соби (просториј број 1) стамбене зграде дошло је до експлозије. Не устајући из кревета власник зграде је, у намери да запали цигарету, упалачем активирао смешу запаљивог гаса и ваздуха и експлозија је изазвала велика оштећења у овој соби. Услед експлозије дошло до бочног померања зидова у спаваћој соби, а највеће померање је извршено у горњем делу просторије. Дошло је и до пуцања стакла на вратима између собе број 1 и собе број 2 а трагови изломљеног стакла налазили су се расути по поду просторије број 2. На површинама дрвеног ситног намештаја у овој просторији, видљиви су били

трагови сагоревања. Плафон просторије број 2, који је био од гипс картонских плоча, је попуцао услед оштечења са доње стране а на просторији број 2 су избијена врата. На вратима просторије број 1, која су делимично била застакљена, са унутрашње стране била су оштећења боје која су указивала на деловање топлоте у овој просторији, а оваквих оштећења услед дејства топлоте није било на површини ових врата која се налазила у просторији број 2, што је указивало да су ова врата била затворена у тренутку експлозије и да се експлозивно сагоревање одиграло у просторији број 1 али не и у просторији број 2. У просторији број 1 било је сагорелих текстилних материјала. У осталим просторијама није било трагова сагоревања нити механичких оштећења. Боца ТНГ укупне тежине 8 кг, која је била смештена у кухињи (просторија број 5) била је неоштећена а вентил на боци затворен, што је указивало да ТНГ није био узрочник експлозије. Постојала је основана сумња да је због неквалитетних радова дошло до истицања земнога гаса из уличног гасног цевовода и да је земни гас испунио просторију број 1 наведене стамбене зграде и тако допринео да дође до експлозије.

Узрок експлозије требало утврдити и доказати.

### 3. УТВРЂИВАЊЕ УЗРОКА ЕКСПЛОЗИЈЕ

У просторији број 1 где је дошло до експлозије узрочник је могао бити ТНГ из боце смештеној у кухињи (соба број 5) или земни гас из градског цевовода.

#### 3.1 Течни нафтни гас (ТНГ) могући узрочник експлозије

Под претпоставком да је боца ТНГ била пуна и да је из ње гас несметано истицао, ако је у њој максимално било 5 кг ТНГ и ако је сав гас исцурео из боце, да би дошло до експлозије у просторији број 1, он је морао испунити целу запремину породичне стамбене зграде која је износила 165,6 м<sup>3</sup>. ТНГ је по свом саставу смеша пропана и бутана односа смеше 50% : 50% а његова ДГЕ износи 1,5 до 1,8 запреминских процената. Релативна густина гаса је 1,82, што значи да је тежи од ваздуха и испуњава доње слојеве просторије. Горња граница експлозивности (ГЕ) овога гаса је око 9 запреминских %.

Пропан (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>) - је безбојни гориви гас који се налази у саставу земнога гаса. Добија се крековањем гасова и нафте а користи се у смеси са бутаном, између осталог и као погонско гориво моторних возила.

Бутан (C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>) - је лако запаљив гас који у смеси са ваздухом, када је присутан извор паљења, проузрокује експлозије. Споредни је продукт синтетичке производње бензина.

Табела 1. Неке физичко-хемијске особине

Особина	Пропан	Бутан	Бензин
Релативна молекулска тежина	44,09	58,12	
Специфична маса при 15 <sup>о</sup> Ц (kg/l)	0,508	0,584	0,73-0,78
Октански број	111	103	96-98
Стехиометријски однос	15,8	15,6	14,7
Интервал експлозивности (запр. %)	2,1 – 9,5	1,5-8,5	

Смеша пропан бутана је неагресивна смеша, без боје, укуса и мириса. У гасовитом стању је тежа од ваздуха и при истицању попуњава ниже делове просторија, канализационе отворе, канале и јаме. У непроветраваним просторијама се полако разграђује а експлозивна концентрација се ствара само у одређеном односу са ваздухом. У течном стању ова смеша је лакша од воде [2]. Укупна молекулска тежина ова два гаса је 102 а пошто је њихова међусобна смеша 50:50, то молекулска тежина смеша пропан-бутана износи 51. У боци, од укупне тежине од 8 кг, највише је могло бити 5 кг смеше пропан-бутан гаса, те се израчунавањем могло утврдити да је:

$$M = \frac{m}{n} \quad (1)$$

где је:

M – молекулска тежина [g.mol<sup>-1</sup>]

m – тежина материје [g]

n – број молова [mol]

$$n = \frac{m}{M} = 5000 : 51 = 98,03 \text{ [mol]}$$

Моларна гасна запремина у нормалним условима износи  $V_m = 22,41 \text{ dm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$

С обзиром да број гасних молова за смешу пропан бутана износи 98,03 његов гасна запремина је:

$$V_{(\text{пропан бутана})} = 22,41 \times 98,03 = 2,196 \text{ м}^3 \text{ гаса.}$$

Дакле, из боце од 5 кг ТНГ могло је максимално истечи 2,196 м<sup>3</sup> гаса. С обзиром да је доња граница експлозивности ТНГ 1,5 запреминских %, то је ова количина гаса могла створити експлозивну концентрацију гаса и ваздуха под следећим условима:

$$\begin{array}{l} 1,5 \text{ запр. \%} \dots\dots\dots 100 \text{ запр. \%} \\ 2,196 \text{ м}^3 \dots\dots\dots X \text{ м}^3 \\ X = \frac{2,196 \cdot 100}{1,5} = 146,4 \text{ м}^3 \end{array}$$

Из овога произилази, да гас из боце у којој је могло бити максимално 5 кг ТНГ није могао створити смешу са ваздухом неопходну за експлозију, чак и под условом да је боца била пуна и да је сав гас истекао само у згради и задржао се само у просторијама зграде, јер је максимална рачунска запремина ваздуха у којој се може створити ДГЕ износила 146,4 м<sup>3</sup>. С обзиром да је укупна запремина свих просторија у овој згради била већа и износила је 165,6 м<sup>3</sup>, могло се закључити да ТНГ ни у идеалним условима (да није било истицања ТНГ ван просторија зграде),

није могао створити услове за настанак експлозије, јер би таква количина пара ТНГ у овој стамбеној згради била испод ДГЕ.

Друго, да је ТНГ био узрочник експлозије, експлозивно сагоревање би се одвијало у свим собама, јер би том случају, у целом том простору, постојала експлозивна концентрација ТНГ и ваздуха.

Како ових трагова није било у осталим просторијама, осим у просторији број 1, ТНГ је искључен као узрочник експлозије.

### 3.2 Земни гас (ЗГ) могући узрочник експлозије

Друга могућност је да је ЗГ био узрочник експлозије. Просечан састав земнога гаса има следеће карактеристике:

- ✓ ДГЕ износи 4,5 запреминских процената, а
- ✓ ГГЕ износи 13,5 запреминских %.

Табела 2: Хемијски састав земнога гаса

Састав	Формула	Састав (%)
Метан	CH <sub>4</sub>	95
Етан	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	2,3
Пропан	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	0,7
Бутан	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	0,3
Угљендиоксид	CO <sub>2</sub>	0,2
Азот	N <sub>2</sub>	1,5

У неком земном гасу може се наћи и хелијум. При сагоревању земнога гаса добија се велика количина топлотне енергије, због тога се он користи у индустрији као енергент. Земни гас се добија директно тзв. парцијалном оксидацијом метанола или парцијалном дехидрогенацијом лаквих алкана и аромата или индиректно преко синтезе гаса на метанол или директно из синтетичког гаса [3].

Овде су дате приближне карактеристике ЗГ, оне су различите и зависе од налазишта из којег се добија овај гас:

- ✓ густина:  $\rho = 0,7 \text{ g/m}^3$  (суви гас) или  $400 \text{ kg/m}^3$  (течни)
- ✓ температура паљења:  $t = 650 \text{ }^\circ\text{C}$
- ✓ топлота при сагоревању:  $16\text{-}34 \text{ MJ/m}^3$  (гасовити)
- ✓ октански број: 120-130

ЗГ је лакши од ваздуха и у случају истицања из цевовода, у затвореном простору он попуњава горње слојеве просторије. Запремина просторије у којој је дошло до експлозије је износила  $46 \text{ m}^3$  а да би дошло до стварања ДГЕ земнога гаса у овој просторији, потребно је било:

$$\begin{array}{l} 46 \text{ m}^3 \text{ ваздуха} \dots\dots\dots 100 \% \\ X \text{ m}^3 \dots\dots\dots 4,5\% \end{array}$$

$$X = 2,07 \text{ м}^3 \text{ смеше ваздуха и ЗГ}$$

Ова концентрација ЗГ и ваздуха је била реално могућа, јер је гас у цевоводу био под сталним притиском и могао је непрекидно истицати из цевовода. Провером исправности споја мерно регулационг сета лоцираног крај стамбене зграде, констатовано је да је овај исправан и да су сви заптивни спојеви исправни, што је указивало да ЗГ овде није истицао.

Ископавањем рова главног цевовода ЗГ, који је био удаљен од стамбене зграде 3,00 м у рову дубине 80 цм, констатовано је да је цевовод био од пластичних цеви пречника 40 мм, које међусобно нису спојене заваривањем већ помоћу пластизола и да се на том месту осећа мирис меркаптана којим је одорисан ЗГ.

Закључено је да се ЗГ, с обзиром да је лакши од ваздуха, при истицању на месту споја цевовода, кретао навише и кроз подземне канале који су у земљи настали услед труљења дрвета, ушао у просторију број 1 где се створила експлозивна концентрација гаса и ваздуха. Дакле, узрок експлозије је био ЗГ који је истицао на лошем споју цевовода, кретао се навише и улазио у просторију број 1 стамбене зграде.

Упаљач за цигарете је послужио као извор паљења експлозивне концентрације ЗГ са ваздухом.

#### 4. ЗАКЉУЧАК

Безбедност и поузданост гасних инсталација зависи од многих фактора који се одређују још у фази пројектовања, фази извођења, па све до фазе у којој почиње њихова експлоатација. Статистички подаци говоре да је до несрећа и хаварија најчешће долазило због тзв. људског фактора а до истицања гаса најчешће због:

- ✓ оштећења подземних инсталација при изводјењу грађевинских радова;
- ✓ грађевинских радова у објекту;
- ✓ неодговарајућих заптивних материјала на инсталацијама;
- ✓ нестручних и неквалитетних радова на инсталацијама;
- ✓ оштећења инсталација топлотом насталом услед дејства пожара.

Највећи број хаварија због истицања гаса забележен је у фази пуштања инсталација у погон[4].

#### 5. ЛИТЕРАТУРА

- [1] АЛЕКСИЋ, Ж.: Пожари и експлозије, Привредна штампа, Београд, 1982
- [2] DAMEC, J.: Protivúbuchová prevence, SPBI VSB TU Ostrava, 1998
- [3] TUREKOVA, L: Mechanizmy odbúravanja stratosferického ozónu. In.: CO-MAT-TECH 1999, MtF STU Trnava. 1999. str. 463 - 468.
- [4] URBÁNEK, J.F. Civilní nouzové plánování. Skripta Univerzita obrany (2006) ISBN 80-7231-035-6.