

Physico-chemical Properties and Fire-technical Characteristics of Flammable Liquids

Fyzikálno-chemické vlastnosti a požiaro-technické charakteristiky horľavých kvapalín

Iveta Coneva^{1,*}, Júlia Mihoková-Jakubčeková²

¹ Department of Fire Engineering, Faculty of Safety Engineering, University of Žilina, Žilina, Slovak Republic; iveta.coneva@fbi.uniza.sk

² Department of Technical Sciences and Informatics, Faculty of Safety Engineering, University of Žilina, Žilina, Slovak Republic; julia.mihokova@fbi.uniza.sk

* Corresponding author: iveta.coneva@fbi.uniza.sk

Short report

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

Abstract

Reducing social vulnerability in the energy sector is important as it is a part of critical infrastructure. Many of the flammable liquids are important for the energy sector as energy, raw materials and operational resources. However, they represent also a threat for it. This paper is focusing the description of dangerous aspects of flammable liquids expressed by determination and comparison of important physico-chemical properties and fire-technical characteristics of flammable liquids of petroleum origin such as: oil, petrol, kerosene, diesel and motor oil. These properties and characteristics have a significant impact on safety and fire protection in the storage, handling, transportation, processing and production of petroleum-based fluids.

Keywords: Security and fire protection; Flammable liquid; Fire-technical characteristics of flammable liquids

1 Introduction

The security, economic and social stability of the state, its functionality, but also the protection of citizens' lives and property is dependent on the proper functioning of many state infrastructure systems. Its disruption caused by various emergencies can increase the vulnerability of society and the state with a social, economic, economic, socio-health impact not only on the population, their standard of living, but also on security and public order. Energy is a key sector of the economy that affects all sectors of the economy. Energy security is part of national security and is one of the tools to ensure the sovereignty, political independence and economic security of the state. Reducing social vulnerability in the

1 Úvod

Bezpečnosť, ekonomická a spoločenská stabilita štátu, jeho funkčnosť, ale i ochrana životov a majetku občanov je závislá od správneho fungovania mnohých systémov infraštruktúry štátu. Jej narušenie spôsobené rozličnými mimoriadnymi udalosťami môže viesť k zvýšeniu zraniteľnosti spoločnosti a štátu so spoločenským, ekonomickým, hospodárskym, sociálno-zdravotným dopadom nielen na obyvateľstvo, jeho životnú úroveň, ale aj na bezpečnosť a verejný poriadok. Energetika je kľúčovým sektorom ekonomiky, ktorý ovplyvňuje všetky odvetvia hospodárstva. Energetická bezpečnosť je súčasťou národnej bezpečnosti a je jedným z nástrojov

energy sector is important as it is a part of critical infrastructure not only in Slovakia but also in other developed countries. Many of the flammable liquids such as: oil, gasoline, kerosene, diesel, motor oils and many others are important for the energy sector as energy, raw materials and operational resources.

The combustion of flammable liquids is a homogeneous combustion characterized by a flame. In Decree of the Ministry of Interior of the Slovak Republic no. 96/2004 Coll. the principles of fire safety for handling and storing flammable liquids, heavy fuel oils and vegetable and animal fats and oils are laid down. The decree defines the terms: flammable liquid and low-boiling flammable liquid.

The aim of the paper is to determine, determine and compare some physico-chemical properties and fire-technical characteristics of flammable liquids of petroleum origin such as: oil, petrol, kerosene, diesel and motor oil.

2 Material and Methods

These properties and characteristics have a significant impact on safety and fire protection in the storage, handling, transportation, processing and production of petroleum-based fluids. Petroleum liquids: Petroleum, petrol, kerosene, diesel and motor oil, in terms of their physicochemical properties, are mixtures of hydrocarbons having different lengths of hydrocarbon chains, whose composition cannot be expressed by a precise chemical formula. The density of these liquids is generally less than water – $1,000 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$, with a minimum density of petrol - about $660 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ and a maximum density of oil - up to $1,000 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$, so they floating on its surface and in water are almost insoluble. The boiling point of oil fluids ranges from a minimum of approximately $30 \text{ }^\circ\text{C}$ for oil to a maximum of approximately $360 \text{ }^\circ\text{C}$ for engine oil. Their vapor density is higher than the air, ranging from a minimum of about 2.8 for gasoline to about to a maximum 8 for engine oil; the vapours are heavier than air and therefore stick to the ground, there is a danger of flammable and explosive mixtures. The physicochemical

properties of flammable liquids based on petroleum depend strongly on the origin, k zabezpečeniu suverenity, politickej nezávislosti a ekonomickej bezpečnosti štátu. Znižovanie spoločenskej zraniteľnosti v energetike je dôležité nakoľko je súčasťou kritickej infraštruktúry nielen na Slovensku, ale aj v iných rozvinutých krajinách. Pre energetiku majú význam ako energetické, surovinové a prevádzkové zdroje okrem iných, mnohé horľavé kvapaliny ako napr.: ropa, benzín, petrolej, nafta, motorové oleje a mnohé iné.

Horenie horľavých kvapalín sa považuje za homogénne horenie, ktorého charakteristickým znakom je plameň. Vo vyhláske MV SR č. 96/2004 Z. z. sú stanovené zásady protipožiarnej bezpečnosti pri manipulácií a skladovaní horľavých kvapalín, ťažkých vykurovacích olejov a rastlinných a živočíšnych tukov a olejov. Vyhláska definuje pojmy: horľavá kvapalina a horľavá kvapalina s nízkym bodom varu.

Cieľom príspevku je zisťovanie, stanovenie a porovnanie niektorých fyzikálno-chemických vlastností a požiaro-technických charakteristík horľavých kvapalín ropného pôvodu ako sú: ropa, benzín, petrolej, nafta a motorový olej.

2 Materiál a metódy

Dané vlastnosti a charakteristiky majú významný vplyv na bezpečnosť a ochranu pred požiarom pri skladovaní, manipulácií, preprave, spracovaní a výrobe kvapalín na báze ropy. Kvapaliny ropného pôvodu: ropa, benzín, petrolej, nafta a motorový olej z pohľadu svojich fyzikálno-chemických vlastností predstavujú zmesi uhlíkovodíkov, ktoré majú rôzne dĺžky uhlíkovodíkových reťazcov, ich zloženie sa nedá vyjadriť presným chemickým vzorcom. Hustota daných kvapalín je vo všeobecnosti menšia ako vody $1\,000 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$, pričom minimálnu hustotu má benzín cca $660 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ a maximálnu hustotu má ropa cca $1\,000 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$, preto plávajú na jej povrchu a vo vode sú takmer nerozpustné. Bod varu ropných kvapalín sa pohybuje od minimálnej cca $30 \text{ }^\circ\text{C}$ pre ropu po maximálnu cca viac ako $360 \text{ }^\circ\text{C}$ pre motorový olej. Hustota ich pár v porovnaní so vzduchom je vyššia, pohybuje sa od minimálnej cca 2,8 po maximálnu pre benzín po cca 8 pre motorový olej, pary sú ťažšie ako vzduch a preto sa držia pri zemi,

composition of the crude oil, the raw material from which it is produced by fractional distillation, its processing methods and the temperature distillation curve during which the product is obtained by different boiling points.

3 Results and Discussion

The fire-technical characteristics of oil, gasoline, kerosene, diesel and motor oil are influenced by their physico-chemical properties. Flammable liquids based on technical practice and in terms of their flammability are assigned to the appropriate hazard classes based on the fire-technical characteristics of the flash point. Oil is divided into I. or exceptionally II. and III. hazard class has a flash point mostly less than 21 °C but can also be higher up to about 100 °C, gasoline is classified into hazard class I, has a flash point mostly less than 21 °C, kerosene belongs to II. hazard class has a flash point mostly more than 21 °C, diesel is divided into III. hazard class has a flash point of more than 55 °C, engine oil belongs to IV. has a flash point of approx. 200 °C. Fire-technical characteristics, the ignition temperature ranges from a minimum of approximately less than 220 °C for petrol and oil to a maximum of approximately 400 °C for kerosene and engine oil. Based on the ignition temperature, flammable petroleum liquids are assigned to appropriate temperature classes. Temperature class T3 based on the ignition temperature above 200 °C to 300 °C is divided into: oil, petrol and diesel. Temperature class T2 based on ignition temperature above 300 °C to 450 °C is divided into: kerosene and motor oil. The explosion limits of the given flammable liquids are relatively narrow, the lower explosion limit is from about 0.6 to 1.1 vol % and the upper explosion limit is from about 6.5 to 8 vol %. The explosion limits of the given flammable explosion limit is from about 0.6 to 1.1 vol% and the upper explosion limit is from about 6.5 to 8 vol %. The widest range of concentration limits of explosion is about 0.6 - 8% by volume of gas and diesel and engine oil are about 0.6 - 6.5% by volume. The lower explosion limit of the liquids is very low, i.e., a combustible assembly such as

hrozí nebezpečenstvo vzniku horľavých a výbušných zmesí. Fyzikálno-chemické vlastnosti horľavých kvapalín na báze ropy silno závisia od pôvodu, zloženia ropy, suroviny, z ktorej sa vyrábajú metódou frakčnej destilácie, spôsobov jej spracovania a najmä destilačnej krivky teplôt počas, ktorej sa daný produkt získava na základe rozdielnych bodov varu.

3 Výsledky a diskusia

Na požiaro-technické charakteristiky ropy, benzínu, petroleja, nafty a motorového oleja majú vplyv ich fyzikálno-chemické vlastnosti. Horľavé kvapaliny na základe technickej praxe a z pohľadu ich horľavosti, sa zadeľujú do príslušných tried nebezpečnosti na základe požiaro-technickej charakteristiky bodu vzplanutia. Ropa je zadená do I. alebo výnimočne II. a III. triedy nebezpečnosti, má bod vzplanutia väčšinou menej ako 21°C, ale môže byť aj vyšší až do cca 100°C, benzín je zadený do I. triedy nebezpečnosti, má bod vzplanutia väčšinou menej ako 21°C, petrolej patrí do II. triedy nebezpečnosti, má bod vzplanutia väčšinou viac ako 21°C, nafta je zadená do III. triedy nebezpečnosti, má bod vzplanutia cca vyšší ako 55°C, motorový olej patrí do IV. triedy nebezpečnosti, má bod vzplanutia cca vyšší ako 200°C. Požiaro-technická charakteristika teplota vznietenia sa pohybuje od minimálnej cca menej ako 220°C pri benzíne a rope po maximálnu cca viac ako 400°C pri petroleji a motorovom oleji. Na základe teploty vznietenia sa horľavé ropné kvapaliny zadeľujú do príslušných teplotných tried. Do teplotnej triedy T3 na základe teploty vznietenia nad 200°C do 300°C sú zadené: ropa, benzín a nafta. Do teplotnej triedy T2 na základe teploty vznietenia nad 300°C do 450°C sú zadené: petrolej a motorový olej. Koncentračné medze výbušnosti daných horľavých kvapalín sú pomerne úzke, dolná medza výbušnosti sa nachádza od cca 0,6 do 1,1 obj.% a horná medza výbušnosti sa nachádza od cca 6,5 do 8 obj.%. Najširší interval koncentračných medzí výbušnosti má benzín cca 0,6 - 8 obj.% a najužší interval majú nafta a motorový olej cca 0,6 – 6,5 obj.%. Dolná koncentračná medza výbušnosti daných kvapalín je veľmi nízka, to znamená, že horľavý súbor ako zmes vzduchu a pár horľavej kvapaliny sa môže rýchlo, ľahko vytvoriť, čo

a mixture of air and vapor of a combustible liquid can quickly, easily form, which increases the risk of fire and explosion when appropriately initiated by a source of enough activation energy. In terms of fire protection, the most hazardous oil-based flammable liquids are oil and gasoline alone, and the least risky are diesel and motor oil.

4 Conclusions

Each flammable liquid is characterized by its individual physico-chemical properties, fire-technical parameters and other characteristics. In common practice, industry, agriculture, but also households, flammable liquids occur and are used frequently, for example: in the form of fuels, lubricating oils, dyes, thinners or raw materials. Flammable liquids are stored in large-capacity tanks - containers, but also in small containers - containers of different volumes. They can be pumped and transported by piping. In normal practice, but also in technological processes of production, processing and handling in production and storage areas, when pumping and transporting flammable liquids, there is a danger of emergencies, especially fire or explosion, failure to observe safety, operational-technical regulations and laws on fire protection. The risk of fire or explosion as an undesirable event may arise especially when working with flammable liquids at higher pressures and temperatures close to their boiling point. Under given conditions, flammable liquids evaporate more intensively and form dangerous, flammable and explosive mixtures more easily. Oil-based flammable liquids are used throughout the economy, including in the energy sector, which is a key sector of critical infrastructure. Reducing the level of social vulnerability in the energy sector strengthens the security, economic and social stability of the state, increases its functionality, but also protects the lives and property of citizens.

zvyšuje nebezpečenstvo vzniku požiaru a výbuchu pri vhodnej iniciácii zdrojom zapálenia o dostatočnej aktivačnej energii. Z hľadiska ochrany pred požiarimi najrizikovejšími horľavými kvapalinami na báze ropy sú samotná ropa a benzín, najmenej rizikové sú nafta a motorový olej.

4 Záver

Každá horľavá kvapalina je charakterizovaná, svojimi individuálnymi fyzikálno-chemickými vlastnosťami, požiaro-technickými parametrami a aj inými charakteristikami. V bežnej praxi, v priemysle, v poľnohospodárstve, ale aj v domácnostiach sa horľavé kvapaliny vyskytujú a používajú často, napr.: vo forme palív, mazacích olejov, farbív, riedidiel alebo surovín. Horľavé kvapaliny sa skladujú vo veľkokapacitných nádržiach - zásobníkoch, ale aj v malých obaloch - nádobách rôzneho objemu. Je možné ich prečerpávať a prepravovať potrubnými rozvodmi. V bežnej praxi, ale aj v technologických procesoch výroby, pri spracovaní a manipulácii vo výrobných a skladovacích priestoroch, pri prečerpávaní a preprave horľavých kvapalín, všade hrozí nebezpečenstvo vzniku mimoriadnych udalostí najmä požiaru alebo výbuchu, pri nedodržaní bezpečnostných, prevádzkovo-technických predpisov a zákonov o ochrane pred požiarimi. Nebezpečenstvo vzniku požiaru alebo výbuchu ako nežiaduca udalosť môže nastať najmä pri práci s horľavými kvapalinami pri vyšších tlakoch a teplotách blízkych ich bodu varu. Za daných podmienok sa horľavé kvapaliny intenzívnejšie vyparujú a ľahšie vytvárajú nebezpečné, horľavé a výbušné zmesi. Horľavé kvapaliny na báze ropy sa používajú v celom hospodárstve, a to aj v energetike, ktorá patrí ku kľúčovým sektorom kritickej infraštruktúry. Znižovanie miery spoločenskej zraniteľnosti v energetike posilňuje bezpečnosť, ekonomickú a spoločenskú stabilitu štátu, zvyšuje jeho funkčnosť, ale i ochranu životov a majetku občanov.

“Assessing the vulnerability of the company due to the failure of important systems and services in the power industry”.

Pod'akovanie

Táto práca bola podporovaná Agentúrou VEGA MŠVVaŠ a SAV registračné číslo projektu 1/0371/19 s názvom (2019-2021): “Posudzovanie zraniteľnosti spoločnosti v dôsledku zlyhania dôležitých systémov a služieb v elektroenergetike”.

Acknowledgments

This work was supported by VEGA MŠVVaŠ and SAS Agency Registration Number 1/0371/19 entitled (2019-2021):

References / Literatúra

- [1] Project number VEGA 1/037119 MŠVVaŠ and SAS named (2019-2021): “Assessing the vulnerability of the company due to the failure of important systems and services in the electricity sector“.
- [2] Act of the National Council of the Slovak Republic No. 311/2001 Coll. on fire protection.
- [3] Coneva, I.: Fire Hazards in the Production of Cellulose-Based Products, 2009 [thesis: electronic source -CD] / Iveta Coneva; supervisor Katěřina Orlíková.- VŠB - Technical University of Ostrava, Czech Republic, Faculty of Safety Engineering, Department of Fire Protection; field of study: Fire Protection and Industrial Safety, doctoral study program: Fire Protection and Safety; defends. 03.03.2009. Publish info: Ostrava: [s.n.], 2008 Range: p. 158.
- [4] Orlíková, K., Štroch, P.: Chemistry of the combustion process. Ostrava: SPBI 1999. ISBN 80-86111-39-3.
- [5] Balog, K. Kvarčák, M.: Fire dynamics, 1999. 1st edition. Ostrava: Edition SPBI Spektrum, vol. 22, 1999. ISBN 80-86111-44-X.
- [6] Šenovský, M., Balog, K., Kvarčák, M., Bečák, P., Netopilová, M., Bradáčová, I., Prokop, P.: Basics of fire engineering, 2004, 1st edition, Ostrava: Edition SPBI Spektrum, vol. 38, 2004. ISBN 80-86634-50-7.
- [7] Kvarčák, M.: Basics of fire protection, 2005 1 st edition. Ostrava: Edition SPBI Spektrum, vol.44, 2005. ISBN 80-86634-655.
- [8] Balog, K., Kačíková, D., Martinka, J.: Investigation of causes of fires, 2015. 1st edition. University textbook, Zvolen: Technical University in Zvolen, Faculty of Wood Technology 2015. ISBN 978-80-228-2831-4.
- [9] Tureková, I., Babelová, E.: Fire hazards. In: FIRECO 2003: Proceedings: v. International conference, Trenčín 24.-25. May 2003, p. 183 -186.
- [10] Kačíková, D., Netopilová, M., Osvald, A.: Wood and its thermal degradation, 2006. Edition SPBI, VŠB-TU Ostrava, 2006, ISBN 80-86634-78-7.
- [11] Zachar, M., Majlingová, A., Martinka, J., XU, Qiang, Balog, K., Dibdiaková, J., Poledňák, P., Rybakowski, M.: Impact of oak wood ageing on the heat release rate and the yield of carbon monoxide during fire. European journal of environmental and safety sciences:, 2014 scientific journal of the European Science and Research Institute and the Association of Fire Engineering. 2014. Vol. 2, N. Issue 1, p. 1-4. ISSN 1339-472X.

- [12] Qiang, Xu., Cong, J., Majlingova, A., Restas, A.: Discuss the heat release capacity of polymer derived from microscale combustion calorimeter. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*. July 2018, zv. Volume 133, Issue 1, pp 649–657 | ISSN: 1388-6150 (Print) 1588-2926 (Online).
- [13] Osvaldova, L., Petho, M.: Occupational Safety and Health During Rescue Activities, 2015 Conference: 6th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics (AHFE) Location: Las Vegas, NV Date: JUL 26-30, 2015, 6th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics (ahfe 2015) and the Affiliated Conferences, ahfe 2015 Book Series: Procedia Manufacturing Volume: 3 Pages: 4287-4293 Published: 2015.
- [14] Poledňák, P., Orinčák, M. : Resolving natural crisis situations, 2011, University textbook. FBI, University of Žilina, EDIS 2011, p.323, ISBN 9788055403397.
- [15] Decree of the Ministry of Interior of the Slovak Republic No. 96/2004 Coll., Laying down the principles of fire safety handling and storage of flammable liquids, heavy fuel oils and vegetable oils animal fats and oils.
- [16] Šenovský, M., Balog, K., Hanuška, Z., Šenovský, P.: Dangerous substances II, 2004, 1st edition, Ostrava : Edition SPBI Spektrum, vol. 36, 2004 ISBN 80-86634-47-7.
- [17] Steinleitner, H.-D. et al., 1980: Tables of dangerous and flammable substances, 1980 Praha: SPO ČSSR, 1980.
- [18] Veľková, V., Bubeníková, T.: Occurrence of polycyclic aromatic hydrocarbons in hydraulic oil. *Acta Facultatis Ecologiae: journal of Faculty of Ecology and Environmental Sciences Technical University in Zvolen*. Zvolen, 2010, 23, 11-135. ISSN 1336-300X.
- [19] Orinčák, M., Michalovič, R.: Environmental limit factor verification of the dangerous substances release by an assessment software, 2016 In: SGEM 2016 : 16th international multidisciplinary scientific conference on social sciences & arts : conference proceedings : Book 5 : ecology, economics, education and legislation : June 28 - July 6, 2016 Albena, Bulgaria. Vol. 2. – ISSN 1314-2704. - Sofia: STEF92 Technology, 2016. - ISBN 978-619-7105-66-7. - S. 311-316.
- [20] Orinčák, M., Müllerová, J.: The effectiveness of professional and improvised sorption material, 2017, In: SGEM 2017 : ecology and environmental protection : 17th international multidisciplinary scientific geoconference : conference proceedings : 29 June - 5 July, 2017, Albena, Bulgaria. - Sofia: STEF92 Technology, 2017. - ISBN 978-619-7408-09-6. - [7]