

mgr inż. **Tomasz ZGODZIŃSKI**

KP PSP w Wieluniu

EWOLUCJA STOSOWANIA PALIWA GAZOWEGO DO NAPĘDU POJAZDÓW SAMOCHODOWYCH I ZWIĄZANE Z TYM ZAGROŻENIA DLA UŻYTKOWNIKA .

Evolution of using gas fuel for motor cars and accompanying dangers for users.

Streszczenie

W artykule przedstawiono historię paliwa gazowego oraz samochodowych instalacji gazowych zasilanych LPG (gazem propan – butan) oraz CNG (gazem ziemnym), wykorzystywanym jako alternatywne paliwo napędowe w motoryzacji. Ponadto w artykule zawarto podstawowe dane na temat budowy, właściwości gazu oraz elementów składowych instalacji gazowych służących do zasilania pojazdów samochodowych. Przedstawione zostały również podstawowe źródła zagrożeń związane z budową, konstrukcją oraz eksploatacją samochodów wyposażonych w gazowe układy zasilania, będące przyczyną wypadków lub pożarów w trakcie użytkowania pojazdu zasilanego alternatywnym paliwem gazowym. W oparciu o przedstawione źródła zagrożeń występujące podczas użytkowania samochodu wyposażonego w gazowy układ zasilania przedstawiono podstawowe sposoby postępowania w przypadku powstania ewentualnego zagrożenia.

Summary

In the article there was presented a history of gas fuel and gas installations in cars running on LPG (Liquefied Petroleum Gas) and CNG (Natural Gas) used as alternative diesel fuel in motorization. In the article there were also discussed basic data concerning the construction, gas properties and the components of gas installations used for powering motor vehicles. The article presented main sources of danger connected with building, construction and operating cars equipped with gas supply system and resulting accidents or fires during operating cars running on alternative gas fuel. Based on the sources of dangers taking place during operating cars equipped with gas supply system there were presented main procedures in case of potential danger.

Słowa kluczowe: motoryzacja, samochody, alternatywne paliwa napędowe, pożary i zagrożenia, ratownictwo techniczne;

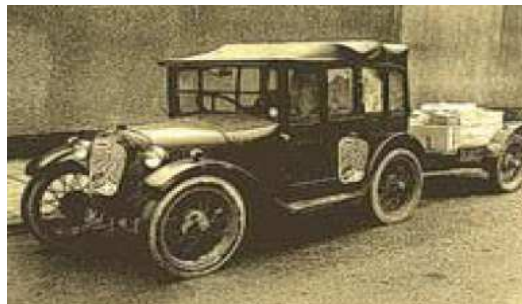
Keywords: motorization, cars, alternative diesel fuels, fires and dangers, road rescue;

Nie trzeba być specjalistą branży paliwowej, aby zauważyć co dzieje się na światowym rynku paliw. Każdy zmotoryzowany odczuwa stale rosnące ceny benzyn i oleju napędowego, co powoduje wzrost zainteresowania samochodami, które zasilane są paliwami alternatywnymi. Spora grupa kierowców staje przed dylematem, co wybrać? Oszczędny, ale drogi silnik diesla, a może wybrać do napędu paliwo gazowe i zamontować w silniku benzynowym instalację na gaz, a może wybrać pojazd w wersji gazowej?

Galopujące ceny benzyny i oleju napędowego w ostatnich latach skłoniły kierowców do szukania oszczędności co spowodowało lawinowy montaż samochodowych instalacji gazowych. Zjawisko wahań popularności układów gazowych do zasilania pojazdów jest w Polsce jednak dobrze znane.

Ruchy te są okresowe i często zależą nie tyle od rzeczywistego stopnia opłacalności tej inwestycji, ile raczej od prognoz rządowych i prasowych doniesień. Aby dowiedzieć się jak ewoluowało zainteresowanie paliwem gazowym oraz stosowanie samochodowych instalacji gazowych zasilanych LPG (gazem propan – butan) oraz CNG (gazem ziemnym) w motoryzacji musimy zacząć od korzeni.

LPG został otrzymany po raz pierwszy w 1910 r. przez dr Waltera O. Snellinga, a w handlu pojawił się w roku 1912 – jako wygodne i w miarę bezpieczne paliwo do przenośnych kuchenek gazowych i tak też początkowo był wykorzystywany. Zastosowanie wynalazku do napędu samochodu miało miejsce 3 lata po odkryciu tj. w 1913 roku. i pojawiło się po raz pierwszy w legendarnym Fordzie – model T, który notabene był pierwszym samochodem montowanym na taśmie produkcyjnej.



Ryc.1 Pierwszy samochód z napędem gazowym. (źródło: www.autogazcentrum.net)

Fig. 1 The first gas-powered car. (source: www.autogazcentrum.net)

W Europie pierwsze instalacje gazowe w samochodach pojawiły się we Włoszech zaraz po pierwszej wojnie światowej. Konstruktorami samochodowych instalacji gazowych zasilanych LPG było dwóch braci LANDI. Jednak po pewnym czasie nastąpiło rozdzielenie się braci LANDI, jeden z nich przeniósł się do Holandii i tam zaczął niezależnie rozwijać branżę autogazu, natomiast drugi prowadził swą działalność dalej we Włoszech..

Po krajach Beneluksu przyszła kolej na wschodnią część Europy, gdzie w latach 80 – tych autogaz zyskał popularność w ZSRR oraz Bułgarii [3].

Początki "gazyfikacji" aut w Polsce sięgają roku 1974, natomiast za "ojca gazyfikacji w Polsce" uznawany jest Pan Zbigniew Domański, który zainteresował się tym alternatywnym źródłem zasilania i wprowadził go do obrotu na rynek polski. Założone latem 1991 roku przez Zbigniewa Domańskiego Przedsiębiorstwo Wielobranżowe "AUTOGAZ" było pierwszą w Polsce firmą, którą Minister Transportu i Gospodarki Wodnej ".upoważnił do montażu w układzie zasilania silników instalacji gazowej przystosowanej do zasilania gazem płynnym (propan-butan)...". Tym samym, z dniem 14 sierpnia 1991 roku, została nareszcie zalegalizowana "gazyfikacja" aut w naszym kraju. Dla wielu firm wydarzenie z 1991 roku stanowiło silny impuls do działania w nowym obszarze biznesowym, który zaowocował w późniejszych latach dynamicznym wzrostem sprzedaży gazu płynnego [16].

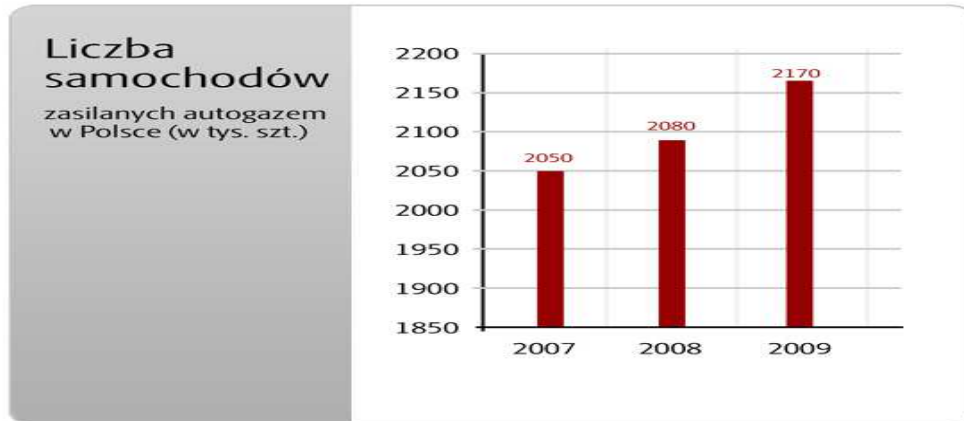
Rok 1993 był pierwszym rokiem, kiedy zaczęto montaż instalacji na szerszą skalę, a branża autogazu stała się oficjalną gałęzią w motoryzacji.

Największy rozwój autogazu w naszym kraju miał miejsce w 1999 r. ze względu na drastyczną podwyżkę cen paliw płynnych. Wówczas sprawdziły się niemal wszystkie czarne scenariusze – cena litra benzyny na tamte czasy przekroczyła 3,00 złote. Importerzy instalacji LPG, monterzy i dostawcy gazu mieli pełne ręce roboty. Ogólna liczba samochodów zasilanych gazem, w tym czasie znacznie wzrosła.

Bardzo znacznie wzrosła również liczba stacji autogazu i właściwie nie było regionów Polski, gdzie na odcinku 50 km nie byłoby jednej z nich.

W 2004 r. w Polsce liczba samochodów zasilanych LPG wyniosła już 1,45 mln, natomiast liczba stacji tankowania LPG była równa 5900. Na początku 2005 r. Polska stała się więc pierwszym rynkiem w Europie pod względem ilości samochodów zasilanych gazem LPG [21]. Wyprzedziliśmy nawet dotychczasowego europejskiego lidera w tej dziedzinie - Włochy . Według szacunkowych danych na początku 2005 r. liczba samochodów zasilanych LPG była następująca : Polska 1,45 mln pojazdów, 1.3 mln pojazdów we Włoszech, 400 tysięcy w Holandii, 500 tysięcy w krajach b. ZSRR, 450 tysięcy w USA i 50 tysięcy w Kanadzie. Z każdym kolejnym rokiem liczba pojazdów zasilanych LPG ciągle rosła

zgodnie z przewidywaniami analityków rynku. W 2009 r. liczba aut wyposażonych w instalację LPG wyniosła blisko 2,2 miliona samochodów. W stosunku do roku 2008 był to wzrost o 4,3%, a od 2007 rynek zmienił się aż o 5,9%. Spośród wszystkich aut osobowych w Polsce, odsetek tych napędzanych LPG, kształtował się na poziomie 13,5 proc.



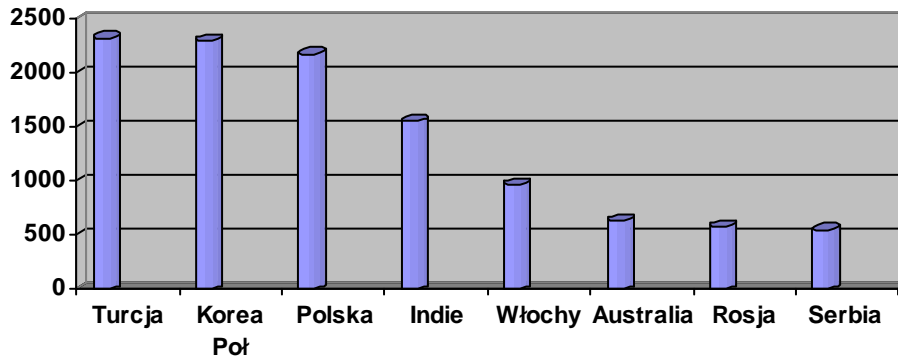
Ryc. 2 Liczba pojazdów zasilanych LPG w Polsce w latach 2007-2009 według POGP

(źródło: www.infosamochody.pl)

Fig. 2 Number of vehicles powered by LPG in Poland in 2007-2009 by POGP

(source: www.infosamochody.pl)

Według szacunków Światowej Organizacji Gazu Płynnego WLPGA (dane z 2009 r.), najwięcej samochodów zasilanych autogazem w tym czasie jeździło po drogach Turcji (2 mln 320 tys.), drugą lokatę uzyskała Korea Południowa (2 mln 297 tys.), trzecią zaś zajęła Polska (2 mln 170 tys.). Na kolejnej pozycji notowano Indie (1 mln 522 tys.), które w ciągu roku wzbogaciły się o prawie milion aut z LPG. Kolejne miejsca zajęły: Włochy (967 tys.), Australia (636 tys.) i Rosja (581 tys.). Ósma lokata przypadła niedużej Serbii z 550 tys. samochodów na LPG. Praktycznie we wszystkich notowanych krajach nastąpił wzrost liczby samochodów wyposażonych w instalacje gazowe. Łącznie, w 2009 roku na świecie jeździło ponad 15,8 mln samochodów zasilanych autogazem, z czego prawie 8 mln w Europie! [16].



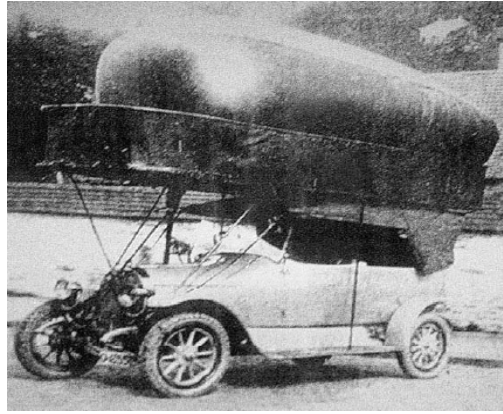
Ryc. 3 Liczba pojazdów zasilanych LPG na świecie w 2009 r. według WLPGA
(źródło: opracowanie własne)

Fig. 3 Number of vehicles powered by LPG on the world in 2009 by WLPGA
(source: develop their own)

W Polsce, w latach 2010 - 2011 nastąpił dalszy dynamiczny wzrost liczby samochodów zasilanych LPG. Po naszych drogach jeździ już 2 mln 325 tys. pojazdów zasilanych autogazem, czyli o 155 tys. więcej niż rok wcześniej. Poza Turcją staliśmy się drugim państwem na świecie, a pierwszym w Europie pod względem użytkowania pojazdów zasilanych autogazem. W bieżącym roku spodziewać się należy znaczącego wzrostu pojazdów zasilanych autogazem ze względu na to, iż nieustanny wzrost cen paliw tradycyjnych (benzyny i oleju napędowego) zmusza kierowców do szukania rozwiązań bardziej oszczędnych. Według Polskiej Organizacji Gazu Płynnego, bardzo istotna dla rozwoju rynku jest zmiana postrzegania gazu płynnego jako paliwa nie tylko taniego, ale i ekologicznego, co stanowi ważne zadanie dla całej branży LPG [15].

Jeśli chodzi o gaz ziemny CNG wykorzystywany do zasilania pojazdów wyposażonych w samochodową instalację gazową, to należy zwrócić uwagę, że pierwsze w historii silniki spalinowe były zasilane gazem. Skonstruowali je w:

- 1860 r. Etienne Lenoir (silnik spalał gaz ziemny osiągając 12 km/h);
- 1866 r. Mikołaj August Otto – pierwszy silnik na gaz świetlny (ok. 50% wodoru);
- 1878 r. Mikołaj August Otto i Langen (4 – suwowy silnik zasilany gazem);
- 1896 r. W. Dessau (1897 także w Jeleniej Górze) uruchomiono tramwaj gazowy; (9 pojazdów obsługiwało dziewięciokilometrową linię). Paliwem był gaz świetlny magazynowany w trzech zbiornikach pod ciśnieniem 6 bar,
- 1918 r. pierwszy silnik autobusu zasilany gazem [3, 5].



Ryc. 4 Pierwsze pojazdy z zasilaniem gazowym

(źródło: www.cng-auto.pl)

Fig. 4 The first vehicles powered by gas
(source: www.cng-auto.pl)

Zastosowanie gazu ziemnego jako paliwa do pojazdów datuje swe początki w latach 30 – tych poprzedniego wieku, czyli mniej więcej równoległe do stosowania LPG. Wykorzystywano je m.in. we Włoszech, Wielkiej Brytanii, Czechach i w Rosji [22].

W Polsce już w latach 50 – tych jeździło prawie 2 tysiące samochodów na gaz CNG – były to głównie pojazdy służb technicznych.

Sprężony gaz ziemny ma najdłuższą tradycję stosowania w południowej Polsce, gdzie w latach pięćdziesiątych wybudowano kilka stacji sprężania gazu ziemnego do napędu pojazdów samochodowych (min. Rzeszów, Tarnów, Mysłowice i Krosno). W latach sześćdziesiątych oraz siedemdziesiątych stacje z gazem CNG znikły z Polskiego krajobrazu. Wpłynął na to zapewne niski poziom dostępnych ówczesnie rozwiązań technologicznych, a przede wszystkim brak odpowiednich zbiorników magazynowych.

Gaz CNG powrócił w Polsce do łask w dobie lat 80 – tych. Przemysłowy Instytut Motoryzacji w Warszawie, przy współpracy Politechniki Śląskiej w Gliwicach rozpoczął realizację specjalnego rządowego programu wykorzystywania gazu ziemnego do napędów samochodowych czego efektem było zainteresowanie Sanockiego Zakładu Górnictwa Nafty i Gazu [3].

W 1988 roku uruchomiona została pierwsza stacja tankowania samochodów gazem ziemnym w Kopalni Gazu Ziemnego Przemyśl – Zachód.

W sumie do lipca 1999 r. tankowanych było tylko kilkanaście pojazdów.

W 2004 roku jeszcze raz postawiono na gaz ziemny, głównie w komunikacji miejskiej. Uruchomiono stację tankowania i zakupiono pięć nowoczesnych autobusów Jelcz zasilanych CNG. Pierwszy autobus Jelcz zasilany CNG, zbiorniki kompozytowe umieszczone

miał na dachu pojazdu. Został on zaprezentowany w styczniu 2004 roku. W 2005 roku Polska posiadała już 42 autobusy zasilane CNG.



Ryc. 5 Autobus Jelcz zasilany CNG

(źródło: www.cng-auto.pl)

Fig. 5 CNG-powered bus Jelcz

(source: www.cng-auto.pl)

W 2005 r. na świecie w eksploatacji było już blisko 3 miliony samochodów z silnikami na gaz ziemny. Francja i Niemcy w 2005 r. posiadały już po 1000 autobusów zasilanych CNG, natomiast największa liczba wszystkich pojazdów samochodowych zasilanych gazem ziemnym występowała w Argentynie - ponad 950 tys. pojazdów.

Tabela. 1

Liczba pojazdów zasilanych gazem ziemnym CNG na świecie w 2005 r. [23]

Table 1.

Number of vehicles fueled with CNG in the world in 2005 [23].

Kraj (Country)	Liczba pojazdów (Number of vehicles)	Liczba stacji CNG Number of CNG stations)
1. Argentyna	951 842	1064
2. Włochy	434 000	405
3. Brazylia	422 566	548
4. Pakistan	350 000	360
5. Indie	137 000	120
6. USA	130 000	1300
7. Chiny	69 300	270
8. Wenezuela	44 810	147
9. Egipt	44 810	75

10. Ukraina	41 000	130
11. Rosja	32 000	216
12. Tajwan	24 000	12
13. Kanada	20 505	222
14. Japonia	16 561	224
15. Boliwia	15 000	30
16. Niemcy	15 000	330
17. Bangladesz	13 015	10
18. Kolumbia	9 126	32
19. Szwecja	6 600	31
20. Białoruś	5 500	24
21. Francja	4 550	105
22. Australia	2 000	127
23. Nowa Zelandia	1 500	29
38. Czechy	300	9
44. Polska	136	8

W latach 2006 - 2007 w Polsce eksploatowanych było 748 pojazdów, w których paliwem jest sprężony gaz ziemny. Są w tej liczbie autobusy, samochody osobowe, lekkie samochody dostawcze, pojazdy techniczne oraz wózki widłowe. Na terenie kraju działało 10 ogólnodostępnych i 22 wewnętrznych stacji tankowania CNG.

Największym użytkownikiem autobusów zasilanych CNG było Miejskie Przedsiębiorstwo Komunikacyjne w Przemyślu (24 autobusy).

Autobusy na CNG jeździły również w transporcie publicznym w Inowrocławiu (9 autobusów), w Rzeszowie (12 autobusów) oraz we Wrocławiu (8 autobusów w prywatnej firmie transportowej).

Najwięcej samochodów na CNG było w posiadaniu spółek gazownictwa. Dolnośląska Spółka Gazownictwa z siedziba we Wrocławiu posiadała 84 takie pojazdy wykorzystywane jako pojazdy technologiczne gazownictwa. Były to głównie samochody marki Peugeot, Renault oraz Fiat przerobione z pojazdów benzynowych na dwupaliwowe. 35 pojazdów jeździło w Mazowieckiej Spółce Gazownictwa w Warszawie oraz 45 w Pomorskiej Spółce Gazownictwa z siedzibą w Gdańsku. Pozostała liczba pojazdów znajdowała się w posiadaniu indywidualnych właścicieli [13].



Ryc.6. Pojazd zasilany CNG użytkowany przez spółki gazownicze

(źródło: www.pgnig.pl)

Fig. 6 CNG-powered vehicle used by the company's natural gas.

(source: www.pgnig.pl)

W Polsce eksploatuje się na chwilę obecną około 2000 pojazdów zasilanych gazem ziemnym, czyli tyle ile w latach pięćdziesiątych XX w. Z analizy struktury użytkowanych w Polsce pojazdów zasilanych CNG wynika, że największa ich liczba jest eksploatowana przez użytkowników indywidualnych (ponad 700), następnym z kolei użytkownikiem jest PGNiG, który użytkuje blisko 500 pojazdów. Trzysta samochodów jest eksploatowanych przez różnego rodzaju floty, a ponad 200 to autobusy komunikacji miejskiej. Bolączką naszego rynku CNG jest niewielka liczba stacji sprężania (ok. 33) oraz brak ekonomicznych zachęt promujących gaz ziemny jako paliwo silnikowe.

Znaczący rozwój CNG na świecie to ostatnie 10 - 15 lat. Podstawowe czynniki tego rozwoju to względy ekologiczne, poprawa bezpieczeństwa dostaw paliw poprzez ich dywersyfikację oraz opłacalność ekonomiczna. Aktualnie na świecie jest ok. 4,3 mln pojazdów na CNG i jest to bardzo dynamicznie rozwijający się segment na rynku motoryzacyjnego. Jest wiele krajów, w których gaz ziemny jako paliwo silnikowe jest wykorzystywany powszechnie. W tym zestawieniu prym wiodą kraje azjatyckie (46,5% ogólnej liczby pojazdów napędzanych gazem ziemnym na świecie) i Ameryki Południowej (39,6%). Wynika to z położenia w tych rejonach złóż gazu ziemnego oraz chęci zmniejszenia kosztów eksploatacji pojazdów przez użytkowników. Najwięcej samochodów zasilanych gazem ziemnym jest eksploatowanych w Pakistanie (ponad 2 mln), Argentynie (około 1,8 mln), Brazylii (1,6 mln), Iranie (1 mln). W Europie, w której jeździ 11,6% światowej populacji samochodów CNG (0,25% ogólnej liczby zarejestrowanych pojazdów). Najwięcej

samochodów zasilanych gazem ziemnym jest zarejestrowanych we Włoszech (ponad 0,5 mln szt.). Drugie w europejskim zestawieniu są Niemcy z liczbą ponad 76 tys. pojazdów, na trzeciej pozycji znajduje się Bułgaria z liczbą 60 tys., kolejna jest Szwecja z około 17 tys. pojazdów zasilanych gazem ziemnym. Stawkę krajów, w których jest zarejestrowanych ponad 10 tys. samochodów CNG zamyka Francja z ponad 12 tys. szt. [22]. Pierwsza piątka stawki stanowi 97% całego europejskiego rynku pojazdów zasilanych gazem ziemnym.

W związku z szybkim rozwojem na świecie motoryzacji oraz rosnącymi cenami paliw ropopochodnych rynek CNG bardzo szybko się rozwija, a co za tym idzie w najbliższym czasie zwiększy się liczba pojazdów zasilanych tym paliwem.

Właściwości fizyczne i chemiczne LPG oraz CNG

Paliwo gazowe LPG, jest skroploną mieszaniną dwóch węglowodorów: propanu C_3H_8 oraz butanu C_4H_{10} . Obydwa składniki są produktem rafinacji ropy naftowej, a ich ilość w masie przerobionego produktu (ropy) stanowi maksymalnie 2%.

Własności fizyczne i chemiczne podstawowych składników LPG, czyli propanu i butanu są następujące:

Własność	Propan	Butan
Wzór chemiczny	C_3H_8	C_4H_{10}
Masa cząsteczkowa	44	58
Gęstość [kg/dm^3]	0,51	0,58
Temperatura wrzenia [$^{\circ}C$]	- 43	- 0,5
Temperatura spalania w powietrzu [$^{\circ}C$]	510	490
Granice zapłonu jako % objętości	2,1÷9,5	1,5÷8,5
Prędkość spalania w powietrzu [cm/s]	32	32

Jedną z wyróżniających właściwości składników LPG, czyli propanu i butanu, jest ich tzw. „prężność pary” czyli ciśnienie pary w równowadze z cieczą w zamkniętym zbiorniku (inaczej mówiąc chodzi o ciśnienie, przy którym w danej temperaturze mieszanka propanu i butanu jest w stanie równowagi z cieczą; wtedy występuje równowaga między parowaniem i skraplaniem). Ciśnienie to, w przypadku butanu wynosi 0,005 bar w temperaturze $0^{\circ}C$ i 0,8 bar w temperaturze $15^{\circ}C$. Dla propanu są to wartości odpowiednio 4 bar dla $0^{\circ}C$ i 6,5 bar dla $15^{\circ}C$. Z powodu zmienności proporcji propanu i butanu w składzie LPG takie wartości powodują dość duże różnice w ciśnieniu mieszanki. Wzrost temperatury powoduje w związku

z tym, oprócz wzrostu ciśnienia par gazu, przede wszystkim wzrost objętości ciekłego LPG w zbiorniku. Jeśli byłby on wypełniony całkowicie ciekłym LPG, wzrost temperatury mógłby spowodować nagły wzrost ciśnienia wewnątrz zbiornika (ponieważ objętość nie mogłaby wzrosnąć), co mogłoby doprowadzić do jego rozerwania. Stąd też wprowadzone zalecenie nienapełniania zbiorników powyżej ich 85% nominalnej objętości (przykładowo, przy takiej wartości napełnienia „odbija” zawór w samochodowych zbiornikach LPG).

Inną, dosyć ważną cechą propanu i butanu jest ich różna temperatura wrzenia, czyli temperatura, przy której następuje zmiana fazy ze stanu ciekłego do gazowego. Dla propanu temperatura ta wynosi -43°C , a dla butanu 0°C . Wobec powyższego, w zimnym klimacie (a w Polsce po prostu zimą) stosuje się w LPG procentowo więcej propanu niż butanu.

LPG jest gazem nie tylko wybuchowym, ale i łatwopalnym w połączeniu z powietrzem tworzy mieszaninę wybuchową. LPG jako gaz nie działa drażniąco na skórę, oczy czy układ oddechowy. Jednak zbyt długie, powtarzające się wdychanie gazu o dużym stężeniu w powietrzu może skończyć się zawałem serca bądź uduszeniem. Przy zatruciu ostrym występują bóle w jamie brzusznej, wymioty, ślinotok, zwężenie źrenic, upośledzenie słuchu, ból głowy, osłabienie, zwolnienie tętna do 40-50 uderzeń na minutę, podniecenie, a później sen trwający kilka godzin. W cięższych postaciach zatrucia może występować zapalenie płuc oraz utrata przytomności. Przy wdychaniu większych ilości występują objawy podrażnienia nerwu błędnego. W rzadkich przypadkach występuje psychoneurologiczny zespół osłupieniowy oraz zaburzenia oddechu. LPG w stanie ciekłym, w momencie kontaktu ze skórą, może powodować odmrożenia. Zagrożeniem dla człowieka jest również możliwość zatrucia produktami spalania LPG (w przypadku dłuższego z nimi kontaktu).

Paliwo gazowe CNG nazywane także gazem naturalnym (Natural Gas), którego głównym składnikiem jest metan (CH_4), występuje w przyrodzie nie jako przy okazji wydobycia ropy naftowej. Gaz ziemny może występować także w złożach ropy – gazowych lub w złożach czysto gazowych będących naturalnymi zbiornikami występującymi w ziemi.

Właściwości fizykochemiczne gazu ziemnego:

Masa cząsteczkowa:	16,04
Stan skupienia w temp. 20°C:	gaz
Barwa:	bezbarwny
Zapach:	bez zapachu
Temperatura topnienia (1013 hPa)	$-182,6^{\circ}\text{C}$
Temperatura wrzenia (1013 hPa)	$-161,5^{\circ}\text{C}$

Temperatura samozapłonu:	- 580 ⁰ C
Granice wybuchowości w mieszaninie z powietrzem:	-dolna: 5% obj., 37 g/m ³ -górna: 15%obj., 107 g/m ³
Stężenie stechiometryczne:	- 5,91% obj.
Minimalna energia zapłonu w powietrzu:	- 0,25 mJ
Gęstość gazu (1013 hPa):	- 0,72 g/dm ³
Gęstość gazu względem powietrza:	- 0,55
Prężność gazu w temp. 21⁰C:	- 0,147 MPa
Rozpuszczalność w wodzie:	- rozpuszcza się bardzo słabo

Gaz ziemny jest bezwonny, bezbarwny i ma mniejszą gęstość niż powietrze. Charakterystyczny zapach gazu ziemnego jest uzyskiwany w procesie nawaniania. Tylko wtedy człowiek jest zdolny go wyczuć. Może tworzyć mieszanekę wybuchową w wyniku reakcji z powietrzem.

Szkodliwe skutki działania na zdrowie człowieka oraz główne jego objawy związane z zastosowaniem to przede wszystkim:

- może powodować podrażnienie oczu (ból, łzawienie), pary mogą powodować odmrożenia;
- nagromadzony w powietrzu może powodować uczucie senności, zawroty i bóle głowy, nudności, uczucie podniecenia, depresji w związku z obniżeniem zawartości tlenu. Duże stężenia par mogą prowadzić nawet do utraty przytomności lub do śmierci przez uduszenie.

Magazynowanie i transport CNG to główne trudności związane z stosowaniem tego paliwa w motoryzacji. Żeby napełnić zbiornik, trzeba gaz sprężyć ze względu iż, CNG magazynowany jest pod ciśnieniem 200-250 atmosfer, natomiast w 50-litrowej butli mieści się gaz tylko o wartości energetycznej, jaką ma 12 litrów benzyny. Wobec czego wszystkie elementy do magazynowania i transportu gazu muszą być przystosowane i wykonane z materiałów do pracy w wysokich ciśnieniach.

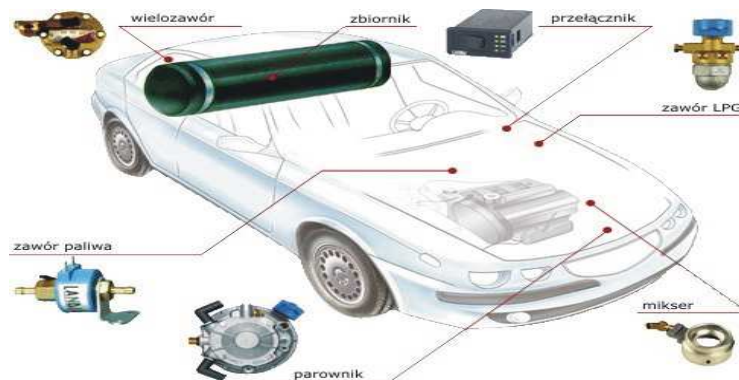
Układy zasilania gazem ciekłym propan – butan LPG

Ze względu na sposób tworzenia mieszanki paliwowej oraz sposób podawania paliwa do silnika, wyróżnia się następujące rodzaje instalacji gazowych LPG:

- mieszalnikowe układy zasilania LPG;
- wtryskowe układy zasilania LPG.

W przypadku mieszalnikowych układów zasilania LPG wyróżnia się:

1. Układy LPG I generacji - układy przeznaczone do współpracy z pojazdami wyposażonymi w układy gaźnikowe.

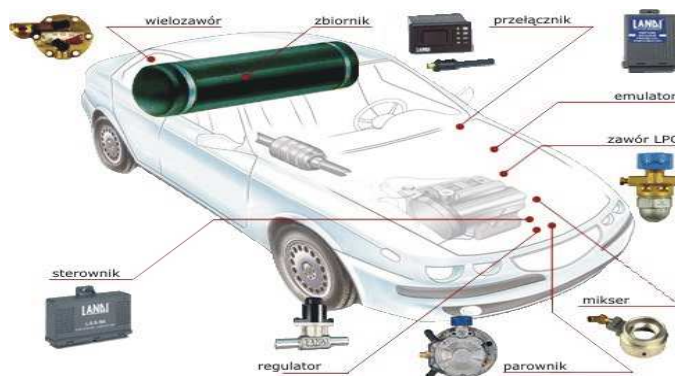


wielozawór – multivalve, zbiornik – tank, przełącznik – fuel – selektor swich, zawór LPG – LPG valve, mikser – mixer, parownik – evaporator, zawór paliwa – fuel vavle.

Ryc.7. Instalacja gazowa LPG dla samochodów gaźnikowych – elementy składowe
(źródło: www.autogaz.webd.pl)

Fig. 7. Installation of LPG gas for cars carburettor – components
(source: www.autogaz.webd.pl)

2. Układy LPG II generacji - układy przeznaczone do współpracy z pojazdami z silnikami wyposażonymi w jedno- i wielopunktowy wtrysk benzyny z katalizatorem (sondą lambda)



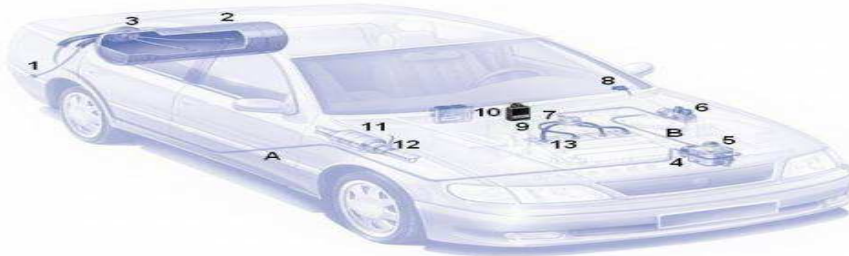
wielozawór – multivalve, zbiornik – tank, przełącznik – fuel – selektor swich, emulator – emulator, zawór LPG – LPG valve, mikser – mixer, parownik – evaporator, regulator – gas dosage control unit, sterownik – control unit.

Ryc.8 Instalacja gazowa LPG układ wtryskowy z katalizatorem – elementy składowe
(źródło: www.autogaz.webd.pl)

Fig. 8. Installation of LPG gas injection system with catalytic converter – components
(source: www.autogaz.webd.pl)

W przypadku wtryskowych układów zasilania LPG wyróżnia się trzy ich typy:

1. Układy LPG III generacji - układy wtryskowe zasilane paliwem LPG, wykorzystywane w pojazdach wyposażonych w wielopunktowy wtrysk paliwa.



1- zawór tankowania – filling unit , 2- zbiornik gazu - tank , 3-wielozawór – multivalve , 4- elektrozawór gazowy – solenoid valve, 5- reduktor-parownik - evaporator, 6- dozator - gas dosage control unit, 7- dystrybutor - distributor, 8- przełącznik rodzaju zasilania – fuel selektor swich, 9- emulator wtryskiwaczy – injectors emulator , 10- sterownik elektroniczny – electronic control unit, 11- katalizator spalin – combustion catalyst , 12- sonda lambda – lambda sensor , A- przewód gazowy wysokiego ciśnienia – high pressure hose, B- przewód gazowy niskiego ciśnienia – low pressure hose.

Ryc.9 Instalacja LPG III generacji do silników z wtryskiem paliwa - elementy składowe

(źródło: www.gazeo.pl)

Fig.9. III generation LPG installation of injected engine – components

(source: www.gazeo.pl)

2. Układy LPG IV generacji - układy nawiązujące do sekwencyjnego i wielopunktowego wtrysku paliwa.

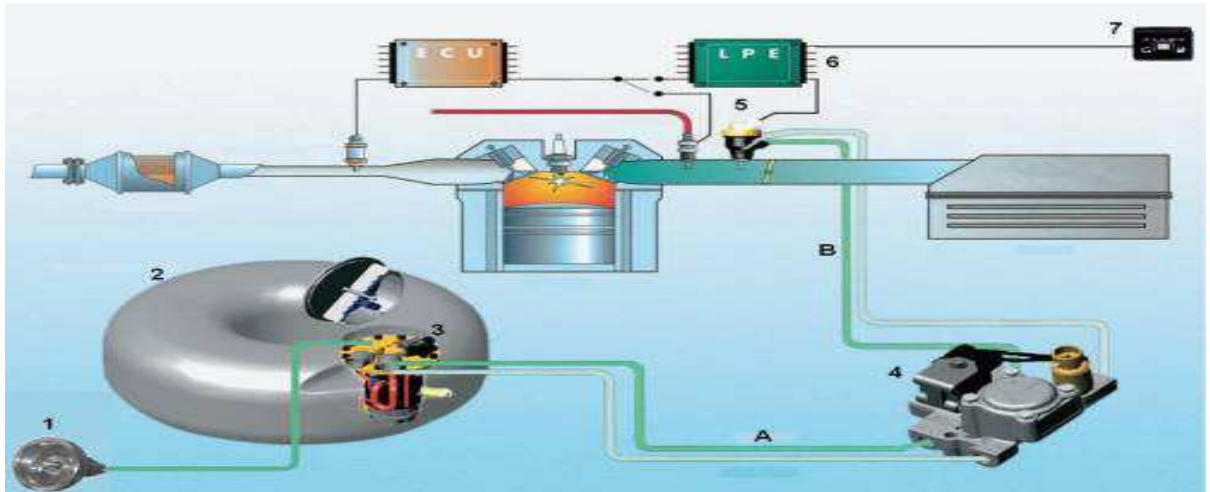


1- zawór tankowania – filling unit, 2- zbiornik gazu - tank, 3-wielozawór – multivalve, 4- elektrozawór gazowy – solenoid valve, 5- reduktor-parownik - evaporator, 6- filtr fazy gazowej – gas filter , 7- listwa wtryskiwaczy z czujnikami temperatury i ciśnienia gazu – injectors rails with temperature and pressere sensor, 8- przełącznik rodzaju zasilania– fuel sensor swich, 9- kalibrowane dysze – metering nazzles, 10- sterownik elektroniczny – electronic control unit, 11- katalizator spalin – combustion catalyst , 12- sonda lambda - lambda sensor, A- przewód gazowy wysokiego ciśnienia– high pressure hose, B- przewód gazowy niskiego ciśnienia – low pressure hose.

Ryc.10. Instalacja LPG IV generacji do silników z wtryskiem paliwa - elementy składowe
(źródło: www.gazeo.pl)

Fig.10. IV generation LPG installation of fuel-injected engine – components
(source: www.gazeo.pl)

3. Układy LPG V generacji - układy wtrysku sekwencyjnego w fazie ciekłej.



1- zawór tankowania - filling unit , 2- zbiornik gazu - tank, 3- pompa gazu z wielozaworem – LPG pump with a multivavle, 4- regulator ciśnienia – pressure regulator, 5- wtryskiwacze - injectors, 6- sterownik elektroniczny – engine management control, 7- przełącznik rodzaju zasilania - fuel – selektor swich , A- przewód gazowy pod samochodem – supply fuel line, B- przewód gazowy pomiędzy regulatorem ciśnienia a wtryskiwaczami – return fuel line.

Ryc.11. Instalacja V generacji do silników z wtryskiem paliwa i układem EOBD - elementy składowe (źródło: www.gazeo.pl)

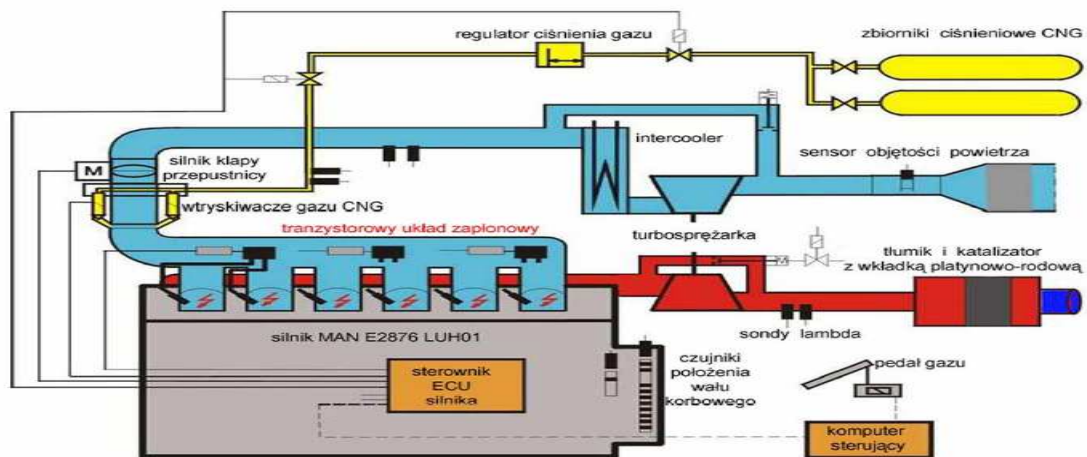
Fig. 11. V generation LPG installation of engines with fuel injection and EOBD system – components (source: www.gazeo.pl)

Układy zasilania gazem ziemnym CNG

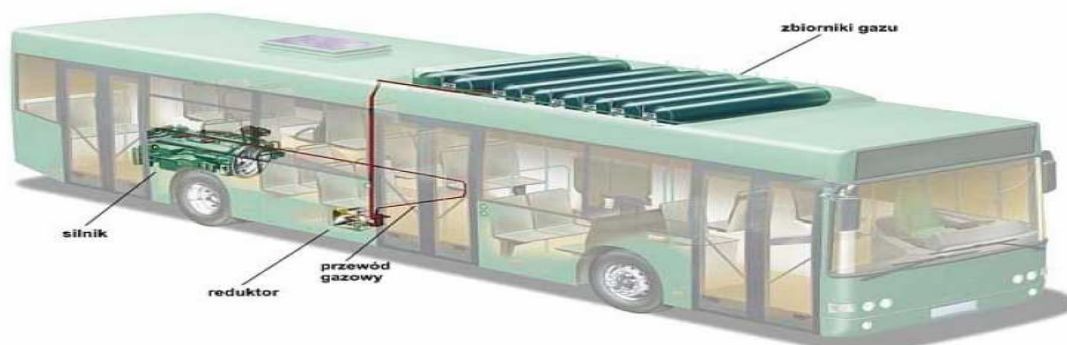
Układy zasilania paliwem gazowym CNG stosowane do napędu pojazdów samochodowych stanowią systemy utworzone przez urządzenia i elementy spełniające ściśle określone funkcje. Urządzenia i elementy układów zasilania paliwem gazowym CNG oraz ich sposobu skonfigurowania zależą od:

- rodzaju silnika (zapłon iskrowy lub samoczynny);
- sposobu zasilania (jedno – lub dwupaliwowe);
- sposobu zasilania paliwem bazowym (benzyna) gaźnikowego lub wtryskowego.

We wszystkich jednak przypadkach w układzie zasilania występują podstawowe elementy, do których należą: butle lub zbiorniki do przechowywania paliwa gazowego, osprzęt zbiornika lub zawory butli, filtr gazu, zawór odcinający, reduktor ciśnienia gazu (konwerter- regulator), mieszalnik paliwa gazowego z powietrzem oraz przewody stalowe i elastyczne umożliwiające wzajemne połączenie elementów między sobą.



silnik kłapy przepustnicy – throttle plate, regulator ciśnienia gazu – CNG pressure regulator, zbiorniki ciśnieniowe CNG – CNG tanks, sensor objętości powietrza – air volume sensor, intercooler – intercooler, wtryskiwacze gazu CNG- CNG injectors, tranzystorowy układ zapłonowy – transistorized ignitron system, turbosprężarka – turbokompresor, tłumik i katalizator z wkładką platynowo – irodową – silencer platinum iridium catalyst, sondy lambda – lambda sensors, silnik MAN E2876 LUH01 – engine MAN E2876 LUH01, sterownik ECU silnika – control unit, czujniki położenia wału korbowego – crankshaft position sensor, komputer sterujący – control komputer, pedał gazu – accelerator pedal.



silnik – engine, reduktor – reducer, przewód gazowy – gas hose, zbiorniki gazu – CNG tanks.

Ryc. 12 Schemat instalacji gazowej CNG w autobusie marki MAN

(źródło: www.cng.auto.pl)

Fig. 12 CNG gas installation diagram on the bus brands MAN

(source: www.cng.auto.pl)

Bezpieczeństwo użytkowania samochodowych instalacji gazowych oraz zagrożenia wynikające z eksploatacji pojazdów zasilanych paliwem gazowym

Każde źródło energii oraz urządzenie wykorzystujące źródła energii może stać się niebezpieczne, jeżeli korzystanie z niego następuje niezgodnie z zasadami określonymi dla danego rodzaju energii.

Coraz częściej po polskich drogach jeżdżą samochody z charakterystycznym elementem – wlewem gazu. Ich liczba zbliża się już do 2,7 mln. pojazdów.

Staliśmy się „niewolnikami epoki motoryzacji”, a własny samochód dla wielu ludzi jest dziś narzędziem pracy. Dla użytkownika istotna jest wygoda podróżowania, niezawodność i koszty eksploatacji. O bezpieczeństwie przypomina sobie czasami pod wpływem zagrożenia życia lub wypadku.

Każde urządzenie, zwłaszcza takie, które magazynuje w sobie duże ilości energii, jest potencjalnym zagrożeniem. Jeżeli nawet nie w pojedynkę, to w połączeniu z zespołem innych urządzeń i zdarzeń losowych ich dotyczących. Samochód nie jest najbezpieczniejszym miejscem przebywania człowieka, do czego wszyscy zdążyliśmy się przyzwyczaić i z reguły statystyki wypadków nie robią już na większości z nas wrażenia. Instalacja gazowa nie jest czynnikiem w istotny sposób zwiększającym zagrożenie człowieka, pod warunkiem przestrzegania elementarnych zasad bezpieczeństwa.

Podstawowym zaleceniem jest – tak jak i przy zasilaniu benzyną – nie dokonywanie żadnych własnych zmian lub przeróbek w układzie zasilania gazem.

Elementem, który jest traktowany jako „bomba” jest zbiornik paliwa gazowego, popularnie nazywany butlą gazową. Podstawowa zasadą jest tankowanie nie więcej niż 80% objętości oraz nie dokonywanie żadnych przeróbek w zbiorniku i w jego wyposażeniu.

Przestrzeganie powyższych zasad oraz montaż układu zasilania gazem zgodnie z obowiązującymi przepisami wystarcza do zapewnienia bezpieczeństwa w normalnych warunkach eksploatacji.

Zagrożenia związane z bezpieczeństwem i eksploatacją samochodów wyposażonych w instalacje gazowe mogą być głównie wynikiem:

- **Nieszczelności**

W przypadku wystąpienia nieszczelności układu zasilania gazem propan – butan, użytkownik ostrzegany jest przez mocny, charakterystyczny zapach. Intensywność wyczuwania zapachów jest cechą charakterystyczną człowieka, a ponadto zmienia się

w czasie. Zapach paliwa gazowego jest wynikiem dodania do niego tzw. nawaniacza. Zgodnie z wymaganiami normy, zapach powinien być wyraźny i nieprzyjemny. Eksploatując samochód wyposażony w układ gazowy można wyczuć zapach gazu głównie podczas tankowania pojazdu oraz podczas pracy silnika z układu wydechowego w postaci spalin.

Jeżeli intensywny zapach gazu jest wyczuwalny mocniej niż zwykle, to należy zakręcić dwa zawory odcinające na zbiorniku paliwa gazowego. Niepokojące jest wyczucie zapachu obok samochodu znajdującego się na otwartej przestrzeni bądź w pobliżu zbiornika paliwa gazowego. Sam zapach nie dowodzi wystąpienia nieszczelności, lecz stanowi sygnał o konieczności jej weryfikacji.

- **Mechaniczne uszkodzenia układów zasilania gazem**

Poruszanie się samochodem po drogach stwarza niestety zagrożenie uczestniczenia w wypadku drogowym. W wyniku tego zdarzenia układ zasilania gazem może ulec uszkodzeniu. Elementem układu, który – ze względu na miejsce montażu – jest najbardziej narażony na uszkodzenie, jest zawór tankowania i przewód łączący go z wielozaworem.

W przypadku utraty szczelności połączeń tych elementów lub nawet ich zniszczenia, nastąpi zablokowanie wypływu gazu ze zbiornika przez zawór zwrotny, który stanowi część wielozaworu. W takim przypadku może wystąpić jedynie wypływ niewielkiej ilości gazu, która znajduje się w przewodzie.

Drugim zagrożeniem jest uszkodzenie zbiornika paliwa gazowego. Utrata jego szczelności może spowodować duże niebezpieczeństwo. Jednak uszkodzenie podczas wypadku ścianek zbiornika paliwa gazowego wykonanego ze stali nie jest w praktyce możliwe. Stalowe ścianki kilkumilimetrowej grubości oraz kształt, nadają zbiornikowi wytrzymałość umożliwiającą „przepchnięcie” go praktycznie przez każdy samochód osobowy.

Innym niebezpieczeństwem w trakcie wypadku jest wyrwanie zbiornika z mocowania. Żeby je zminimalizować, organy ustawodawcze wprowadziły zapis dotyczący wytrzymałości mocowania zbiornika. Mówi on, że mocowanie zbiornika powinno wytrzymać nawet wtedy, gdy jest on poddany przyspieszeniu równemu 20 g (20 – krotność przyspieszenia ziemskiego) przy uderzeniu z przodu lub z tyłu oraz 8 g przy uderzeniu bocznym. Jak łatwo obliczyć, dla zbiornika z gazem o masie 50 kg siła bezwładności osiąga wartość 1000 kG. Jest to z reguły wystarczające zabezpieczenie, jednak życie pisze scenariusze, które trudno ująć w sztywne ramy przepisu, co wyraźnie widać na zamieszczonym rysunku.



Ryc. 13 Zdjęcie samochodu osobowego z instalacją gazową po wypadku drogowym
(źródło: Majerczyk A., Taubert S., *Układy zasilania gazem propan – butan*, Wydawnictwo
Komunikacji i Łączności, Warszawa. 2004)

Fig. 13. Picture a car with gas installation after a road accident
(source: Majerczyk A., Taubert S., *Układy zasilania gazem propan – butan*, Wydawnictwo
Komunikacji i Łączności, Warszawa. 2004)

Następnym elementem układu gazowego, który może ulec uszkodzeniu, jest wielozawór. Prawdopodobieństwo uszkodzenia zależy od miejsca zamocowania elementu. Wielozawory umieszczone wewnątrz zbiorników toroidalnych są znakomicie zabezpieczone przed zniszczeniem. Najbardziej narażone na uderzenia są wielozawory zbiorników montowanych pod płytą podłogową samochodu. W takim przypadku uszkodzenie wielozaworu może nastąpić nie tylko na skutek wypadku, ale również w trakcie codziennej eksploatacji. Spowodowanie nieszczelności przez utracenie wielozaworu jest mało prawdopodobne. Wielozawór umieszczony jest w kołnierzu spawanym do zbiornika paliwa gazowego. Urwanie pokrętki zaworów odcinających bądź zgniecenie wskaźnika poziomu paliwa nie powoduje wypływu gazu. Przewody miedziane łatwo jest zniszczyć podczas kolizji przez zgniecenie bądź załamanie. Nie powoduje to jednak przeważnie utraty ich szczelności. Podczas montażu, na przewodach miedzianych są wykonywane pętle kompensacyjne, które oprócz zmniejszania naprężeń w połączeniach elementów układu gazowego umożliwiają ich przemieszczanie się względem siebie spowodowane deformacjami samochodu, dzięki czemu zmniejszane jest ryzyko zerwania przewodu gazowego. Układy zasilania gazu zostały dobrze zabezpieczone przed wypływem gazu ze zbiornika na skutek uszkodzenia lub zniszczenia elementów układu. Dowiodły one nie raz swojej dużej odporności na uszkodzenia mechaniczne, jak również skuteczności zabezpieczeń przed wypływem paliwa gazowego.

- **Pożar samochodu**

Pożar samochodu nie jest często spotykanym zdarzeniem, lecz nie można wykluczyć jego wystąpienia. Sam układ zasilania gazu niesie minimalne ryzyko powstania pożaru. Jest on hermetyczny, w dużym stopniu odporny na uszkodzenia mechaniczne, a ilość paliwa zawarta w urządzeniach wykonawczych jest niewielka.



Ryc. 14. Pożar samochodu

(źródło: www.strazkonskie.pl)

Fig. 14. Car fire

(source: www.strazkonskie.pl)

W większości przypadków pożar samochodu jest spowodowany wystąpieniem zwarcia w instalacji elektrycznej samochodu nie związanej z układem zasilania gazem. Pożar samochodu może być spowodowany przez układ gazu, między innymi na skutek „zamrożenia” reduktora oraz w przypadku usterki układu zasilania benzyną. „Zamrożenie” reduktora powoduje ograniczenie odparowania gazu w I stopniu i jego wypływ z reduktora częściowo w fazie ciekłej. Powoduje to wzbogacenie mieszanki paliwowo- powietrznej w stopniu prowadzącym do zatrzymania pracy silnika. W wyniku tego zostaje odcięty dopływ gazu do reduktora na skutek zamknięcia elektrozaworu, natomiast znajdujące się w reduktorze paliwo gazowe przechodzi w stan gazowy w II stopniu reduktora oraz w przewodzie doprowadzającym paliwo gazowe do silnika. To doprowadza do pojawienia się dużej ilości paliwa gazowego w układzie dolotowym. Jego nadmiar może wypłynąć do przedziału silnika. W tych warunkach próba uruchomienia silnika może spowodować zapalenie się gazu, na przykład na skutek wystąpienia tzw. zjawiska cofnięcia płomienia. Inną przyczyną mogącą doprowadzić do pożaru może być zaniedbanie układu zasilania benzyną. Urządzenia starzeją się i tracą szczelność. Jeżeli samochód eksploatuje się nie korzystając z zasilania benzyną (jest to szczególnie popularne w samochodach z silnikami gaźnikowymi eksploatowanymi w okresie letnim), to właściciel pojazdu nie jest w stanie zauważyć

objawów sygnalizujących uszkodzenie układu zasilania benzyną, takich jak na przykład sparciałe przewody paliwowe lub uszkodzone przepony pompek przyspieszających, które to uszkodzenia mogą powodować wyciek benzyny na gorący silnik. Jeżeli przy nieszczelnej instalacji benzynowej użytkownik przełączy zasilanie na benzynę, może spowodować zapalenie się samochodu. W samochodzie przystosowanym do zasilania gazem występują dwa zbiorniki paliwa: z benzyną i z paliwem gazowym.

Zbiornik benzyny jest najbardziej niebezpieczny, jeżeli jest w nim niewielka ilość paliwa. W tym przypadku, gdy pożar ogarnie zbiornik benzyny, następuje gwałtowne ogrzewanie paliwa i powietrza w zbiorniku. Powietrze, wraz z oparami benzyny, która w tych warunkach intensywnie paruje, zwiększa swoją temperaturę, a ponieważ nie ma którędy ujść ze zbiornika, powoduje w nim szybki przyrost ciśnienia. To może doprowadzić do jego rozerwania i rozlania się wokół samochodu płonącej benzyny. Zbiornik wypełniony benzyną pali się spokojniej i mniejsze jest prawdopodobieństwo jego rozerwania, lecz benzyna paląc się powoduje nagrzewanie zbiornika paliwa gazowego. W ogarniętym przez płomień zbiorniku gazowym następuje wzrost temperatury, a ponieważ jest to zbiornik hermetyczny, również ciśnienia. Szczególną uwagę należy zwrócić na fakt, że zbiornik nie może być nigdy napełniony gazem w 100%. Dopóki nawet niewielka część jego pojemności zawiera LPG w stanie gazowym, ciśnienie, które panuje we wnętrzu zbiornika jest równe napięciu pary od otrzymanej mieszanki LPG do tej temperatury, a więc dotyczy wartości ciśnienia, w każdym przypadku niskiego w stosunku do wytrzymałości zbiornika. Jeżeli natomiast zbiornik jest całkowicie wypełniony płynnym gazem, ciśnienie może osiągnąć wartości bardzo wysokie. LPG ma w rzeczywistości współczynnik rozszerzalności sześciennej dość wysoki, rzędu $0,002-0,0025^{\circ}\text{C}^{-1}$ tzn. 2000 większy od stali i tak jak prawie wszystkie płyny jest na to ściśliwy. Jest więc oczywiste, że wzrostowi temperatury odpowiada rozszerzalność gazu płynnego, który jeżeli znajduje się wewnątrz zamkniętego pojemnika, może osiągnąć jakiegokolwiek ciśnienie. W takim przypadku ciśnienie mniej zależy od płynnego LPG, a bardziej od wytrzymałości zbiornika. Aby uniknąć niebezpieczeństwa związanego z w/w sytuacją przepisy przewidują, że zbiornik nie może być napełniony gazem płynnym w ilości ponad 80% pojemności. W tym celu został zainstalowany wielozawór, który zapobiega temu poprzez pływak odpowiedni system blokujący. Zaznaczyć należy, że w trakcie opracowywania są inne bardziej nowoczesne systemy, które zagwarantują ostatecznie absolutne bezpieczeństwo przy napełnianiu zbiornika. Napełnienie ograniczane do 80% zapewnia wystarczający margines bezpieczeństwa. W rzeczywistości niezbędne jest

przegrzanie LPG o ponad 80°C ponad temperaturę otoczenia, tak aby jego rozszerzalność spowodowała całkowite wypełnienie zbiornika.

Dlatego też, w celu zapobieżenia nadmiernemu wzrostowi ciśnienia w zbiorniku gazu, jest on obligatoryjnie wyposażony w zawór bezpieczeństwa. Otwieranie się zaworu bezpieczeństwa ogranicza ciśnienie panujące wewnątrz do wartości około 240 kPa, przez upust gazu na zewnątrz zbiornika.

Niemniej jednak nie można w rzeczywistości wykluczyć możliwości przegrzania zbiornika na skutek działania wysokiej temperatury i przyrostu ciśnienia w przypadku działania ognia podczas pożaru pojazdu wyposażonego w instalację gazową, co w efekcie może doprowadzić do wybuchu zbiornika. Ponadto istnieje również prawdopodobieństwo, że zbiornik może zostać przepełniony ze względu na niezadziałanie wielozaworu bezpieczeństwa, który ogranicza możliwość przepełnienia zbiornika powyżej 80 % jego pojemności i może to doprowadzić, że nie powstanie tzw. „poduszka powietrzna” co również może doprowadzić do rozerwania zbiornika.

Strażacy prowadzący akcję gaśniczą mają możliwość zorientowania się, czy samochód jest wyposażony w układ zasilania gazu po obecności zaworu tankowania paliwa, który jest umieszczany przeważnie z tyłu pojazdu. Nie jest to jednak metoda stuprocentowo pewna, ponieważ zawory tankowania mogą być montowane również w miejscach niewidocznych, na przykład pod klapką wlewu benzyny (wlew wykonany w standardzie holenderskim o niewielkich wymiarach).

- **Garażowaniem w zamkniętych pomieszczeniach**

Układ zasilania gazem powinien być całkowicie hermetyczny. W niektórych krajach można jednak napotkać informacje zabraniające korzystania przez samochody wyposażone w układy LPG z garaży podziemnych lub parkingów. Dokumentem regulującym kwestię parkowania pod ziemią pojazdów wyposażonych w instalację gazową w naszym kraju stanowi jedynie rozporządzenie Ministra Infrastruktury dotyczące wentylacji parkingów. W parkingach podziemnych, w których parkują samochody zasilane LPG musi być wentylacja *"mechaniczna, sterowana czujkami niedopuszczalnego poziomu stężenia gazu propan-butan"* (rozporządzenie MI z 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie i jego nowelizacja z 12 marca 2009 r.)

Wynika to z właściwości LPG, który w razie nieszczelności tworzy z powietrzem mieszkankę silnie wybuchową. Ponieważ jest cięższy od powietrza, to gdy wydostanie się z instalacji samochodowej, zamiast wyparować – gromadzi się w najbliższym zagłębieniu w podłodze.

Wystarczy, gdy jego stężenie wyniesie tam od 2 do 9%. Do eksplozji takiej poduszki gazowej nawet nie trzeba niedopałka papierosa, wystarczy iskra elektryczna lub tarcie klocków hamulcowych. Wybuch będzie taki sam jak w przypadku kilkukilogramowej butli z gazem: kula ognia i poważne zniszczenia. W razie wystąpienia wątpliwości co do szczelności układu zasilania LPG sugeruje się wypchnięcie samochodu z garażu, a szczególnie z garażu z kanałem, bez uruchamiania silnika. W takim przypadku należy udać się do zakładu montującego systemy zasilania gazem i przeprowadzić weryfikację szczelności układu LPG.

- **Błędy techniczne powstałe podczas montażu**

To zagadnienie jest związane z montażem instalacji. Dla zapewnienia właściwego poziomu technicznego montaż instalacji gazowych w pojazdach samochodowych powinny wykonywać wyłącznie firmy posiadające stosowną homologację wydaną przez Ministerstwo Infrastruktury lub inne firmy zgłoszone (dodane do homologacji) przez właścicieli takich homologacji. Właściciele homologacji tworzą sieci warsztatów, nad którymi sprawowany jest nadzór. Dla zachowania właściwego poziomu technicznego świadczonych usług posiadacz homologacji powinien prowadzić systematyczne szkolenia pracowników zakładów montażu ze swojej sieci oraz kontrolować ich pracę. Kontrola w tym przypadku oznacza sprawdzenie zgodności kompletacji elementów instalacji montowanych w każdym pojeździe i spełnienie wymagań technicznych odnośnie sposobu montażu (np. zachowanie bezpiecznych odległości od układu wydechowego, trwałość mocowania przewodów gazowych i nie narażenie ich na przecieranie się, właściwe mocowanie zbiornika gazu i zapewnienie odpowiedniej wentylacji komory szczelnej, w której umieszczony jest wielozawór).

- **Niewłaściwy stan techniczny zainstalowanych urządzeń**

„Systematyczna kontrola stanu technicznego” to hasło, które na skutek częstego stosowania, dla wielu użytkowników samochodów nieco się zdezaktualizowało. Samochody wyposażone w instalację gazową są poddane odpowiednim rygorom kontrolnym w zakresie wymaganych przeglądów technicznych na stacjach kontroli pojazdów.

Wszystkie pojazdy z zamontowaną instalacją zasilania gazem (zarówno LPG, jak i CNG) podlegają corocznemu przeglądowi technicznemu. Dla przypomnienia: w nowym pojeździe bez instalacji gazowej pierwszy przegląd jest wykonywany po 3 latach, drugi – po 2 latach od pierwszej rejestracji, a kolejne - już co rok. Wymóg corocznego przeglądu samochodu w SKP wynika z potrzeby dokonania kontroli stanu technicznego zamontowanej w nim instalacji gazowej oraz poprawności funkcjonowania samochodu na gazie.

Dla zapewnienia bezpieczeństwa użytkowania podczas takiego przeglądu sprawdza się:

- Szczelność instalacji;
- Warunek braku wypływu gazu z reduktora przy nie pracującym silniku;
- Działanie elementów wielozaworu zamontowanego na zbiorniku gazu;
- Stan techniczny zbiornika – wizualnie oraz dokumentacje zbiornika;
- Ogólny stan techniczny elementów instalacji (brak oznak zużycia) i ich umieszczenie oraz mocowanie w pojeździe;
- Poprawność pracy silnika na gazie i kontrola emisji spalin.

W tym zakresie rola użytkowników sprowadza się jedynie do dostarczenia pojazdu na SKP w terminie nie później niż podany w dowodzie rejestracyjnym. W przypadku wykrycia usterek przez diagnostykę, należy powierzyć ich usunięcie wyspecjalizowanemu zakładowi.

Każda naprawa instalacji gazowej oraz jej serwis powinna kończyć się sprawdzeniem jej szczelności. Do wykonania tej czynności w sposób profesjonalny niezbędny jest detektor gazu (najlepiej z regulowanym tłem) oraz piankowy tester szczelności. Stanowią one wyposażenie każdego warsztatu montującego instalacje gazowe w samochodach. Nie należy utożsamiać obowiązkowych przeglądów technicznych pojazdu w SKP z przeglądami okresowymi instalacji gazowych. Wykonaniem przeglądów okresowych zajmują się pracownicy warsztatów montujących instalacje. W profesjonalnych instalacjach gazowych karty przeglądów okresowych lub informacja o formie ich wykonywania znajdują się w instrukcji obsługi (książce serwisowej) instalacji. Wydanie takiej instrukcji (w języku polskim) użytkownikowi po montażu należy do obowiązków montażysty.

- **Niewłaściwa eksploatacja ze strony użytkownika**

Są to przypadki bardzo rzadkie, niemniej jednak istotne jest przestrzeganie zasad bezpiecznej eksploatacji pojazdu z instalacją LPG. Najważniejsze z nich to:

- Nie należy uruchamiać silnika „na gazie” w przypadku niesprawnego układu zapłonowego, „ na holu” lub „ na pych” itp.;
- W przypadku stwierdzenia jakichkolwiek nieszczelności instalacji gazowej, należy zamknąć wypływ gazu ze zbiornika;

- Wszelkie prace obsługowe powinny być wykonywane wyłącznie przez uprawnionych pracowników zakładów montażu;
- Napełnianie zbiornika powinno odbywać się wyłącznie na stacji paliwowej na wyznaczonym do tego stanowisku, zgodnie z obowiązującą instrukcją (w Polsce może to zrobić tylko upoważniony pracownik danej stacji);
- Samochodu z instalacją gazową LPG nie należy garażować poniżej poziomu gruntu, jeżeli w pomieszczeniach nie ma odpowiedniej wentylacji (ze względu na wspomniane wyżej właściwości powodujące gromadzenie się nad podłożem);
- Warunkiem bezpiecznej eksploatacji jest systematyczna kontrola stanu technicznego instalacji i terminowe dokonywanie przeglądów okresowych.

Sposoby postępowania w przypadku powstania ewentualnego zagrożenia związanego z użytkowaniem samochodowej instalacji gazowej

Przeprowadzona analiza gazowego układu instalacyjnego wskazuje, że elementami najbardziej narażonymi na uszkodzenia są wszelkiego rodzaju przewody oraz połączenia gazowe i mogą one być najczęściej przyczyną awarii, wycieku gazu, a to może się wiązać z powstaniem ewentualnego pożaru. Jazda samochodem po naszych bardzo złych, drogach będzie narażała instalację samochodową na duży poziom wibracji, który może doprowadzić do rozszczelnienia się układu gazowego. Rozszczelnienie się instalacji gazowej w samochodzie może powodować wypełnienie go gazem co powoduje zagrożenie zdrowia i życia ludzkiego, a w przypadku zapłonu zagrożenie pożarowo-wybuchowe. Poniżej przedstawione zostały podstawowe sposoby postępowania w przypadku zaistnienia ewentualnego zagrożenia tj. wystąpienia wycieku bądź powstania pożaru w związku z eksploatacją samochodu zasilanego paliwem gazowym.

- **Wyciek**

Uwaga: obszar zagrożony wybuchem

Należy usunąć źródła zapłonu (ogłosić zakaz palenia i używania narzędzi nieiskrzących), unikać bezpośredniego kontaktu z uwalniającym się gazem, uwalniający gaz rozcieńczać rozproszonymi prądami wody; jeśli to możliwe zlikwidować wyciek (zamknąć dopływ gazu na zaworze w butli). Wezwać uprawnione służby (Straż Pożarna) na nr tel. 998 lub 112 do zlikwidowania oraz zneutralizowania wycieku.

- **Pożar**

W przypadku gdy jest to mały pożar w pierwszej fazie należy go gasić gaśnicą będącą na wyposażeniu samochodu (zwykle są to gaśnice proszkowe lub śniegowe – dwutlenek węgla). Jeśli próba gaszenia nam się nie powiedzie wówczas szukamy pomocy u innych kierowców. Nie zapominamy o zgłoszeniu o tym zdarzeniu Straży Pożarnej na nr tel. 998 lub 112. Zbiorniki narażone na działanie ognia należy chłodzić wodą z bezpiecznej odległości (zagrożenie wybuchem) wykonują to uprawnione służby (Straż Pożarna) ze względu na to, iż w przypadku usuwania takiego zdarzenia musimy posiadać odzież specjalną oraz aparat izolujący drogi oddechowe.

Podsumowanie

Dynamiczny rozwój motoryzacji w Polsce spowodował wzrost zainteresowania tańszymi paliwami alternatywnymi, do których należą paliwa gazowe LPG i CNG. W związku z tym systematycznie co roku następuje zwiększenie liczby pojazdów zasilanych tym rodzajem alternatywnego paliwa. Podstawowym dokumentem regulującym zagadnienia związane z gazowymi systemami zasilania jest Regulamin 67 EKG ONZ (E67R00) - (na nim wzorowany jest załącznik 9 do Rozporządzenia Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych pojazdów oraz zakresu ich niezbędnego wyposażenia), który określa, że wszystkie elementy składowe instalacji gazowej muszą być wykonane zgodnie z rygorystycznymi rozwiązaniami technicznymi określonymi w/w akcie prawnym, co zapewnia potencjalnemu użytkownikowi gwarancję bezpieczeństwa w przypadku użytkowania pojazdu zasilanego gazem. Ponadto w myśl przytoczonego Regulaminu montaż instalacji może być wykonany jedynie przez firmę mającą świadectwo homologacji sposobu montażu instalacji przystosowującej pojazdy do zasilania gazowego lub współpracujący z nią w ramach sieci dealerskiej warsztat. Świadectwa homologacji są wydawane tylko i wyłącznie przez Ministerstwo Infrastruktury. Rygorystyczne wymagania w zakresie wiedzy i wyposażenia w stosunku do firm ubiegających się o świadectwo homologacji sposobu montażu instalacji są gwarancją odpowiedniego doboru systemu gazowego do naszego samochodu oraz poprawnie wykonanego montażu, co ma to bezpośredni wpływ na bezpieczeństwo użytkownika. Przeprowadzone w wielu krajach testy wypadkowe i pożarowe dowodzą, że pojazdy zasilane gazem są równie bezpieczne jak samochody na tradycyjne paliwo - benzynę. Ponadto brak jest informacji na temat znaczących interwencji, w których uczestniczyły pojazdy zasilane paliwem gazowym. Schematyczne myślenie sprawia jednak, że wielu kierowców boi się o wybuch butli z gazem bardziej niż zbiornika z benzyną. Dlatego

warto tu nadmienić, że to właśnie od samych użytkowników aut zasilanych gazem oraz od osób montujących i obsługujących samochodowe instalacje gazowe zależy w głównej mierze ich bezpieczeństwo. Montaż instalacji oraz ich użytkowanie nie powinno być obiektem źle rozumianej oszczędności. Każda niesprawność w tym zakresie powinna stanowić sygnał do natychmiastowego jej zdiagnozowania i usunięcia. Wobec czego należy jednoznacznie stwierdzić, że instalacja gazowa w samochodzie nie jest czynnikiem w istotny sposób zwiększającym zagrożenie dla kierowcy i pasażerów, pod warunkiem wszakże przestrzegania elementarnych zasad bezpieczeństwa. Przy obecnym rozwoju gospodarki światowej szacuje się, że zasoby ropy naftowej wystarczą nam do połowy bieżącego stulecia. Dlatego też przy wybieraniu sposobu napędu samochodu warto wziąć pod uwagę gaz zarówno LPG jak i CNG, jako bezpieczniejszą, tańszą i bardziej ekologiczną alternatywę dla paliw tradycyjnych.

Literatura

1. Kaczmarek T., Jarosz R., Kaczmarek T., *Czy ropa rządzi światem ?* Wydawnictwo BRANTA, Warszawa 2008;
2. Lewandowski M., *Proekologiczne odnawialne źródła energii*, Wydawnictwo Naukowo – Techniczne, Warszawa. 2006;
3. Majerczyk A., Taubert S., *Układy zasilania gazem propan – butan*, Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa. 2004;
4. Nowicki M., *Perspektywy wykorzystania odnawialnych źródeł energii w Polsce*, Wydawnictwo Aura, Kraków 2004;
5. Romaniszyn K.M., *Alternatywne zasilanie samochodów benzyną oraz gazami LPG i CNG*, Wydawnictwo Naukowo Techniczne, Warszawa 2007;
6. Tabiś W., *Prognoza zaopatrzenia Regionu Europy Środkowej w ropę naftową i jej produkty*, Międzynarodowa Konferencja „Polityka energetyczna i strategia zrównoważonego rozwoju krajów Europy Środkowo – Wschodniej do 2030 r.”, Warszawa 2005;
7. Zajda R., Tymiński B., *Instalacje i urządzenia gazowe*, Centrum Szkolenia i Doskonalenia Zawodowego Gazownictwa PGNiG, Warszawa 2003;
8. *Alternatywy cztery. O perspektywach wykorzystania CNG w Polsce dla pojazdów[w:]*, Tygodnik Polityka, dnia 07.02.2011 r.
9. *Ciemna strona LPG, benzyny, oleju napędowego, CNG i innych paliw*, www.mojeauto.pl;

10. *Czy autom z LPG wolno parkować pod ziemią?*, [w:] Wysokie Obroty. z dnia 22.04.2009 r
11. *Podwyżki na stacjach przyniosą ożywienie rynku LPG*, [w:] Dziennik Gazeta Prawna z dnia 02.08.2011 r., źródło.
12. *Przedstawienie stacji tankowania CNG*, www.cng.auto.pl., dostęp 18.01.2010;
13. *Ubywa aut na sprężony gaz ziemny, chociaż jest to najtańsze paliwo*, [w:] Dziennik Gazeta Prawna z dnia 16.11.2009 r.;
14. <http://www.cng.auto.pl>;
15. <http://www.pogp.pl>;
16. <http://www.gazeo.pl>;
17. <http://www.elpigaz.pl>;
18. <http://www.cng-polska.pl>;
19. <http://www.autocentrum.pl>;
20. <http://www.lpg-brc.pl>;
21. <http://www.autogaz.webd.pl>;
22. <http://www.pgnig.pl>;
23. <http://www.cire.pl>;
24. <http://www.infosamochody.pl>;
25. <http://www.autogazcentrum.net>;

mgr inż. Tomasz Zgodziński

- otwarty przewód doktorski w Instytucie Zarządzania Ryzykiem Akademia Finansów w Warszawie (2011 r.);
- Szkoła Wyższa im. Pawła Włodkowica w Płocku – Studia Podyplomowe w zakresie bezpieczeństwa i higieny pracy;
- mgr Ekonomika i Organizacja Ratownictwa - Akademia Finansów w Warszawie (2008 r.);
- inż. Inżynieria Środowiska - Politechnika Łódzka (2006 r.);
- Centralna Szkoła Państwowej Straży Pożarnej w Częstochowie (2001r.).

Obecnie pracuje w Komendzie Państwowej Straży Pożarnej w Wieluniu.

Recenzenci

st. bryg. mgr inż. Tadeusz Jopek

bryg. mgr inż. Adam Gontarz