

УДК 343.148.6

Словінський В. К., канд. техн. наук, судовий експерт-вибухотехнік Черкаського НДЕКЦ МВС України,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6194-3171>,
e-mail: ukslovinskyi@ukr.net

Єлагін Г. І., канд. хім. наук, ст. наук. співробітник, інженер Черкаського інституту пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля Національного університету цивільного захисту України,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2577-6430>,
e-mail: gyelagin@ukr.net

ДОСЛІДЖЕННЯ УМОВ ВИНИКНЕННЯ ПОЖЕЖІ НА АВТОМОБІЛЯХ З ПРОПАН-БУТАНОВИМ АВТОМОБІЛЬНИМ ПАЛЬНИМ

Постійне здороження нафти і продуктів її переробки, зокрема, всіх видів рідкого автомобільного пального провокує використання як автомобільне пальне більш дешевих його видів, зокрема, горючих газів: природного (метану) та пропану і бутану, що добуваються з нафти. Одним з головних питань при цьому є питання потенційної небезпечності використання такого пального. Власне кажучи, і бензин і дизельне пальне і метан і пропанові суміші належать до речовин пожежонебезпечних. І загоряння та вибухи, на жаль, відбуваються при використанні будь-якого з них.

Упродовж 2018 року на транспортних засобах виникло 4 346 пожеж (у 2017 році – 4 212 пожеж; +3,2 %), що становить 5,5 % від загальної кількості пожеж в Україні. Унаслідок цих пожеж загинуло 22 людини (у 2017 році – 18 людей; +22,2 %), що становить 1,1 % від загальної кількості загиблих в Україні. Загибелі дітей не зареєстровано (у 2017 році – 1 дитина). На згаданих пожежах отримали травми 55 людей (у 2017 році – 80 людей; -31,3 %), у тому числі 3 дітей (у 2017 році – 1 дитина).

Пожежами було знищено та пошкоджено 3 924 одиниці техніки. Матеріальні втрати від пожеж склали 972 млн 446 тис. грн., що становить 11,7 % від загальної суми збитків.

Серед транспортних засобів найчастіше горіли:

- легкові автомобілі (3 209 проти 3 158 пожеж; +1,6 % або 73,8 % від загальної кількості пожеж на транспортних засобах);
- вантажні автомобілі (462 проти 448 пожеж; +3,1 % або 10,6 %);
- автобуси (285 проти 248 пожеж; +14,9 % або 6,6 %).

Причини виникнення пожеж на деяких транспортних засобах наведено у табл. 1.

Таблиця 1

Причини виникнення пожеж на деяких транспортних засобах

Причини пожеж	Легкові автомобілі		Вантажні автомобілі		Автобуси	
	2018	2017	2018	2017	2018	2017
Підпал	734	802	43	47	47	48
ППБ при проведенні ел., газозварювальних робіт	41	30	7	2	7	4
Необережне поводження з вогнем під час паління	47	31	23	13	5	0
Необережне поводження з вогнем	64	127	22	28	9	7
Недолік технології виробництва	41	15	10	0	2	0
Перегрів (руйнування рухомих деталей) унаслідок тертя	22	10	30	16	3	1
Розгерметизація паливної (газової) системи	234	39	27	4	8	0
Несправність електросистем	1861	1872	244	273	193	169
Інші причини	165	232	56	65	11	19
Всього пожеж:	3209	3158	462	448	285	248

Найпоширеніші місця виникнення пожеж на деяких транспортних засобах наведено у табл. 2.

Таблиця 2

Місця виникнення пожеж на деяких транспортних засобах

Місце виникнення пожежі	Легкові автомобілі		Вантажні автомобілі		Автобуси	
	2018	2017	2018	2017	2018	2017
Кабіна водія, салон	510	577	117	99	53	53
Відсік двигуна	2011	357	197	38	179	12
Кузов	467	494	90	106	35	33
Інше	221	1730	58	205	18	150
Всього пожеж:	3209	3158	462	448	285	248

Пожежна безпека автомобілів багато в чому визначається розташуванням паливного бака. Найбільш поширеним є той варіант, коли паливний бак розташовується позаду транспортного засобу – в багажному відсіку або під ним. Встановлення паливного бака в безпосередній близькості до двигуна, що дозволяє зменшити довжину паливопроводу і збільшити загальну надійність подачі палива збільшує пожежну небезпеку і перевантаження коліс переднього або заднього моста відповідно при передньому чи задньому розташуванні двигуна. Тому в автомобілях з переднім розташуванням двигуна паливний бак розміщується позаду. На автомобілях з невеликою місткістю паливний бак розміщується збоку, знизу або ззаду. У автомобілях із заднім розташуванням двигуна паливний бак знаходиться спереду. У «безпечних» автомобілях паливні баки розташовані в межах бази автомобіля: У передньопривідного автомобіля з розташуванням двигуна спереду найбільш раціональним є розташування паливного бака за заднім сидінням. У цьому випадку знижується ймовірність загоряння палива при бічному і фронтальному ударах. У той же час ця ймовірність дещо збільшується при ударі ззаду.

До найважливіших внутрішніх джерел виникнення пожежі в автомобілі належать нагріті поверхні при порушенні герметичності паливної системи або системи змащування. У працюючому автомобілі є дві зони максимальних температур:

- моторний відсік;
- зона випускного тракту від колектора до вихлопної труби глушника.

У двигуні внутрішнього згоряння температура відпрацьованих газів по довжині випускного тракту становить 800–830 °С, а температура поверхонь 710–770 °С. Зрозуміло, що це дуже висока температура, вона вища за температуру самозаймання більшості паливно-мастильних матеріалів, які використовуються в транспортних засобах. У автомобілі паливо може накопичуватися тільки в нішах двигуна і в деяких місцях моторного відсіку. Оскільки моторні відсіки не герметизовані, в них існує інтенсивний повітрообмін з навколишнім середовищем. У цьому випадку концентрація парів у зоні випаровування палива обмежується верхньою межею залежно від швидкості повітря в цій зоні. При швидкості повітря 0,15–0,18 м/с концентрація парів не може перевищити 0,01 мг/л. При швидкості 0,25–0,3 м/с – 0,001 мг/л. Враховуючи, що швидкості повітря у моторних відсіках автомобілів перевищують наведені значення на порядок і більше (1,5–5 м/с), концентрація парів або палива, що накопичилось, не може досягти небезпечних значень і займання виключається [1. Ст. 382]. Але порушення герметичності паливного баку чи виливи з запасної канистри в багажному відділенні, враховуючи, що густина парів бензину або дизельного пального значно більша за густину повітря, веде до швидкої появи суміші з небезпечною концентрацією.

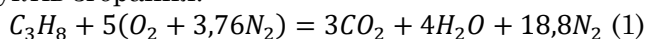
В останні роки як пальне все частіше використовуються газоподібні метан і суміш пропану та бутану. Причому в легкових автомобілях віддається перевага саме останній, яка в літній період містить біля 40 % пропану C_3H_8 та 60 % бутану C_4H_{10} . Ця суміш знаходиться у рідкому вигляді в балонах під тиском до 16 атмосфер, на відміну від метану, який закачаний в товстостінні балони під тиском до 250 атм. Установки з пропан-бутаном значно простіші при монтажі, забезпечують при однаковій масі обладнання набагато більший пробіг і на теперішній час мають досить поширену мережу заправних станцій. До того ж, більшість водіїв вважає, що метан небезпечніший, ніж пропан-бутан. Насправді ж ситуація прямо протилежна.

У даній роботі проаналізовано потенційну небезпечність використання пропан-бутанової суміші. За умови прийнято літній період з температурою 30°C. Нижня концентраційна межа [336]

поширення полум'я для метану дорівнює 5,28 % (об). Густина метану при цій температурі 0,64 кг/м³, густина повітря 1,14 кг/м³. Отже, при будь-якій нещільності цей газ буде підніматися вгору і небезпечна концентрація може бути досягнутою лише в дуже герметичних приміщеннях, чи ємностях.

Нижня концентраційна межа поширення полум'я для пропану дорівнює 2,3 % (об) [2. Ст. 143], для бутану – 1,2 % (об) [3, см.183]. Для даної суміші, за відомою формулою [4,ст.130]: $KМПП=100/(40/2,3+60/1,2) = 1,5 \%$ (об). При 30°C ця суміш знаходиться у газоподібному стані. Молекулярна маса пропану складає 44 атомних одиниць маси. Густина його парів при температурі в 30°C (303К) дорівнює $44 \times 273 / (22,4 \times 303) = 1,77$ кг/м³. Для бутану відповідні цифри складають 58 атомних одиниць маси та $58 \times 273 / (22,4 \times 303) = 2,33$ кг/м³. Густина парів суміші при цій температурі $1,77 \times 0,4 + 2,33 \times 0,6 = 2,1$ кг/м³, а це майже вдвічі більше за густину повітря при тих же умовах (1,14 кг/м³). Отже, пропан-бутанові пари змішуватимуться з повітрям переважно в нижній частині навіть незамкненого приміщення, в тому числі в нижній частині багажного відсіку автомобіля. І концентрація горючих газів в цій суміші швидко досягне позначки в 1,5 % (об) та буде здатною до важкого вибуху. За підрахунками по стандартній процедурі (наприклад, 4. Ст. 53; 133), теоретична температура вибуху пропану і бутану практично однакова і складає 2130°C (2400К).

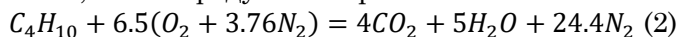
При повному перетворенні суміші пропану з повітрям у продукти згорання (вибуху) один моль пропану при реакції з 5 молями кисню і 18,8 молями нітрогену утворює 25,8 молів продуктів згорання.



Тобто, об'єм суміші пропану з повітрям при гіпотетичних нормальних умовах взагалі-то збільшився б у $25,8/24,8 = 1,04$ рази. Враховуючи ж збільшення температури з 303К до 2400К, можна спрогнозувати, що тиск вибуху в замкнутому об'ємі дорівнюватиме

$$(760 \times 2400 \times 1,04) / 303 = 6260 \text{ мм рт. Ст. , тобто біля } 8,3 \text{ атм.}$$

Відповідно, один моль бутану при реакції з 6,5 молями кисню і 24,4 молями нітрогену утворює 33,5 молів продуктів згорання.



Об'єм суміші при гіпотетичних нормальних умовах збільшився б у $33,5/31,9 = 1,05$ рази. Враховуючи ж збільшення температури з 303К до 2400К, можна спрогнозувати, що тиск вибуху в замкнутому об'ємі дорівнюватиме

$$(760 \times 2400 \times 1,05) / 303 = 6320 \text{ мм рт. Ст. , тобто також біля } 8,3 \text{ атм.}$$

Як показують статистичні дані, обладнання з пропан-бутановими установками стали причиною біля 10 % пожеж і вибухів, решта ж 90 % випадків припадає на рідкі види пального. Вибухів з метановими установками практично не зафіксовано. Навіть при достатньо важких ДТП товстостінні балони з метаном, на відміну від легких балонів з пропан-бутаном лишалися неушкодженими.

Таким чином, за умови використання сертифікованого обладнання і професійного його монтажу балони з метаном та їх «обв'язка» значно безпечніші, ніж балони з пропан-бутаном і, тим паче, ніж паливні баки і канистри з рідким паливом.

Список використаних джерел:

1. Расследование пожаров : учеб. / Под редакцией Г.Н. Кириллова, М.А. Галишева, С.А. Кондратьева. СПб. : Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы МЧС России, 2007. 562 с.
2. Пожаро-взрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения : справочник / под ред. А.Н. Баратова и А.Я. Корольченко. Книга вторая. М. : Химия, 1990. 384 с.
3. Пожаро-взрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения: справочник / под ред. А.Н. Баратова и А.Я. Корольченко. Книга первая. М. : Химия, 1990. 496 с.
4. Єлагін Г.І., Шкарабура М.Г., Криштал М.А., Тищенко О.М. Основи теорії розвитку та припинення горіння. Частина 1. Черкаси, 2004. С.184.