

# LABORATORIUM SPALANIA I PALIW

## Stężeniowe granice palności gazów

### 1. Wstęp

Paliwa gazowe można klasyfikować według różnych kategorii. Ze względu na **pochozenie** paliwa gazowe dzielimy na **naturalne** (gaz ziemny, metan pokładów węgla, gaz płynny) i **sztuczne** (gaz miejski, gaz koksowniczy, gaz generatorowy, wodór). Kolejną kategorią jest **kaloryczność**, która klasyfikuje gazy jako nisko-, średnio- i wysokokaloryczne. Paliwa gazowe można również kategoryzować uwzględniając ich **skład** – w ten sposób możemy wyróżnić gaz zaazotowany bądź wysokometanowy. Od strony chemicznej, podstawowymi paliwami są lekkie węglowodory (metan, propan-butan), wodór oraz tlenek węgla. Dwa ostatnie są z reguły składnikami sztucznych paliw gazowych. Nie należy jednak zapominać, że istnieje dużo więcej palnych gazów, których zapłon może prowadzić do poważnego niebezpieczeństwa. Wśród nich znajduje się siarkowodór, amoniak oraz ogólnie lotne węglowodory (np. etan, acetylen).

Zapłonem nazywana jest intensywne reakcja egzotermiczna wywołana w mieszaninie palnej. Płomień w takiej mieszaninie rozprzestrzenia się w sposób nieograniczony także po zaprzestaniu działania źródła zapłonu.

Zapłon mieszaniny gazowej można otrzymać na dwa sposoby. Poprzez zastosowanie zewnętrznego źródła zapłonu, np. iskry elektrycznej - taki zapłon nazywa się zapłonem wymuszonym. Drugi sposób polega na równomiernym podgrzewaniu całej objętości mieszaniny palnej do temperatury samozapłonu, w której to następuje szybkie przyspieszenie reakcji spalania – taki zapłon nazywamy samozapłonem.

Aby doszło do zapłonu paliwa gazowego niezbędne są trzy czynniki: paliwo, utleniacz oraz czynnik inicjujący zapłon. Nie wystarczy jednak sama obecność paliwa i utleniacza – dodatkowo muszą być one w odpowiednich proporcjach. Proporcje te określone są przez **stężeniowe granice zapłonu**. Jeżeli ilość paliwa w mieszaninie jest niewielka, to ilość ciepła, która wydzieli się podczas zapłonu jest niewystarczająca do podgrzania sąsiedniej warstwy paliwa do temperatury zapłonu – mówimy wtedy o dolnej granicy zapłonu. Podobną sytuacja następuje w przypadku zbyt małej ilości utleniacza - ilość tą określa górna granica zapłonu. W Tabeli 1 przedstawiono granice zapłonu różnych gazów w mieszaninie z powietrzem i tlenem.

Tabela 1. Stężeniowe granice zapłonu.

Gaz	Granice zapłonu			
	% gazu w powietrzu		% gazu w tlenie	
	dolna	górna	dolna	górna
Wodór	4,0	75	4,0	94,0
Tlenek węgla	12,5	74	15,5	94,0
Metan	5,0	15	5,1	61,0
Etan	3,0	12,4	3,0	66,0
Propan	2,1	9,5	2,3	55,0
n-Butan	1,8	8,4	1,8	48,0
n-Pentan	1,4	7,8	–	–
n-Heksan	1,2	7,1	–	–
Etylen	2,7	36	2,9	79,9
Acetylen	2,5	100	2,5	89,4
Benzen	1,3	7,9	2,6	30,0
Metanol	6,7	36,0	–	–
Etanol	3,3	19	–	–

### Stężeniowe granice palności gazów

opracował: P. Kobel, M. Wnukowski zaktualizowano: 2014-09-24

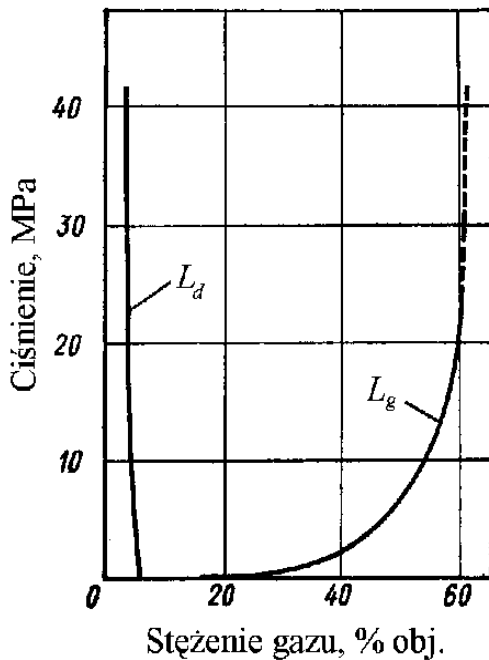
# LABORATORIUM SPALANIA I PALIW

Granice palności mieszanin gazów palnych, w których brak jest składników obojętnych ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2$ ), wyznaczone są ze wzoru Le Chateliera:

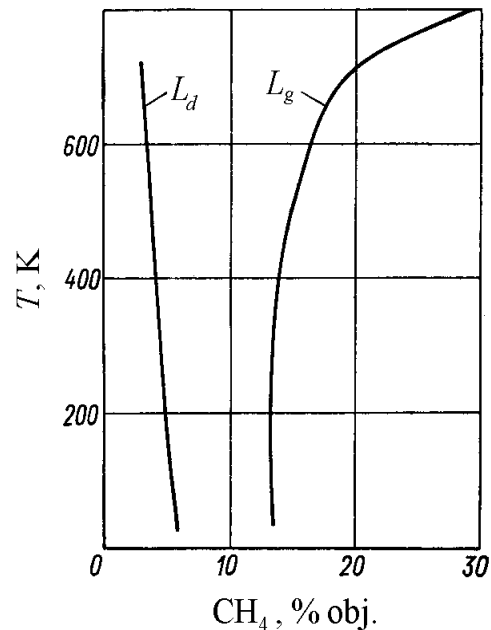
$$L_{g,d} = \frac{100}{\frac{a_1}{L_{1(g,d)}} + \frac{a_2}{L_{2(g,d)}} + \dots + \frac{a_n}{L_{n(g,d)}}$$

w którym:  $L_{g,d}$  – dolna lub górna granica zapłonu, %;  $a_i$  – zawartość  $i$ -tego składnika palnego w paliwie, %.

Granice zapłonu nie są stałe i zależą od ciśnienia oraz temperatury. Wraz ze zmniejszającym się ciśnieniem granice zbliżają się do siebie (Rysunek 1) aż do momentu, w którym obie granice się zbiegają. Punkt ten nazywamy **minimalnym ciśnieniem zapłonu**, poniżej którego zapłon nie jest możliwy. Wzrost temperatur mieszaniny rozszerza granice palność, co pokazano na Rysunku 2 rozpatrując mieszaninę metanu z powietrzem. Na zapłon wpływ również obecność składników obojętnych. Wraz z e wzrostem ich udziału pogarszają się warunki zapłonu i znacznie obniża się górna granica zapłonu.



Rysunek 1. Wpływ ciśnienia



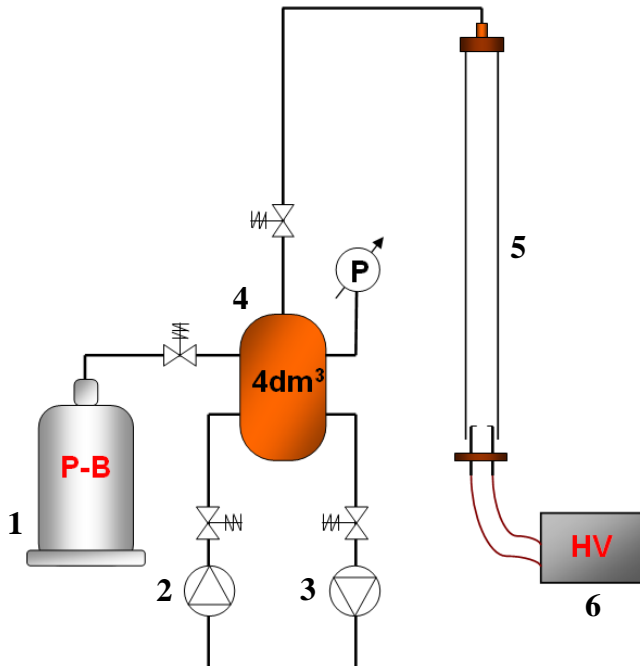
Rysunek 2. Wpływ temperatury

## 2. Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest zapoznanie się z podstawowymi parametrami dotyczącymi palności paliw gazowych oraz określenie granic palności mieszaniny propan-butanu.

# LABORATORIUM SPALANIA I PALIW

## 3. Schemat układu pomiarowego



- 1 – butla z gazem próban-butan
- 2 – sprężarka powietrza
- 3 – pompa próżniowa
- 4 – zbiornik mieszanki palnej
- 5 – rura do wybuchów
- 6 – zapalarka wysokonapięciowa
- ☒ elektrozapory sterujące

**Uwaga! Schematów z instrukcji nie wolno wykorzystywać w sprawozdaniach!**

## 4. Sposób opracowania wyników

- 4.1. Obliczyć granice palności badanego gazu palnego na podstawie wzoru Le Chateliera.
- 4.2. Wyznaczyć stężenia gazu w badanych mieszaninach paliwowo powietrznych wg podanego algorytmu.
- 4.3. Nanieść na oś stężeń rezultaty prób palności oraz wyliczone granice palności ( $L_d$  i  $L_g$ ) na oś stężeń.

## 5. Zestawienie mierzonych wartości

nr kolejny próby	wartość podciśnienia	wartość nadciśnienia	wystąpienie zapłonu
	bar	bar	tak / nie
1			
2			
...			

## 6. Wiadomości uzupełniające

Literatura: „Spalanie i paliwa” *	
wyd. V, W-w (2008)	wyd. IV, W-w (2005)
81-90, 277-289, 295-298, 413-418	79-87, 265-277, 283-285, 399-404

\* - Podręcznik Politechniki Wrocławskiej „Spalanie i paliwa”, pod redakcją Włodzimierza Kordylewskiego