

## Методични аспекти при оценка на пожароопасността на автомобили с газови уредби при паркиране в закрити паркинги

Петър Казаков, Иван Лазаров

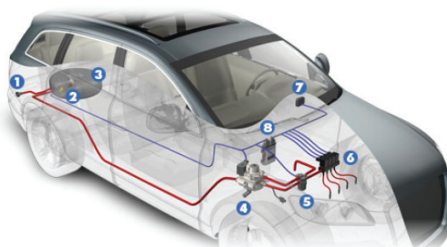
**Methodological Aspects in assessing the fire hazard of automobiles with LPG systems for parking:** The report sets out the basic Causes of a explosion or fire in the equipment or installations by using compressed or liquefied gas. Discusses methodological aspects in ensuring the fire safety of cars with gas installations during parking.

**Key words:** fire hazard, Cars with gas installations, LPG.

### 1. ВЪВЕДЕНИЕ

Напоследък благоприятната цена, ниските вредни емисии и сигурно предлагане на автогаз (*LPG- Liquefied petroleum gas*), както и повишаването на надеждността и безопасността при употреба на *автомобилните газови уредби (АГУ)* и *автомобилните газозарядни станции (АГС)*, способстват за възприемането на втечнения газ като едно от най-атраktivните горива в автотранспорта.

Поради специфичните свойства на *LPG* (безцветен, със специфична миризма, неразтворим във вода, по-тежък от въздуха, силно запалим, образуващ с въздуха експлозивна смес), при неговото транспортиране, съхранение, разпределяне (зареждане) и употреба е наложително спазването на строги правила и норми, съдържащи проектно-строителни, организационни, техногенни (технически, технологични, експлоатационни) и антропогенни изисквания за организацията на безопасността при работа. За целта е необходимо осигуряването на надеждната работа, както на всеки структурен елемент от АГУ и АГС поотделно, така и на тези системи (*Фиг. 1*) като цяло [1-5].



Фиг. 1. Автомобилна газова уредба - елементи

### 2. ФОРМУЛИРАНЕ НА ПРОБЛЕМА

Основен техногенен рисков фактор при използване на АГУ е опасността от възникване на пожар /респ. взрив/ вследствие на изтичане на газ в работната среда, породена най-често поради:

- прекомерно нагряване на резервоара (газовата бутилка), предизвикващо разширение на газа и нарастване на налягането му пропорционално на повишението на температурата;
- падане на резервоара от високо или удрянето му в твърд предмет;
- неизправности на резбовото съединение на входа на резервоара (при гърловината), съпроводени с откъсване на вентила, или неизправност на вентила и бързо изтичане на газа от резервоара;
- наличие на източник на възпламеняване на освободеният газ в смес с въздуха;

- нарушаването на режима на експлоатация или якостта на съдовете, тръбопроводите и инсталациите, работещи под налягане;
- наличие на дефекти по резервоара (пукнатини, побитости, корозия и др.) и липса на съответното за газа оцветяване;
- неправилна експлоатация и ремонт на АГУ- например, използване на инструменти, при работа с които е възможно да се образува искра (секач, стоманен чук и др.).

Като последствия от взрива се получават травми от:

- изгаряния от горещите флуиди (газове, пари, течности) или от пламъците;
- механични увреждания от взривната вълна, от струите, от разрушени детайли;
- отравяне от вредните вещества и др.

*Целта на настоящото изследване* е да бъдат анализирани основните изисквания към съставните елементи на АГУ и методичните аспекти на превенцията на техногенния риск от пожар/взрив при паркиране на автомобилите с АГУ в закрит паркинг, основана върху класифицирането на помещенията по функционална пожарна опасност.

### 3. ОСНОВНИ ИЗИСКВАНИЯ КЪМ СЪСТАВНИТЕ ЕЛЕМЕНТИ НА АГУ ЗА ОСИГУРЯВАНЕ НА ПОЖАРОБЕЗОПАСНОСТТА [5]

**Изисквания за изпитване на елементите на АГУ – хидростатично:**

- на якост (с вода) - напреженията в тях от вътрешното налягане не трябва да превишават 90% от условната граница на провлачане на материала;
- на плътност- с въздух или инертен газ.

#### ❖ Резервоар за втечен въглеродороден газ:

▪ с автоматичен ограничител на нивото в резервоара - осигурява пълнене на резервоара с втечнения въглеродороден газ не повече от 80 % от обема му;

▪ фиксиране към автомобила (извън пространството около двигателя) - стационарно и надеждно, с оглед осигуряване срещу изместване, приплъзване, завъртане или контакт с металните повърхнини на автомобила (освен в точките на закрепване);

▪ минимално допустимо разстояние над пътното платно (при максимално натоварен автомобил) – над 200 mm;

▪ якостно оразмеряване - за налягане 3,0 MPa и температура от -20°C до +65°C;

▪ изпълнение и монтаж – по процедури и персонал, съгласно нормативните документи и в съответствие с инструкциите на производителя му [3];

▪ материал- стомана, съгласно БДС EN 10120;

▪ херметичен (при налягане 10 kPa) кожух- постоянно свързан с атмосферата чрез тръбопровод (гъвкав или друг) със светло сечение над 450 mm<sup>2</sup>;

▪ вентилационен отвор към херметичния кожух - насочен надолу извън автомобила с оглед изтичащия от него газ да не попада в подкалниковото пространство и към детайли с висока температура;

❖ **Предпазен клапан** – монтира се към зоната на резервоара с газова фаза и чрез него въглеродородният газ изтича в атмосферата или в херметичния кожух;

▪ вътрешно херметичен- до налягане 2,6 MPa;

▪ задействане - при налягане  $2,7 \pm 0,1$  MPa.

❖ **Спирателен клапан с дистанционно управление** – директно монтиран към резервоара без междинни фитинги, за да спира подаването на газ при неработещ двигател или при подаване на друг вид гориво.

- ❖ **Устройство за пълнене на резервоара:**
  - вграждане в 80%-ния спирателен клапан или монтаж като дистанционно устройство откъм външната страна на автомобила;
  - осигуряване срещу завъртане;
  - предпазване от замърсяване и попадане на вода.
- ❖ **Предпазно устройство за обезопасяване на резервоара от превишено налягане-** стопяем предпазител, отварящ при температура  $120\pm 10^{\circ}\text{C}$  (или предпазен клапан с дебит над  $17,7\text{ m}^3/\text{h}$ ).
- ❖ **Газопроводи на АГУ:**
  - изходни материали - безшевни тръби от неръждаема стомана (присъединяване чрез фитинги от неръждаема стомана), от стомана с неръждаемо покритие или мед (защитени с гумено или пластмасово покритие);
  - херметичност - при налягане 10 kPa;
  - размери - външен диаметър до 12 mm и дебелината на стената над 0,8 mm;
  - монтиране – по начин, недопускащ повреждане от вибрации и триене на повърхностите им в елементите на автомобила; в зони, в които не се монтира крик за повдигане на автомобила;
  - разстояние между две точки на закрепване – не повече от 1 m;
  - съединенията между резервоара и устройството за пълнене на резервоара – със защитно покритие срещу въздействието на втечения въглеводороден газ и възможност за изпускане директно в атмосферата на евентуални пропуски на газ.
- ❖ **Съединения между елементите на АГУ:**
  - разглобяеми, с възможно минимален брой;
  - монтиране - в удобни и достъпни за проверка места.
- ❖ **Нивопоказател;**
- ❖ **Регулатор за налягане и изпарител** (могат да бъдат комбинирани);
- ❖ **Инжектор** (или устройство за впръскване на газ, смесообразуващо устройство).

#### **4. ОЦЕНЯВАНЕ НА ПОЖАРООПАСНОСТТА НА ЗАКРИТ АВТОПАРКИНГ ПО ПОВИШЕНОТО НАЛЯГАНЕ НА ГОРИМИТЕ ГАЗОВЕ НА АВТОМОБИЛИТЕ**

На етапа на проектирането, при категоризирането на помещенията, определянето на критериите за пожаро- и взривобезопасност се извършва таблично, посредством предварително заложените норми, основани върху най-неблагоприятния аварийен вариант [6].

Според нормативните изисквания, в зависимост от пожаро- и взривоопасните свойства на използваните вещества, техните количества и технологични процеси, разглеждания обект (закрито помещение на автопаркинг за леки автомобили с АГУ и използване на втечени горими газове) е с *категория на функционална пожарна опасност Ф5А*.

Наред с това, в някои случаи, когато горимите вещества са в количества, които при възможно най-тежка аварийна ситуация може да образуват взривоопасни смеси в обем до 5% от свободния обем на помещението, то същото е възможно да бъде категоризирано в следващата по-ниска категория по пожарна опасност.

При пресмятането се приема, че цялата маса на газа (пропан), намираща се в горивната система на автомобила, ще постъпи в помещението на автопаркинга.

При концентрация на пропана във въздуха (равна на 2,3% по обем), по-малка от половината от долната концентрационна граница на разпространение на пламъка, е възможно чрез пресмятане да се определи коефициента на участие на горивото във взрива.

За оценяване на пожароопасността на примерен обект (закрит автопаркинг) е необходимо да бъдат определени следните изходни данни (Табл. 1 и Фиг. 2):

Таблица 1

№	Изходни данни	Размерност	Стойност
1.	Брой паркоместа (за леки автомобили), $n$	Бр.	100
2.	Вид на горивото	-	пропан
3.	Размери на паркинга $L \times B \times H$	$m$	80 x 40 x 4
4.	Кратност на въздухообмена в помещението на паркинга $k$	$h^{-1}$	8
5.	Обем на резервоара за гориво LPG, $V_P$	$l$	60
6.	Проектен обем на горивото в резервоара, $V_{П}$ (80% от $V_P$ )	$l$	48
7.	Плътност на течната фаза (за пропан), $\rho_{П}$	$kg/m^3$	510
8.	Проектна температура в обекта, $t$	$^{\circ}C$	25
9.	Моларна маса на газа $M$	$m^3.kmol^{-1}$	44
10.	Молен обем $V_0$	$m^3.kmol^{-1}$	22,413



Фиг. 2. Структурна схема за действията по оценяване на пожароопасността на закрит паркинг при автомобили с АГУ

4.1. **Плътност на течната фаза на пропана** – определя се по справочник [8] - приема се равна на  $\rho_{П} = 510 \text{ kg/m}^3$

4.2. **Сумарна маса на газа, постъпващ в помещението  $m$ :**

$$m = \rho_{\text{п}} \cdot V_{\text{п}}, \quad (1)$$

$$m = 510 \cdot 0,048 = 24,48 \text{ кг.}$$

**4.3. Свободен обем на помещението**  $V_{\text{св}}$  – приема се равен на 80% от общия обем на помещението, изхождайки от изискванията за безопасност:

$$V_{\text{св}} = 0,8 \cdot L \cdot B \cdot H; \quad (2)$$

$$V_{\text{св}} = 0,8 \cdot 40 \cdot 80 \cdot 4 = 10240 \text{ м}^3.$$

**4.4. Плътност на парите на пропана при проектна температура:**

$$\rho_{\text{п}} = \frac{M}{V_0(1 + 0,0367t)}; \quad (3)$$

$$\rho_{\text{п}} = \frac{44}{22,413(1 + 0,0367 \cdot 25)} = 1,798 \text{ kg/m}^3;$$

**4.5. Средна концентрация на газа в помещението на паркинга  $C_{\text{CP}}$ :**

$$C_{\text{CP}} = \frac{100 \cdot m}{\rho_{\text{п}} \cdot V_{\text{св}}}; \quad (4)$$

$$C_{\text{CP}} = \frac{100 \cdot 24,48}{1,798 \cdot 10240} = 0,133 \text{ \%}.$$

С оглед на прецизно категоризиране на помещението на закрития паркинг, наред с нормативните изисквания [6], може да се провери, дали ще надвиши налягането на евентуалния взрив  $\Delta P$  определена пределна стойност (5 кPa) при коефициент на участие на горивото във взрива, равен на максималната стойност – 0,5:

$$\Delta P = (P_{\text{max}} - P_0) \cdot \frac{m \cdot Z}{V_{\text{св}} \cdot \rho_{\text{п}}} \cdot \frac{100}{C_{\text{см}}} \cdot \frac{1}{K_{\text{н}}}; \quad (5)$$

$$\Delta P = (843 - 101) \cdot \frac{24,48 \cdot 0,5}{10240 \cdot 1,798} \cdot \frac{100}{3,97} \cdot \frac{1}{3} = 4,14 \text{ кPa};$$

където  $P_0$  е началното налягане, кPa; допуска се  $P_0 = 101 \text{ кPa}$ ;

$P_{\text{max}}$  – максималното налягане, развивано при изгарянето на стехиометричната газовъздушна (или паровъздушна) смес в затворен обем;  $P_{\text{max}} = 843 \text{ кPa}$  - определяно по справочни данни [7];

$K_{\text{н}}$  – коефициент, отчитащ нехерметичността на помещението и неадиабатността на процеса на изгаряне;  $K_{\text{н}} = 3$  [7];

$Z$  – коефициент на участие на горимите газове и пари в горенето;  $Z = 0,5$  определя се таблично [7];

$C_{СТ}$  – стехиометрична концентрация на горимия газ или пара, %;  
 $\beta$  - стехиометричен коефициент на кислорода в реакцията на горенето [7];

$$C_{СТ} = \frac{100}{1 + 4,84 \cdot \beta}; \quad (6)$$

#### 4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основавайки се на така извършените пресмятания, авторите предлагат следното:

❖ При концентрация на пропана, по-ниска по стойност от половината от стойността на долната концентрационна граница на разпространение на пламъка, е възможно определянето на коефициента на участие на горивото във взрива и категоризиране на помещението в най-близката по-ниска категория на функционална пожарна опасност;

❖ В случай, че повишеното налягане от евентуален взрив не надхвърля 5 кРа, то помещението на автопаркинга не следва да се причислява към категорията на максимално взривоопасните обекти, съгласно [6].

#### ЛИТЕРАТУРА:

- [1]. Закон за техническите изисквания към продуктите, *Обн. ДВ. бр.86 от 1 Октомври 1999г., изм. ДВ. бр.74 от 15 Септември 2009г.*
- [2]. Наредба за съществените изисквания и оценяване съответствието на съдовете под налягане, *Обн. ДВ. бр.85 от 2 Октомври 2001г., изм. ДВ. бр.50 от 17 Юни 2014г.*
- [3]. Наредба за съществените изисквания и оценяване съответствието на съоръженията под налягане, *Обн., ДВ.бр.87 от 13 Септември 2002г., изм.и доп.ДВ.бр.12от13Февруари2015г.*
- [4]. Наредба за устройството, безопасната експлоатация и техническия надзор на съоръжения под налягане, *Обн. ДВ. Бр.64 от 18 Юли 2008г.*
- [5]. Наредба за устройството, безопасната експлоатация и техническия надзор на газовите съоръжения и инсталации за втечнени въглеродородни газове, *Обн. ДВ. бр.82 от 21 Септември 2004г., изм. ДВ. бр.32 от 28 Април 2009г.*
- [6]. Наредба № 1з-1971 от 29 октомври 2009 г. за строително-технически правила и норми за осигуряване на безопасност при пожар, *Обн. ДВ. бр.96 от 4 Декември 2009г., изм. ДВ. бр.8 от 30 Януари 2015г.*
- [7]. СП12.13130.2009. МЧС России, ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2009.
- [8]. *Dennis, A., Snow. Elsevier Plant Engineer's Reference Book. 2002.*

#### За контакти:

Тракийски университет– Стара Загора, Факултет „Техника и технологии“ – Ямбол;  
8600, гр. Ямбол; ул. „Граф Игнатиев“38; п.к.110;  
Гл.ас. д-р инж. Петър Казаков - катедра „Машинно инженерство“;GSM:(+359 87) 840-44-99; e-mail: peter\_yb@abv.bg;  
Доц. д-р инж. Иван Ст. Лазаров, катедра „Енергетика“;GSM: (+359 87) 811-55-86, e-mail: isl51@abv.bg

**Докладът е рецензиран.**