

Flammable Substances Effect on Flame Spread Rate of Selected Types of Protective Clothing

Vplyv horľavých látok na rýchlosť šírenia plameňa na vybraných ochranných odevoch

Linda Makovická Osvaldová^{1,*}, Stanislava Gašpercová², Miroslava Vandlíčková³

^{1,2,3} Department of Fire Engineering, Faculty of Security Engineering, University of Žilina, Slovak Republic; linda.makovicka@fbi.uniza.sk, stanislava.gaspercova@fbi.uniza.sk, miroslava.vandlickova@fbi.uniza.sk

* Corresponding author: linda.makovicka@fbi.uniza.sk

Original scientific paper

Received: October 18, 2019; Accepted: December 02, 2019; Published: December 31, 2019

Abstract

The article deals with the effect of flammable substances on the combustion of the selected types of protective clothing in a car repair shop. The experiment measured and evaluated flame spread rate on vertically placed samples of selected types of working clothing used in garages which meet flammable liquids. Five types of flammable/operating fluids - petrol, diesel, engine oil, brake fluid and hydraulic oil - were applied onto the test samples using a paintbrush, 2 ml per each liquid. The average flame spread rate of clean test samples was 0.033 m/s. This flame spread rate was a default value. Other flame spread rate are as follows: gas samples 0.074 m/s, diesel samples 0.063 m/s, engine oil samples 0.035 m/s, brake fluid samples 0.045 m/s and hydraulic fluid samples 0.042 m/s. The highest flame spread rate was reached for gas samples, which was twice as much as the average flame spread rate for clean samples.

Keywords: Automotive industry; flammable liquid; protective clothing; flame spread rate; flammability

1 Introduction

The article deals with the effect of flammable substances on the combustion of the selected types of protective clothing in a car repair shop. The experiment measured and evaluated flame spread rate on vertically placed samples of selected types of working clothing used in garages which meet flammable liquids according to STN EN ISO 6941: 2004 *Flammability. Measuring the flame spread rate on vertically placed samples*. [1] The most frequently used flammable liquids in a car repair shop include petrol, diesel, engine oil, brake fluid and hydraulic fluid. The experiment evaluates the flame spread rate on vertically placed samples - trousers.

1 Úvod

Článok sa zaoberá problematikou vplyvu horľavých látok na horenie vybraných ochranných odevov v autoservise. Cieľom experimentu bolo namerať a vyhodnotiť rýchlosť šírenia plameňa na zvisle umiestnených vzorkách vybraných pracovných odevov používaných v autoservisoch s horľavou kvapalinou podľa normy STN EN ISO 6941: 2004. *Textílie. Horľavosť. Meranie rýchlosti šírenia plameňa na zvisle umiestnených vzorkách*. Medzi najčastejšie využívané horľavé kvapaliny v autoservisoch patrí benzín, nafta, motorový olej, brzdová kvapalina a hydraulická kvapalina. Vykonaním experimentu na skúšobných vzorkách pracov-

2 Material and Methods

A pair of trousers, which a mechanic uses as a part of his working clothes, was used for the experiment. The trousers are 100 % cotton. Before the experiment itself, sewed joints and pockets had to be removed to make the experiment as accurate as possible and to make each test sample identical. The dimensions of the test samples for the experiment - 560 x 170 mm - are stipulated by the standard. For our experiment, three clean test samples and three test samples for each type of fluid were prepared. At the same time, one extra sample was needed for each type of fluid. The samples for the experiment were as follows: clean sample - M1, M2, M3, petrol samples - M4, M5, M6, diesel samples - M7, M8, M9, engine oil samples - M10, M11, M12, brake fluid samples - M13, M14, M15, hydraulic fluid samples - M16, M17, M18. [2].

The measurement was carried out according to STN EN ISO 6941: 2004 *Flammability. Measuring the flame spread rate on vertically placed samples*. The standard specifies the laboratory conditions in which the experiment can be carried out. i.e. relative humidity of the air in the room, which must range between 15% and 80%, and the air temperature which must range between 10 °C and 30 °C [1, 2]. The air humidity in the room was 30 % and the air temperature was 21 °C during the experiment.

Five types of flammable/operating fluids - petrol, diesel, engine oil, brake fluid and hydraulic oil [3] - were applied onto the test samples using a paintbrush, 2 ml per each liquid. This quantity was applied onto the test sample until there was no fluid left. It was crucial to apply the liquid onto the same spot. The spot was delimited by marking threads which can be seen in Figure 1.

Each sample is individually lit using a flame, which was put to the sample for 10 seconds - the time representing the ignition time of the sample and its subsequent combustion. The samples were then observed and the time (in seconds) from applying the flame until it reached the first, second and third marking thread was measured.

ných nohavíc sme vyhodnotili rýchlosť šírenia plameňa na zvisle umiestnených vzorkách.

2 Materiál a metódy

Vzorky pre experiment sú z pracovných nohavíc, ktoré zamestnanci autoservisu využívajú ako súčasť pracovného odevu. Pracovné nohavice sú zložené z materiálu (100 % bavlna). Pri príprave vzoriek sme si museli z pracovných nohavíc odstrániť prešívané spoje a vrecká na to, aby bol experiment čo najpresnejší, a aby každá skúšobná vzorka bola identická. Veľkosť skúšobných vzoriek pre experiment je stanovený normou a to o rozmeroch 560 x 170 mm. Pre náš experiment sme si pripravili tri čisté skúšobné vzorky a potom tri skúšobné vzorky na každú jednu prevádzkovú kvapalinu. Zároveň na každú prevádzkovú kvapalinu sme potrebovali jednu rezervnú vzorku. Označenie vzoriek pre experiment bolo nasledovné: čistá vzorka – M1, M2, M3, vzorky s benzínom – M4, M5, M6, vzorky s naftou – M7, M8, M9, vzorky s motorovým olejom – M10, M11, M12, vzorky s brzdovou kvapalinou – M13, M14, M15, vzorky s hydraulickou kvapalinou – M16, M17, M18. [2].

Meranie sme vykonali podľa normy STN EN ISO 6941: 2004 *Textílie. Horľavosť. Meranie rýchlosti šírenia plameňa na zvisle umiestnených vzorkách*. Norma presne stanovuje laboratórne podmienky pri akých sa môže experiment vykonať. Konkrétne je to relatívna vlhkosť vzduchu v miestnosti, ktorá musí byť v rozpätí od 15 % až do 80 % a teplota ovzdušia, ktorá musí byť v rozpätí od 10 °C do 30 °C [1, 2]. V čase experimentu vlhkosť vzduchu v miestnosti bola 30 % a teplota ovzdušia v miestnosti bola 21 °C.

Na jednotlivé skúšobné vzorky sme nanášali pomocou štetca päť druhov horľavých kvapalín - benzín, naftu, motorový olej, brzdovú kvapalinu a hydraulický olej [3]. Množstvo horľavej látky, ktorú sme nanášali bolo 2 ml z každej kvapaliny. Toto množstvo sa nanášalo na skúšobnú vzorku, kým sa neminula.

To calculate the flame spread rate, the distance between each marking thread was recorded - see Table 1. To make the calculations more accurate, we created all combinations of distances that may occur between the first, second and third marking thread.

Každú vzorku zapalujeme samostatne pomocou plameňa, ktorý sa priložil na 10 sekúnd - je to čas, ktorý predstavuje čas zapálenia vzorky a jej následné horenie. Vzorky sme následne sledovali a merali čas v sekundách od priloženia skúšobného plameňa po prehorenie po prvú, druhú a tretiu značkovaciu niť.

Pre potrebný výpočet rýchlosti šírenia plameňa sme zaznamenali vzdialenosti jednotlivých značkovacích nití - viď tabuľka 1. Pre spresnenie výpočtov sme si vytvorili všetky kombinácie vzdialeností, ktoré mohli nastať medzi prvou, druhou a treťou značkovacou niťou.

Tab. 1 Distances between the marking threads

Tab. 1 Vzdialenosti značkovacích nití

	First to second thread/ Prvá až druhá niť	First to third thread/ Prvá až tretia niť	Second to third thread/ Druhá až tretia niť
Track/Dráha [m]	0.15	0.3	0.15

3 Results and Discussion

The average flame spread rate for all the test samples was calculated using the ratio of distance between the marking threads and the difference in time when the marking threads burnt through. The average flame spread rate is the arithmetic mean of all flame spread rates, which was calculated for each fluid separately. Table 2 shows the average flame spread rates calculated using the burning times between the marking threads. The results were compared with the flame spread rate of the clean test specimens M1, M2, and M3 which is 0.033 m/s.

We can say that the other spread rates measured and calculated in the experiment are higher than for the clean sample, and therefore we can say that all flammable liquids used in an experiment contribute to the spread of flame.

3 Výsledky a diskusia

Priemerné rýchlosti šírenia plameňa na všetkých skúšobných vzorkách sme vypočítali podielom dráhy medzi jednotlivými značkovacími niťami a rozdielom času medzi prehorením značkovacích nití. Priemernú rýchlosť šírenia plameňa sme získali z aritmetického priemeru všetkých rýchlostí šírenia plameňa, ktoré sme vypočítali pre každú jednu kvapalinu samostatne. V tabuľke 2 sú zobrazené priemerné rýchlosti šírenia plameňa, ktoré sme získali z nameraných časov horenia medzi jednotlivými značkovacími niťami.

Ako porovnávaciu rýchlosť šírenia plameňa sme si určili rýchlosť, ktorá bola nameraná a vypočítaná pri čistých skúšobných vzorkách M1, M2 a M3 a to je rýchlosť 0.033 m/s. Môžeme konštatovať, že ostatné rýchlosti namerané a vypočítané v experimente sú vyššie ako vzorová rýchlosť, a aj preto môžeme tvrdiť, že všetky horľavé kvapaliny využité pri experimente prispievajú k rýchlosti šírenia plameňa.

Tab. 2 Average flame spread rates for all the test samples**Tab. 2** Priemerné rýchlosti šírenia plameňa na všetkých skúšobných vzorkách

Type of fluid/ Druh použitej kvapaliny	Average flame spread rate Priemerné rýchlosti šírenia plameňa [m/s]
Clean sample/ Čistá vzorka (M1-M3)	0.033
Petrol/Benzín (M4-M6)	0.074
Diesel/Nafta (M7-M9)	0.063
Engine Oil/Motorový olej (M10-M12)	0.035
Brake Fluid/Brzdová kvapalina (M13-M15)	0.045
Hydraulic fluid/Hydraulická kvapalina (M16-M18)	0.042

The highest flame spread rate was recorded for petrol - 0.074 m/s - which is more than twice the flame spread rate of the clean sample, and therefore petrol is the most dangerous flammable substance used in the experiment. It was followed by diesel - 0.063 m/s which is twice the amount of the clean sample. Flame spread rate for diesel was a bit lower than for petrol, but we can conclude that it is a substance, which significantly contributes to combustion. Third and fourth flame spread rates were evaluated simultaneously, as the values are nearly the same. The flame spread rate for brake fluid was 0.045 m/s, which is only 0.012 m/s more compared to the clean test sample. The flame spread rate for hydraulic fluid was 0.042 m/s, which is only 0.09 m/s more compared to the clean test sample. These flammable liquids have similar physical and chemical characteristics and therefore they achieved almost identical results. The resultant flame spread rate of the two flammable substances do not put mechanics in such danger in comparison with petrol or diesel, even though they increase the flame spread rate. We can then conclude that brake fluid and hydraulic fluid promote burning and thus increase the flame spread rate. The lowest flame spread rate was recorded for engine oil, where the rate was 0.035 m/s, which is only 0.002 m/s more compared to the clean test sample.

Najväčšiu rýchlosť šírenia plameňa dosiahol benzín a to rýchlosť 0.074 m/s, čo predstavuje viac ako dvojnásobnú rýchlosť šírenia plameňa, a preto môžeme tvrdiť, že benzín je najnebezpečnejšiu horľavou látkou, ktorú sme použili pri experimente. Druhú najväčšiu rýchlosť šírenia plameňa dosiahla nafta a bola to rýchlosť 0.063 m/s, čo predstavuje dvojnásobnú rýchlosť šírenia plameňa ako u čistej vzorky. Nafta dosiahla síce o niečo menšiu rýchlosť šírenia plameňa ako benzín, ale môžeme o nej rovnako tvrdiť, že je to látka, ktorá výrazne prispieva k horeniu. Tretiu a štvrtú najväčšiu rýchlosť šírenia plameňa sme vyhodnotili súčasne, keďže ide o skoro rovnaké rýchlosti šírenia plameňa. Brzdová kvapalina mala to rýchlosť šírenia plameňa 0.045 m/s, čo je iba o 0.012 m/s viac ako u čistej skúšobnej vzorky. Hydraulická kvapalina, mala rýchlosť šírenia plameňa 0.042 m/s, čo je iba o 0.009 m/s viac ako u čistej skúšobnej vzorky. Tieto horľavé kvapaliny majú podobné fyzikálno-chemické vlastnosti, a aj preto dosiahli skoro rovnaké výsledky. Výsledné rýchlosti šírenia plameňa týchto dvoch horľavých látok nepredstavujú také nebezpečenstvo pre zamestnanca autoservisu ako benzín či nafta, no stále predstavujú zvýšenú rýchlosť šírenia plameňa, a aj preto tvrdíme, že brzdová kvapalina a hydraulická kvapalina prispievajú k horeniu a tým zvyšujú rýchlosť šírenia plameňa.

4 Conclusions

The average flame spread rate of clean test samples was 0.033 m/s. This flame spread rate was a default value. Other flame spread rate are as follows: gas samples 0.074 m/s, diesel samples 0.063 m/s, engine oil samples 0.035 m/s, brake fluid samples 0.045 m/s and hydraulic fluid samples 0.042 m/s. The highest flame spread rate was reached for gas samples, which was twice as much as the average flame spread rate for clean samples. The lowest flame spread rate was reached for engine oil samples which was higher by only 0.002 m/s compared to the clean samples. It can be thus concluded that, in the case of fire and its spread, the riskiest situation for a mechanic wearing working clothes is being stained with petrol. In such a situation the flame spread rate doubles compared to clean working clothes.

Acknowledgments

This work was supported under the project of Operational Programme Research and Innovation: Research and development activities of the University of Žilina in the Industry of 21st century in the field of materials and nanotechnologies, No. 313011T426. The project is co-funding by ERDF.

References / Literatúra

- [1] STN EN ISO 6941: 2004 Textilie. *Flammability. Measuring the flame spread rate on vertically placed samples*
- [2] Coneva, I.: Flammable Substances. In: Ochrana pred požiarimi a záchranné služby 2018, Žilina, EDIS, 2018, pp 33 - 44, ISBN 978-80-554-1524-6.
- [3] Židek, T.: Influence of flammable substances on burning of selected protective clothing. (Diploma Thesis) - University of Žilina. Faculty of Security Engineering; Department of Fire Engineering. Thesis supervisor: doc. Ing. Bc. Makovická Osvaldová Linda, PhD. Žilina, FBI ŽU, 2019. 78p. (unpublished).

Najnižšiu rýchlosť šírenia plameňa sme zaznamenali u motorového oleja, kde rýchlosť šírenia plameňa je 0.035 m/s, čo je iba o 0.002 m/s viac ako u čistej skúšobnej vzorky.

4 Záver

Priemerná rýchlosť šírenia plameňa čistých skúšobných vzoriek je 0.033 m/s. Túto rýchlosť šírenia plameňa sme pokladali za vzorovú. Ostatné rýchlosti šírenia plameňa sú: pri skúšobných vzorkách s benzínom 0.074 m/s, pri skúšobných vzorkách s naftou 0.063 m/s, pri skúšobných vzorkách s motorovým olejom 0.035 m/s, pri skúšobných vzorkách s brzdovou kvapalinou 0.045 m/s a pri skúšobných vzorkách s hydraulickou kvapalinou 0.042 m/s. Najväčšiu rýchlosť šírenia plameňa dosiahli skúšobné vzorky s benzínom, ktoré zdvojnásobili svoju priemernú rýchlosť šírenia plameňa. Najmenšiu rýchlosť šírenia plameňa dosiahli skúšobné vzorky, ktoré obsahovali motorový olej a svoju rýchlosť zvýšili len o 0.002 m/s. Preto je možné konštatovať, že v prípade vzniku požiaru a možnému rozšírenie požiaru na pracovný odev (nohavice) pracovníka autoservisu, je najrizikovejší variant znečistenia benzínom, kedy je rýchlosť šírenia plameňa zdvojnásobená oproti čistému pracovnému odevu.

Pod'akovanie

Táto práca bola podporená z OP VaV: Výskumné a rozvojové aktivity na Žilinskej univerzite v Žiline - Priemysel 21. storočia v oblasti materiálov a nanotechnológií č. 313011T426. Projekt je spolufinancovaný z ERDF..