



Основан в 2016 году

Выходит 4 раза в год

Научный журнал
Вестник
Университета гражданской защиты
МЧС Беларуси
(Journal of Civil Protection)
Том 7, № 3, 2023

Редакционная коллегия:

главный редактор:

Полевода
Иван Иванович

кандидат технических наук,
доцент

зам. главного редактора:

Гончаренко
Игорь Андреевич

доктор физико-математических наук,
профессор

Платонов
Александр Сергеевич

кандидат физико-математических
наук, доцент

Редакционный совет:

Ковтун Вадим Анатольевич, доктор технических наук, профессор – председатель; Богданова Валентина Владимировна, доктор химических наук, профессор – зам. председателя; Акулов Артем Юрьевич, кандидат технических наук (Россия); Байков Валентин Иванович, доктор технических наук, старший научный сотрудник; Барановский Николай Викторович, кандидат физико-математических наук (Россия); Бирюк Виктор Алексеевич, кандидат технических наук, доцент; Бордак Сергей Сергеевич, кандидат военных наук; Волочко Александр Тихонович, доктор технических наук, профессор; Волянин Ежи, доктор технических наук, профессор (Польша); Иваницкий Александр Григорьевич, кандидат технических наук, доцент; Иванов Юрий Сергеевич, кандидат технических наук; Ильюшонок Александр Васильевич, кандидат физико-математических наук, доцент; Каван Степан, доктор технических наук (Чехия); Калач Андрей Владимирович, доктор химических наук, доцент (Россия); Камлюк Андрей Николаевич, кандидат физико-математических наук, доцент; Карпилена Николай Васильевич, доктор военных наук, профессор; Кремень Маркс Аронович, доктор психологических наук, профессор; Кудряшов Вадим Александрович, кандидат технических наук, доцент; Кузьмицкий Валерий Александрович, доктор физико-математических наук, доцент; Лебедева Наталья Шамильевна, доктор химических наук, доцент (Россия); Лешенюк Николай Степанович, доктор физико-математических наук, профессор; Мурзич Игорь Константинович, доктор военных наук, профессор; Пасовец Владимир Николаевич, кандидат технических наук, доцент; Поздеев Сергей Валерьевич, доктор технических наук, профессор (Украина); Соколов Сергей Викторович, доктор технических наук, профессор (Россия); Тихонов Максим Михайлович, кандидат технических наук, доцент; Тур Виктор Владимирович, доктор технических наук, профессор; Фурманов Игорь Александрович, доктор психологических наук, профессор; Чень Цзяньго, доктор технических наук, профессор (Китай); Шарипханов Сырым Дюсенгазиевич, доктор технических наук (Казахстан).

Учредитель – Государственное учреждение образования
«Университет гражданской защиты
Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь»

Решением коллегии Высшей аттестационной комиссии № 18/8 от 9 декабря 2016 г.
журнал включен в перечень научных изданий Республики Беларусь
для опубликования результатов диссертационных исследований

Журнал зарегистрирован в Министерстве информации Республики Беларусь,
свидетельство о регистрации № 1835 от 19 сентября 2016 г.

Номер подготовлен совместно с Университетом пожарной безопасности Министерства общественной безопасности Вьетнама.

Журнал включен в перечень научных изданий Республики Беларусь для опубликования результатов диссертационных исследований по психологическим, техническим (по научным направлениям – безопасность в чрезвычайных ситуациях; пожарная и промышленная безопасность; гражданская оборона) и военным (по научному направлению – гражданская оборона) наукам.

Ответственность за подбор и точность приведенных данных, а также за использование сведений, не подлежащих открытой публикации, несут авторы опубликованных материалов.

Статьи, поступающие для публикации в журнале, рецензируются.

Полная или частичная перепечатка, размножение, воспроизведение или иное использование опубликованных материалов допускаются с обязательной ссылкой на журнал «Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси».

Адрес редакции: ул. Машиностроителей, 25, 220118, г. Минск
Контактные телефоны: +37517 340-53-93 (главный редактор)
+37517 341-32-99

Сайт Университета гражданской защиты: www.ucsp.by
Email редакции: vestnik@ucsp.by

ISSN 2519-237X (print)
ISSN 2708-017X (online)

© Государственное учреждение образования
«Университет гражданской защиты
Министерства по чрезвычайным ситуациям
Республики Беларусь», 2023

СОДЕРЖАНИЕ

Пожарная и промышленная безопасность (технические науки)

Ле Куанг Бон. Определение центра тяжести многофункциональных пожарно-спасательных мотоциклов, используемых во Вьетнаме 255

Нгуен Хуу Хиеу, Фан Ань, Ле Ань Туан, Нгуен Тхи Нгок Ань. Расчет термодинамических параметров реакции акрилоилхлорида с водой методом теории функционала плотности 263

Журов М.М. Особенности механизмов действия ингибирующих и флегматизирующих огнетушащих составов 282

Безопасность в чрезвычайных ситуациях (психологические науки)

Шейнов В.П., Карпиевич В.А., Сапего Е.И. Взаимосвязь проблемного использования социальных сетей белорусами с виктимизацией, незащищенностью от кибербуллинга и манипулирования 295

Подготовка специалистов в области предупреждения и ликвидации ЧС

Буякевич Л.И., Клезович С.И., Цакунов А.А., Крот А.А. Виртуальный интерактивный тренажер «Проверки противогаса» 306

Разное (обзоры)

Полевода И.И., Камлюк А.Н., Пасовец В.Н., Криваль Д.В. Достижения Университета гражданской защиты в республиканском молодежном проекте «100 идей для Беларуси» 315

Фам Вьет Тиен. Повышение эффективности деятельности Вьетнамской полиции пожарной защиты и спасения при различных типах инцидентов и стихийных бедствий 329

Горошко Е.Ю., Костюкевич С.В. Правовые основы системы аудита пожарной безопасности в Республике Беларусь 335

Полевода И.И., Камлюк А.Н., Пасовец В.Н., Короткевич С.Г. К 60-летию профессора, доктора технических наук Вадима Анатольевича Ковтуна 344

Правила предоставления статей 348

CONTENTS

Fire and industrial safety (technical sciences)

Le Quang Bon. Determination of the center of gravity of multi-functional fire-fighting and rescue motorcycles used in Vietnam 255

Nguyen Huu Hieu, Phan Anh, Le Anh Tuan, Nguyen Thi Ngoc Anh. Calculation of the thermodynamic parameters of the reaction between acryloyl chloride and water by density functional theory 263

Zhuov M.M. Features of the mechanisms of action of inhibiting and plegmatizing fire extinguishing compositions 282

Safety in emergencies (psychological sciences)

Sheinov V.P., Karpievich V.A., Sapego E.I. Interrelationships of the problem use of social networks by Belarusians with victimization, exposure to cyberbullying and manipulation 295

Training of specialists in the field of prevention and elimination of emergencies

Buyakevich L.I., Klezovich S.I., Tsakunov A.A., Krot A.A. Virtual interactive training simulator «Gas mask checks» 306

Miscellaneous (reviews)

Palevoda I.I., Kamlyuk A.N., Pasovets V.N., Kryval D.V. Achievements of the University of civil protection in the republican youth project «100 Ideas for Belarus» 315

Pham Viet Tien. Improving the efficiency of the Vietnamese Police Force of Fire Protection and Rescue at various types of incidents and natural disasters 329

Goroshko E.Yu., Kostyukevich S.V. Legal basis of the fire safety audit system in the Republic of Belarus 335

Palevoda I.I., Kamlyuk A.N., Pasovets V.N., Korotkevich S.G. To the 60th anniversary of Professor, grand PhD in technical sciences Vadim Anatolyevich Kovtun 344

Rules of submitting articles for publication 348

DETERMINATION OF THE CENTER OF GRAVITY OF MULTI-FUNCTIONAL FIRE-FIGHTING AND RESCUE MOTORCYCLES USED IN VIETNAM

Le Quang Bon

Purpose. To determine a reasonable place for installing the equipment unit for the fire-rescue motorcycle, which allows maintaining the stability of the motorcycle when driving at a speed of $v \leq 70$ km/h.

Methods. To calculate the motorcycle motion model Matlab was used.

Findings. The methods have been developed for determining the coordinates of the center of gravity of a multifunctional fire and rescue motorcycle equipped with an equipment unit. The effect of motorcycle speed on its stability when turning around was researched.

Application field of research. The results of the work can be used in recommendations for motorcycles exploitation in case of moving to the fire place.

Keywords: motorcycle, center of gravity, driving control.

(The date of submitting: May 11, 2023)

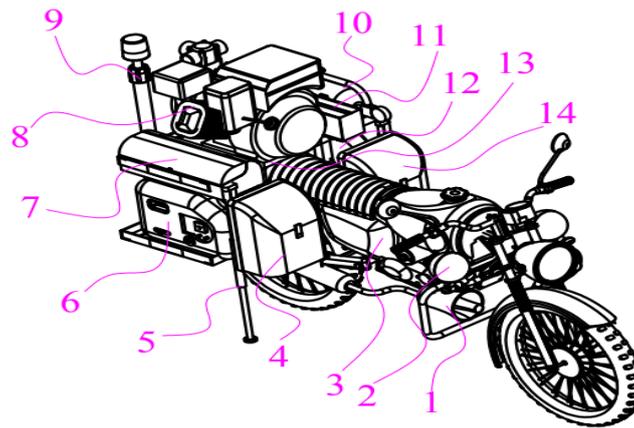
1. General layout of multi-functional fire-fighting and rescue vehicles

The multi-functional fire-fighting and rescue motorcycle (Fig. 1) is a scientific and technological product of the University of Fire Prevention and Fighting chaired by Lieutenant General Associate Professor Le Quang Bon. The vehicle is designed for fire-fighting and rescue at places where roads are narrow and alleys are difficult for large fire-fighting vehicles to access.



Figure 1. – Multi-function fire-fighting and rescue motorcycle products participating in the Vietnam International Defense Exhibition in 2022

The vehicle is designed on the basis of Japanese Honda CB150 Verza motorcycle with a single cylinder engine, SOHC, 150 cc air-cooled, electronic fuel injection system PGM-FI combined with 5-speed gearbox. This engine produces 13.04 horsepower at 8,500 rpm and maximum torque of 12.73 Nm at 6,000 rpm. The measured fuel consumption is 43.5 km/liter with the emission standard EURO 3. The vehicle is integrated with a fire-fighting system and equipment for rescue, patrolling, security, order and safety society (Fig. 2).



1 – priority whistle; 2 – priority flash; 3 – base motorcycle (Honda CB150 Verza); 4 – container for fire-fighting tools; 5 – electric kickstands keep the vehicle balanced during fire-fighting activities; 6 – generator; 7 – containers with fire-fighting hoses; 8 – Honda GX160 T2 engine fire pump; 9 – priority mast lights; 10 – fire extinguisher powder; 11 – portable intermediate water tank; 12 – roll water suction hose reel; 13 – rack frame; 14 – box containing multi-purpose demolition tools, drills, lights, gas masks

Figure 2. – General layout diagram of multi-functional fire-fighting and rescue vehicle

2. Method of determining the coordinates of the center of gravity of fire-fighting and rescue motorcycles

Determining the coordinates of the vehicle's center of gravity is very important because the center of gravity of the vehicle greatly affects the stability when moving [1–3]. The vehicle's center of gravity is characterized by the following three parameters:

- distance from the projection of the center of gravity on the road surface to the contact point of the front wheel, symbol l_1 ;
- distance from the projection of the center of gravity on the road surface to the contact point of the rear wheel, symbol l_2 ;
- height of center of gravity, i.e., the distance from the vehicle's center of gravity to the road surface, symbol h .

According to [4], [5] the coordinates of the center of gravity of a multi-purpose fire-fighting and rescue vehicle are determined through experimental methods as follows.

a) The method of determining the coordinates of the center of gravity of the fire engine in the longitudinal direction

To determine the center of gravity of the vehicle vertically we put the car on a horizontal plane with the front and rear wheels on the scale as shown in Figure 3. Let's denote the total weight of the vehicle with the symbol M ($M = mg$), and the weight acting on the front and rear wheels – M_f and M_r , respectively.

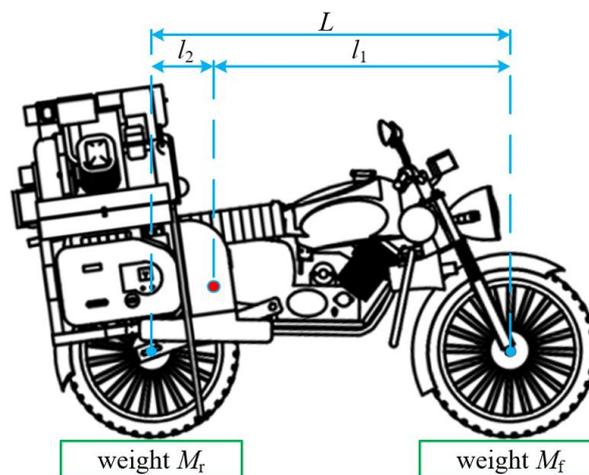


Figure 3. – Diagram of determining the horizontal longitudinal coordinates of the vehicle's center of gravity

The horizontal longitudinal coordinates of the vehicle's center of gravity are determined as follows:

$$l_1 = \frac{M_r}{M} L \quad \text{and} \quad l_2 = \frac{M_f}{M} L, \quad (1)$$

where M – weight of vehicle, N;

M_f and M_r – vehicle weight distributed to the front and rear wheels, N;

L – wheelbase length of the vehicle, m.

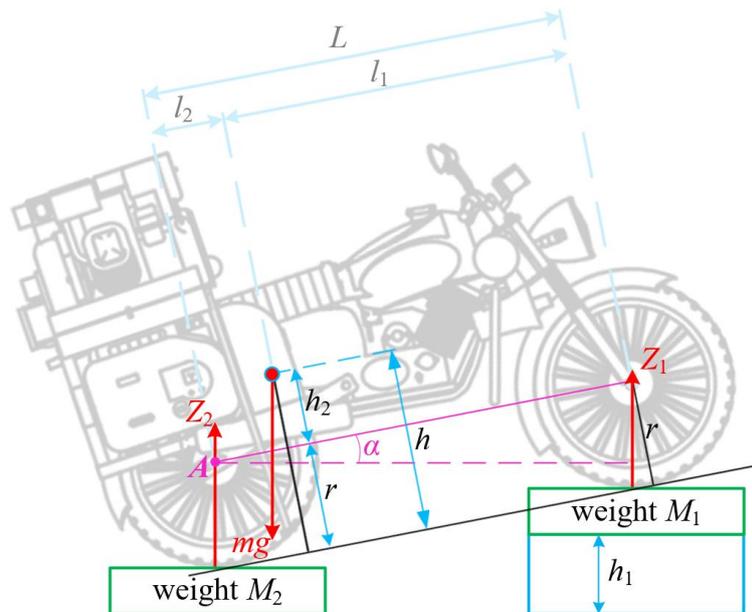
b) The method of determining the coordinates of the center of gravity of the fire engine according to the height

To determine the height of the center of gravity of the fire engine we raise the front axle to a height of h_1 , the vehicle deviates from the road by an angle α ($\alpha = 9^\circ$). The measurement of the weight transferred to the rear wheel M_2 is done by using a balance arranged as shown in Figure 4. The weight of the vehicle transferred to the front wheel will be M_1 :

$$M_1 = M - M_2. \quad (2)$$

The calculations do not include the weight of the motorcycle driver, because his share is about 10 % of the weight of the motorcycle with equipment and tools for fire extinguishing.

Before raising the front wheel of the vehicle, the vehicle is standing on a horizontal plane.



Z_1 and Z_2 – the surface reactions at the points where the wheels touch the road, the wheels are on a horizontal surface

Figure 4. – Diagram to determine the coordinates of the vehicle's center of gravity by height

Setting up the equation for the equilibrium of moments relative to point A (the center of the rear wheel of the motorcycle) of gravity and the reaction force of the support acting on the front wheel, we get:

$$-mg \cdot l_2 \cos \alpha + mg \cdot h_2 \sin \alpha + Z_1 \cdot L \cos \alpha = 0, \quad (3)$$

where m – mass of the motorcycle, kg;

g – free fall acceleration, m/s^2 ;

h_2 – distance from the center of gravity to the line connecting the centers of the wheels of the motorcycle, m;

Z_1 – the surface reaction at the point where the front wheel touch the road, N.

From (3) inferred:

$$h_2 = \frac{(-Z_1 L + mgl_2) \cos \alpha}{mg \sin \alpha}. \quad (4)$$

On the other hand, we have:

$$h - h_2 = r, \quad (5)$$

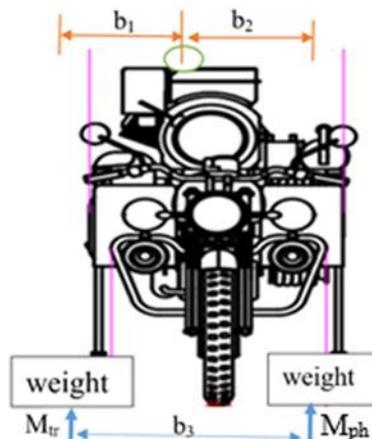
where r is the radius of the motorcycle wheel.

So we have:

$$h = h_2 + r = r + \frac{(-Z_1 L + mgl_2) \cos \alpha}{mg \sin \alpha}. \quad (6)$$

c) The method of determining the lateral horizontal coordinates of the center of gravity of the fire engine

To determine the lateral horizontal coordinates of the vehicle's center gravity we also weigh the vehicle as shown in Figure 5.



b_1 and b_2 – distance from the center of gravity of the vehicle to the left and right stand;
 b_3 – distance of 2 supports; M_{tr} and M_{ph} – vehicle weight distributed to the left and right

Figure 5. – Diagram of determining the lateral horizontal of the vehicle's center of gravity

The lateral horizontal coordinates of the vehicle's center of gravity are determined by the following formula:

$$b_1 = \frac{M_{tr}}{M} b_3 \quad \text{and} \quad b_2 = \frac{M_{ph}}{M} b_3. \quad (7)$$

where b_1 and b_2 – distance from the center of gravity of the vehicle to the left and right stand, m;
 b_3 – distance of 2 supports, m;
 M_{tr} and M_{ph} – vehicle weight distributed to the left and right, N.

3. Research results on the influence of the coordinates of the center of gravity on the angle of inclination of the fire-fighting and rescue motorcycle

The equation of motion of the center of mass of the motorcycle [2; 5–7] was done with the Matlab software considering (1), (6) and (7).

General form of equations:

$$m\ddot{X} = R_x^e; \quad m\ddot{Y} = R_y^e; \quad m\ddot{Z} = R_z^e.$$

where $R_{x,y,z}^e$ – the projections of the forces on the corresponding axes.

Initial conditions:

$$X_0 = 0; \quad Y_0 = 0; \quad Z_0 = 0 \quad \text{if} \quad t_0 = 0.$$

The start tilt angle is determined experimentally and depends on the speed of motion of the motorcycle.

In order to evaluate the stability of a fire-fighting motorcycle in motion we choose the output function as the vehicle's inclination angle as an indicator of stability when turning around and turning into a corner. The changed parameters are the coordinates (X_m, Y_m, Z_m) of the center of gravity of the fire-fighting equipment block installed on the vehicle and the speed of the motorcycle (changing from 8 to 14 km/h). The results of the survey are shown on the graph in Figure 6.

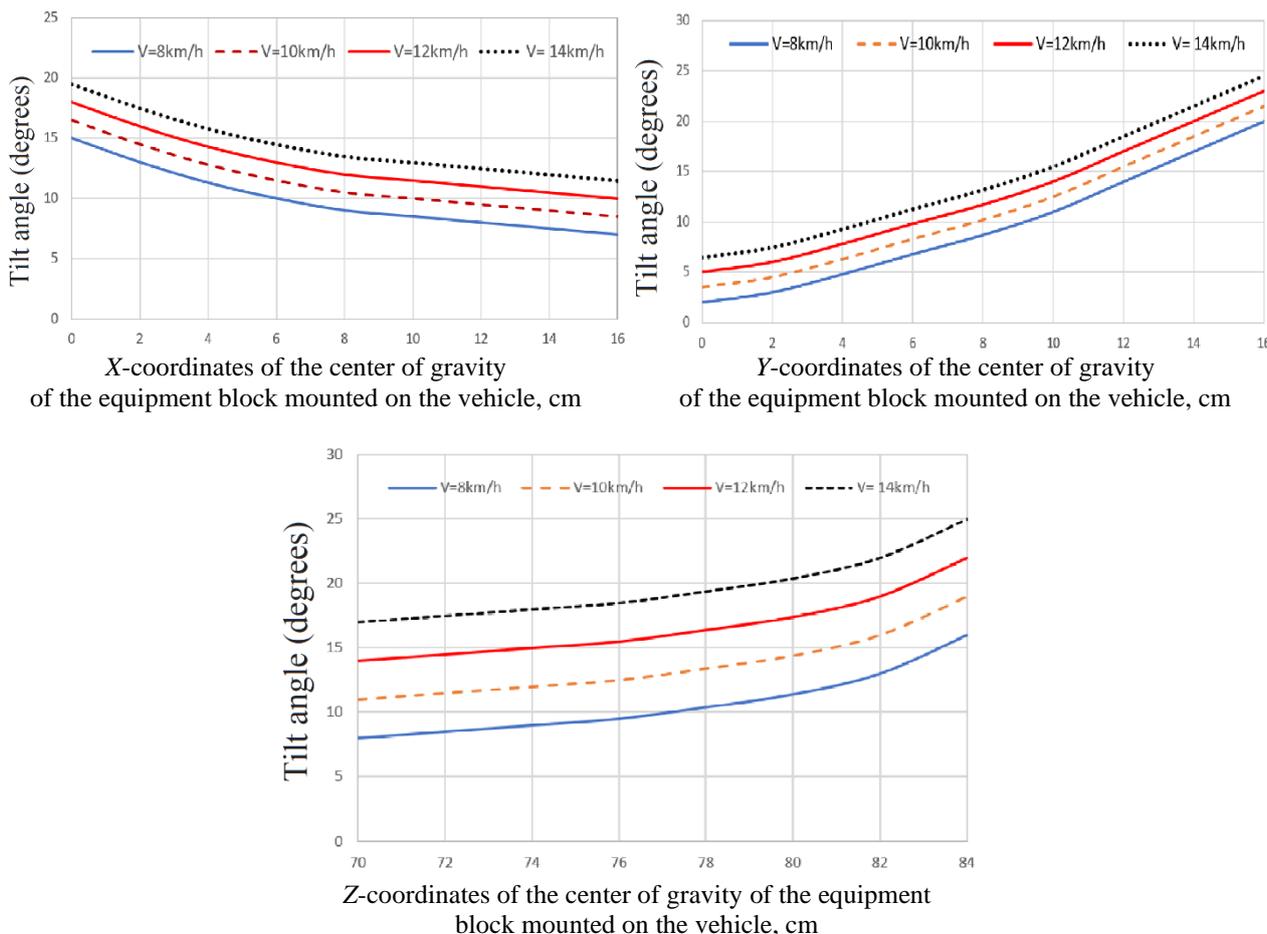


Figure 6. – The influence of the coordinates of the center of gravity of the equipment mounted on the vehicle on the tilt angle of the vehicle

According to the publications [5–7] the moving of the motorcycle will be stable if the tilt angle does not be more than 25–30°.

4. Conclusion

Firefighting and rescue motorcycles are designed on the basis of Honda CB150 Verza motorcycles when installing a block of fire-fighting and rescue equipment. Applying the planar dynamics model for two-wheeled vehicles, the system of differential equations of motion is established. Surveying the system of equations performed on Matlab gives the following results.

– The influence of the coordinates of the center of mass of the device mounted on the fire engine is significant on the vehicle's tilt angle (angle φ) in the dynamic model.

– The influence of the coordinates of the center of gravity on the tilt angle of the vehicle is different whereby the Y-coordinate of the center of gravity of the vehicle has the greatest influ-

ence, the Z-coordinate of the center of gravity has the smallest influence. The obtained survey results show that when designing and installing fire-fighting equipment on vehicles, the coordinates in the center of the Y axis must be reduced to increase the stability of the vehicle when turning around and turning into narrow alleys.

– When turning around, the greater the speed of moving, the greater the angle of inclination of the vehicle, so when turning around and turning into a corner it is necessary to determine a reasonable speed (max 14 km/h) to ensure the safety of the vehicle's approaching the fire as quickly as possible.

REFERENCES

1. Bay Vu Khac. *Technical math, Master lectures on machine learning and agricultural and forestry mechanization equipment*. Vietnam, Nguyen Tat Thanh University, 2005. (vie)
2. Tuan Luong Anh. *Research of motorcycle dynamics fire-fighting for annual city in Hanoi city*. PhD tech. sci. diss. Synopsis. Vietnam Forestry University. Ho Chi Minh, 2022. (vie)
3. Wu L., Zhang W.-J. Hierarchical modeling of semi-active control of a full motorcycle suspension with six degrees of freedom. Zhang *International Journal of Automotive Technology*, 2010. Vol. 11, No. 1. Pp. 27–32. DOI: 10.1007/s12239-010-0004-6.
4. Zanarini A. *Analisi cinetostatica grafica di meccanismi piani. Applicazioni per la Meccanica delle Macchine*. Italy, Bologna: Società Editrice Esculapio, 2012. (ita). ISBN: 978-88-7488-545-9.
5. Zanarini A., Brugnoli E. Frequency analysis of motorbike under motion conditions. *Proceedings of International Conference on Noise and Vibration Engineering 2012 including USD 2012 (ISMA2012-USD2012), Leuven, Belgium, 17-19 September 2012*. Belgium, Leuven: Curran Associates, 2013. Pp. 2291–2305. DOI: 10.13140/RG.2.1.2404.3608.
6. Hadpe, Mukesh, Deshmukh D.S., Solanki P.M. Vibration analysis of two wheeler (analytically). *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology (IJIRSET)*, 2014. Vol. 3, Iss. 11. Pp. 17415–17421. Url: <https://www.rroij.com/open-access/vibration-analysis-of-a-two-wheeleranalytically.pdf>. DOI: 10.15680/IJIRSET.2014.0311046.
7. Ellis J.R. *Vehicle Dynamics*. London: Business Books, 1969. 243 p. ISBN: 9780220992026.

Determination of the center of gravity of multi-functional fire-fighting and rescue motorcycles used in Vietnam

Определение центра тяжести многофункциональных пожарно-спасательных мотоциклов, используемых во Вьетнаме

Le Quang Bon

PhD, доцент

генерал-лейтенант

Университет пожарной безопасности
Министерства общественной безопасности
Социалистической Республики Вьетнам,
ректор

Адрес: ул. Хуат Дуй Тиен, 243,
р-н Тхань Суан,
100000, Ханой, Вьетнам

Email: ntuananhpc@gmail.com

Le Quang Bon

PhD, Associate Professor

Lieutenant General

University of Fire Prevention and Fighting
of the Ministry of Public Security of Vietnam,
Rector

Address: 243, Khat Duy Tien,
Thanh Xuan,
100000, Hanoi, Vietnam

Email: ntuananhpc@gmail.com

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЦЕНТРА ТЯЖЕСТИ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ МОТОЦИКЛОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ВО ВЬЕТНАМЕ

Ле Куанг Бон

Цель. Определить для пожарно-спасательного мотоцикла обоснованное место установки блока оборудования, позволяющее сохранять устойчивость мотоцикла при движении со скоростью $v \leq 70$ км/ч.

Методы. Для расчета модели движения мотоцикла использовался Matlab.

Результаты. Разработана методика определения координат центра тяжести многофункционального пожарно-спасательного мотоцикла, оснащенного блоком оборудования. Исследовано влияние скорости мотоцикла на его устойчивость при развороте.

Область применения исследований. Результаты работы могут использоваться в рекомендациях по эксплуатации мотоциклов при выезде к месту пожара.

Ключевые слова: мотоцикл, центр тяжести, управляемость.

(Поступила в редакцию 11 мая 2023 г.)

ЛИТЕРАТУРА

1. Bay, Vu Khac. Technical math, Master lectures on machine learning and agricultural and forestry mechanization equipment / Vu Khac Bay. – Vietnam, Nguyen Tat Thanh University, 2005.
2. Tuan, Luong Anh. Research of motorcycle dynamics fire-fighting for annual city in Hanoi city: PhD tech. sci. diss. Synopsis / Luong Anh Tuan; Vietnam Forestry University. – Ho Chi Minh, 2022.
3. Wu, L. Hierarchical modeling of semi-active control of a full motorcycle suspension with six degrees of freedom / L. Wu, W.-J. Zhang // International Journal of Automotive Technology. – 2010. – Vol. 11, No. 1. – P. 27–32. – DOI: 10.1007/s12239-010-0004-6.
4. Zanarini, A. Analisi cinetostatica grafica di meccanismi piani. Applicazioni per la Meccanica delle Macchine / A. Zanarini. – Italy, Bologna: Società Editrice Esculapio, 2012. – ISBN: 978-88-7488-545-9.
5. Zanarini, A. Frequency analysis of motorbike under motion conditions / A. Zanarini, E. Brugnoli // Proceedings of International Conference on Noise and Vibration Engineering 2012 including USD 2012 (ISMA2012-USD2012), Leuven, Belgium, 17-19 September 2012. – Belgium, Leuven: Curran Associates, 2013. – Pp. 2291–2305. – DOI: 10.13140/RG.2.1.2404.3608.
6. Hadpe, M. Vibration analysis of two wheeler (analytically) / M. Hadpe, D.S. Deshmukh, P.M. Solanki // International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology (IJIRSET). – 2014. – Vol. 3, Iss. 11. – Pp. 17415–17421. – DOI: 10.15680/IJIRSET.2014.0311046.
7. Ellis, J.R. Vehicle Dynamics / J.R. Ellis. – London: Business Books, 1969. – 243 p. – ISBN: 9780220992026.

CALCULATION OF THE THERMODYNAMIC PARAMETERS OF THE REACTION BETWEEN ACRYLOYL CHLORIDE AND WATER BY DENSITY FUNCTIONAL THEORY

Nguyen Huu Hieu, Phan Anh, Le Anh Tuan, Nguyen Thi Ngoc Anh

Purpose. Study of thermodynamic properties of acryloyl chloride to predict the danger if the acryloyl chloride is extinguished by water.

Methods. Thermodynamic properties (including enthalpy, free energy, entropy and heat capacity at constant pressure) of acryloyl chloride at vapor phase at 1.0 atm pressure and temperature range from 298.15 to 1000.00 K in steps of 100.00 K are determined by DFT calculations using PBE/PBE functional. As the basis set 6-311G++(d,p) is used.

Findings. Free energy, and heat of reaction between acryloyl chloride and water in the fire (at the same temperature range and pressure) have been calculated. In temperature range from 298.15 to 1000.00 K, the reaction between acryloyl chloride and water is exothermic. So, if firefighters use water to fight the fire of acryloyl chloride, a large amount of heat will be released. This heat makes the fire is more dangerous and difficult to fight.

Application field of research. The results of research can be used in prediction the hazard of burning of acryloyl chloride and ways of extinguishing it.

Keywords: burning of acryloyl chloride, reaction with water, thermodynamic properties, DFT, acryloyl chloride, extinguishing by water.

(The date of submitting: May 11, 2023)

1. Introduction

The history of density functional theory (DFT) began in 1926 with the creation of Thomas and Fermi theory. At first, this theory was very primitive, the application of this method often gave bad results [1]. Then, with the contributions of Slater, Hohenberg and Kohn with the Kohn - Sham equation, DFT has experienced a flourishing development stage and gained some certain achievement. Over the past thirty years, DFT has become a much used widely tool in computation quantum sciences such as physic and chemistry [1; 2] in which DFT is a computational quantum mechanical modelling method used to investigate the electronic structure of many-body systems, in particular atoms, molecules, and the condensed phases. The properties of a many-electron system can be determined by using DFT with functionals, i.e., functions of another function [2]. In computation chemistry, the electronic structure of a system is computed by DFT with an exchange correlation functional and a basis set. The choice of the exchange correlation functional and the basis set depends on the system to be calculated. From the electron structure, some properties of the system are determined such as: electronegativity and the electronic chemical potential, global hardness and softness, thermodynamic properties. etc. Based on these properties, the chemical properties of the system can be accurately predicted [2; 3]. Therefore, studies based on DFT can be applied in many other sciences closely related to chemistry, such as material science and fire science.

The development of fire science had been started since ancient times. Until the mid-20th century, the fire science had really evolved along with the development of other sciences, especially the basic sciences such as Mathematics, Physics, and Chemistry [4]. Fire science is an integrated field of many sciences of which chemistry is the core. Based on chemistry, specifically the patterns of the combustion reaction, the properties of the combustible are determined to give effective methods of extinguishing fires. One of the most widely recognized effective fire-fighting methods since ancient times is the use of water. Water is one of common fire extinguishing agents because it is very popular, safe, and cheap. The fire extinguishing mechanism of water is mainly to take away the heat released from combustion of fuel [5]. In the heat absorption process, water vaporizes to steam which reduces concentrations of oxygen and fuel at vapor phase. With these advantages, water is called “gold key” for extinguishing all type of fire. However, some materials

and some chemical compounds react actively with water such as calcium carbide, alkaline metal, some organic compound. These reactions are usually exothermic reactions and produce flammable products. So, water is not a suitable extinguishing agent for all types of fires, especially chemical fires when agents can react with water, such as acryloyl chloride.

Acryloyl chloride, has also known as 2-propenoyl chloride or prop-2-enoyl chloride or acrylic acid chloride, is the organic compound with the formula $\text{CH}_2=\text{CHCO}(\text{Cl})$ and CAS number 814 – 68 – 6. With 298.15 K temperature and 1.0 atm pressure of air, it is a colorless or pale-yellow liquid [6–8]. Acryloyl chloride is the toxic compound, highly flammable and can react with water to give hydrogen chloride and acrylic acid [6–9]. Acryloyl chloride is mainly used as a monomer and an intermediate in the synthesis of acrylate compounds. It is used in the manufacture of plastics, absorbents, anti-fog agents, coating materials, extended drug release capsules and paints [9; 10]. On other hand, the boiling point of acryloyl chloride is 167 °F at 760 mm Hg pressure of air (about 75 °C at 1.0 atm pressure of air) [6]. So, in the fire where is normally over 500 °C temperature [11], acryloyl chloride exists in the vapor state. With the above characteristics, acryloyl chloride is a common chemical widely used in the organic synthesis industry and the leakage of this compound will face many dangers to humans and the environment, especially when leakage occurs in a fire. In a fire, acryloyl chloride reacts with oxygen and releases very much heat which can cause rollover or flashover [7; 12]. To prevent these negative phenomena, the implementation of fire-fighting measures is imperative. However, acryloyl can react with water, so using water to extinguish the fire of this compound can aggravate the fire, so this work should be considered carefully from a scientific perspective. One of the methods to assess the danger of reaction between acryloyl chloride and water is using its thermodynamic properties in the temperature range of a fire. Thermodynamic characteristics of reaction between acryloyl chloride with water are determined by thermodynamic properties of reactants and product including acryloyl chloride, water, hydrogen chloride and acrylic acid. The thermodynamic properties of acryloyl chloride have been determined at 298.15 K temperature or lower temperatures in some previous studies [13], and some thermodynamic properties at other higher temperatures have been determined by semi – experimentation [14]. However, this data is not enough to determine the thermodynamic properties of reaction between acryloyl chloride with water in a fire. Therefore, determining the thermodynamic properties of acryloyl chloride and its reaction with water at higher temperatures is very important to predict the possibility of using water to extinguish a fire of acryloyl chloride and this work has become easier by using quantum chemistry with DFT calculations. This article focuses on clarifying this issue by using DFT calculations.

2. Calculation method

There are two planar geometric isomers of acryloyl chloride including *cis* - acryloyl chloride and *trans* - acryloyl chloride (Fig. 1) and other nonplanar isomers [14; 15]. In some early studies with gas-phase electron diffraction (GED), microwave (MW), and some spectra such as IR and Raman, planar *trans* structure of acryloyl chloride was confirmed which is more stable than *cis* structure and other nonplanar structures [14,15]. So, in this study, planar *trans* – acryloyl chloride structure is used to calculate thermodynamic properties. Since the mechanism of reaction between acryloyl chloride with water chloride is the substitution of the chlorine atom by the OH group, structure of acrylic acid is used to calculate which is *trans* structure (Figure 2). Since the temperature of the fire is normally over 500 °C, acryloyl chloride (boiling point is 75 °C [8]), water (boiling point is 100 °C), hydrogen chloride (boiling point is -85.05 °C) and acrylic acid (boiling point is 141 °C [8]) exist in vapor phase at 1.0 atm pressure of air, so their thermodynamic properties are calculated at vapor phase and 1.0 atm pressure.

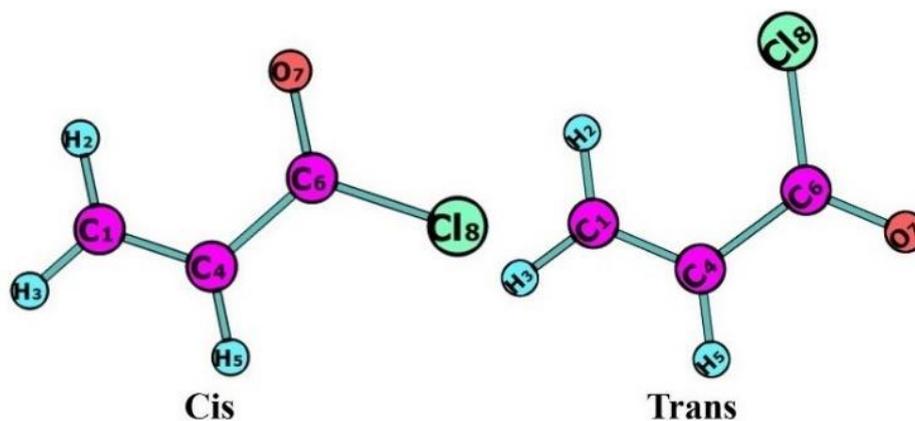


Figure 1. – Two geometric isomers of acryloyl chloride

The initial structures of each compound are designed by using GaussView 03 program package and all calculations in this study are performed by using Gaussian 03 program package [16]. Optimization process and frequency calculation has been carried out for each of reactant molecules (including acryloyl chloride and water) and product molecules (including hydrogen chloride and acrylic acid) of reaction between acryloyl chloride and water. Determining a reasonable calculation method is a mandatory requirement in any study. In this study, the method DFT is used. Although DFT method is a reliable method commonly used to calculate and determine the molecular structure and other properties of acryloyl chloride and other acrylate in some recent studies, [13,14,17] the re-validation of this method is extremely important to have a more objective view of the suitability of the calculation method. In this study, the total energy of acryloyl chloride molecular is calculated by DFT and other methods such as Hartree-Fork (HF), The second order of Møller-Plesset (MP2) with using the same basis set. The basis set is used which is 6-311G++(d,p). The total energy results are compared to confirm the reliability of the DFT method. Because of the similarity of structures between acryloyl chloride and acrylic acid, in the chosen method a determined structure is used and thermodynamic properties of acryloyl chloride are calculated which is used for acrylic acid calculating. On the other hand, structure of water and hydrogen chloride are calculated by DFT method which are good results [18–22].

Then, all structures of *trans* – acryloyl chloride, water, hydrogen chloride and acrylic acid were optimized, which are used to calculate and determine frequency values of vibrations. Based on these, frequency values of vibrations of each molecule was calculated, thermodynamic properties at 1.0 atm pressure and temperature range from 298.15 to 1000.00 K in steps of 100.00 K are determined. All thermodynamic properties of each compound are used to calculate thermodynamic peculiarities of this reaction by using the following equations [19]:

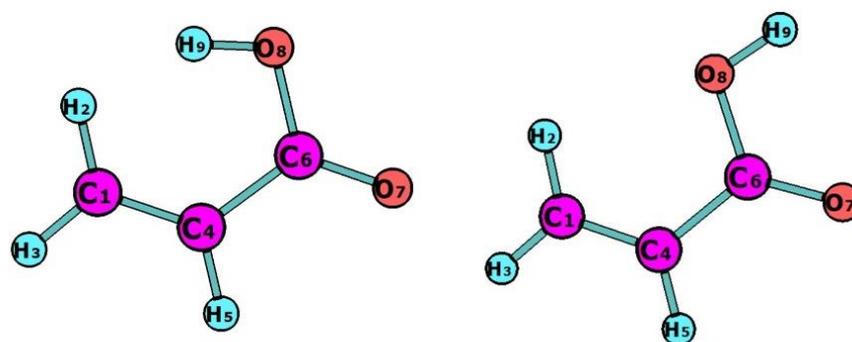
$$\Delta G_{Reaction,T} = \sum_{i \geq 1} (E_{tot} + G_{cor,T})_i^{Product} - \sum_{j \geq 1} (E_{tot} + G_{cor,T})_j^{Reactant} \quad (1)$$

$$\Delta S_{Reaction,T} = \sum_{i \geq 1} S_{i,T}^{Product} - \sum_{j \geq 1} S_{j,T}^{Reactant} \quad (2)$$

$$\Delta H_{Reaction,T} = \sum_{i \geq 1} (E_{tot} + H_{cor,T})_i^{Product} - \sum_{j \geq 1} (E_{tot} + H_{cor,T})_j^{Reactant} \quad (3)$$

with E_{tot} is total electronic energy at 0 K of each molecule, $\Delta G_{Reaction,T}$, $\Delta S_{Reaction,T}$ and $\Delta H_{Reaction,T}$ are variations of free energy, entropy and enthalpy of reaction, enthalpy of reaction at temperature T; $G_{cor,T}$ and $H_{cor,T}$ are free energy correction and enthalpy correction at temperature T, in which $G_{cor,T}$ and $H_{cor,T}$ including zero point vibration energy (ZPVE).

Enthalpy of reaction has also called as heat of reaction. Values of heat of reaction are used to assess the heat property of a chemical reaction. Endothermic reaction is reaction in which heat is absorbed and exothermic reaction is reaction in which heat is produced. Free energy of reaction is used to assess the possibility of a chemical reaction according to thermodynamic conditions.



(a) The first planar structure (b) The second planar structure
Figure 2. – Two planar structure of *trans* – acrylic acid

3. Results and discussion

3.1. Validation of DFT method

Total energy values which are determined from DFT method with different functionals (such as B3LYP, B3PW91, HCTH, PBEPBE, PBE1PBE, LSDA) have been compared with the total energies which are determined by other method. They are shown in Table 1. The results are calculated by using DFT method that shows the more accuracy (exception DFT method with using LSDA functional). The result is determined by DFT method with HCTH functional (DFT/HCTH method) which is the most accuracy with E_{tot} is -651.6318658 Hartree, that is the lowest energy. As we know that, with the same basis set, better calculation method is the method which gives geometric structure containing minimum energy [14; 21], DFT/HCTH method is likely to produce more accurate geometry structure.

Table 1. – Comparison of total energy of optimized structure of acryloyl chloride with other study

Method	Total energy of <i>trans</i> - acryloyl chloride (Hartree)	Relative error (%) from DFT/HCTH method (%)
DFT/HCTH/6-311G++(d,p)	-651.6318658	
DFT/B3LYP/6-311G++(d,p)	-651.6129335	0.003
DFT/LSDA/6-311G++(d,p)	-649.4281394	0.338
DFT/PBEPBE/6-311G++(d,p)	-651.1840191	0.069
DFT/PBE1PBE/6-311G++(d,p)	-651.2197143	0.063
DFT/B3PW91/6-311G++(d,p)	-651.4781636	0.024
HF/6-311G++(d,p)	-649.7521641	0.288
MP2/6-311G++(d,p)	-649.7490645	0.289

Comparing with DFT/HCTH method, 0.338 % is the highest relative error which has been calculated by the DFT/LSDA method and the lowest relative error is 0.003 %, it has been calculated by DFT/B3LYP method. MP2 and HF method are non DFT method, they show results with relative errors which are larger relative errors of other DFT method. However, these relative errors are the small values, so several other parameters need to be calculated to determine the suitable method. Suitable method is method that shows the most approximate results comparing with semi - experimental results. Specifically, in this study, thermodynamic parameters including entropy and heat capacity at constant pressure in 298.15 K temperature which are calculated. These results are shown at Table 2 and they are compared with semi - experimental result. Entropy and heat capacity at constant pressure in 298.15 K temperature of acryloyl chloride was determined by Compton et al. by using semi-experimental method in 1981 [14].

Table 2. – Comparison of entropy and heat capacity at constant pressure in 298.15 K temperature of acryloyl chloride with empirical results

Method	S (J·mol ⁻¹ ·K ⁻¹)	C _p (J·mol ⁻¹ ·K ⁻¹)	Relative error (%) from semi- experimental result of entropy	Relative error (%) from semi- experimental result of heat capacity at constant pressure
DFT/HCTH/6-311G++(d,p)	311.69	80.87	1.707	2.805
DFT/B3LYP/6-311G++(d,p)	310.29	80.02	2.148	3.822
DFT/LSDA/6-311G++(d,p)	310.00	80.94	2.239	2.716
DFT/PBEPBE	311.85	81.62	1.656	1.899
DFT/PBE1PBE	309.26	79.29	2.472	4.700
DFT/B3PW91/6-311G++(d,p)	309.87	79.72	2.280	4.183
HF/6-311G++(d,p)	306.12	75.43	3.463	9.339
MP2/6-311G++(d,p)	313.23	80.46	1.220	3.293
Semi - experimental method [14]	317.10	83.20	N/A	N/A

The relative errors from semi - experimental result of calculated entropy values which increase in the direction: MP2 < DFT/PBEPBE < DFT/HCTH < DFT/B3LYP < DFT/LSDA < DFT/B3PW91 < DFT/PBE1PBE < HF, on the other hand, the relative error from semi - experimental result of calculated heat capacity at constant pressure values which increase in the direction: DFT/PBEPBE < DFT/LSDA < DFT/HCTH < MP2 < DFT/B3LYP < DFT/B3PW91 < DFT/PBE1PBE < HF. MP2 method is the best method to calculate entropy with the relative error from semi - experimental result is 1.22 % but it is not the best method for calculating heat capacity at constant pressure with the relative error from semi - experimental result is 3.293 %. This relative error is more than relative error of entropy of DFT/PBEPBE, DFT/LSDA and DFT/HCTH method with relative errors are 1.899, 2.716 and 2.805 % respectively. The best method to calculate heat capacity at constant pressure that is DFT/PBEPBE with the relative error from semi - experimental result is 1.899 %. Although DFT/HCTH shows the most minimum total electronic energy, it is not the best method for calculating thermodynamic properties of acryloyl chloride. From the results above, DFT/PBEPBE method is the best DFT method for calculating for calculating thermodynamic properties acryloyl chloride. So, in this study, thermodynamic properties acryloyl chloride in temperature range from 298.15 to 1000.00 K in steps of 25.00 K at 1.0 atm pressure are calculated by DFT/PBEPBE method.

3.2. Optimized geometry parameters of acryloyl chloride

Values of bond lengths and bond angles of *trans* – acryloyl chloride planar structure was calculated by DFT/PBEPBE method with 6-311G(d,p) basis set level which are shown in Table 3 and Figure 3.

Table 3. – Bond length and bond angle parameters of *trans* – acryloyl chloride planar structure

Bond	Values (Angstrom, Å)	Angle	Values (degrees)
C ₁ – C ₄	1.341	O ₇ C ₆ Cl ₈	119.40
C ₄ – C ₆	1.475	C ₄ C ₆ Cl ₈	115.21
C ₆ – O ₇	1.198	C ₄ C ₆ O ₇	125.40
C ₆ – Cl ₈	1.834	C ₄ C ₁ H ₂	121.72
C ₁ – H ₃	1.092	H ₂ C ₁ H ₃	117.81
C ₁ – H ₂	1.091	H ₃ C ₁ C ₄	120.47
C ₄ – H ₅	1.094	C ₁ C ₄ C ₆	126.21
		C ₆ C ₄ H ₅	112.29
		C ₁ C ₄ H ₅	121.49

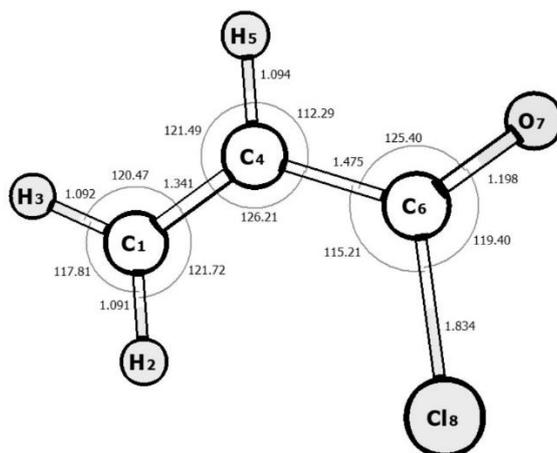


Figure 3. – *Trans* – acryloyl chloride planar structures are determined by DFT/PBEPBE using 6-311G++(d,p) basis set

The distance between centers of the two covalently bonded atoms is the bond length. The value of the bond length between two atoms is usually less than the sum of the radius of the two atoms. The values of carbon and hydrogen bond lengths in acryloyl chloride are 1.092 Å ($C_1 - H_3$), 1.091 Å ($C_1 - H_2$) and 1.094 Å ($C_4 - H_5$). These values are almost identical. Bond length of $C_4 - H_5$ is larger than bond lengths of $C_1 - H_2$ and $C_1 - H_3$, that is likely to be caused by the influence of the remaining substituent of C_4 atom. This substituent is $C(=O)Cl$ group of atoms. Bond length value of $C_4 - C_6$ is 1.475 Å which is larger than bond length value of $C_1 - C_4$ (1,341 Å). The type of bond (single and double bond) is the main reason of having a difference in this bond length value. $C_1 - C_4$ bond is the double bond and $C_4 - C_6$ bond is the single bond. This difference is caused by generally bond length decreases in the order: single bond > double bond > triple bond [15]. In this $C(=O)Cl$ group of atoms, $C_6 - O_7$ bond length value is 1.198 Å which is smaller than 1.834 Å value of $C_6 - Cl_8$ bond length, that is caused by the difference of their bond order (double bond of $C_6 - O_7$ and single bond of $C_6 - Cl_8$) and the difference between radius of oxygen atom and radius of chlorine atom.

Other important parameter for the optimized structure is bond angle because it has the effect on the molecule and even rise the bond angle in result of reducing micro tensile bond strength [21; 23]. It is the main factor to define the shape of the molecule. Sum of values of three bond angles around C_1 atom is 360 degrees, which confirms that the atoms including C_1 , C_4 , H_2 , H_3 atom are coplanar. In which, the value of $C_4C_1H_2$, $H_2C_1H_3$, and $H_3C_1C_4$ bond angle is 121.72, 117.81 and 120.47 degree respectively. The difference of bond angles around C_1 atom is caused by the radius of the hydrogen atom, which is smaller than the radius of the carbon atom. Sum of values of three bond angle around C_4 atom and sum of values of three bond angles around C_6 atom are also similar sum of values of three bond angle around C_6 atom. They also have sum of bond angle values which is 360 degrees. It confirms that all the atoms in the acryloyl chloride molecule are coplanar. This result is completely consistent with the results of previous structural studies of acryloyl chloride by other methods [13; 15].

3.3. Calculation results of thermodynamic properties of acryloyl chloride

Entropy (S), heat capacity at constant pressure (C_P), sum of electronic and thermal enthalpies ($E_{tot} + H_{cor}$, including zero point energy), sum of electronic and thermal free energies ($E_{tot} + G_{cor}$, including zero point energy) of trans-acryloyl chloride in temperature range from 298.15 to 1000.00 K in steps of 100.00 K are determined by DFT/PBEPBE, which are shown in Table 4. These results are compared with semi-experimental result which was determined by Compton et al. [14].

Table 4. – S, C_p , ($E_{tot} + H_{cor}$), ($E_{tot} + G_{cor}$) of trans - acryloyl chloride with temperature range from 298.15 to 1000.00 K in steps of 100.00K are determined by DFT/PBEPBE and compared with semi-experimental result

T (K)	DFT/PBEPBE/6-311G++(d,p)				Semi-experimental result [14]		Relative error (%) from semi-experimental result	
	S ($J \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1}$)	C_p ($J \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1}$)	$E_{tot} + H_{cor}$ (Hartree)	$E_{tot} + G_{cor}$ (Hartree)	S ($J \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1}$)	C_p ($J \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1}$)	S (%)	C_p (%)
298.15	311.85	81.62	-651.126649	-651.162047	317.1	83.2	1.656	1.899
300.00	312.36	81.94	-651.126591	-651.162267	317.6	83.5	1.650	1.868
400.00	338.12	97.43	-651.123168	-651.174659	343.7	98.1	1.624	0.683
500.00	361.27	110.05	-651.119210	-651.187980	367.0	110.4	1.561	0.317
600.00	382.26	120.19	-651.114820	-651.202140	388.0	120.4	1.479	0.174
700.00	401.43	128.43	-651.110082	-651.217063	407.2	128.6	1.417	0.132
800.00	419.04	135.26	-651.105058	-651.232686	424.8	135.5	1.356	0.177
900.00	435.31	141.00	-651.099796	-651.248953	441.1	141.3	1.313	0.212
1000.0	450.43	145.87	-651.094333	-651.265817	456.3	146.2	1.286	0.226

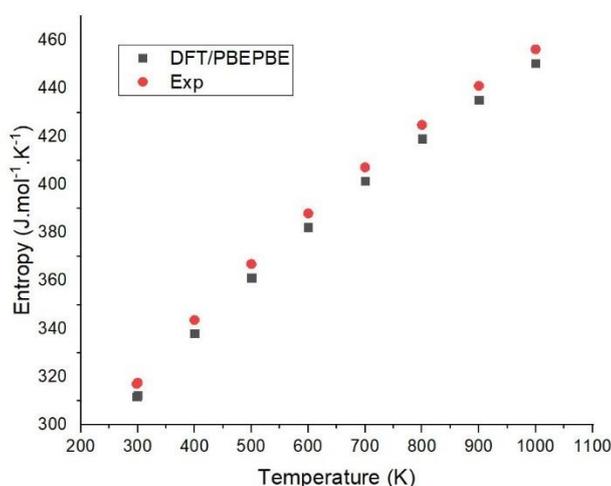


Figure 4. – The dependence of calculated reaction entropy on the temperature in comparison with experiment

There are relatively small differences between entropy values which are calculated by using DFT/ PBEPBE with the semi-experimental entropy values. The highest relative error of entropy is 1.656 % at 298.15 K temperature and the lowest relative error is 1.28 6%. These relative errors tend to decrease with increasing temperature. From the results of entropy shown at Table 4 and Figure 4 the entropy of Acryloyl chloride increases with increasing temperature. Therefore, increasing temperature increases the diffusion of Acryloyl chloride, because the diffusion of a gas increases with increasing entropy [24–26]. So, in a fire, with a rapid increase in temperature, acryloyl chloride will diffuse more strongly, which can cause dangerous phenomena such as flashover or explosion [12]. However, in the temperature range from 298.15 to 1000 K, the entropy values increase slowly, about 50 %. This slow increasing is explained by structure of acryloyl chloride, in which there are only 7 valent bonds. So, the diffusion of acryloyl chloride increases slowly. For this reason, the probability of rollover and flashover are very low without convection [12].

With heat capacity at constant pressure values, their relative errors are compared with semi - experimental results which are relatively small (about under 2 %). The highest relative error of heat capacity at constant pressure is 1.899 % at 298.15 K temperature. Same as entropy, these relative errors tend to decrease with increasing temperature. From the results of heat capacity at constant pressure shown at Table 4 and Figure 5, the entropy of acryloyl chloride increases with increasing temperature.

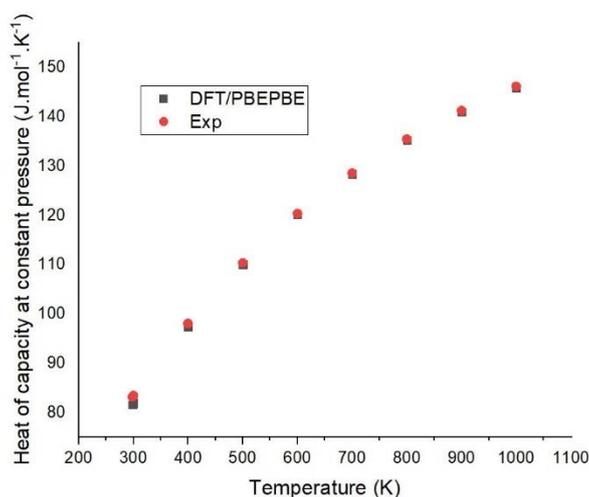


Figure 5. – The dependence of calculated heat capacity at constant pressure on the temperature in comparison with experiment

3.4. Result of optimized geometries of acrylic acid, water and hydrogen chloride

Since acrylic acid structure is similar to structure of acryloyl chloride, the method is used to determine optimized geometry of molecule and calculate thermodynamic properties which is DFT/PBEPBE. Same as acryloyl chloride structure, acrylic acid structure is *trans* structure and this structure is relatively planar. The flatness of the *trans* acrylic acid structure depends on the rotation of the O₈ – H₉ bond around the C₆ – O₈ bond axis. This rotation is represented by the value of the O₇C₆O₈H₉ dihedral angle (Fig. 6). In this study, energy of *trans* acrylic acid structures with other values of the O₇C₆O₈H₉ dihedral angle are calculated by DFT/PBEPBE/6-311G++(d,p) method to determine the best structure of *trans* acrylic acid. The best structure is the structure which contains minimum energy [21]. The results of total electronic energy with other values of the O₇C₆O₈H₉ dihedral angle are shown in Table 5. Value of the O₇C₆O₈H₉ dihedral angle is in value range from -180 to 180 degree in 30 degrees steps.

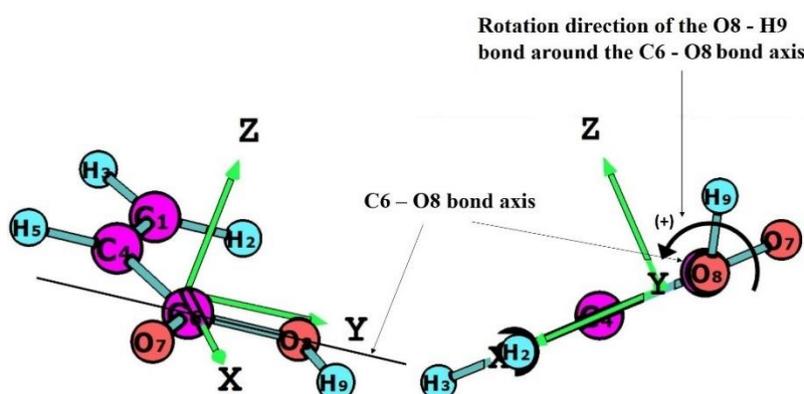


Figure 6. The scheme of rotation of the O₈ – H₉ bond around the C₆ – O₈ bond axis

From calculation results of total electronic energy shown in Table 5 and Figure 7, there are obtained two planar structures of *trans* acrylic acid including the first planar structure and the second planar structure which are shown in Figure 2. In which, -266.9444380 Hartree is value of total electronic energy of the second planar structure which is smaller than of total electronic energy of the first planar structure (-266.9311143 Hartree). Moreover, this second planar structure also has a smaller energy than energy of other nonplanar structures. So that, it is chosen structure to optimize geometry structure of acrylic acid.

Table 5. – Total electronic energy of *trans* acrylic acid structures with other values of the O₇C₆O₈H₉ dihedral angle

Value of the O ₇ C ₆ O ₈ H ₉ dihedral angle (Degree)	Total electronic energy (Hartree)	Structure
180	-266.9311143	The first planar structure
150	-266.9297593	Nonplanar structure
120	-266.9249334	Nonplanar structure
90	-266.9230360	Nonplanar structure
60	-266.9299278	Nonplanar structure
30	-266.9398731	Nonplanar structure
0	-266.9444380	The second planar structure
-30	-266.9398338	Nonplanar structure
-60	-266.9299033	Nonplanar structure
-90	-266.9230280	Nonplanar structure
-120	-266.9249410	Nonplanar structure
-150	-266.9297690	Nonplanar structure
-180	-266.9311143	The first planar structure

Note. The negative sign of the dihedral angle value is the rotation of the O₈ – H₉ bond around the C₆ – O₈ bond axis in the opposite direction to the conventional direction which is shown in Figure 6.

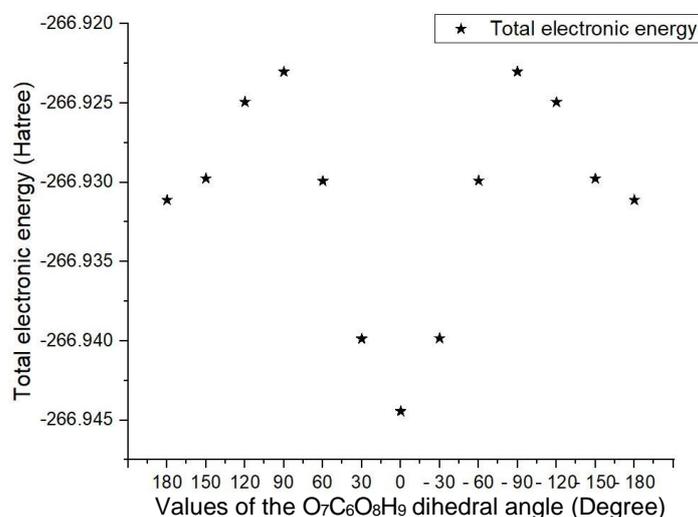


Figure 7. – Diagram of total electronic energy of *trans* acrylic acid structures with other values of the O₇C₆O₈H₉ dihedral angle

Optimized geometry structure of *trans* acrylic acid is determined by DFT/PBEPBE/6-311G++(d,p). Values of bond lengths and bond angles of *trans* acrylic acid are shown at Table 6 and Figure 8.

Table 6. – Bond length and bond angle parameters of *trans* acrylic acid planar structure and comparison with structure of acryloyl chloride

Acrylic acid		Relative error (%) from the length of the same type of bond of acryloyl chloride		Acrylic acid		Relative error (%) from the value of bond angle of acryloyl chloride	
Bond	Values (Å)	The same type of bond length values of acryloyl chloride	Relative error (%)	Angle	Values (degrees)	The same type of bond angle values of acryloyl chloride	Relative error (%)
C ₁ – C ₄	1.341	1.341	0.00	O ₇ C ₆ O ₈	122.43	N/A	N/A
C ₄ – C ₆	1.480	1.475	0.34	C ₄ C ₆ O ₈	113.52	N/A	N/A
C ₆ – O ₇	1.220	1.198	1.84	C ₄ C ₆ O ₇	124.04	125.40	1.08
C ₆ – O ₈	1.369	N/A	N/A	C ₄ C ₁ H ₂	121.31	121.72	0.34
C ₁ – H ₃	1.092	1.092	0.00	H ₂ C ₁ H ₃	117.69	117.81	0.10
C ₁ – H ₂	1.092	1.091	0.09	H ₃ C ₁ C ₄	120.99	120.47	0.43
C ₄ – H ₅	1.092	1.094	0.18	C ₁ C ₄ C ₆	124.57	126.21	1.30
O ₈ – H ₉	0.978	N/A	N/A	C ₆ C ₄ H ₅	113.54	112.29	1.11
				C ₁ C ₄ H ₅	121.89	121.49	0.33
				C ₆ O ₈ H ₉	105.59	N/A	N/A

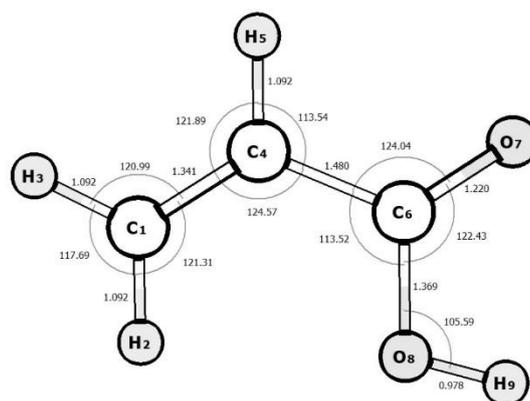


Figure 8. – The second planar structures of *trans* acrylic acid are determined by DFT/PBEPBE method with using 6-311G++(d,p) basis set

Comparing with optimized structure of acryloyl chloride, bond length and bond angle parameters of acrylic acid are similar to bond length and bond angle parameters of acryloyl chloride in group atoms (including C₁, C₄, C₆, H₂, H₃, H₅, O₇). In which, minimum relative error of bond length is 0,00 % (C₁ – C₄ bond and C₁ – H₃ bond) and maximum relative error of bond length is 1,84 % (C₆ – O₇ bond). That is caused by the location of these bond relative to OH substituent in acrylic acid molecule. C₁ – C₄ bond and C₁ – H₃ bond are farther from OH substituent than C₆ – O₇ bond. So, OH substituent affects C₆ – O₇ bond more than other bond in acrylic acid molecule. This influence is due to many reasons, and they will be explored in another study. With the same reasons, 0.10 % is the minimum relative error of H₂C1H₃ bond angle and the maximum relative error is 1.30 % (C₁C₄C₆).

With water and hydrogen chloride, in early studies, DFT/B3LYP method is confirmed to be a suitable method for determining optimized geometry at vapor phase [18–22]. Chosen basis set in all cases is 6-311G++(d,p). So, in this study, DFT/B3LYP/6-311G++(d,p) method is chosen for optimized geometry calculations of water and hydrogen chloride structure at vapor phase. Optimized geometry parameters of water structure and hydrogen chloride structure are also shown in Figure 9 and Table 7.

Table 7. – Optimized geometry parameters of water and hydrogen chloride structure

Compound	Bond (Å)	DFT/B3LYP	Exp	Relative error (%)	Angle (degrees)	DFT/B3LYP	Exp	Relative error (%)
Water	O ₁ – H ₂	0.962	0.958 ^{a, b}	0.42%	H ₃ O ₁ H ₂	105.05	104.48 ^{a, b}	0,55%
	O ₁ – H ₃	0.962	0.958 ^a	0.42%	-	-	-	-
Hydrogen chloride	Cl ₁ – H ₂	1.287	1.275 ^c	0.94%	N/A			

Note. ^a Experimental results from Cook et al. [27] and the references therein.

^b Experimental results from Hoy et al. [28] and the references therein.

^c Experimental results from Hehre et al. [29] and the references therein.

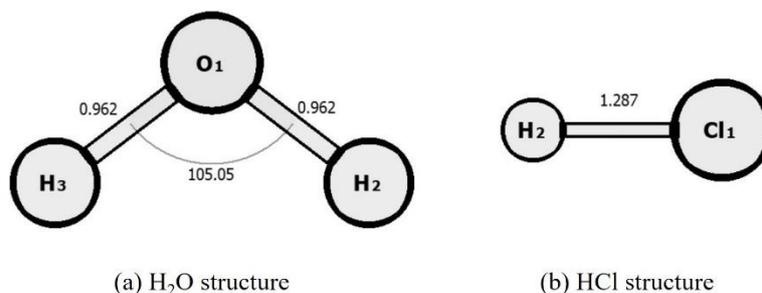


Figure 9. Structures of water and hydrogen chloride

Optimized geometry parameters of water and hydrogen chloride structure is calculated by DFT/B3LYP/6-311G++(d,p) method which are very small relative errors with comparing to

experimental, about under 1 %. With these relative errors, DFT/B3LYP/6-311G++(d,p) method is reliable enough to be used to calculate the thermodynamic parameters of water and hydrogen chloride.

3.5. Calculation results of thermodynamic properties water, acetic acid and hydrogen chloride

Thermodynamic properties of water, hydrogen chloride, and acrylic acid at vapor phase in temperature range from 298.15 to 1000.00 K in steps of 100.00 K are determined by DFT/B3LYP/6-311G++(d,p) which are shown in Table 8, 9, and thermodynamic properties values acrylic acid are determined by DFT/PBEPBE/6-311G++(d,p) which are shown at Table 10. Thermodynamic properties are determined as entropy (S), heat capacity at constant pressure (C_p), sum of electronic and thermal enthalpies ($E_{tot} + H_{cor}$), sum of electronic and thermal free energies ($E_{tot} + G_{cor}$). Calculated entropy values and heat capacity at constant pressure values are compared with experimental values.

Table 8. Thermodynamic properties of water at vapor phase

T (K)	DFT/B3LYP/6-311G++(d,p)				Experimentation [30; 31]		Relative error (%)	
	S (J·mol ⁻¹ ·K ⁻¹)	C _p (J·mol ⁻¹ ·K ⁻¹)	E _{tot} + H _{cor} (Hartree)	E _{tot} + G _{cor} (Hartree)	S (J·mol ⁻¹ ·K ⁻¹)	C _p (J·mol ⁻¹ ·K ⁻¹)	S	C _p
298.15	188.73	33.49	-76.433469	-76.454891	188.84	33.60	–	–
300.00	188.93	33.50	-76.433445	-76.455024	–	–	–	–
400.00	198.65	34.14	-76.432159	-76.462410	–	–	–	–
500.00	206.37	35.09	-76.430841	-76.470125	–	35.22	–	–
600.00	212.86	36.15	-76.429485	-76.478109	–	36.31	–	–
700.00	218.52	37.25	-76.428088	-76.486323	–	37.48	–	–
800.00	223.56	38.38	-76.426648	-76.494740	–	38.74	–	–
900.00	228.15	39.53	-76.425165	-76.503340	–	39.99	–	–
1000.0	232.38	40.70	-76.423637	-76.512107	–	41.32	–	–

Table 9. Thermodynamic properties of hydrogen chloride at vapor phase

T (K)	DFT/B3LYP/6-311G++(d,p)				Experimentation [30; 31]		Relative error (%)	
	S (J·mol ⁻¹ ·K ⁻¹)	C _p (J·mol ⁻¹ ·K ⁻¹)	E _{tot} + H _{cor} (Hartree)	E _{tot} + G _{cor} (Hartree)	S (J·mol ⁻¹ ·K ⁻¹)	C _p (J·mol ⁻¹ ·K ⁻¹)	S	C _p
298.15	186.71	29.11	-460.824042	-460.845235	186.90	29.14	0.1	0.1
300.00	186.89	29.11	-460.824022	-460.845367	–	–	–	–
400.00	195.26	29.13	-460.822913	-460.852649	–	–	–	–
500.00	201.78	29.24	-460.821802	-460.860212	–	–	–	–
600.00	207.13	29.48	-460.820685	-460.867998	–	–	–	–
700.00	211.70	29.85	-460.819556	-460.875973	–	–	–	–
800.00	215.71	30.31	-460.818411	-460.884110	–	–	–	–
900.00	219.31	30.83	-460.817247	-460.892393	–	–	–	–
1000.0	222.59	31.36	-460.816063	-460.900805	–	–	–	–

Table 10. Thermodynamic properties of acrylic acid at vapor phase

T (K)	DFT/PBEPBE/6-311G++(d,p)				Experimentation [32]		Relative error (%)	
	S (J·mol ⁻¹ ·K ⁻¹)	C _p (J·mol ⁻¹ ·K ⁻¹)	E _{tot} + H _{cor} (Hartree)	E _{tot} + G _{cor} (Hartree)	S (J·mol ⁻¹ ·K ⁻¹)	C _p (J·mol ⁻¹ ·K ⁻¹)	S	C _p
298.15	301.76	81.72	-266.873162	-266.907414	–	81.8	–	0.10
300.00	302.26	82.09	-266.873104	-266.907627	–	82.18	–	0.10
400.00	328.52	100.85	-266.869612	-266.919641	–	101.24	–	0.39
500.00	352.75	116.33	-266.865467	-266.932616	–	116.65	–	0.27
600.00	375.10	128.76	-266.860793	-266.946477	–	128.73	–	0.02
700.00	395.73	138.83	-266.855692	-266.961156	–	138.32	–	0.37
800.00	414.83	147.15	-266.850244	-266.976590	–	146.12	–	0.70
900.00	432.58	154.16	-266.844504	-266.992725	–	152.60	–	1.02
1000.0	449.14	160.12	-266.838519	-267.009513	–	158.08	–	1.29

3.6. Calculation results of thermodynamic characteristics of reaction between acryloyl chloride and water

In a fire, reaction between acryloyl chloride and water occurs at vapor phase with mole ratio: $C_3H_3OCl + H_2O \rightarrow C_3H_4O_2 + HCl$ [8]. Heat of reaction and free energy of reaction are calculated by using (3) and (1). $(E_{tot} + H_{cor,T})$ and $(E_{tot} + G_{cor,T})$, previously received values of acryloyl chloride, water, hydrogen chloride and acrylic acid are used to calculate heat of reaction and free energy of reaction in temperature range from 298.15 to 1000.00 K in steps of 100.00 K at 1.0 atm pressure. They are shown in Table 9.

Table 11. Heat of reaction and free energy of reaction between acryloyl chloride and water

T (K)	Heat of reaction, (kJ·mol ⁻¹)	Free energy of reaction, (kJ·mol ⁻¹)
298.15	-359.919	-356.309
300.00	-359.930	-356.288
400.00	-360.213	-355.023
500.00	-360.266	-353.715
600.00	-360.148	-352.410
700.00	-359.898	-351.142
800.00	-359.560	-349.911
900.00	-359.142	-348.732
1000.0	-358.675	-347.600

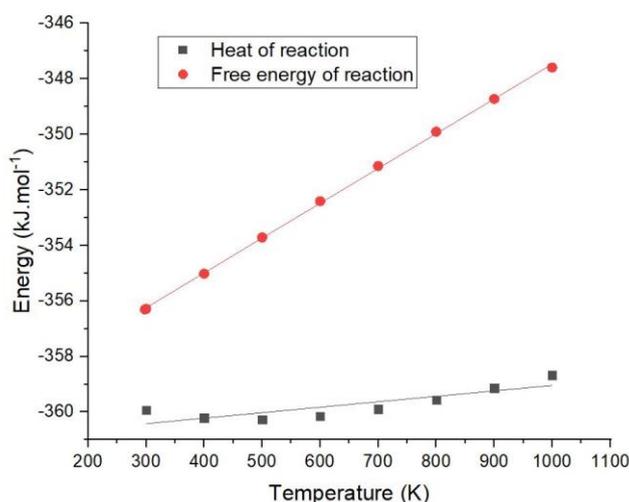


Figure 10. – The dependence of heat and free energy of reaction between acryloyl chloride and water on the temperature

The results are presented in Table 11 and Figure 10. Some comments about the reaction of acryloyl chloride with water are given below.

With heat of reaction between acryloyl chloride and water, all received values are less than 0 kJ·mol⁻¹. So, this reaction is the exothermic reaction in a fire [33]. This amount of heat is relatively large because minimum value of the heat released of the reaction is 358.675 kJ·mol⁻¹ which is not much smaller than heat released of fire reaction (about 418 kJ per mole of oxygen) [34]. Heat reaction values decrease with increasing temperature in temperature range from 298.15 to 500 K and they increase with increasing temperature in temperature range from 500 to 1000 K. This variation of heat of reaction is not linear. The maximum released heat of reaction is 360.266 kJ·mol⁻¹ at 500 K. This temperature point may be the point at which the reaction between acryloyl chloride and water begins to occur at a rate large enough to overcome the potential energy barrier. However, that is likely be confirmed in another study of the kinetics of this reaction.

With free energy of reaction between acryloyl chloride and water, all received values are less than 0 kJ·mol⁻¹. So, on the thermodynamic conditions reaction between acryloyl chloride and

water is likely to occur at any temperature in the fire [33]. The free energy values of this reaction have a linear variation in the temperature range from 298.15 to 1000 K, in which they increase with increasing temperature.

3.7. Recommendation in fighting of the acryloyl chloride fire

In a fire which is caused by a combustion reaction of acryloyl chloride or a fire with a leak of this compound, fire-fighting has become extremely complicated because of selection of fire extinguishing agents. Water is the most common fire extinguishing agent, however, using water in this case carries many risks because of the strong reaction between acryloyl chloride and water that is reflected in the very negative free energy value of this reaction. Other hand, the heat released by this reaction can increase the danger of a fire. Therefore, water should be limited for fighting the fires of acryloyl chloride, especially water in fog form or small water jet. In small fires of acryloyl chloride, carbon dioxide, dry chemical such as sodium bicarbonate or ammonium hydrogen phosphate are extinguishing agents which are recommended for firefighting [35]. However, in large acryloyl chloride fires water can still be used in overflow form to increase efficiency in extinguishing fires if water is not in direct contact with acryloyl chloride.

4. Conclusion

With acryloyl chloride, calculating geometry optimizations of molecules and thermodynamic properties by applying DFT method showed the good results (comparing with empirical results). The conclusions of this quantum chemical study about reaction between acryloyl chloride and water are as follows.

In a fire, reaction between acryloyl chloride and water occur in vapor phase because the boiling point of reactants and productions are less than the temperature of the fire.

Thermodynamic properties of acryloyl chloride, acrylic acid, water, and hydrogen chloride are calculated by DFT method. These calculations are based on their optimized structure.

The free energy calculation of this present study clearly indicates that according to thermodynamic conditions, reaction between acryloyl chloride and water is likely to occur at any temperature in the fire. This result is one of the scientific bases to confirm the strongly reactivity of acryloyl with water in a fire.

This reaction is the exothermic reaction in a fire. So, if firefighters use water to suppress the burning of acryloyl chloride, a large amount of heat will be released. This heat makes the fire more dangerous and difficult to fight.

Acknowledgments

This research is financially supported by The University of Fire Prevention and Fighting of Vietnam. We would like to thank Dr. Nguyen Ngoc Ha in Hanoi National University of Education for supporting the authors to complete this study.

REFERENCES

1. Burke K. Perspective on density functional theory. *The Journal of Chemical Physics*, 2012. Vol. 136, Iss. 15. Article 150901, 10 p. DOI: 10.1063/1.4704546.
2. Geerlings P., De Proft F., Langenaeker W. Conceptual density functional theory. *Chemical Reviews*, 2003. Vol. 103, Iss. 5. Pp. 1793–1874. DOI: 10.1021/cr990029p.
3. Parr R.G. Density functional theory of atoms and molecules. In: Fukui K., Pullman B. (eds) *Horizons of quantum chemistry. International Academy of Quantum Molecular Science, Vol. 3*. Springer, Dordrecht, 1980. Pp. 5–15. DOI: 10.1007/978-94-009-9027-2_2.
4. Emmons H.W. The growth of fire science. *Fire Safety Journal*, 1981. Vol. 3, Iss. 2. Pp. 95–106. DOI: 10.1016/0379-7112(81)90036-9.
5. Sardqvist S. *Water and other extinguishing agents*. Raddnings Verket, Karlstad, Sweden, 2002. Pp. 35–147. ISBN: 91-7253-265-3.

6. Acryloyl chloride. Compound summary PubChem CID 13140. *National Center for Biotechnology Information*, available at: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Acryloyl-chloride> (accessed: August 7, 2021).
7. Urben P. *Bretherick's handbook of reactive chemical hazards*: eTextbook. 8th edition. Elsevier, 2017. ISBN: 9780081010594.
8. Ohara T., Sato T., Shimizu N., Prescher G., Schwind H., Weiberg O., Marten K., Greim H., Shaffer T.D., Nandi P. Acrylic acid and derivatives. *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. Weinheim: Wiley-VCH, 2020. DOI: 10.1002/14356007.a01_161.pub4.
9. Movsisyan M., Heugebaert T.S.A., Dams R., Stevens C.V. Safe, selective, and high-yielding synthesis of Acryloyl chloride in a continuous-flow system. *ChemSusChem*, 2016. Vol. 9, Iss. 15. Pp. 1945–1952. DOI: 10.1002/cssc.201600348.
10. Chinelatto M.A., Agnelli J.A.M., Canevarolo S.V. Synthesis and characterization of copolymers from hindered amines and vinyl monomers. *Polímeros*, 2014. Vol. 24, No. 1. Pp. 30–36. DOI: 10.4322/polimeros.2014.046.
11. Sharma P., Quintiere J.G. Compartment Fire Temperatures. *Journal of Fire Protection Engineering*, 2010. Vol. 20, Iss. 4. Pp. 253–271. DOI: 10.1177/1042391510380139.
12. Ma T. *Ignitability and explosibility of gases and vapors*. New York: Springer, 2015. DOI: 10.1007/978-1-4939-2665-7.
13. Koroleva L.A., Tyulin V.I., Ivannikova V.V., Matveev V.K., Pentin Yu.A. An analysis of the vibrational structure of the UV absorption spectrum of acryloyl chloride vapor. *Russian Journal of Physical Chemistry*, 2006. Vol. 80, No. 2. Pp. 231–237. DOI: 10.1134/S0036024406020208.
14. Compton D.A.C., George W.O., Goodfield J.E., Maddams W.F. The vibrational spectra, conformational and thermodynamic properties of 2-chlorobuta-1,3-diene (chloroprene) and propenoyl chloride. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular Spectroscopy*, 1981. Vol. 37, Iss. 3. Pp. 147–161. DOI: 10.1016/0584-8539(81)80135-3.
15. Ge M., Ma C., Xue W. Acryloyl chloride and acryloyl isocyanate ($\text{CH}_2=\text{CHC}(\text{O})\text{X}$, $\text{X} = \text{Cl}, \text{NCO}$): a HeI photoelectron spectroscopy and theoretical study. *The Journal of Physical Chemistry A*, 2009. Vol. 113, Iss. 13. Pp. 3108–3115. DOI: 10.1021/jp8110277.
16. Frisch M.J., Trucks G.W., Schlegel H.B., Scuseria G.E., Robb M.A., et al. *Gaussian 03. Revision A.1*. Gaussian Inc., Pittsburgh, PA, 2003.
17. Sharma A., Gupta V.P., Viridi A. RHF and DFT based study of the structure, thermodynamic properties and electronic spectra of methacryloyl halides. *Indian Journal of Pure & Applied Physics*, 2004. Vol. 42, Iss. 4. Pp. 251–257.
18. Enudi O.C., Louis H., Edim M.M., Agwupuye J.A., Ekpen F.O., Bisong E.A., Utsu P.M. Understanding the aqueous chemistry of quinoline and the diazanaphthalenes: insight from DFT study. *Heliyon*, 2021. Vol. 7, Iss. 7. Article E07531. DOI: 10.1016/j.heliyon.2021.e07531.
19. Gillan M.J., Alfè D., Michaelides A. Perspective: How good is DFT for water? *The Journal of Chemical Physics*, 2016. Vol. 144, Iss. 13. Article 130901. 34 p. DOI: 10.1063/1.4944633.
20. Zeinalipour-Yazdia C.D., Catlowa C.R.A. An experimental and computational IR and hybrid DFT-D3 study of the conformations of L-lactic and acrylic acid: new insight to the dehydration mechanism of lactic acid to acrylic acid. *Physical Chemistry Chemical Physics*, 2019. Vol. 21, Iss. 40. Pp. 22331–22343. DOI: 10.1039/C9CP02968K.
21. Hossain M.A., Jewaratnam J., Ramalingam A., Sahu J.N., Ganesan P. A DFT method analysis for formation of hydrogen rich gas from acetic acid by steam reforming process. *Fuel*, 2018. Vol. 212, Pp. 49–60. DOI: 10.1016/j.fuel.2017.09.098.
22. Verdes M., Paniagua M. Quantum chemical study of atmospheric aggregates: $\text{HCl}\cdot\text{HNO}_3\cdot\text{H}_2\text{SO}_4$. *Journal of molecular modeling*, 2014. Vol. 20, Iss. 6. Article 2232. DOI: 10.1007/s00894-014-2232-6.
23. Silva N.R., Calamia C.S., Harsono M., Carvalho R.M., Pegoraro L.F., Fernandes C.A.O., Vieira A.C., Thompson V.P. Bond angle effects on microtensile bonds: Laboratory and FEA comparison. *Dental Materials*, 2006. Vol. 22, Iss. 4. Pp. 314–324. DOI: 10.1016/j.dental.2005.05.006.
24. Burbury S.H. Diffusion and entropy of gases. *Science Progress in the Twentieth Century (1906–1916)*, 1908. Vol. 2, No. 8. Pp. 598–609. Available at: <http://www.jstor.org/stable/43776641> (accessed: July 1, 2021).

25. Acharya S., Bagchi B. Study of entropy–diffusion relation in deterministic Hamiltonian systems through microscopic analysis. *The Journal of Chemical Physics*, 2020. Vol. 153, Iss. 18. Article 184701. DOI: 10.1063/5.0022818.
26. Supplee, J.M. Diffusion as an example of entropy increase and the associated lost opportunity to perform work. *European Journal of Physics*, 1980. Vol. 1, No. 3. Pp. 153. DOI: 10.1088/0143-0807/1/3/007.
27. Cook R.L., De Lucia F.C., Helminger P. Molecular force field and structure of water: Recent microwave results. *Journal of Molecular Spectroscopy*, 1974. Vol. 53, Iss. 1. Pp. 62–76. DOI: 10.1016/0022-2852(74)90261-6.
28. Hoy A.R., Bunker P.R. A precise solution of the rotation beninding Schrodinger equation for a triatomic molecule with application to the water molecule. *Journal of Molecular Spectroscopy*, 1979. Vol. 74, Iss. 1. Pp. 1–8. DOI: 10.1016/0022-2852(79)90019-5.
29. Hehre W.J., Radom L., Schleyer P.V.R., Pople J.A. *Ab initio molecular orbital theory*. USA, New York: John Wiley, 1986. 576 p. ISBN: 9780471812418.
30. Chase Jr. M.W. *NIST-JANAF Thermochemical Tables*, 4th Edition. Journal of Physical and Chemical Reference Data, 1998. Monograph No. 9. Part I, A-Co. 1951 p. ISBN: 9781563968310.
31. Cox J.D., Wagman D.D., Medvedev V.A. *CODATA key values for thermodynamics*. USA, New York: Hemisphere Publishing Corp., 1989. 271 p. ISBN: 9780891167587.
32. *Selected values of properties of chemical compounds*. Thermodynamics Research Center. Texas A&M University, College Station, Texas, 1997.
33. Laidler K.J. A glossary of terms used in chemical kinetics, including reaction dynamics (IUPAC Recommendations 1996). *Pure and Applied Chemistry*, 1996. Vol. 68, No. 1. Pp. 149–192. DOI: 10.1351/pac199668010149.
34. Schmidt-Rohr K. Why combustions are always exothermic, yielding about 418 kJ per mole of O₂. *Journal of Chemical Education*, 2015. Vol. 92, Iss. 12. Pp. 2094–2099. DOI: 10.1021/acs.jchemed.5b00333.
35. *Emergency Response Guidebook (ERG2020)*. United States Government DOT Department of Transportation. Independently published, 2020. Guide 132. Pp. 200–201. ISBN: 9798673746103.

Calculation of the thermodynamic parameters of the reaction between acryloyl chloride and water by density functional theory

Расчет термодинамических параметров реакции акрилоилхлорида с водой методом теории функционала плотности

Nguyen Huu Hieu

Университет пожарной безопасности
Министерства общественной безопасности
Социалистической Республики Вьетнам,
факультет фундаментальных наук

Адрес: ул. Хуат Дуй Тиен, 243,
р-н Тхань Суан,
100000, Ханой, Вьетнам
Email: hieunh@daihocpccc.edu.vn
ORCID: 0000-0002-6758-8094

Nguyen Huu Hieu

University of Fire Prevention and Fighting
of the Ministry of Public Security of Vietnam,
Faculty of Basic Science

Address: 243 Khat Duy Tien,
Thanh Xuan,
100000, Hanoi, Vietnam
Email: hieunh@daihocpccc.edu.vn
ORCID: 0000-0002-6758-8094

Phan Anh

Университет пожарной безопасности
Министерства общественной безопасности
Социалистической Республики Вьетнам,
факультет пожарной безопасности,
заместитель начальника факультета

Адрес: ул. Хуат Дуй Тиен, 243,
р-н Тхань Суан,
100000, Ханой, Вьетнам

Phan Anh

University of Fire Prevention and Fighting
of the Ministry of Public Security of Vietnam,
Fire Prevention Faculty,
Deputy Head of the Faculty

Address: 243 Khat Duy Tien,
Thanh Xuan,
100000, Hanoi, Vietnam

Le Anh Tuan

Университет пожарной безопасности
Министерства общественной безопасности
Социалистической Республики Вьетнам,
факультет пожарной безопасности

Адрес: ул. Хуат Дуй Тиен, 243,
р-н Тхань Суан,
100000, Ханой, Вьетнам

Le Anh Tuan

University of Fire Prevention and Fighting
of the Ministry of Public Security of Vietnam,
Fire Prevention Faculty

Address: 243 Khat Duy Tien,
Thanh Xuan,
100000, Hanoi, Vietnam

Nguyen Thi Ngoc Anh

Университет пожарной безопасности
Министерства общественной безопасности
Социалистической Республики Вьетнам,
факультет фундаментальных наук

Адрес: ул. Хуат Дуй Тиен, 243,
р-н Тхань Суан,
100000, Ханой, Вьетнам

Nguyen Thi Ngoc Anh

University of Fire Prevention and Fighting
of the Ministry of Public Security of Vietnam,
Faculty of Basic Science

Address: 243 Khat Duy Tien,
Thanh Xuan,
100000, Hanoi, Vietnam

РАСЧЕТ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РЕАКЦИИ АКРИЛОИЛХЛОРИДА С ВОДОЙ МЕТОДОМ ТЕОРИИ ФУНКЦИОНАЛА ПЛОТНОСТИ

Нгуен Хуу Хиеу, Фан Ань, Ле Ань Туан, Нгуен Тхи Нгок Ань

Цель. Исследование термодинамических свойств акрилоилхлорида для прогнозирования опасности при тушении акрилоилхлорида водой.

Методы. Термодинамические свойства (включая энтальпию, свободную энергию, энтропию и теплоемкость при постоянном давлении) акрилоилхлорида в паровой фазе при давлении 1,0 атм и диапазоне температур от 298,15 до 1000,00 К с шагом 100,00 К определялись расчетами DFT с использованием функционала PBE. В качестве базисного набора использован 6-311G++(d,p).

Результаты. Рассчитаны свободная энергия и теплота реакции между акрилоилхлоридом и водой в огне (в том же диапазоне температур и давления). В диапазоне температур от 298,15 до 1000,00 К реакция между акрилоилхлоридом и водой является экзотермической. Таким образом, если пожарные используют воду для тушения возгорания акрилоилхлорида, то будет выделяться большое количество тепла. Это тепло делает огонь более опасным и трудным для борьбы.

Область применения исследований. Результаты исследований могут быть использованы при прогнозировании опасности возгорания акрилоилхлорида и способов его тушения.

Ключевые слова: горение акрилоилхлорида, реакция с водой, термодинамические свойства, DFT, акрилоилхлорид, тушение водой.

(Поступила в редакцию 11 мая 2023 г.)

ЛИТЕРАТУРА

1. Burke, K. Perspective on density functional theory / K. Burke // The Journal of Chemical Physics. – 2012. – Vol. 136, Iss. 15. – Article 150901, 10 p. – DOI: 10.1063/1.4704546.
2. Geerlings, P. Conceptual density functional theory / P. Geerlings, F. De Proft, W. Langenaeker // Chemical Reviews. – 2003. – Vol. 103, Iss. 5. – P. 1793–1874. – DOI: 10.1021/cr990029p.
3. Parr, R.G. Density functional theory of atoms and molecules / R.G. Parr // Horizons of Quantum Chemistry. International Academy of Quantum Molecular Science, vol 3. / K. Fukui, B. Pullman (eds). – Dordrecht: Springer, 1980. – P. 5–15. – DOI: 10.1007/978-94-009-9027-2_2.
4. Emmons, H.W. The growth of fire science / H.W. Emmons // Fire Safety Journal, 1981. – Vol. 3, Iss. 2. – P. 95–106. – DOI: 10.1016/0379-7112(81)90036-9.
5. Sardqvist, S. Water and other extinguishing agents / S. Sardqvist. – Sweden, Karlstad: Raddnings Verket, 2002. – Pp. 35–147. – ISBN: 91-7253-265-3.
6. Acryloyl chloride. Compound summary PubChem CID 13140 [Electronic resource] // National Center for Biotechnology Information. – Mode of access: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Acryloyl-chloride>. – Date of access: 07.08.2021.
7. Urben, P. Bretherick's handbook of reactive chemical hazards: eTextbook [Electronic resource] / P. Urben. – 8th edition. – Elsevier, 2017. – ISBN: 9780081010594.
8. Ohara, T. Acrylic acid and derivatives / T. Ohara [et al.] // Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. – Weinheim: Wiley-VCH, 2020. DOI: 10.1002/14356007.a01_161.pub4.
9. Movsisyan, M. Safe, selective, and high-yielding synthesis of Acryloyl chloride in a continuous-flow system / Movsisyan M. [et al.] // ChemSusChem. – 2016. – Vol. 9, Iss. 15. – Pp. 1945–1952. – DOI: 10.1002/cssc.201600348.
10. Chinelatto, M.A. Synthesis and characterization of copolymers from hindered amines and vinyl monomers / M.A. Chinelatto, J.A.M. Agnelli, S.V. Canevarolo // Polímeros. – 2014. – Vol. 24, No. 1. – P. 30–36. – DOI: 10.4322/polimeros.2014.046.
11. Sharma, P. Compartment Fire Temperatures / P. Sharma, J.G. Quintiere // Journal of Fire Protection Engineering. – 2010. – Vol. 20, Iss. 4. – P. 253–271. – DOI: 10.1177/1042391510380139.
12. Ma T. Ignitability and explosibility of gases and vapors / T. Ma. – New York: Springer, 2015. – DOI: 10.1007/978-1-4939-2665-7.

13. Koroleva, L.A. An analysis of the vibrational structure of the UV absorption spectrum of acryloyl chloride vapor / L.A. Koroleva [et al.] // Russian Journal of Physical Chemistry. – 2006. – Vol. 80, No. 2. – P. 231–237. – DOI: 10.1134/S0036024406020208.
14. Compton, D.A.C. The vibrational spectra, conformational and thermodynamic properties of 2-chlorobuta-1,3-diene (chloroprene) and propenoyl chloride / D.A.C. Compton [et al.] // Spectrochimica Acta Part A: Molecular Spectroscopy, 1981. – Vol. 37, Iss. 3. – P. 147–161. – DOI: 10.1016/0584-8539(81)80135-3.
15. Ge, M. Acryloyl chloride and acryloyl isocyanate ($\text{CH}_2=\text{CHC}(\text{O})\text{X}$, $\text{X} = \text{Cl}, \text{NCO}$): a HeI photoelectron spectroscopy and theoretical study / M. Ge, C. Ma, W. Xue // The Journal of Physical Chemistry A. – 2009. – Vol. 113, Iss. 13. – P. 3108–3115. – DOI: 10.1021/jp8110277.
16. Frisch, M.J. Gaussian 03, Revision A.1 / M.J. Frisch [et al.]. – Gaussian Inc., Pittsburgh, 2003.
17. Sharma, A. RHF and DFT based study of the structure, thermodynamic properties and electronic spectra of methacryloyl halides / A. Sharma, V.P. Gupta, A. Virdi // Indian Journal of Pure & Applied Physics. – 2004. – Vol. 42, Iss. 4. – P. 251–257.
18. Enudi, O.C. Understanding the aqueous chemistry of quinoline and the diazanaphthalenes: insight from DFT study / O.C. Enudi [et al.] // Heliyon. – 2021. – Vol. 7, Iss. 7. – Article E07531. – DOI: 10.1016/j.heliyon.2021.e07531.
19. Gillan, M.J. Perspective: How good is DFT for water? / M.J. Gillan, D. Alfè, A. Michaelides // The Journal of Chemical Physics. – 2016. – Vol. 144, Iss. 13. – Article 130901. – 34 p. – DOI: 10.1063/1.4944633.
20. Zeinalipour-Yazdia, C.D. An experimental and computational IR and hybrid DFT-D3 study of the conformations of L-lactic and acrylic acid: new insight to the dehydration mechanism of lactic acid to acrylic acid / C.D. Zeinalipour-Yazdia, C.R.A. Catlowa // Physical Chemistry Chemical Physics. – 2019. – Vol. 21, Iss. 40. – P. 22331–22343. – DOI: 10.1039/C9CP02968K.
21. Hossain, M.A. A DFT method analysis for formation of hydrogen rich gas from acetic acid by steam reforming process / M.A. Hossain [et al.] // Fuel, 2018. Vol. 212, Pp. 49–60. DOI: 10.1016/j.fuel.2017.09.098.
22. Verdes, M. Quantum chemical study of atmospheric aggregates: $\text{HCl}\cdot\text{HNO}_3\cdot\text{H}_2\text{SO}_4$ / M. Verdes, M. Paniagua // Journal of molecular modeling, 2014. Vol. 20, Iss. 6. Article 2232. DOI: 10.1007/s00894-014-2232-6.
23. Silva, N.R. Bond angle effects on microtensile bonds: Laboratory and FEA comparison / N.R. Silva [et al.] // Dental Materials. – 2006. – Vol. 22, Iss. 4. – P. 314–324. – DOI: 10.1016/j.dental.2005.05.006.
24. Burbury, S.H. Diffusion and entropy of gases / S.H. Burbury // Science Progress in the Twentieth Century (1906–1916). – 1908. – Vol. 2, No. 8. – P. 598–609. – Mode of access: <http://www.jstor.org/stable/43776641>. – Date of access: 01.07.2021.
25. Acharya, S. Study of entropy–diffusion relation in deterministic Hamiltonian systems through microscopic analysis / S. Acharya, B. Bagchi // The Journal of Chemical Physics. – 2020. – Vol. 153, Iss. 18. – Article 184701. – DOI: 10.1063/5.0022818.
26. Supplee, J.M. Diffusion as an example of entropy increase and the associated lost opportunity to perform work / J.M. Supplee // European Journal of Physics. – 1980. – Vol. 1, No. 3. – P. 153. – DOI: 10.1088/0143-0807/1/3/007.
27. Cook, R.L. Molecular force field and structure of water: Recent microwave results / R.L. Cook, F.C. De Lucia, P. Helminger // Journal of Molecular Spectroscopy. – 1974. – Vol. 53, Iss. 1. – Pp. 62–76. – DOI: 10.1016/0022-2852(74)90261-6.
28. Hoy, A.R. A precise solution of the rotation beninding Schrodinger equation for a triatomic molecule with application to the water molecule / A.R. Hoy, P.R. Bunker // Journal of Molecular Spectroscopy. – 1979. – Vol. 74, Iss. 1. – P. 1–8. – DOI: 10.1016/0022-2852(79)90019-5.
29. Hehre, W.J. Ab Initio molecular orbital theory / W.J. Hehre, L. Radom, P.v.R. Schleyer, J.A. Pople. – USA, New York: John Wiley, 1986. – 548 p. – ISBN: 9780471812418.
30. Chase Jr., M.W. NIST-JANAF Thermochemical Tables: 4th edition / M.W. Chase Jr. // Journal of Physical and Chemical Reference Data, 1998. – Monograph No. 9. – Part I, A-Co. – 1951 p. – ISBN: 9781563968310.
31. Cox, J.D. CODATA key values for thermodynamics / J.D. Cox, D.D. Wagman, V.A. Medvedev. – USA, New York: Hemisphere Publishing Corp., 1989. – 271 p. – ISBN: 9780891167587.
32. Selected values of properties of chemical compounds / Thermodynamics Research Center. – Texas: Texas A&M University, College Station, 1997.

33. Laidler, K.J. A glossary of terms used in chemical kinetics, including reaction dynamics (IUPAC Recommendations 1996) / K.J. Laidler // *Pure and Applied Chemistry*. – 1996. – Vol. 68, No. 1. – Pp. 149–192. DOI: 10.1351/pac199668010149.
34. Schmidt-Rohr, K. Why combustions are always exothermic, yielding about 418 kJ per mole of O₂ / K. Schmidt-Rohr // *Journal of Chemical Education*. – 2015. – Vol. 92, Iss. 12. – Pp. 2094–2099. DOI: 10.1021/acs.jchemed.5b00333.
35. Emergency Response Guidebook (ERG2020) / United States Government DOT Department of Transportation. – Independently published, 2020. – Guide 132. – Pp. 200–201. – ISBN: 9798673746103.

ОСОБЕННОСТИ МЕХАНИЗМОВ ДЕЙСТВИЯ ИНГИБИРУЮЩИХ И ФЛЕГМАТИЗИРУЮЩИХ ОГНЕТУШАЩИХ СОСТАВОВ

Журов М.М.

Цель. Проанализировать теоретические аспекты механизмов действия ингибирующих и флегматизирующих огнетушащих составов.

Методы. Аналитический, сравнительная оценка механизмов действия ингибирующих и флегматизирующих составов.

Результаты. Сопоставительный анализ теоретических аспектов механизмов действия ингибирующих и флегматизирующих составов. Показана энергетическая взаимосвязь химической реакции горения с тепловой теорией потухания. Обобщены значения энергий разрыва связей для некоторых горючих молекул и их радикалов. Сопоставлены стандартные энергии разрыва химических связей галогенпроизводных предельных углеводородов и их огнетушащая эффективность, что свидетельствует о взаимосвязи их природы с огнетушащим действием.

Область применения исследований. Современные подходы к разработке огнетушащих составов целевого назначения. Разработка инновационных материалов и технологий.

Ключевые слова: ингибирующие и флегматизирующие составы, тушение пожаров, механизмы действия, радикалы, радикально-цепной механизм, энергия химической связи.

(Поступила в редакцию 5 апреля 2023 г.)

Введение

В настоящее время известны две теории процессов горения: радикальная [1] и тепловая [2]. Протекание реакции горения имеет сложный механизм. Этот радикально-цепной механизм горения в кислороде был открыт и описан советским ученым Н.Н. Семеновым [3], который повторил и подтвердил эксперимент советского ученого Ю.Б. Харитона. Ими обосновано развитие цепных реакций горения посредством образования активных частиц – радикалов. Но не дается обоснования взаимосвязи образования радикалов с действием ингибирующих и флегматизирующих огнетушащих составов, которые с точки зрения энергетических процессов напрямую определяют как скорости образования радикалов, так и протекание процесса горения. Горение газов, легковоспламеняющихся жидкостей и твердых горючих материалов на пожарах с учетом агрегатного состояния компонентов горючей смеси может быть гомогенным или гетерогенным. Для прекращения гомогенного (пламенного) горения газов, легковоспламеняющихся жидкостей и твердых горючих материалов особенно важно создать условия для прекращения процесса образования радикалов. Образование радикалов, в свою очередь, является высокоэнергетическим процессом, который связан с энергией разрыва химических связей молекул. Поэтому для прекращения горения также важно понимать условия и суть процесса разрыва химических связей в условиях пожара.

Основная часть

Энергия активации реакции горения не влияет на ее тепловой эффект, который определяется только начальным и конечным состоянием системы. Тепловой эффект химической реакции Q не зависит от величины энергии активации E , т.е. от того, по какому механизму происходит реакция, а зависит только от начального и конечного состояния системы. Тепловая теория потухания также основывается на энергетических законах (рис. 1), связь которых представляет особый интерес.



E – энергия активации; Q – тепловой эффект реакции; E' – конечное энергетическое состояние системы, q^+ – количество выделяющегося тепла; q^- – количество отводимого тепла; T_0 – начальная температура; T_r – температура горения (т. 1); $T_{пот}$ – температура потухания (т. 2)

Рисунок 1. – Влияние огнетушащих составов на процессы тепловыделения и теплоотвода в зоне реакции горения

Ингибирующие и флегматизирующие огнетушащие составы в соответствии с тепловой теорией потухания (рис. 1) понижают температуру в зоне пламенного горения до температуры потухания, при этом важно понимать их влияние на исходные реагенты химической реакции. Их введение в зону горения приводит к уменьшению тепловыделения q^+ и увлечению теплоотвода q^- , что позволяет снизить температуру в зоне горения от значений $t. 1$ (температура горения) до значений $t. 2$ (температура потухания). В процессе физико-химической реакции горения происходит разрыв одних и образование других химических связей. Поэтому энергия химической связи атомов в молекулах горючих веществ является важным критерием при разработке средств для тушения пожаров, т.к. ее разрыв обуславливает дальнейшее протекание реакции горения и, как следствие, образование продуктов реакции горения. В теоретическом аспекте физическая энергия химической связи в молекуле определяется количеством энергии, которую необходимо затратить, чтобы разделить ее на две части и удалить их друг от друга на бесконечное расстояние. Стандартной энергией разрыва химической связи называют изменение энтальпии при химической реакции, в которой происходит разрыв данной связи в одном моле вещества. Энергии разрыва связей в некоторых горючих молекулах и их радикалах представлены в таблице 1.

Таблица 1. – Энергии разрыва химических связей горючих молекул и их радикалов [4]

Соединения	ккал/моль	кДж/моль
H–H	104	436
C ₂	145,8	610
C–C	78	410
C=C	140	585
C≡C	193	808
C–C (графит, газ)	171	715
C–H	98	410
HC–H	101	424
H ₂ C–H	110	462
H ₃ C–H	105	438
H–nC ₃ H ₇	101	423
H–iC ₃ H ₇	98	409
H–CCH	132	556
H ₃ C–CH ₃	90	376
H ₅ C ₂ –H	101	423

Из таблицы 1 видно, что энергия химической связи С–Н в молекулах и радикалах в зависимости от их строения изменяется в диапазоне от 410 до 556 кДж/моль. Также в зависимости от природы соединения значение энергии химической связи С–Н изменяется в диапазоне от 290 до 420 кДж/моль [5, с. 269]. Поэтому для прекращения пламенного горения энергию в зоне горения необходимо понизить до значений 290 кДж/моль для предотвращения воспламенения атомов углерода, входящих в состав горючих паров различных молекул.

Для сопоставления значений энергии разрыва связей в горючих молекулах рассмотрим энергии разрыва связей в следующих молекулах и радикалах, участвующих в процессе тушения пламенного горения: O₂, H₂O, H–O·, H–Cl, H–Br, H–I (представлены в таблице 2).

Таблица 2. – Энергия разрыва химических связей негорючих молекул и кислорода [4]

Соединения	ккал/моль	кДж/моль
O–O	119	498
HO–H	118	495
H–O·	104	435
H–F	136	570
H–Cl	103,0	432
H–Br	87,5	340
H–I	71	298
H ₃ C–F	113	472
H ₃ C–Cl	88	370
H ₃ C–Br	70	292
H ₃ C–I	50	209
H–CH ₂ F	101	423
H–CH ₂ Cl	100	419
H–CH ₂ Br	102	425
H–CH ₂ I	103	431
F–F	38	158,8
Cl–Cl	58	242,6
Br–Br	46	192,8
I–I	36	151,1

Сопоставление данных таблиц 1 и 2 показывает, что значения энергий разрыва связей в рассмотренных галогенпроизводных предельных углеводородах меньше, чем значения энергий разрыва связей в горючих молекулах. Это согласуется с эффективностью огнетушащего действия галогенпроизводных, т.к. при их введении в зону горения скорость образования радикалов, обрывающих радикальные цепные реакции окисления, будет больше, чем скорость образования радикалов, поддерживающих зарождение и продолжение цепных реакций окисления. Значения энергий связи $E_{св}$ галогенпроизводных предельных углеводородов уменьшаются в следующей последовательности:

$$E_{св}(F) > E_{св}(Cl) > E_{св}(Br) > E_{св}(I).$$

Поэтому для эффективного тушения пожаров важно также учитывать как природу, так и механизмы действия огнетушащих веществ.

Применение ингибиторов и флегматизаторов для тушения пожаров тем или иным способом влияет на процессы тепловыделения и теплоотвода и приводит к уменьшению скорости горения вплоть до полного его прекращения. В каждом случае тушение достигается за счет снижения температуры в системе ниже температуры потухания. Далее с целью исключения повторного воспламенения необходимо понизить температуру горючих веществ и материалов до температуры воспламенения.

Под температурой самовоспламенения понимается минимальная температура горючей смеси, при которой начинается резкое ускорение химической реакции окисления, приводящее к пламенному горению. В условиях пожара воспламенение поступающих в зону горения паров и газов происходит от пламени и горение может начинаться при температуре воспламенения. Под температурой воспламенения понимается самая низкая (в условиях специальных испытаний) температура горючего вещества, при которой оно выделяет горючие пары или газы с такой скоростью, что после воспламенения их от источника зажигания возникает устойчивое диффузионное горение. Значения температур воспламенения и самовоспламенения некоторых веществ и материалов представлены в таблице 3.

Таблица 3. – Температуры воспламенения и самовоспламенения веществ и материалов [6; 7]

Вещество / материал	Температура воспламенения / самовоспламенения, °С	Агрегатное состояние
Водород	– / 510	газ
Оксид углерода (II)	– / 610	газ
Этан	– / 472	газ
Пропан	– / 466	газ
Бутан	– / 405	газ
Этилен	– / 540	газ
Ацетилен	– / 335	газ
Ацетон	-20 / 535	жидкость
Этиловый спирт	15 / 400	жидкость
Глицерин	203 / 400	жидкость
Нефть	27 / 310	жидкость
Бензин	-27 / 380	жидкость
Дизельное топливо	55 / 300	жидкость
Бумага	233 / 450	твердый
Войлок	287 / 370	твердый
Древесина сосновая	255 / 370	твердый
ПВХ	391 / 454	твердый

Примечание. Значения температур некоторых сложных веществ и материалов могут отличаться от значений, приведенных в других литературных источниках, что обусловлено различием их химических составов.

Анализ значений температур воспламенения и самовоспламенения показывает, что при отсутствии источника зажигания для успешного тушения и предотвращения повторного воспламенения необходимо понизить температуру в зоне реакции ниже температуры самовоспламенения, которая для большинства газоздушных смесей находится в диапазоне 300–600 °С.

Тепловая теория горения рассматривает механизм самопроизвольного распространения горения и количественно определяет взаимосвязь между нормальной скоростью горения и такими параметрами, как температура горения, скорость химической реакции, скорость теплообмена между продуктами реакции и исходной горючей смесью. При этом количество выделяющегося тепла при горении q^+ пропорционально скорости химической реакции и зависит от температуры по экспоненциальному закону [8, с. 54]:

$$q^+ = QW = Q \cdot k_0 C_r^{n_r} C_0^{n_0} e^{-\frac{E}{RT}},$$

где Q – тепловой эффект химической реакции, Дж/моль;

W – скорость химической реакции, моль/с;

k_0 – предэкспоненциальный множитель, м⁶/(моль²·с);

$C_r^{n_r}$ и $C_0^{n_0}$ – концентрации горючего и окислителя с учетом порядков реакции по компонентам, моль/м³;

E – энергия активации химической реакции, Дж/моль;
 R – универсальная газовая постоянная, Дж/(моль·К);
 T – температура, К.

Уравнение показывает математическую и физическую взаимосвязь количества выделяющегося тепла от температуры. При этом с возрастанием начальной температуры увеличивается температура горения смеси, о чем свидетельствует уравнение [8, с. 24]:

$$T_r = T_0 + \frac{Q_n}{\sum_{i=1}^n c_{p_i} N_{\text{пр}_i}},$$

где T_0 – начальная температура, К;

Q_n – низшая теплота сгорания, Дж;

c_{p_i} – средняя молярная теплоемкость при постоянном давлении, Дж/(моль·К);

$N_{\text{пр}_i}$ – количество продуктов горения, моль.

Следовательно, при увеличении начальной температуры горения T_0 скорость химической реакции окисления W экспоненциально увеличивается, а значит, увеличивается и скорость горения U_n (рис. 2).

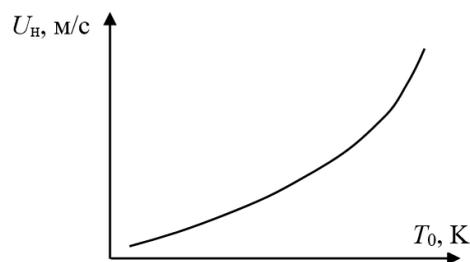


Рисунок 2. – Влияние начальной температуры на скорость распространения пламени

Тепловая теория потухания основывается на энергетических законах, на основании которых для прекращения горения необходимо снизить температуру в зоне химической реакции до температуры потухания, равной 1000 °С. Согласно тепловой теории потухания пламени, разработанной Я.Б. Зельдовичем [8], Д.А. Франк-Каменским [2], Л.А. Вулисом [9], В.И. Блиновым [10] и другими советскими учеными, снижение температуры в пламени до температуры потухания достигается за счет нарушения теплового баланса в зоне химической реакции путем:

- снижения интенсивности тепловыделения до предельного значения, ниже которого невозможно продолжение реакции;
- повышения интенсивности теплоотвода;
- одновременного снижения интенсивности тепловыделения и повышения интенсивности теплоотвода.

В условии пожара наличие в зоне горения флегматизаторов и ингибиторов приводит одновременно к снижению интенсивности тепловыделения и повышению интенсивности теплоотвода. Введение флегматизаторов и ингибиторов снижает концентрацию кислорода и активных радикалов в зоне горения, их введение в горючую смесь приводит к увеличению ее температуры самовоспламенения. Такой подход позволяет предположить, что температура потухания по своей сути и физическому смыслу – это и есть температура, значение которой стремится к температуре самовоспламенения в присутствии флегматизаторов и ингибиторов. С учетом этого достижение значений температуры потухания для каждого конкретного горючего вещества зависит от природы и параметров их введения. Таким образом, процесс взаимного влияния механизмов действия ингибиторов и флегматизаторов в процессе тушения представляет весьма большой как научный, так и практический интерес.

Тушение пожаров с помощью ингибирующих и флегматизирующих составов достигается за счет таких способов, как: разбавление реагирующих веществ, охлаждение зоны горения или горящего материала; торможение химической реакции горения путем повышения $E_{\text{акт}}$.

Применение ингибирующих составов приводит к снижению энергии в зоне горения ниже энергетического барьера активации горючих веществ, что достигается прежде всего за счет взаимодействия с активными частицами (радикалами) в газовой фазе. Флегматизирующие составы снижают концентрацию кислорода до значений, при которых горение становится невозможным. Поэтому флегматизаторы должны вводиться непосредственно через зону поступления кислорода, а ингибиторы – через зону поступления горючего вещества. В условиях реальных пожаров для этого необходимо правильно сочетать приемы введения, чтобы максимально снизить их расход и повысить эффективность тушения.

В научных исследованиях зарубежных и отечественных ученых раскрываются основные свойства и механизмы действия ингибирующих и флегматизирующих огнетушащих составов. Принципиальное отличие механизмов действия ингибирующих и флегматизирующих огнетушащих составов заключается в том, что применение ингибиторов приводит к обрыву цепных реакций горения в результате их взаимодействия в зоне горения с активными радикалами. Механизм действия флегматизирующих составов сводится к снижению содержания кислорода и горючих паров и газов в зоне горения и к увеличению теплоотвода, сопровождающимся понижением температуры.

Флегматизаторы в процессе отвода теплоты из зоны реакции окисления могут также ее поглощать и на эндотермические превращения. В первом случае при снижении температуры в системе до значений ниже температуры потухания горение прекращается, и этот процесс сопровождается увеличением запаса физического тепла флегматизаторов. Во втором случае понижение температуры горения происходит еще и за счет эндотермических превращений, протекающих в зоне пламени.

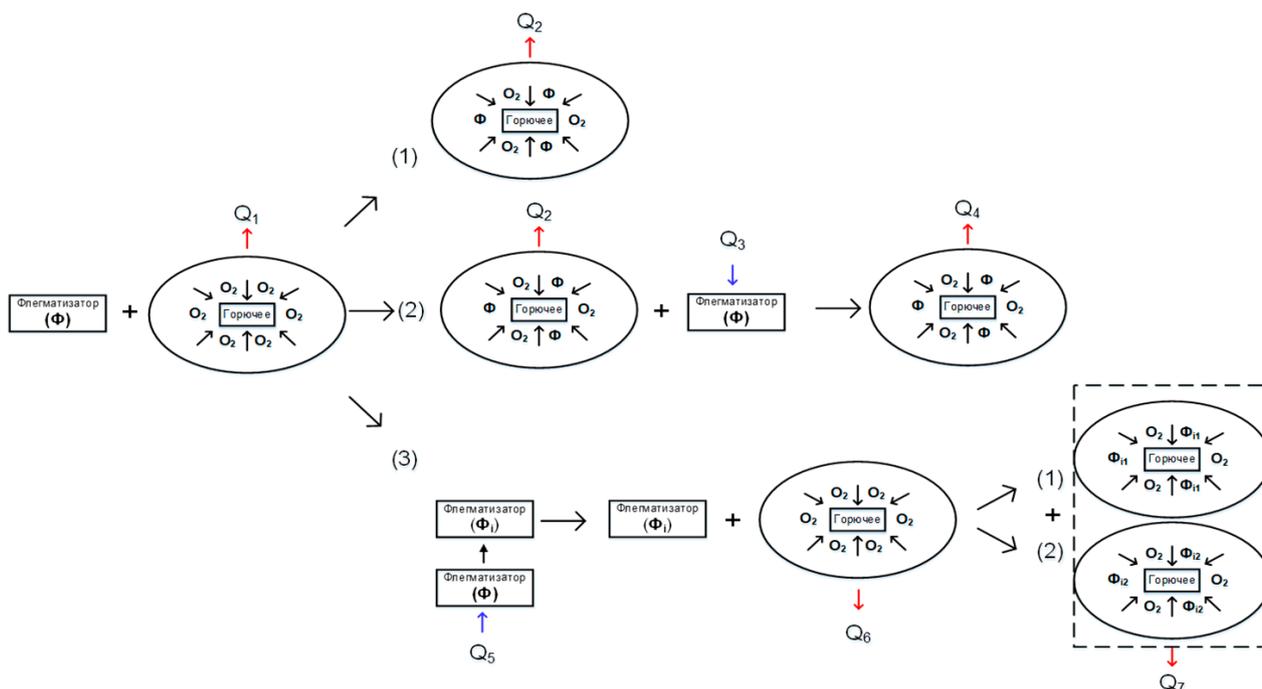
Из класса таких тепловых флегматизаторов чаще всего применяются CO_2 , H_2O , N_2 . Их введение в зону горения позволяет снижать концентрацию кислорода и горючих паров и газов, что приводит к снижению скорости горения. Флегматизаторы характеризуются огнетушащей концентрацией – минимальной концентрацией флегматизатора в смеси с воздухом, обеспечивающей практически мгновенное тушение диффузионного пламени горючего вещества.

Физико-химический анализ огнетушащих концентраций основных флегматизаторов показал, что сложные соединения, распадающиеся в пламени, способны флегматизировать горение уже в значительно меньших концентрациях, чем инертные добавки [12, с. 88]. На рисунке 3 предложена схема обобщенного энергетического механизма действия тепловых флегматизаторов.

Значения тепловых эффектов Q_1 – Q_7 зависят от природы и свойств флегматизаторов, вводимых в пламенную зону горения.

Механизм флегматизации по варианту 1 (рис. 3) приводит к уменьшению тепловыделения из зоны горения с величины Q_1 до значений Q_2 за счет снижения концентрации кислорода в зоне реакции. При этом происходит уменьшение тепловыделения из зоны горения в основном за счет уменьшения скорости химических реакций. Флегматизация по варианту 2 приводит к уменьшению тепловыделения из зоны горения с величины Q_1 до значений Q_4 как за счет уменьшения скорости химических реакций, так и за счет отвода тепла из зоны горения посредством нагрева самого флегматизатора. Такой механизм действия характерен для трехатомных соединений, которые по сравнению с двухатомными лучше отводят тепло, т.к. их теплосодержание при фиксированной температуре больше. Поэтому для двухатомных соединений более характерен механизм флегматизации по первому варианту, для трехатомных – по второму. Вариант 3 приводит к уменьшению тепло-

выделения из зоны горения с величины Q_1 до значений Q_7 еще и за счет эндотермических реакций распада исходных веществ на другие флегматизирующие вещества.



Q_1 – Q_4 , Q_6 , Q_7 – тепловые эффекты реакции; Q_5 – эндотермический тепловой эффект; O_2 – кислород; Φ – флегматизатор; Φ_i – флегматизаторы, образующиеся в результате эндотермических превращений

Рисунок 3. – Схема (концентрационно-энергетическая) обобщенного энергетического механизма действия тепловых флегматизаторов

Действие горючих флегматизаторов имеет более сложную природу. Как и инертные добавки, они не оказывают специфического химического влияния на реакцию в пламени и только понижают температуру горения [12, с. 88], но сильнее, чем негорючие флегматизаторы, снижают концентрацию горючих паров и газов в зоне продуктов горения. На основании обобщенного энергетического механизма действия флегматизаторов (рис. 3) можно предположить, что эффективность их действия при введении в зону пламени может значительно снижаться ввиду влияния возникающих конвективных потоков. Поэтому приемы введения флегматизаторов должны обеспечивать максимальное проявление их огнетушащих свойств. Например, тушение с помощью тонкораспыленной воды, когда за счет отвода тепла из зоны горения (численно равного Q_5) происходит за счет гетерофазного перехода воды в парообразное состояние, является примером механизма действия, описанного в варианте 2 (рис. 3). При этом в области, которая находится выше области парообразования, также происходит уменьшение скорости процесса горения за счет разбавления горючей смеси и снижения концентрации кислорода. Кроме того, можно предположить, что до момента перехода в парообразное состояние распыленная вода может уменьшать количество активных радикалов в зоне пламени за счет гетерогенного ингибирования. Поэтому для подавления пламенного горения и повышения эффективности флегматизации горючих паров и газов водяным паром параметры ее подачи должны способствовать парообразованию непосредственно вблизи поверхности горения и в нижней части зоны пламени, а дисперсность распыленной воды должна быть такой, чтобы весь объем подаваемой воды максимально переходил в пар.

Действие ингибирующих составов по сравнению с флегматизирующими позволяет эффективнее уменьшать количество активных центров цепного процесса горения и тем самым снижать температуру в зоне реакции, что также способствует подавлению горения вплоть до его полного прекращения. При этом ингибирование бывает гомогенным (хладо-

ны) и гетерогенным (неорганические соли). Проявление гомогенного ингибирования наблюдается главным образом в парогазовой фазе. Существует несколько точек зрения на процесс ингибирования пламени. Гашение пламени за счет гомогенного ингибирования происходит при взаимодействии ингибитора с активными частицами, поступающими в зону пламени [13]. Гашение пламени за счет гетерогенного ингибирования заключается во взаимодействии радикалов и атомов с твердой поверхностью ингибиторов [14; 15]. Наиболее полно процессы в реальных системах отражает точка зрения, которая допускает как гомогенное, так и гетерогенное ингибирование пламени. Происходит либо рекомбинация активных частиц на твердой поверхности активных компонентов, либо гомогенное взаимодействие газообразных продуктов возгонки порошков с активными центрами [16, с. 16].

Ингибиторы конкурируют с окислителем во взаимодействии с активными центрами цепной реакции. В результате более высокого, чем у кислорода воздуха, химического сродства к активным промежуточным продуктам реакции окисления, молекулы ингибитора энергично реагируют с активными центрами, превращая их в устойчивые соединения и прерывая развитие цепной реакции горения. Прерывание цепной реакции, в свою очередь, уменьшает тепловыделение из зоны горения.

Наиболее эффективными гетерогенными ингибиторами горения являются оксалат калия и хлориды щелочных металлов. В целом ингибирующая эффективность солей повышается с увеличением атомной массы катиона. Анион соли также усиливает действие вещества путем выделения CO_2 , PH_3 , P_2O_5 и т.п. Чем легче протекает процесс разложения соли, тем, как правило, выше ее огнетушащая эффективность.

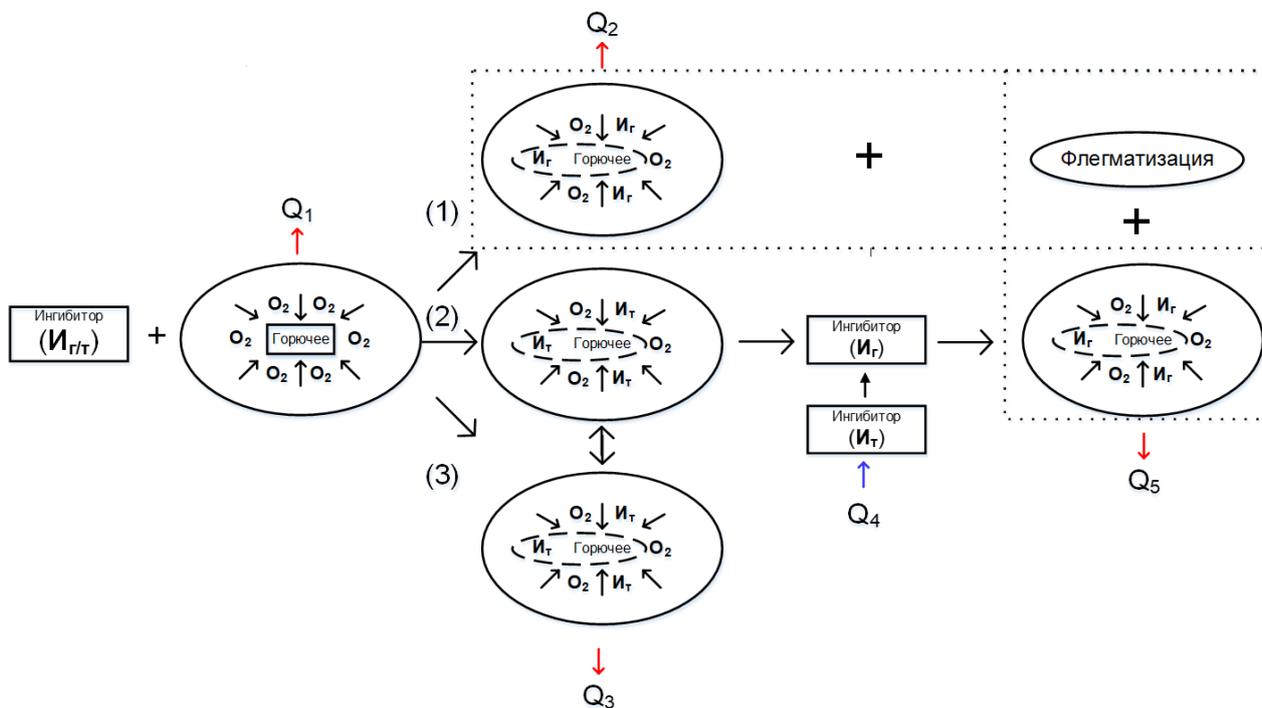
Химически активные добавки уже в концентрациях около 1 % могут оказывать существенное воздействие и сужать пределы воспламенения горючих паров и газов. Это наблюдалось, например, при добавлении к воздушным смесям углеводородов, водорода, окиси углерода, галоидсодержащих продуктов: CH_2ClBr , CH_3Br , а также CCl_4 и Cl_2 .

В качестве эффективных замедлителей горения также применяются азот-фосфорсодержащие соединения. Наблюдается устойчивая корреляция между содержанием P_2O_5 и огнетушащими свойствами огнетушащих порошковых составов. Содержание P_2O_5 (в пересчете) в различных огнетушащих порошковых составах колеблется от 12 до 49 % [17]. Перешедшие в газовую фазу молекулы огнетушащего порошка (в случае испарения) или их «осколки» (в случае разложения), вступая в прямые реакции с активными центрами пламени ($\dot{\text{N}}$, $\dot{\text{O}}$, OH , NH_3 и др.) или участвуя в них в качестве «третьей» частицы, могут замедлять процесс распространения горения в газовой смеси. Летучие соединения азота в газовой фазе вносят более существенный вклад в ингибирование радикальных процессов по сравнению с летучими соединениями фосфора [18]. Эффективность указанных ингибиторов горения определяется их количеством и скоростью поступления в газовую фазу.

Схема обобщенного энергетического механизма действия ингибиторов при гомогенном и гетерогенном ингибировании, описывающая взаимодействие активных центров пламени с ингибиторами, представлена на рисунке 4.

Представленная схема механизма действия ингибиторов показывает, что эффективность огнетушащих веществ зависит от количества элементарных актов взаимодействия ингибиторов с активными радикалами, количество которых напрямую связано с количеством горючего вещества. В процессе взаимодействия ингибитора с радикалами образуются малоактивные атомы и соединения, а радикалы исчезают. Механизм ингибирования по варианту 1 (рис. 4) приводит к дезактивации радикалов в гомогенной системе, по варианту 2 – к гибели радикалов в гетерогенной системе, которая сопровождается отводом тепла из зоны горения вследствие протекания эндотермических реакций с последующим ингибированием по варианту 1. Механизм ингибирования по варианту 3 приводит к дезактивации радикалов только за счет гетерогенной рекомбинации. С учетом представленной схемы обобщенного энергетического механизма действия ингибиторов приемы введения ингибирующих составов в зону горения главным образом должны обеспечивать их подачу в зону

образования активных центров. При этом можно предположить, что наиболее эффективным для тушения подавляющего большинства реальных пожаров, сопровождающихся пламенным турбулентным диффузионным горением, будет применение ингибирующих составов, способных оказывать комплексное гетерогенно-гомогенное ингибирование.



Q_1 – Q_3 , Q_5 – тепловые эффекты реакции; Q_4 – эндотермический тепловой эффект; O_2 – кислород; $I_{Т}$ – ингибитор в твердом агрегатном состоянии; $I_{Г}$ – ингибитор в газообразном агрегатном состоянии

Рисунок 4. – Схема (радикально-энергетическая) обобщенного энергетического механизма действия ингибиторов

Механизмы действия ингибирующих и флегматизирующих составов имеют сложную природу и оказывают непосредственное влияние на кинетику прерывания цепных процессов горения. В свою очередь, именно с прерыванием цепных реакций связано прекращение горения, а следовательно, и эффективность тушения пожаров. Рассмотренные обобщенные энергетические механизмы действия ингибирующих и флегматизирующих составов (рис. 3 и 4) имеют общую стадию (стадию флегматизации) несмотря на различные составляющие элементы. Поэтому ингибиторы называют активными флегматизаторами. Эффективность ингибиторов и флегматизаторов зависит от их свойств и количества, а также от времени и параметров введения в реакционную среду.

Заключение

Проведенный анализ механизмов действия флегматизаторов и ингибиторов позволяет предположить, что при их одновременном введении в зону горения важно учитывать возникающие фазовые переходы и особенности механизмов их действия. Эффективность флегматизации и ингибирования зависит как от природы и свойств ингибиторов и флегматизаторов, а так и от времени и параметров их введения в зону горения. При одновременной подаче указанных огнетушащих составов эффективность тушения может как снижаться, так и повышаться за счет синергического эффекта. Особенности механизмов действия ингибирующих и флегматизирующих огнетушащих составов при их одновременном введении также необходимо рассматривать в совокупности с изменяющимися тепловыми и возникающими конвективными потоками, включающими как продукты реакции горения, так и огнетушащие вещества. При этом наибольшая эффективность тушения будет достигаться при гетеро- и гомогенном действии и их введении непосредственно в нижнюю об-

ласть зоны горения. Таким образом, правильное сочетание огнетушащих составов гетерофазного действия с учетом их химических свойств и фазовых превращений является перспективным и представляет как научный, так и практический интерес. С учетом имеющегося уровня знаний актуальной остается выработка рекомендаций по составу огнетушащих средств, содержащих в определенном соотношении ингибирующие и флегматизирующие компоненты. Поэтому для получения ингибирующих и флегматизирующих составов с улучшенными свойствами необходимо проводить дополнительные исследования для определения их взаимного влияния на процесс тушения пламенного горения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Семенов, Н.Н. Цепные реакции / Н.Н. Семенов. – М.: Наука, 1986. – 535 с.
2. Франк-Каменецкий, Д.А. Диффузия и теплопередача в химической кинетике / Д.А. Франк-Каменецкий. – М.: Наука, 1987. – 502 с.
3. Семенов, Н.Н. К теории процессов горения / Н.Н. Семенов // Избранные труды: в 4 т. – М.: Наука, 2005. – Т. 2. Горение и взрыв. – С. 155–163.
4. Волков, А.И. Большой химический справочник / А.И. Волков, И.М. Жарский. – Минск: Современная школа, 2005. – С. 68–80.
5. Химия нефти и газа: учебное пособие для студентов химико-технологических специальностей вузов / А.И. Богомоллов [и др.]; ред.: В.А. Проскуряков, А.Е. Драбкин. – Ленинград: Химия, Ленингр. отд-ние, 1981. – 360 с.
6. Корольченко, А.Я. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения. Справочник: в 2 ч. / А.Я. Корольченко, Д.А. Корольченко. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Ас. «Пожнаука», 2004. – Ч. I. – 713 с.
7. Корольченко, А.Я. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения. Справочник: в 2 ч. / А.Я. Корольченко, Д.А. Корольченко. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Ас. «Пожнаука», 2004. – Ч. II. – 774 с.
8. Зельдович, Я.Б. Математическая теория горения и взрыва / Я.Б. Зельдович [и др.]. – М.: Наука, 1980. – 478 с.
9. Вулис, Л.А. Тепловой режим горения / Л.А. Вулис. – М.: Госэнергоиздат, 1954. – 289 с.
10. Блинов, В.И. Диффузионное горение жидкостей / В.И. Блинов, Г.Н. Худяков. – М.: Изд-во Акад. наук СССР, 1961. – 208 с.
11. Frank-Kamenetskii, D.A. Calculation of thermal explosion limits / D.A. Frank-Kamenetskii // Acta Physicochimica U.R.S.S. – 1939. – No. 10. – P. 365–370.
12. Говоров, В.И. Теоретические основы горения и взрыва: курс лекций / В.И. Говоров, В.М. Плотников, Е.В. Каратай. – Темиртау: КГИУ, 2007. – 89 с.
13. Rosser, W.A. The effect of metal salts on premixed hydrocarbon–air flames / W.A. Rosser, S.H. Inami, H. Wise // Combustion and Flame. – 1963. – Vol. 7. – P. 107–119. – DOI: 10.1016/0010-2180(63)90168-8.
14. Burke, R. Kinetics of laminar premixed methane – oxygen – nitrogen flames / R. Burke, A. van Tiggelen // Bulletin des Sociétés Chimiques Belges. – 1965. – Vol. 74, No. 9–10. – P. 426–449. – DOI: 10.1002/bscb.19650740907.
15. Баратов, А.Н. и др. Горючесть веществ и химические средства пожаротушения: сб. статей / науч. ред. А.Н. Баратов; Всесоюз. науч.-исслед. ин-т противопожарной обороны. – М.: ВНИИПО. – 1974. – Вып. 2. – 140 с.
16. Цап, В.Н. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов в агропромышленном комплексе. Справочное издание / В.Н. Цап, С.Н. Байтова, Т.М. Гапеева. – Могилев, МГУП, 2007. – 59 с.
17. Сабинин, О.Ю. Оптимальные характеристики огнетушащих порошков и параметры их подачи для импульсных модулей порошкового пожаротушения: дис. ... канд. техн. наук: 05.26.03 / О.Ю. Сабинин. – Москва, 2008. – 176 л.
18. Богданова, В.В. Превращения сурьма-галоген- и азот-фосфорсодержащих антипиренов в полиолефинах и их огнегасящая эффективность / В.В. Богданова // Высокомолекулярные соединения. Серия Б. – 2001. – Т. 43, № 4. – С. 746–750. – EDN: RHXWAL.

**Особенности механизмов действия ингибирующих
и флегматизирующих огнетушащих составов**

**Features of the mechanisms of action of inhibiting
and plegmatizing fire extinguishing compositions**

Журов Марк Михайлович

кандидат технических наук, доцент

Государственное учреждение образования
«Университет гражданской защиты
Министерства по чрезвычайным ситуациям
Республики Беларусь», кафедра химической,
биологической, радиационной и ядерной
защиты, начальник кафедры

Адрес: ул. Машиностроителей, 25,
220118, г. Минск, Беларусь

Email: Zhurmark@mail.ru

ORCID: 0000-0001-5228-7371

Mark M. Zhurov

PhD in Technical Sciences, Associate Professor
State Educational Establishment «University
of Civil Protection of the Ministry for Emergency
Situations of the Republic of Belarus»,
Chair of Chemical, Biological,
Radiation and Nuclear Protection,
Head of the Chair

Address: Mashinostroiteley str., 25,
220118, Minsk, Belarus

Email: Zhurmark@mail.ru

ORCID: 0000-0001-5228-7371

FEATURES OF THE MECHANISMS OF ACTION OF INHIBITING AND PHLEGMATIZING FIRE EXTINGUISHING COMPOSITIONS

Zhurov M.M.

Purpose. To analyze the theoretical aspects of the mechanisms of action of inhibitory and phlegmatizing fire extinguishing compositions.

Methods. Analytical, comparative evaluation of the mechanisms of action of inhibitory and phlegmatizing compounds.

Findings. Comparative analysis of theoretical aspects of the mechanisms of action of inhibitory and phlegmatizing compounds. The energy relationship between the chemical reaction of combustion and the thermal theory of extinction is shown. The values of bond breaking energies for some combustible molecules and their radicals are generalized. The standard breaking energies of chemical bonds of halogen derivatives of saturated hydrocarbons and their fire-extinguishing efficiency are compared, which indicates the relationship of their nature with the fire-extinguishing effect.

Application field of research. Modern approaches to the development of fire-extinguishing compositions for the intended purpose. Development of innovative materials and technologies.

Keywords: inhibitory and phlegmatizing compositions, fire extinguishing, mechanisms of action, radicals, radical chain mechanism, chemical bond energy.

(The date of submitting: April 5, 2023)

REFERENCES

1. Semenov N.N. *Tsepnye reaktsii* [Chain reactions]. Moscow: Nauka, 1986. 535 p. (rus)
2. Frank-Kamenetskiy D.A. *Diffuziya i teploperedacha v khimicheskoy kinetike* [Diffusion and heat transfer in chemical kinetics]. Moscow: Nauka, 1987. 502 p. (rus). Url: http://elib.biblioatom.ru/text/frank-kamenetskiy_diffuziya-i-teploperedacha_1987/go,0/.
3. Semenov N.N. K teorii protsessov gorenija [To the theory of combustion processes]. Selected works: in 4 vols. Moscow: Nauka, 2005. Vol. 2. *Gorenie i vzryv* [Combustion and explosion]. P. 155–163. (rus). Url: http://elib.biblioatom.ru/text/semenov_izbrannye-trudy_t2_2005/go,156/.
4. Volkov A.I., Zharskiy I.M. *Bol'shoy khimicheskij spravochnik* [Big chemical reference book]. Minsk: Sovremennaya shkola, 2005. P. 68–80. (rus)
5. Bogomolov A.I., Gayle A.A., Gromova V.V., Drabkin A.E., Proskuryakov V.A., Rozental' D.A., Rudin M.G., Syroezhko A.M. *Khimiya nefi i gaza* [Chemistry of oil and gas]: tutorial for students of chemical and technological specialties of universities. Ed. by V.A. Proskuryakov, A.E. Drabkin. Leningrad: Khimiya, Leningrad branch, 1981. 360 p. (rus)
6. Korol'chenko A.Ya., Korol'chenko D.A. *Pozharovzryvoopasnost' veshchestv i materialov i sredstva ikh tusheniya* [Fire and explosion hazard of substances and materials and means of extinguishing them]. Handbook: in 2 parts. Moscow: Pozhnauka, 2004. Part 1. 713 p. (rus)
7. Korol'chenko A.Ya., Korol'chenko D.A. *Pozharovzryvoopasnost' veshchestv i materialov i sredstva ikh tusheniya* [Fire and explosion hazard of substances and materials and means of extinguishing them]. Handbook: in 2 parts. Moscow: Pozhnauka, 2004. Part 2. 774 p. (rus)
8. Zel'dovich Ya.B., Barenblatt G.I., Librovich V.B., Makhviladze G.M. *Matematicheskaya teoriya gorenija i vzryva* [Mathematical theory of combustion and explosion]. Moscow: Nauka, 1980. 478 p. (rus)
9. Vulis L.A. *Teplovoy rezhim gorenija* [Thermal regime of combustion]. Moscow: Gosenergoizdat, 1954. 289 p. (rus)
10. Blinov V.I., Khudyakov G.N. *Diffuzionnoe gorenie zhidkostey* [Diffusion combustion of liquids]. Moscow: Academy of Sciences of the USSR, 1961. 208 p. (rus)
11. Frank-Kamenetskiy D.A. Calculation of thermal explosion limits. *Acta Physicochimica U.R.S.S.* 1939. No. 10. Pp. 365–370.
12. Govorov V.I., Plotnikov V.M., Karatay E.V. *Teoreticheskie osnovy gorenija i vzryva* [Theoretical foundations of combustion and explosion]: course of lectures. Temirtau: Karaganda State Industrial University, 2007. 89 p. (rus)

13. Rosser W.A., Inami S.H., Wise H. The effect of metal salts on premixed hydrocarbon–air flames. *Combustion and Flame*, 1963. Vol. 7. Pp. 107–119. DOI: 10.1016/0010-2180(63)90168-8.
14. Burke R., van Tiggelen A. Kinetics of laminar premixed methane – oxygen – nitrogen flames. *Bulletin des Sociétés Chimiques Belges*, 1965. Vol. 74, Iss. 9–10. Pp. 426–449. DOI: 10.1002/bscb.19650740907.
15. Goryuchest' veshchestv i khimicheskie sredstva pozharotusheniya [Combustibility of substances and chemical fire extinguishing agents]: collection of articles. Ed. by A.N. Baratov; All-Union Research Institute for Fire Protection. Moscow: VNIPO, 1974. Iss. 2. 140 p. (rus)
16. Tsap V.N., Baitova S.N., Gapeeva T.M. Pozharovzryvoopasnost' veshchestv i materialov v agropromyshlennom komplekse [Fire and explosion hazard of substances and materials in the agro-industrial complex]. Reference book. Mogilev, Mogilev State University of Food, 2007. 59 p.
17. Sabinin O.Yu. *Optimal'nye kharakteristiki ognetushashchikh poroshkov i parametry ikh podachi dlya impul'snykh moduley poroshkovogo pozharotusheniya* [Optimal characteristics of fire-extinguishing powders and parameters of their supply for impulse modules of powder fire-extinguishing]: PhD tech. sci. diss.: 05.26.03. Moscow, 2008. 176 p. (rus)
18. Bogdanova V.V. Prevrashcheniya sur'ma-galogen- i azot-fosforsoderzhashchikh antipirenov v poliolefinakh i ikh ognegasyashchaya effektivnost' [Transformations of antimony-halogen- and nitrogen-phosphorus-based flame retardants in polyolefins and their performance]. *Polymer Science. Series B*. Vol. 43, No. 4. Pp. 746–750. (rus). EDN: RHXWAL.

ВЗАИМОСВЯЗЬ ПРОБЛЕМНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЕЙ БЕЛОРУСАМИ С ВИКТИМИЗАЦИЕЙ, НЕЗАЩИЩЕННОСТЬЮ ОТ КИБЕРБУЛЛИНГА И МАНИПУЛИРОВАНИЯ

Шейнов В.П., Карпиевич В.А., Сапего Е.И.

Цель. Выявить в белорусском социуме возможные связи между проблемным использованием социальных сетей и виктимизацией, незащищенностью от кибербуллинга и манипулирования.

Методы. Для оценки проблемного использования социальных сетей использовался опросник «Зависимость от социальных сетей», зависимости от смартфона – короткий опросник САС-16, тест на виктимизацию, также применялись опросники незащищенности от манипулирования и кибербуллинга. Для обработки данных использовались количественный и качественный методы.

Результаты. Социальные сети получили широкое распространение в современной действительности. Чрезмерное увлечение ими нередко приводит к формированию зависимости от социальных сетей, связанной с рядом проявлений психологического неблагополучия. Совокупность взаимно связанных явлений – зависимости от социальных сетей и неблагоприятных ее проявлений – положена в основу конструкта «проблемное использование социальных сетей». Основой эмпирического исследования послужили результаты тестирования 557 русскоговорящих белорусских респондентов.

Показано, что проблемное использование социальных сетей и мужчинами, и женщинами положительно коррелирует с зависимостью от смартфона и незащищенностью от кибербуллинга и отрицательно связано с возрастом и незащищенностью от манипулирования, а у женщин – еще и положительно связано с виктимизацией. Установленные корреляции между проблемным использованием социальных сетей и незащищенностью от кибербуллинга подтверждают полученные за рубежом результаты. Обнаруженная обратная связь между проблемным использованием социальных сетей и незащищенностью от манипулирования является новым результатом. Эта связь осуществляется вследствие аналогичных связей между факторами, формирующими эти конструкты. Положительная корреляция проблемного использования социальных сетей с виктимизацией только у женщин отличается от того, что подобная связь установлена в зарубежных исследованиях как для женщин, так и для мужчин. Подобная связь осуществляется аналогичными связями большинства формирующих эти сложные конструкты факторов. Положительная корреляция между проблемным использованием социальных сетей и незащищенностью от кибербуллинга и его отрицательная связь с незащищенностью от манипулирования свидетельствует о том, что при проблемном использовании социальных сетей происходит замена незащищенности от манипулирования на незащищенность от кибербуллинга.

Область применения исследований. Практическим приложением проведенного исследования может стать использование его результатов в разъяснительной работе по профилактике попадания в зависимость от социальных сетей.

Ключевые слова: социальные сети, проблемное использование, незащищенность от кибербуллинга, виктимизация, незащищенность от манипулирования.

(Поступила в редакцию 10 июля 2023 г.)

Введение

Социальные сети получили широкое распространение в современной действительности. К сожалению, чрезмерное увлечение ими приводит к зависимости от социальных сетей, а она связана с рядом проявлений психологического неблагополучия [1].

Совокупность взаимно связанных явлений – зависимости от социальных сетей и неблагоприятных ее проявлений – положена в основу конструкта «проблемное использование

социальных сетей», поскольку приводит к ухудшению функционирования человека в различных сферах жизни [2; 3].

Предложено и соответствующее определение проблемного использования социальных сетей: «проблемное использование социальных сетей может быть концептуализировано как расстройство, не связанное с употреблением психоактивных веществ, приводящее к озабоченности и принуждению чрезмерно участвовать в платформах социальных сетей, несмотря на негативные последствия» [2, с. 2; 5, с. 2].

Проблемное использование социальных сетей обусловлено неудовлетворенной потребностью в общении, желанием удовлетворить ее в социальных сетях и неблагоприятными последствиями чрезмерной увлеченностью ими. При этом формируется и зависимость от смартфона, поскольку выходить в социальные сети удобнее всего через смартфон.

Зарубежными исследованиями выявлена положительная связь между проблемным использованием социальных сетей и кибербуллингом [4–15]. Кибербуллинг – это открытая (хотя чаще всего анонимная) агрессия в онлайн. По сути, это «вид насилия, осуществляемый посредством издевательств, оскорблений, травли, унижения, запугивания с применением интернета, мобильных телефонов и других электронных устройств» [16, с. 65].

При этом имеют место и манипуляции, характеризующиеся скрытым характером агрессии. Под манипуляцией авторы понимают скрытое управление, при котором его инициатор достигает своих эгоистических целей, нанося ущерб манипулируемому.

Ввиду опасностей, исходящих от кибербуллинга и манипулирования, и наличия связей их с проблемным использованием социальных сетей представляется актуальным изучить соответствующие проблемы для белорусских пользователей социальных сетей.

Также в зарубежных исследованиях была установлена связь между проблемным использованием социальных сетей и виктимизацией [17–23]. Под виктимизацией авторы понимают процесс и конечный результат превращения в жертву злонамеренного посягательства лица или группы лиц.

Цель настоящего исследования – выявление в белорусском социуме возможных связей между проблемным использованием социальных сетей и виктимизацией, незащищенностью от кибербуллинга и манипулирования.

Основная часть

Методика. Основой эмпирического исследования послужили результаты тестирования 557 русскоговорящих белорусских респондентов, в их числе 364 женщины и 191 мужчина, при этом двое испытуемых не указали свою половую принадлежность.

Проблемное использование социальных сетей диагностировалось опросником ЗСС-15 [23], *виктимизация* – соответствующей методикой для взрослых [24], *зависимость от смартфона* – коротким опросником САС-16 [25], использовались опросники *незащищенности от манипулирования* [26] и *незащищенности от кибербуллинга* [27].

Основу характеристик использованных методик составляют факторные модели входящих в них опросников:

1) факторы «Труд и дела», «Совет и помощь», «Запрет», «Послушность» – конструкта «незащищенность от манипулирования» [26, с. 70];

2) интегративное значение виктимизации и составляющие его склонности к пяти виктимизирующим стилями поведения [24, с. 69];

3) факторы проблемного использования соцсетей – «Психологическое состояние», «Коммуникация» и «Информация» [23, с. 145].

Результаты и их обсуждение. Проверка исходных данных посредством критерия Колмогорова-Смирнова установила, что распределения всех анализируемых выборок существенно отличаются от нормального. Поэтому возможные связи будем искать, вычисляя корреляции Кендалла. В таблицах 1–5 представлены найденные коэффициенты корреляции Кендалла (τ -коэффициенты). Вычисление τ -коэффициентов Кендалла и уровней их значи-

мости p для нулевой гипотезы об отсутствии связи между величинами осуществлялось с помощью программного пакета SPSS-22.

Таблица 1. – Корреляции Кендалла между проблемным использованием соцсетей и личностными показателями пользователей (объем выборки $N = 557$)

Корреляция Кендалла	Зависимость от смартфона	Незащищенность от кибербуллинга	Виктимизация	Незащищенность от манипулирования	Возраст
τ -коэффициент	0,613*	0,435*	0,127*	-0,186*	-0,379*
Уровень значимости p	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Примечание. * $p \leq 0,01$.

Таблица 1 свидетельствует о положительной связи между проблемным использованием социальных сетей и виктимизацией, незащищенностью от кибербуллинга, зависимостью от смартфона и об обратной связи с незащищенностью от манипуляций и возрастом.

Положительная корреляция между проблемным использованием социальных сетей и незащищенностью от кибербуллинга и его отрицательная корреляция с незащищенностью от манипуляций свидетельствуют о том, что эти два конструкта в принципе различны. Ведь манипуляция – это скрытое управление другими, часто маскируемое показным дружелюбием, в то время как кибербуллинг – открытое проявление недоброжелательного отношения к адресатам воздействия.

Связи, обнаруженные на объединенной выборке мужчин и женщин, могут не подтвердиться на выборке мужчин и выборке женщин. В связи с этим необходимо проверить их наличие по отдельности у мужчин и женщин.

Таблица 2. – Корреляции Кендалла между проблемным использованием соцсетей и личностными показателями пользователей (женщины, $N = 364$)

Корреляция Кендалла	Зависимость от смартфона	Незащищенность от кибербуллинга	Виктимизация	Незащищенность от манипулирования	Возраст
τ -коэффициент	0,586*	0,380*	0,156*	-0,098*	-0,322*
Уровень значимости p	0,000	0,000	0,000	0,008	0,000

Примечание. * $p \leq 0,01$.

По таблице 2 видно, что проблемное использование социальных сетей женщинами имеет те же связи, что и в общих выборках.

Таблица 3. – Корреляции Кендалла между проблемным использованием соцсетей и личностными показателями пользователей (мужчины, $N = 191$)

Корреляция Кендалла	Зависимость от смартфона	Незащищенность от кибербуллинга	Виктимизация	Незащищенность от манипулирования	Возраст
τ -коэффициент	0,612*	0,459*	0,060	-0,204*	-0,374*
Уровень значимости p	0,000	0,000	0,237	0,000	0,000

Примечание. * $p \leq 0,01$.

Из таблицы 3 следует, что на мужских выборках между проблемным использованием соцсетей и незащищенностью от кибербуллинга и зависимостью от смартфона имеется положительная корреляция, но отрицательная – с возрастом и незащищенностью от манипулирования.

Сопоставление полученных результатов приводит к выводу, что проблемное использование соцсетей у женщин и мужчин положительно связано с зависимостью от смартфона и незащищенностью от кибербуллинга и отрицательно – с незащищенностью от манипулирования и возрастом. У женщин, кроме этого, еще и положительная корреляция с виктимизацией.

Выявленные нами корреляции между проблемным использованием соцсетей и незащищенностью от кибербуллинга поддерживают полученные ранее зарубежные результаты, показавшие его связь с кибербуллингом [4–15]. Установленная в нашем исследовании связь проблемного использования соцсетей женщинами с их виктимизацией установлена в зарубежных исследованиях и для мужчин [16–22]. Это свидетельствует об отличии для белорусов полученного в данном исследовании результата от зарубежных результатов. Обнаруженные прямые связи проблемного пользования социальными сетями со смартфон-аддикцией соответствуют результатам, полученным ранее [1, с. 607].

С помощью имеющейся у нас факторной модели можно более глубоко исследовать установленные выше связи (что мы и осуществим). Начнем с виктимизирующего поведения женщин.

Таблица 4 свидетельствует, что положительная корреляция между проблемным использованием соцсетей и виктимизацией осуществляется и на уровне соответствующих положительных связей между формирующими их факторами.

Наиболее выражено это посредством корреляций (в порядке возрастания) со склонностью к агрессивному, зависимому и некритичному поведенческим стилям. Что вполне объяснимо, ведь такие стили поведения действительно способствуют виктимизации индивидов.

Таблица 4. – Корреляции факторов проблемного использования соцсетей со стилями виктимизирующего поведения (женщины, $N = 364$)

	Стили виктимизирующего поведения					Общая виктимизация
	агрессия	саморазрушение	зависимость	некритичность	рискованность	
Психологическое состояние	0,099*	0,072	0,124*	0,216*	0,098**	0,181*
Коммуникация	0,013	0,037	0,053	0,126*	0,026	0,064
Информация	0,058	0,058	0,094**	0,158*	0,042	0,110*
Проблемное использование социальных сетей	0,083**	0,054	0,115*	0,196*	0,079**	0,156*

Примечание. * Уровень значимости t -коэффициента $p \leq 0,01$.

** Уровень значимости t -коэффициента $p \leq 0,05$.

Незащищенность от манипуляций и от кибербуллинга имеет место и для мужчин, и для женщин, поэтому воспользуемся корреляциями в их общей выборке.

Таблица 5. – Корреляции Кендалла проблемного использования соцсетей с незащищенностью от манипулирования и их факторами ($N = 557$)

	Советы и помощь	Труд и дела	Послушность	Запреты	Незащищенность от манипулирования	Незащищенность от кибербуллинга
Психологическое состояние	-0,012	-0,171*	-0,181*	-0,167*	-0,195*	0,436*
Коммуникация	-0,026	-0,124*	-0,088*	-0,093*	-0,129*	0,381*
Информация	0,012	-0,132*	-0,139*	-0,159*	-0,083**	0,366*
Проблемное использование социальных сетей	-0,008	-0,168*	-0,161*	-0,163*	-0,186*	0,435*

Примечание. * Уровень значимости t -коэффициента $p \leq 0,01$.

** Уровень значимости t -коэффициента $p \leq 0,05$.

Данные в таблице 5 указывают на то, что негативная связь между проблемным использованием смартфона и незащищенностью от манипулирования осуществляется за счет аналогичных связей между всеми факторами, формирующими проблемное использование смартфона и тремя из четырех факторов незащищенности от манипулирования. Значительнее всего это реализуется наиболее выраженной связью ($\tau = -0,181$) между «Психологиче-

ским состоянием» при проблемном использовании соцсетей и фактором «Послушность» незащищенности от манипулирования.

Отрицательную корреляцию между проблемным использованием соцсетей и незащищенностью от манипулирования можно объяснить тем, что чрезмерное увлечение социальными сетями отнимает много времени, так что его остается меньше на непосредственное общение вживую; а именно в процессе такого общения осуществляется манипулирование.

Положительная корреляция между проблемным использованием соцсетей и незащищенностью от кибербуллинга, показанная таблицами 1–3 и 5, свидетельствует о том, что происходит замена незащищенности от манипулирования на незащищенность от кибербуллинга.

Средний женский показатель проблемного пользования соцсетями, равный 33,1, значительно ($p \leq 0,01$) превышает аналогичный мужской показатель (27,1). Это подтверждает установленное ранее подобное соотношение [1, с. 607]. Женщины в целом менее защищены от кибербуллинга (средний показатель 19,7), нежели мужчины – 17,2 ($p \leq 0,01$).

Выводы

Проблемное использование социальных сетей и мужчинами, и женщинами положительно коррелирует с зависимостью от смартфона и незащищенностью от кибербуллинга и отрицательно связано с возрастом и незащищенностью от манипулирования, а у женщин – еще и положительно связано с виктимизацией.

Установленные корреляции между проблемным использованием социальных сетей и незащищенностью от кибербуллинга поддерживают полученные за рубежом результаты, показавшие его связь с кибербуллингом.

Обнаруженная обратная связь между проблемным использованием социальных сетей и незащищенностью от манипулирования является новым результатом. Эта связь осуществляется вследствие аналогичных связей между факторами, формирующими эти конструкты.

Положительная корреляция проблемного использования социальных сетей с виктимизацией только у женщин отличается от того, что подобная связь установлена в зарубежных исследованиях как для женщин, так и для мужчин. Подобная связь осуществляется аналогичными связями большинства формирующих эти сложные конструкты факторов. Наиболее выражено это в наиболее сильных связях (в порядке возрастания): со склонностью к рискованному, агрессивному, зависимому и некритичному стилям поведения.

Положительная корреляция между проблемным использованием социальных сетей и незащищенностью от кибербуллинга и его отрицательная связь с незащищенностью от манипулирования свидетельствует о том, что при проблемном использовании социальных сетей происходит замена незащищенности от манипулирования на незащищенность от кибербуллинга.

Большинство установленных в исследовании связей являются умеренными или слабыми. Это объясняется тем, что на изучаемые сложные конструкты воздействует множество факторов, поэтому вклад каждого из них в общую дисперсию не может быть большим.

Практическим приложением проведенного исследования может стать использование его результатов в разъяснительной работе по профилактике попадания в зависимость от социальных сетей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шейнов, В.П. Зависимость от социальных сетей и характеристики личности: обзор исследований / В.П. Шейнов // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Психология и педагогика. – 2021. – Т. 18, № 3. – С. 607–630. – DOI: 10.22363/2313-1683-2021-18-3-607-630. – EDN: WNUHDB.

2. Bányai, F. Problematic social media use: results from a large-scale nationally representative adolescent sample / F. Bányai [et al.] // PLoS One. – 2017. – Vol. 12, No. 1. – Article e0169839. – 13 p. – DOI: 10.1371/journal.pone.0169839.
3. Cataldo, I. Assessing problematic use of social media: where do we stand and what can be improved? / I. Cataldo [et al.] // Current Opinion in Behavioral Sciences. – 2022. – Vol. 45. – Article 101145. – 9 p. – DOI: 10.1016/j.cobeha.2022.101145.
4. Craig, W. Social media use and cyber-bullying: A cross-national analysis of young people in 42 countries / W. Craig [et al.] // Journal of Adolescent Health. – 2020. – Vol. 66, No. 6. – P. 100–108. – DOI: 10.1016/j.jadohealth.2020.03.006
5. Giordano, A.L. Understanding adolescent cyberbullies: exploring social media addiction and psychological factors / A.L. Giordano, E.A. Prosek, J.C. Watson // Journal of Child and Adolescent Counseling. – 2021. – Vol. 7, No. 1. – P. 42–55. – DOI: 10.1080/23727810.2020.1835420.
6. Giumetti, G.W. Cyberbullying via social media and well-being / G.W. Giumetti, R.M. Kowalski // Current Opinion in Psychology. – 2022. – Vol. 45. – Article 101314. – DOI: 10.1016/j.copsy.2022.101314.
7. Hazlyna, N. Awareness about cyber bullying on social media among female students in a Malaysian Public University / N. Hazlyna [et al.] // Turkish Journal of Computer and Mathematics Education. – 2021. – Vol. 12, No. 3. – P. 1592–1601. – DOI: 10.17762/turcomat.v12i3.972.
8. Huang, J. Cyberbullying in social media and online games among Chinese college students and its associated factors / J. Huang [et al.] // International Journal of Environmental Research and Public Health. – 2021. – Vol. 18, No. 9. – Article 4819. – DOI: 10.3390/ijerph18094819.
9. Ildirim, E. Psychological correlates of cyberbullying and cyber-victimization / E. Ildirim, C. Çalici, B. Erdoğan // International Journal of Human and Behavioral Science. – 2017. – Vol. 3, No. 2. – P. 7–21. – DOI: 10.19148/ijhbs.365829.
10. Jain, S. Perceived vulnerability of cyberbullying on social networking sites: effects of security measures, addiction and self-disclosure / S. Jain, S. Agrawal // Indian Growth and Development Review. – 2021. – Vol. 14, No. 2. – P. 149–171. – DOI: 10.1108/IGDR-10-2019-0110.
11. Kircaburun, K. Childhood emotional trauma and cyberbullying perpetration among emerging adults: A multiple mediation model of the role of problematic social media use and psychopathology / K. Kircaburun, Z. Demetrovics, O. Király et al. // International Journal of Mental Health and Addiction. – 2020. – Vol. 18, Iss. 3. – P. 548–566. – DOI: 10.1007/s11469-018-9941-5.
12. Kircaburun, K. The Dark Tetrad traits and problematic social media use: The mediating role of cyberbullying and cyberstalking / K. Kircaburun, P.K. Jonason, M.D. Griffiths // Personality and Individual Differences. – 2018. – Vol. 135. – P. 264–269. – DOI: 10.1016/j.paid.2018.07.034.
13. Kircaburun, K. Problematic online behaviors among adolescents and emerging adults: Associations between cyberbullying perpetration, problematic social media use, and psychosocial factors / K. Kircaburun [et al.] // International Journal of Mental Health and Addiction. – 2019. – Vol. 17, Iss. 4. – P. 891–908. – DOI: 10.1007/s11469-018-9894-8.
14. Lowry, P.B. Why do adults engage in cyberbullying on social media? An integration of online disinhibition and deindividuation effects with the social structure and social learning model / P.B. Lowry [et al.] // Information Systems Research. – 2016. – Vol. 27, No. 4. – P. 962–986. – DOI: 10.1287/isre.2016.0671.
15. Oksanen, A. Cyberbullying victimization at work: Social media identity bubble approach / A. Oksanen [et al.] // Computers in Human Behavior. – 2020. – Vol. 109. – Article 106363. – DOI: 10.1016/j.chb.2020.106363.
16. Шейнов, В.П. Незащищенность от кибербуллинга и интернет-зависимость юношей и девушек: связи и свойства / В.П. Шейнов [и др.] // Журнал Белорусского государственного университета. Социология. – 2020. – № 3. – С. 64–72. – DOI: 10.33581/2521-6821-2020-3-64-72. – EDN: CZGCUH.
17. Barry, C.T. Adolescent and parent reports of aggression and victimization on social media: Associations with psychosocial adjustment / Barry C.T., S.M. Briggs, C.L. Sidoti // Journal of Child and Family Studies. – 2019. – Vol. 28, Iss. 8. – P. 2286–2296. – DOI: 10.1007/s10826-019-01445-1.
18. Erdoğan, M. The correlation between social media use and cyber victimization: A research on generation Z in Turkey / M. Erdoğan, M. Koçyiğit // Connectist: Istanbul University Journal of Communication Sciences. – 2021. – Vol. 61. – P. 101–125. DOI: 10.26650/CONNECTIST2021-817567.

19. Kaloeti, D.V.S. The role of social media use in peer bullying victimization and onset of anxiety among Indonesian elementary school children / D.V.S. Kaloeti [et. al.] // *Frontiers in Psychology*. – 2021. – Vol. 12. – Article 635725. – 10 p. – DOI: 10.3389/fpsyg.2021.635725.
20. Kim, S. Problematic social media use and conflict, social stress, and cyber-victimization among early adolescents / S. Kim [et al.] // *Child and Adolescent Social Work Journal*. – 2022. – DOI: 10.1007/s10560-022-00857-1.
21. Marttila, E. Cybercrime victimization and problematic social media use: findings from a nationally representative panel study / E. Marttila, A. Koivula, P. Räsänen // *American Journal of Criminal Justice*. – 2021. – Vol. 46, Iss. 6. – P. 862–881. – DOI: 10.1007/s12103-021-09665-2.
22. Peláez-Fernández, M.A. How do cyber victimization and low core self-evaluations interrelate in predicting adolescent problematic technology use? / M.A. Peláez-Fernández [et al.] // *International Journal of Environmental Research and Public Health*. – 2021. – Vol. 18, No. 6. – Article 3114. – DOI: 10.3390/ijerph18063114.
23. Sampasa-Kanyinga, H. Social networking sites and mental health problems in adolescents: The mediating role of cyberbullying victimization / H. Sampasa-Kanyinga, H.A. Hamilton // *European Psychiatry*. – 2015. – Vol. 30, No. 8. – P. 1021–1027. – DOI: 10.1016/j.eurpsy.2015.09.011.
24. Шейнов, В.П., Разработка надежного и валидного опросника зависимости от социальных сетей / В.П. Шейнов, А.С. Девицын // *Системная психология и социология*. – 2021. – № 2 (38). – С. 41–55. – DOI: 10.25688/2223-6872.2021.38.2.04. – EDN: HWKGVV.
25. Sheinov, V.P. Developing the technique for assessing the degree of victimization in adults / V.P. Sheinov // *Российский психологический журнал*. – 2018. – Т. 15, № 2/1. – С. 69–85. – DOI: 10.21702/rpj.2018.2.1.5. – EDN: HJSQSV.
26. Шейнов, В.П. Короткая версия опросника «Шкала зависимости от смартфона» / В.П. Шейнов // *Институт психологии Российской академии наук. Организационная психология и психология труда*. – 2021. – Т. 6, № 1. – С. 97–115. – DOI: 10.38098/ipran.opwp.2021.18.1.005. – EDN: NXKRXQ.
27. Шейнов, В.П. Короткая версия опросника «незащищенность от манипуляций» / В.П. Шейнов, А.С. Девицын // *Системная психология и социология*. – 2022. – № 1 (41). – С. 70–80. – DOI: 10.25688/2223-6872.2022.41.1.6. – EDN: EGABJY.
28. Шейнов, В.П. Опросник «Оценка степени незащищенности индивидов от кибербуллинга»: разработка и предварительная валидизация / В.П. Шейнов // *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Психология и педагогика*. – 2020. – Т. 17, № 3. – С. 521–541. – DOI: 10.22363/2313-1683-2020-17-3-521-541. – EDN: JGMOMO.

Взаимосвязь проблемного использования социальных сетей белорусами с виктимизацией, незащищенностью от кибербуллинга и манипулирования

Interrelationships of the problem use of social networks by Belarusians with victimization, exposure to cyberbullying and manipulation

Шейнов Виктор Павлович

доктор социологических наук, профессор

Государственное учреждение образования «Республиканский институт высшей школы», кафедра психологии и педагогического мастерства, профессор

Адрес: ул. Московская, 15,
220007, г. Минск, Беларусь

Email: sheinov1@mail.ru

ORCID: 0000-0002-2191-646X

Viktor P. Sheinov

Grand PhD in Sociological Sciences, Professor

National Institute for Higher Education,
Chair of Psychology and Pedagogical
Excellence, Professor

Address: Moskovskaya str., 15,
220007, Minsk, Belarus

Email: sheinov1@mail.ru

ORCID: 0000-0002-2191-646X

Карпиевич Виктор Александрович

кандидат исторических наук, доцент

Учреждение образования «Белорусский государственный технологический университет», кафедра философии и права, доцент

Адрес: ул. Свердлова, 13а,
220006, г. Минск, Беларусь

Email: karpievich68@yandex.by

ORCID: 0000-0002-6198-618X

Viktor A. Karpievich

PhD in Historical Sciences, Associate Professor

Belarusian State Technological University,
Chair of Philosophy and Law,
Associate Professor

Address: Sverdlova str., 13a,
220006, Minsk, Belarus

Email: karpievich68@yandex.by

ORCID: 0000-0002-6198-618X

Сапего Екатерина Ивановна

кандидат психологических наук

Академия управления при Президенте Республики Беларусь, кафедра кадровой политики и психологии управления, доцент

Адрес: ул. Московская, 17,
220007, г. Минск, Беларусь

Email: miltcom@tut.by

ORCID: 0000-0001-7621-2382

Ekaterina I. Sapego

PhD in Psychological Sciences

Academy of Public Administration
under the President of the Republic of Belarus,
Chair of Personnel Policy and Psychology
of Management, Associate Professor

Address: Moskovskaya str., 17,
220007, Minsk, Belarus

Email: miltcom@tut.by

ORCID: 0000-0001-7621-2382

INTERRELATIONSHIPS OF THE PROBLEM USE OF SOCIAL NETWORKS BY BELARUSIANS WITH VICTIMIZATION, EXPOSURE TO CYBERBULLYING AND MANIPULATION

Sheinov V.P., Karpievich V.A., Sapego E.I.

Purpose. To identify possible links between problematic use of social networks and victimization, exposure to cyberbullying and manipulation in the Belarusian society.

Methods. To assess the problematic use of social networks, the questionnaire «Dependence on social networks» was used, addiction to a smartphone – a short questionnaire CAC-16, a test for victimization, questionnaires on exposure to manipulation and cyberbullying were also used. Quantitative and qualitative methods were used for data processing.

Findings. Social networks have become widespread in modern reality. Excessive interest often leads to the formation of dependence on social networks associated with a number of manifestations of psychological distress. A set of mutually related phenomena – dependence on social networks and its adverse manifestations – is the basis of the construct «problematic use of social networks». The basis of the empirical study were the test results of 557 Russian-speaking Belarusian respondents.

The article shows that the problematic use of social networks by both men and women is positively correlated with smartphone addiction and exposure to cyberbullying and negatively associated with age and exposure to manipulation, and in women it is also positively associated with victimization. The established correlations between the problematic use of social networks and exposure to cyberbullying confirm the results obtained abroad. The revealed inverse relationship between problematic social media use and exposure to manipulation is a new result. This relationship is due to similar relationships between the factors composing these constructs. The positive correlation of problematic use of social networks with victimization only in women differs from the fact that such a relationship has been established in foreign studies for both women and men. Such a connection is carried out by similar connections of most of the factors composing these complex constructs. The positive correlation between problematic social media use and exposure to cyberbullying and its negative association with exposure to manipulation suggests that exposure to manipulation is replaced by exposure to cyberbullying in problematic social media use.

Application field of research. The practical application of the study can be used in explanatory work on the prevention of addiction to social networks.

Keywords: social networks, problematic use, exposure to cyberbullying, victimization, exposure to manipulation.

(The date of submitting: July 10, 2023)

REFERENCES

1. Sheinov V.P. Zavisimost' ot sotsial'nykh setey i kharakteristiki lichnosti: obzor issledovaniy [Social Media Addiction and Personality: A Review of Research]. *RUDN journal of psychology and pedagogics*, 2021. Vol. 18, No. 3. Pp. 607–630. (rus). DOI: 10.22363/2313-1683-2021-18-3-607-630. EDN: WNUHDB.
2. Bányai F., Zsila Á., Király O., Maraz A., Elekes Z., Griffiths M.D., Andreassen C.S., Demetrovics Z. Problematic social media use: results from a large-scale nationally representative adolescent sample. *PLoS One*, 2017. Vol. 12, No. 1. Article e0169839. 13 p. DOI: 10.1371/journal.pone.0169839.
3. Cataldo I., Billieux J., Esposito G., Corazza O. Assessing problematic use of social media: where do we stand and what can be improved? *Current Opinion in Behavioral Sciences*, 2022. Vol. 45. Article 101145. 9 p. DOI: 10.1016/j.cobeha.2022.101145.
4. Craig W., Boniel-Nissim M., King N., Walsh S.D., Boer M., Donnelly P.D., Harel-Fisch Y. et al. Social media use and cyber-bullying: A cross-national analysis of young people in 42 countries. *Journal of Adolescent Health*, 2020. Vol. 66, No. 6. Pp. 100–108. DOI: 10.1016/j.jadohealth.2020.03.006.
5. Giordano A.L., Prosek E.A., Watson J.C. Understanding adolescent cyberbullies: exploring social media addiction and psychological factors. *Journal of Child and Adolescent Counseling*, 2021. Vol. 7, No. 1. Pp. 42–55. DOI: 10.1080/23727810.2020.1835420.
6. Giumetti G.W., Kowalski R.M. Cyberbullying via social media and well-being. *Current Opinion in Psychology*, 2022. Vol. 45. Article 101314. DOI: 10.1016/j.copsyc.2022.101314.

7. Hazlyna N., Wahab A.A., Miswari F., Zulkipli N., Ghazali N.I., Razak S.M.A. Awareness about cyber bullying on social media among female students in a Malaysian Public University. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education*, 2021. Vol. 12, No. 3. P. 1592–1601. DOI: 10.17762/turcomat.v12i3.972.
8. Huang J., Zhong Z., Zhang H., Li L. Cyberbullying in social media and online games among Chinese college students and its associated factors. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2021. Vol. 18, No. 9. Article 4819. DOI: 10.3390/ijerph18094819.
9. Ildirim E., Çalici C., Erdoğan B. Psychological correlates of cyberbullying and cyber-victimization. *International Journal of Human and Behavioral Science*, 2017. Vol. 3, No. 2. Pp. 7–21. DOI: 10.19148/ijhbs.365829.
10. Jain S., Agrawal S. Perceived vulnerability of cyberbullying on social networking sites: effects of security measures, addiction and self-disclosure. *Indian Growth and Development Review*, 2021. Vol. 14, No. 2. Pp. 149–171. DOI: 10.1108/IGDR-10-2019-0110.
11. Kircaburun K., Demetrovics Z., Király O., Griffiths M.D. Childhood emotional trauma and cyberbullying perpetration among emerging adults: a multiple mediation model of the role of problematic social media use and psychopathology. *International Journal of Mental Health and Addiction*, 2020. Vol. 18, Iss. 3. Pp. 548–566. DOI: 10.1007/s11469-018-9941-5.
12. Kircaburun K., Jonason P.K., Griffiths M.D. The Dark Tetrad traits and problematic social media use: The mediating role of cyberbullying and cyberstalking. *Personality and Individual Differences*, 2018. Vol. 135. Pp. 264–269. DOI: 10.1016/j.paid.2018.07.034.
13. Kircaburun K., Kokkinos C.M., Demetrovics Z., Király O., Griffiths M.D., Çolak T.S. Problematic online behaviors among adolescents and emerging adults: Associations between cyberbullying perpetration, problematic social media use, and psychosocial factors. *International Journal of Mental Health and Addiction*, 2019. Vol. 17, Iss. 4. Pp. 891–908. DOI: 10.1007/s11469-018-9894-8.
14. Lowry P.B., Zhang J., Wang C., Siponen M. Why do adults engage in cyberbullying on social media? An integration of online disinhibition and deindividuation effects with the social structure and social learning model. *Information Systems Research*, 2016. Vol. 27, No. 4. Pp. 962–986. DOI: 10.1287/isre.2016.0671.
15. Oksanen A., Oksa R., Savela N., Kaakinen M., Ellonen N. Cyberbullying victimization at work: Social media identity bubble approach. *Computers in Human Behavior*, 2020. Vol. 109. Article 106363. DOI: 10.1016/j.chb.2020.106363.
16. Sheinov V.P., Karpievich V.A., Dyatchik N.V., Polkhovskaya G.N. Nezashchishchennost' ot kiberbullinga i internet-zavisimost' yunoshej i devushek: svyazi i svoystva [Danger of cyberbullying and Internet dependence of teenagers: interrelations and properties]. *Journal of the Belarusian State University. Sociology*, 2020. Vol. 3. Pp. 64–72. (rus). DOI: 10.33581/2521-6821-2020-3-64-72. EDN: CZGCUH.
17. Barry C.T., Briggs S.M., Sidoti, C.L. Adolescent and parent reports of aggression and victimization on social media: Associations with psychosocial adjustment. *Journal of Child and Family Studies*, 2019. Vol. 28, Iss. 8. Pp. 2286–2296. DOI: 10.1007/s10826-019-01445-1.
18. Erdoğan M., Koçyiğit M. The correlation between social media use and cyber victimization: A research on generation Z in Turkey. *Connectist: Istanbul University Journal of Communication Sciences*, 2021. Vol. 61. Pp. 101–125. DOI: 10.26650/CONNECTIST2021-817567.
19. Kaloeti D.V.S., Manalu R., Kristiana I.F., Bidzan M. The role of social media use in peer bullying victimization and onset of anxiety among Indonesian elementary school children. *Frontiers in Psychology*, 2021. Vol. 12. Article 635725. 10 p. DOI: 10.3389/fpsyg.2021.635725.
20. Kim S., Garthe R., Hsieh W.-J., Hong J.S. Problematic social media use and conflict, social stress, and cyber-victimization among early adolescents. *Child and Adolescent Social Work Journal*, 2022. DOI: 10.1007/s10560-022-00857-1.
21. Marttila E., Koivula A., Räsänen P. Cybercrime victimization and problematic social media use: findings from a nationally representative panel study. *American Journal of Criminal Justice*, 2021. Vol. 46, Iss. 6. Pp. 862–881. DOI: 10.1007/s12103-021-09665-2.
22. Peláez-Fernández M.A., Chamizo-Nieto M.T., Rey L., Extremera N. How do cyber victimization and low core self-evaluations interrelate in predicting adolescent problematic technology use? *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2021. Vol. 18, No. 6. Article 3114. DOI: 10.3390/ijerph18063114.
23. Sampasa-Kanyinga H., Hamilton H.A. Social networking sites and mental health problems in adolescents: The mediating role of cyberbullying victimization. *European Psychiatry*, 2015. Vol. 30, No. 8. Pp. 1021–1027. DOI: 10.1016/j.eurpsy.2015.09.011.

24. Sheinov V.P., Devitsyn A.S. Razrabotka nadezhnogo i validnogo oprosnika zavisimosti ot sotsial'nykh setey [The development of a reliable and valid social media dependence questionnaire]. *Systems Psychology and Sociology*, 2021. No. 2 (38). Pp. 41–55. (rus). DOI: 10.25688/2223-6872.2021.38.2.04. EDN: HWKGVV.
25. Sheinov V.P. Developing the technique for assessing the degree of victimization in adults. *Russian Psychological Journal*, 2018. Vol. 15, No. 2/1. Pp. 69–85. DOI: 10.21702/rpj.2018.2.1.5. EDN: HJSQSV.
26. Sheinov V.P. Korotkaya versiya oprosnika «Shkala zavisimosti ot smartfona» [Short version of the questionnaire «Scale of dependence on the smartphone»]. *Institute of Psychology of the Russian Academy of Sciences. Organizational Psychology and Labor Psychology*, 2021. Vol. 6, No. 1. Pp. 97–115. (rus). DOI: 10.38098/ipran.opwp.2021.18.1.005. EDN: NXXRXQ.
27. Sheinov V.P., Devitsyn A.S. Korotkaya versiya oprosnika «nezashchishchennost' ot manipulyatsiy» [A short version of the questionnaire of vulnerability to manipulation]. *Systems Psychology and Sociology*, 2022. No. 1 (41). Pp. 70–80. (rus). DOI: 10.25688/2223-6872.2022.41.1.6. EDN: EGABJY.
28. Shejnov V. P. Oprosnik «Otsenka stepeni nezashchishchennosti individov ot kiberbullinga»: razrabotka i predvaritel'naya validizatsiya [Questionnaire on assessing individual vulnerability to cyberbullying: development and preliminary validation]. *RUDN journal of psychology and pedagogics*, 2020. Vol. 17, No. 3. Pp. 521–541. (rus). DOI: 10.22363/2313-1683-2020-17-3-521-541. EDN: JGMOMO.

ВИРТУАЛЬНЫЙ ИНТЕРАКТИВНЫЙ ТРЕНАЖЕР «ПРОВЕРКИ ПРОТИВОГАЗА»

Буякевич Л.И., Клезович С.И., Цакунов А.А., Крот А.А.

Цель. Разработка виртуального интерактивного тренажера «Проверки противогАЗа».

Методы. Общая методология работы предусматривала изучение доступных способов создания виртуальных интерактивных тренажеров (анализ, синтез, сравнение) и разработку виртуального интерактивного тренажера «Проверки противогАЗа» с помощью программного обеспечения iSpring Page.

Результаты. Рассмотрены основные принципы устройства и эксплуатации индивидуальных противогАЗов. Разработан виртуальный интерактивный тренажер «Проверки противогАЗа» в формате HTML5 для использования на компьютере, планшете, смартфоне или другом электронном устройстве с установленным браузером.

Область применения исследований. Виртуальный интерактивный тренажер «Проверки противогАЗа» предназначен для получения знаний и оценки сформированности полученных умений правильности использования гражданского противогАЗа ГП-7 работниками организаций, в обязанности которых входит использование средства индивидуальной защиты органов дыхания.

Ключевые слова: интерактивный тренажер, редактор курсов, противогАЗ.

(Поступила в редакцию 10 июля 2023 г.)

Введение

Процесс развития человеческого общества одновременно с предоставлением материальных благ предопределил постоянную борьбу с различными кризисными явлениями, свойственными как военным конфликтам, так и авариям техногенного характера, имеющим в своей основе поражающие факторы радиационного, химического и биологического характера. В настоящее время, несмотря на принимаемые на всех уровнях государственной власти усилия, по мнению специалистов, уровень радиационной, химической и биологической защиты населения не достигает состояния, при котором отсутствуют недопустимые риски причинения вреда в результате воздействия вредных и опасных факторов радиационного, химического и биологического характера [1]. При этом одной из важнейших составляющих обеспечения радиационной, химической и биологической защиты (безопасности) населения, безусловно, является использование всего комплекса специальных защитных средств, включающих коллективные, индивидуальные и медицинские средства защиты.

ПротивогАЗ является индивидуальным средством защиты органов дыхания, глаз и кожи лица от различных отравляющих веществ, попадающих в воздух в результате техногенных аварий и катастроф, военных и других чрезвычайных ситуаций. Чтобы использование противогАЗа в чрезвычайной ситуации было эффективным, необходимо знать и уметь обращаться с этим средством защиты. Важно не только правильно подобрать размер противогАЗа, но и владеть техникой его быстрого надевания. Только правильно надетый противогАЗ сможет защитить органы дыхания человека, а значит, сохранить ему здоровье и жизнь. Проверка противогАЗов является обязательной процедурой не только перед непосредственным их использованием, но и во время их хранения. Для обеспечения надежной защиты необходимо поддерживать надлежащее состояние противогАЗов. При длительном хранении противогАЗов на складах они подвергаются регулярным проверкам. При внешнем осмотре проверяется отсутствие механических повреждений всех составляющих, целостность резиновой шлем-маски, отсутствие коррозии на металлических деталях, прочность соединения всех деталей и т.д. Если обнаружены мелкие недостатки, то они устраняются

на месте. Противогазы, подлежащие ремонту, сортируются отдельно, а с недопустимыми повреждениями списываются. Противогазы, в которых не обнаружен ни один из дефектов, укладываются обратно в ящик, и им продлевают срок годности¹.

В соответствии с п. 49 постановления Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь от 30 декабря 2008 г. № 209 «Об утверждении Инструкции о порядке обеспечения работников средствами индивидуальной защиты» (в ред. постановления Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь от 27 июня 2019 г. № 30) при выдаче средств индивидуальной защиты, применение которых требует от работников практических навыков (респираторы, противогазы, самоспасатели, страховочные привязи, каски и т.д.), наниматель обеспечивает проведение инструктажа работников по правилам пользования и простейшим способам проверки работоспособности и исправности этих средств индивидуальной защиты, при необходимости организовывает тренировку работников по их применению. Однако часто в организациях к этому вопросу подходят поверхностно, ограниченность времени при проведении инструктажей работников не дает качественно сформировать знания, умения и навыки использования средств индивидуальной защиты.

В работе [2] приведены обстоятельная характеристика тренажера как средства обучения, условия и преимущества его применения: «Тренажер, в широком значении, это комплекс, система моделирования и симуляции, компьютерные и физические модели, специализированные методики, формируемые для того, чтобы подготовить личность к принятию высококачественных и стремительных решений. Тренажеры нужно применять, так как они дают возможность сформировать у обучающегося навыки действий моторно-рефлекторного и когнитивного типа в трудных ситуациях, понять сущность протекающих процессов и их зависимость друг от друга.

Опыт использования тренажеров в учебном процессе дает возможность отметить следующие положительные моменты: учитывается персональный темп работы обучающегося, который самостоятельно управляет учебным процессом; уменьшается период выработки требуемых умений; возрастает объем тренировочных заданий; быстро достигается уровневая дифференциация; возрастает мотивация учебной работы.

Эффективное использование тренажеров в учебном процессе дает возможность существенно сократить количество ошибок, повысить скорость манипуляции и принятия решений, уменьшить период обучения, наиболее правильно давать оценку уровню приобретенных знаний и полученных навыков по действиям обучающегося, индивидуализировать обучение.»

Виртуальный интерактивный тренажер – это компьютерная программа, которая может быть использована для самостоятельного освоения и контроля знаний по определенной теме. Использование интерактивных учебных тренажеров приводит к положительному эффекту восприятия образовательного контента и позволяет повысить мотивацию у обучающегося к овладению новыми знаниями, усиливает усвоение информации, повышает скорость ее приема и переработки, а также контроля полученных знаний.

Основная часть

Анализ рынка разработанных тренажеров по теме исследования выявил два используемых товара.

Стенд-планшет светодинамический «Проверки противогаза» (рис. 1) предназначен для изучения принципа действия и составных элементов противогазов, усвоения правил

¹ Об утверждении Инструкции по хранению средств гражданской обороны на складах организаций: постановление Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь, 26 мая 2004 г., № 16дсп (ред. от 30.06.2010) [Электронный ресурс]: ограничительный гриф «Для служебного пользования» снят в соответствии с приказом Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь от 20 февраля 2017 г. № 65 // Информационно-правовая система «Эталон-Online» – Режим доступа: <https://etalonline.by/document/?regnum=W20411146>. – Дата доступа: 01.07.2023.

проверки работоспособности противогаза. Стенд-планшет представляет собой каркасную конструкцию, на лицевой панели которой нанесено изображение противогаза и способов его проверки².



Рисунок 1. – Стенд-планшет светодиодный «Проверки противогаза»

Электрифицированный стенд «Проверки противогаза» производственного объединения «Зарница» (рис. 2) представляет собой полноцветную светодиодную панель, на которой отображена информация об этапах проверки противогаза. В конструкцию учебного оборудования интегрированы высокочувствительные сенсоры для управления стендом с помощью интерактивного воздействия приемо-передающих устройств. Предусмотрено два режима работы со стендом: «Обучение» и «Контроль».

В режиме «Обучение» на панели управления, расположенной в нижней части стенда, с помощью элемента управления выбирается один из подразделов, световая индикация подсвечивает данную позицию, а программное обеспечение «Виртуальный учитель» повествует о характерных особенностях и правилах эксплуатации. В режиме «Контроль» программный код управления генерирует случайный вариант вопроса. При правильном или неправильном выборе ответа загорается соответствующая принятым стандартам светодиодная индикация³.



Рисунок 2 – Электрифицированный стенд «Проверки противогаза»

Таким образом, существующие тренажеры по теме «Проверки противогаза» востребованы и представляют собой стационарные электрифицированные стенды в виде каркасной конструкции, что определяет высокую цену тренажера. Преимущество виртуальных интерактивных учебных тренажеров перед механическими интерактивными стендами явно прослеживается. При использовании виртуальных интерактивных тренажеров легко обновить

² Стенд-планшет светодиодный «Проверки противогаза» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://profistend.info/catalog/stend-planshet-svetodinamicheskij-proverki-protivogaza-stend-planshet-svetodinamicheskij-proverki-pr.html#images> – Дата доступа: 01.10.2022.

³ Интерактивный электрифицированный стенд «Проверки противогаза» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rstdy.ru/shop/interaktivnyj-elektrifizirovannyj-stend-proverki-protivogaza/>. – Дата доступа: 01.06.2023.

и добавить учебные материалы с учетом изменения нормативных правовых актов. Можно отметить универсальность, эффективность и невысокую стоимость разработки виртуальных интерактивных тренажеров. Для разработки виртуального интерактивного тренажера требуется покупка лицензии редактора электронных курсов, а для его использования – только компьютер, что значительно дешевле приобретения стационарного электрифицированного стенда.

Редакторы электронных курсов (course authoring software) – это программы и сервисы, которые позволяют создавать электронные учебные материалы: курсы, тесты, анкеты, опросники, диалоговые тренажеры, видеолекции, обучающие игры и т.д.⁴

Мы изучили наиболее популярные у отечественных разработчиков редакторы электронных курсов: iSpring Page, iSpring Suite, Articulate 360, Adobe Captivate, CourseLab. Сравнили их по следующим критериям:

- доступность самостоятельного освоения инструментария программы без дополнительного обучения. Интуитивная понятность интерфейса программы;
- возможности дизайна при создании курсов;
- возможность создания интерактивных элементов курсов;
- возможность создания тестовых заданий для проверки и контроля полученных знаний;
- стоимость разработки и сопровождения созданного курса;
- форматы хранения и универсальность использования разработанного курса, в том числе возможность просматривать разработанные курсы на различных мобильных устройствах;
- возможность использования разработанного курса в системе дистанционного обучения (далее – СДО).

Результаты сравнения редакторов электронных курсов представлены в таблице 1.

Таблица 1. – Сравнение рабочих параметров редакторов электронных курсов

Критерий	Редакторы электронных курсов				
	iSpring Page	iSpring Suite	Articulate 360	Adobe Captivate	CourseLab
Форма реализации	Работает в браузере	Надстройка в PowerPoint	Смешанная (веб-сервис, приложение, надстройка в PowerPoint)	Независимая программа	Независимая программа
Русский язык интерфейса	Да	Да	Нет	Нет	Да
Доступность самостоятельного освоения	Простой интерфейс. Страница создания курса напоминает Word	Интерфейс полностью аналогичен привычному интерфейсу PowerPoint. Программу легко самостоятельно освоить	Инструментарий для электронного обучения, состоящий из 4 программ, 4 веб-сервисов и одного мобильного приложения. Необходимо дополнительно изучать документацию программы	Интерфейс простой, но разобрататься в деталях не так просто, придется дополнительно изучать документацию или посмотреть обучающие видеоролики	Непростой интерфейс. Самостоятельно изучить весь функционал программы будет сложно
Дизайн курсов	Ограниченные возможности оформления	Предоставляют широкие возможности по оформлению курсов (на слайды можно добавлять текст, фигуры, медиаобъекты и интерактивности).			

⁴ Топ-5 редакторов электронных курсов [Электронный ресурс] // LMSlist – путеводитель в мире дистанционного обучения. – Режим доступа: <https://lmslist.ru/redaktori-elektronnyh-kursov/>. – Дата доступа: 01.06.2023.

Продолжение таблицы 1

Критерий	Редакторы электронных курсов				
	iSpring Page	iSpring Suite	Articulate 360	Adobe Captivate	CourseLab
Интерактивные элементы	Можно задать логику прохождения курса	13 вариантов интерактивных элементов, есть встроенный редактор диалогов	20 шаблонов интерактивных элементов	Набор встроенных интерактивных элементов (30 типов готовых виджетов)	Каждый объект на слайде можно сделать интерактивным
Вариативность создаваемых тестов	3 типа проверочных вопросов. Тесты не оцениваются и не передают никакой статистики	11 типов оценочных и 12 типов анкетных вопросов, можно настраивать дизайн вопросов	11 типов оцениваемых вопросов, 9 типов анкетных вопросов, 6 типов вопросов произвольной формы	9 типов вопросов. Есть возможность назначать баллы за определенные действия с интерактивными элементами	7 типов проверочных вопросов
Мобильное обучение	Да	Да	Да	Да. Есть возможность настраивать управление жестами, поддерживает геолокацию	Да, но нет поддержки адаптивного дизайна
Использование в СДО	Да	Да	Да	Да	Да
Лицензия	Платно	Платно. Скидки для учебных заведений			Платно
Преимущества. Требования к разработчику	Простой конструктор курсов. Удобный экспресс-редактор для создания электронных курсов в формате интерактивных статей. Инструмент подходит для командных проектов над курсом	Позволяет быстро создавать электронные курсы на основе презентаций и слайдов. Любой, кто умеет делать презентации PowerPoint, может легко создать курс с iSpring Suite	Имеет большое количество инструментов, нужных далеко не всем разработчикам курсов. Программа будет полезна тем, кто занимается разработкой и поддержкой сложных интерактивных курсов для крупных компаний	Независимая программа для разработки профессиональных курсов. Позволяет создавать сложные интерактивные курсы и адаптировать их для мобильных устройств. Содержит инструмент для быстрого создания симуляторов программного обеспечения. Не подойдет для новичков	Независимая программа для разработки профессиональных курсов. Содержит большой набор элементов и команд, с помощью которых можно создавать сложные профессиональные курсы с нелинейным сюжетом и геймификацией. Мощный конструктор для продвинутых разработчиков

Проанализировав редакторы по указанным параметрам, мы остановили свой выбор на редакторе iSpring Suite для разработки интерактивного тренажера. Программу легко освоить и просто использовать. Инструментария, предлагаемого редактором iSpring Suite, более чем достаточно для достижения поставленных педагогических целей [3]. К недостаткам использования редактора iSpring Suite можно отнести, что полный пакет является платным. Использование всех возможностей редактора требует покупки лицензии на программное обеспечение. Однако приобретение лицензии iSpring Suite окажется значительно дешевле покупки стенда-планшета светодинамического или электрифицированного стенда «Проверки противопогаза». Кроме того, указанный недостаток имеется у всех рассмотренных редакторов электронных курсов.

Результаты

С помощью редактора электронных курсов iSpring Suit разработан виртуальный интерактивный тренажер «Проверки противогаза» в формате HTML5 для использования на компьютере, планшете, смартфоне или другом электронном устройстве, где установлен браузер.

Тренажер «Проверки противогаза» состоит из двух модулей: «Обучение» и «Контроль знаний». Предусмотрен интерактивный переход между этапами (рис. 3).

Модуль «Обучение» содержит теоретические знания о гражданском противогазе ГП-7 и его модификациях. При обучении активно используются различные формы интерактивных элементов (рис. 4).

ОБУЧЕНИЕ

1. Общие сведения о противогазе марки ГП-7

2. Модификации противогаза ГП-7

3. Составные элементы противогаза ГП-7

4. Подбор маски противогаза

5. Порядок подготовки и использования ГП-7

6. Техническое обслуживание противогаза ГП-7

КОНТРОЛЬ ЗНАНИЙ



Рисунок 3. – Содержание тренажера «Проверки противогаза»



Рисунок 4. – Интерактивные элементы модуля «Обучение»

Модуль «Контроль знаний» служит для оценки, диагностирования и корректировки полученных знаний об устройстве, составных элементах, порядке использования и техническом обслуживании гражданского противогаза ГП-7. Задания состоят из различных форм тестирования: выбор одного, нескольких ответов, перетаскивания слов и объектов, а также в форме диалога, содержащего несколько сюжетных веток. Исходя из ответов на поставленные вопросы, обучающийся переходит с одной ветки на другую ветку сюжетной линии (рис. 5, 6).

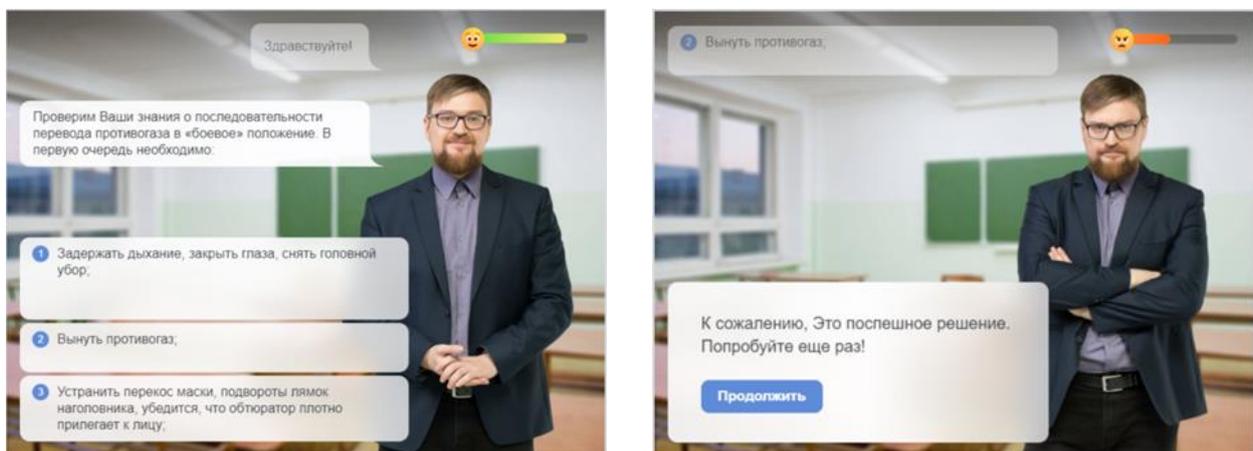


Рисунок 5. – Интерактивные элементы модуля «Контроль знаний» (диалог)



Рисунок 6. – Интерактивные элементы модуля «Контроль знаний»
(нахождение соответствий между словами и объектами)

Таким образом, разработанный виртуальный интерактивный тренажер «Проверки противогаза» выглядит наглядно, интерактивно, профессионально и позволит самостоятельно приобрести умения правильного использования гражданского противогаза ГП-7 или может быть использован в преподавании дисциплин, касающихся соответствующих разделов обеспечения безопасности в чрезвычайных ситуациях.

Заключение

В работе при использовании редактора электронных курсов iSpring Suite разработан виртуальный интерактивный тренажер «Проверки противогаза». Разработанный тренажер может быть использован для получения знаний и оценки сформированности полученных умений правильной эксплуатации гражданского противогаза ГП-7:

- работниками организаций, в обязанности которых входит использование средства индивидуальной защиты органов дыхания;
- обучающимися и работниками органов и подразделений по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь;
- работниками химически и радиационно опасных объектов, других организаций, находящихся в возможных зонах радиоактивного загрязнения и (или) химического заражения, определенных в соответствии с нормативными правовыми актами в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера;
- населением, проживающим (находящимся) в возможных зонах радиоактивного загрязнения и (или) химического заражения;
- персоналом органов управления и сил гражданской обороны, привлекаемым для проведения аварийно-спасательных и других неотложных работ в возможных зонах загрязнения (заражения).

ЛИТЕРАТУРА

1. Сосунов, И.В. Радиационная, химическая и биологическая защита населения: цель, задачи и направления совершенствования на период до 2020 года / И.В. Сосунов [и др.] // Технологии гражданской безопасности. – 2014. – Т. 11, № 4 (42). – С. 22–28. – EDN: TAKIBL.
2. Юсупов, А.Х. Интерактивные тренажеры и их роль в учебном процессе / А.Х. Юсупов // Инновационная наука. – 2019. – № 1. – С. 60–61. – EDN: YVLDHF.
3. Цакунов, А.А. Использование интерактивных технологий и современных технических средств в образовательном процессе / А.А. Цакунов, И.П. Коржов, Л.И. Буякевич // Дополнительное образование взрослых: проблемы и перспективы развития: сб. материалов IX Междунар. заочной науч.-практ. конф., г. Минск, 31 марта 2023 г. – Минск: УГЗ, 2023. – С. 76–79.

Виртуальный интерактивный тренажер «Проверки противогаза»
Virtual interactive training simulator «Gas mask checks»

Буякевич Людмила Ивановна

кандидат физико-математических наук,
доцент

Филиал «Институт профессионального образования» государственного учреждения образования «Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь», кафедра безопасности жизнедеятельности, заведующий кафедрой

Адрес: пр-т Речицкий, 35А,
246023, г. Гомель, Беларусь

Email: 5500346@mail.ru

ORCID: 0009-0001-4360-0917

Lyudmila I. Buyakevich

PhD in Physical and Mathematical Sciences,
Associate Professor

Branch «Institute of Vocational Education» of the State Educational Establishment «University of Civil Protection of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus», Chair of Life Safety, Head of the Chair

Address: Rechitskiy ave., 35A,
246023, Gomel, Belarus

Email: 5500346@mail.ru

ORCID: 0009-0001-4360-0917

Клезович Сергей Иванович

Филиал «Институт профессионального образования» государственного учреждения образования «Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь», кафедра безопасности жизнедеятельности, старший преподаватель

Адрес: пр-т Речицкий, 35А,
246023, г. Гомель, Беларусь

Email: gfbzh@ucp.by

ORCID: 0009-0005-0168-3725

Sergey I. Klezovich

Branch «Institute of Vocational Education» of the State Educational Establishment «University of Civil Protection of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus», Chair of Life Safety, Senior Lecturer

Address: Rechitskiy ave., 35A,
246023, Gomel, Belarus

Email: gfbzh@ucp.by

ORCID: 0009-0005-0168-3725

Цакунов Андрей Александрович

Филиал «Институт профессионального образования» государственного учреждения образования «Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь», кафедра безопасности жизнедеятельности, преподаватель

Адрес: пр-т Речицкий, 35А,
246023, г. Гомель, Беларусь

Email: gfbzh@ucp.by

Andrey A. Tsakunov

Branch «Institute of Vocational Education» of the State Educational Establishment «University of Civil Protection of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus», Chair of Life Safety, Lecturer

Address: Rechitskiy ave., 35A,
246023, Gomel, Belarus

Email: gfbzh@ucp.by

Крот Андрей Александрович

Филиал «Институт профессионального образования» государственного учреждения образования «Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь», кафедра безопасности жизнедеятельности, преподаватель

Адрес: пр-т Речицкий, 35А,
246023, г. Гомель, Беларусь

Email: gfbzh@ucp.by

ORCID: 0009-0005-9556-1760

Andrey A. Krot

Branch «Institute of Vocational Education» of the State Educational Establishment «University of Civil Protection of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus», Chair of Life Safety, Lecturer

Address: Rechitskiy ave., 35A,
246023, Gomel, Belarus

Email: gfbzh@ucp.by

ORCID: 0009-0005-9556-1760

VIRTUAL INTERACTIVE TRAINING SIMULATOR «GAS MASK CHECKS»

Buyakevich L.I., Klezovich S.I., Tsakunov A.A., Krot A.A.

Purpose. Development of a virtual interactive training simulator «Gas mask checks».

Methods. The general methodology of the work included the study of available ways to create virtual interactive simulators (analysis, synthesis, comparison) and the development of a virtual interactive training simulator «Gas mask checks» using the iSpring Page software.

Findings. The basic principles of the device and operation of individual gas masks are considered. A virtual interactive training simulator «Gas mask checks» was developed in HTML5 format for use on a computer, tablet, smartphone or other electronic device with an installed web browser.

Application field of research. The virtual interactive training simulator «Gas mask checks» is designed to gain knowledge and assess the formation of the acquired skills in correct use of the civilian gas mask GP-7 by employees of organizations whose duties include the use of personal respiratory protection equipment.

Keywords: interactive simulator, course editor, gas mask.

(The date of submitting: July 10, 2023)

REFERENCES

1. Sosunov I.V., Batyrev V.V., Posokhov N.N., Kosyrev P.N., Sadovskiy I.L., Oltyan I.Yu. Radiatsionnaya, khimicheskaya i biologicheskaya zashchita naseleniya: tsel', zadachi i napravleniya sovershenstvovaniya na period do 2020 goda [Radiation, chemical and biological protection of the population: goal, objectives and directions of improvement for the period up to 2020]. *Civil Security Technology*, 2014. (rus). Vol. 11, No. 4 (42). Pp. 22–28. (rus). EDN: TAKIBL.
2. Yusupov A.Kh. Interaktivnye trenazhery i ikh rol' v uchebnom protsesse [Interactive simulators and their role in the educational process]. *Innovatsionnaya nauka*, 2019. No. 1. Pp. 60–61. (rus). EDN: YVLDHF.
3. Tsakunov A.A., Korzhov I.P., Buyakevich L.I. Ispol'zovanie interaktivnykh tekhnologiy i sovremennykh tekhnicheskikh sredstv v obrazovatel'nom protsesse [The use of interactive technologies and modern technical means in the educational process]. *Proc. IX Intern. Correspondence scientific-practical. conf. «Dopolnitel'noe obrazovanie vzroslykh: problemy i perspektivy razvitiya»*, Minsk, March 31, 2023. Minsk: University of Civil Protection, 2023. Pp. 76–79. (rus)

ДОСТИЖЕНИЯ УНИВЕРСИТЕТА ГРАЖДАНСКОЙ ЗАЩИТЫ В РЕСПУБЛИКАНСКОМ МОЛОДЕЖНОМ ПРОЕКТЕ «100 ИДЕЙ ДЛЯ БЕЛАРУСИ»

Полевода И.И., Камлюк А.Н., Пасовец В.Н., Криваль Д.В.

Цель. Анализ участия работников и обучающихся Университета гражданской защиты в республиканском молодежном проекте «100 идей для Беларуси».

Методы. Теоретический анализ.

Результаты. Представлен обзор проектов, с которыми работники и обучающиеся Университета гражданской защиты стали победителями в республиканском молодежном проекте «100 идей для Беларуси». Подробно рассмотрен каждый проект-победитель. Также в статье представлена информация о порядке организации и проведения республиканского молодежного проекта «100 идей для Беларуси».

Область применения исследований. Представленная в статье информация может быть полезна для дальнейшего развития науки и техники, а также для популяризации научных знаний среди обучающихся.

Ключевые слова: проект, молодежь, инновация, научно-техническая разработка.

(Поступила в редакцию 20 июня 2023 г.)

Введение

В настоящее время в Республике Беларусь значительное внимание уделяется развитию и поддержке различных молодежных инициатив. На уровне государства получили поддержку молодежное изобретательство, рационализаторство, внедрение в реальный сектор экономики инновационных проектов и научно-технических разработок, представляющих практический интерес для социально-экономического развития страны. Наиболее ярким примером политики государства в данном направлении является начавшийся в 2011 г. республиканский молодежный проект «100 идей для Беларуси», реализуемый общественным объединением «Белорусский республиканский союз молодежи» (ОО «БРСМ»), Министерством образования Республики Беларусь, Государственным комитетом по науке и технологиям Республики Беларусь (ГКНТ), Национальной академией наук Беларуси (НАН Беларуси). Целью реализации проекта является активизация инновационного мышления молодежи, привлечение ее к решению задач социально-экономического развития Республики Беларусь, а также стимулирование гражданских инициатив к реализации инновационных проектов и научно-технических разработок.

Проект проводится в четыре этапа. На первом этапе осуществляется информирование потенциальных участников и прием заявок посредством заполнения формы на сайте 100ideas.by. На втором этапе – отбор заявок от учреждений образования и проведение районных туров территориальными комитетами ОО «БРСМ». На третьем этапе организуется работа областных выставок молодежных проектов и научно-технических разработок, а также заседание областных экспертных советов. На четвертом этапе проводятся финальный тур и заседание республиканского экспертного совета, а также ежегодная выставка-презентация инновационных проектов и определение победителей.

При этом к участию в республиканском молодежном проекте «100 идей для Беларуси» допускаются молодые люди, в том числе в составе коллектива авторов, в возрасте от 14 до 31 года и молодые ученые, осуществляющие трудовую деятельность в учреждениях высшего образования и организациях, подчиненных НАН Беларуси, занятые в выполнении научных исследований, до достижения ими следующего возраста: доктор наук – до 40 лет, кандидат наук, работник без степени, получивший высшее образование, аспирант, магистрант – до 35 лет. Все участники делятся на две группы:

1-я группа – учащиеся учреждений общего среднего, профессионально-технического и среднего специального образования;

2-я группа – студенты, курсанты, слушатели учреждений высшего образования, работающая молодежь, молодые ученые.

Авторские проекты, представленные в виде презентаций, видеороликов, макетов и образцов изделий, обеспеченные раздаточным материалом, оцениваются экспертами на основе критериев актуальности заявленной темы, практической значимости выполненной работы, возможности реальной реализации проекта, новизны идеи представляемого проекта, современности и инновационности подходов в решении заявленной проблемы, четкости и логической обоснованности в постановке целей и задач инновационного проекта, оригинальности авторских концепций и практических рекомендаций. На основании оценки проектов конкурсной комиссией определяются победители в следующих номинациях: энергетика, в том числе атомная энергетика, и энергоэффективность; агропромышленные технологии и фермерство; промышленные и строительные технологии; здравоохранение (медицинские технологии, фармацевтика, био- и нанотехнологии); химические технологии, нефтехимия; информационно-коммуникационные технологии; экология (рациональное природопользование и глубокая переработка природных ресурсов); национальная безопасность и защита от чрезвычайных ситуаций; общество и социальная сфера; лучшая бизнес-идея.

Основная часть

С 2014 г. победителями в различных номинациях, а также дважды обладателями Гран-при конкурса становились представители университета (табл.).

Таблица. – Победители республиканского молодежного проекта «100 идей для Беларуси» от Университета гражданской защиты

Год	Ф.И.О. участника	Название проекта	Номинация
2014	Максимов Павел Владимирович	Генератор огнетушащего аэрозоля оперативного применения с охладителем пожаротушащей смеси	Промышленные технологии и производство
2015	Камлюк Андрей Николаевич, Чан Дык Хоан, Грачулин Александр Владимирович	Кавитационный водопенный насадок пожарного ствола	Гран-при конкурса с вручением специального гранта от компании «Кока-Кола Бевриджиз Белоруссия»
2016	Морозов Артем Александрович	Ствол пожарный ручной универсальный комбинированный «Викинг»	Гран-при конкурса с вручением специального гранта от компании «Кока-Кола Бевриджиз Белоруссия»
	Лукьянов Александр Сергеевич, Криваль Денис Викторович, Назарович Андрей Николаевич	Нанокмпозиционные материалы на основе полиэфира и полиамида, обладающие перманентной огнестойкостью	Химические технологии, нефтехимия
2017	Журов Марк Михайлович	Композиционный адсорбент на основе модификационной бентонитовой глины для ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов	Энергетика и энергоэффективность, атомная энергетика
	Бордак Сергей Сергеевич	Тренажер для тактической подготовки членов комиссии по чрезвычайным ситуациям	Национальная безопасность и обороноспособность, защита от чрезвычайных ситуаций
2018	Лихоманов Алексей Олегович	Пенные оросители из полилактида для автоматических установок пожаротушения	Национальная безопасность и обороноспособность, защита от чрезвычайных ситуаций
	Дрозд Кирилл Михайлович	Деятельность по восстановлению исторической памяти в контексте патриотического воспитания молодежи	Общество, экономика и социальная сфера
2019	Пивоваров Александр Владимирович	Использование технологии для работы с бензорезом при вскрытии дверей в непригодной для дыхания среде	Национальная безопасность и обороноспособность, защита от чрезвычайных ситуаций

Продолжение таблицы

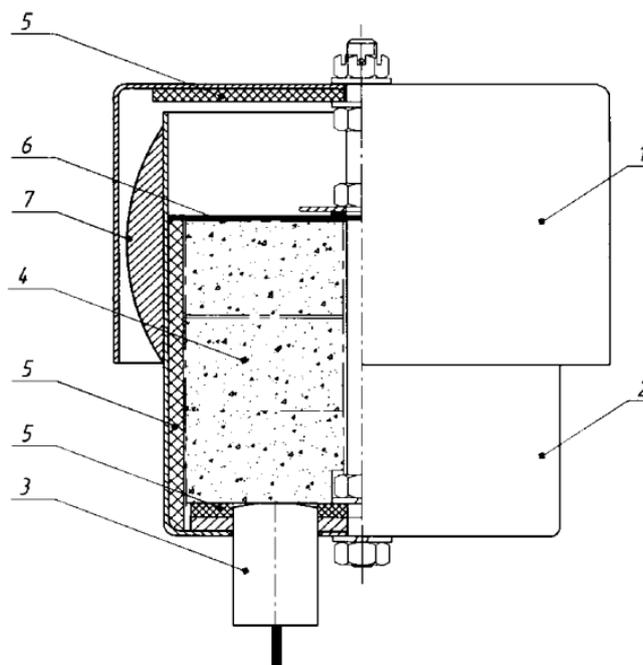
Год	Ф.И.О. участника	Название проекта	Номинация
2020	Рыжков Михаил Борисович	Огнетушитель Full Up	Национальная безопасность и обороноспособность, защита от чрезвычайных ситуаций
2021	Гусаров Игорь Сергеевич	Тренажер для подготовки спасателей-пожарных с имитацией эффектов физических воздействий в условиях виртуальной реальности VERS	Национальная безопасность и обороноспособность, защита от чрезвычайных ситуаций
2022	Кохановский Егор Ильич	РГТ-800 (распылитель гетерофазного тушения)	Национальная безопасность и обороноспособность, защита от чрезвычайных ситуаций

Первым победителем республиканского молодежного проекта «100 идей для Беларуси» из числа работников университета в 2014 г. стал П.В. Максимов, который с проектом «Генератор огнетушащего аэрозоля оперативного применения с охладителем пожаротушащей смеси» одержал победу в номинации «Промышленные технологии и производство». Представленная разработка относится к техническим устройствам генерирования огнетушащего аэрозоля и предназначена для тушения пожаров в закрытых объемах пространства, в которых исключено нахождение людей [1].

На рисунке 1а представлен опытный образец генератора огнетушащего аэрозоля с охладителем пожаротушащей смеси, на рисунке 1б – вид указанного генератора в разрезе. Генератор огнетушащего аэрозоля с охладителем пожаротушащей смеси содержит верхний стакан 1, нижний стакан 2 с отверстием для присоединения запала 3, причем верхний стакан 1 большего диаметра, чем нижний стакан 2. Внутри нижнего стакана 2 помещается твердый аэрозолеобразующий состав 4, причем между ними устанавливается теплоизоляционный слой 5. Поверх твердого аэрозолеобразующего состава 4 в нижний стакан 2 устанавливаются фракционный фильтр 6 и теплоизоляционный слой 5. Нижний стакан 2 закрывается соосно верхним стаканом 1 таким образом, что верхний край нижнего стакана 2 не соприкасается с дном верхнего стакана 1 и обеспечивается зазор между их стенками, причем в данный зазор на наружную поверхность нижнего стакана 2 устанавливается профилирующая вставка 7, которая образует зазор в форме кольцевого сопла Лавалья.



а – опытный образец



б – вид сбоку в разрезе

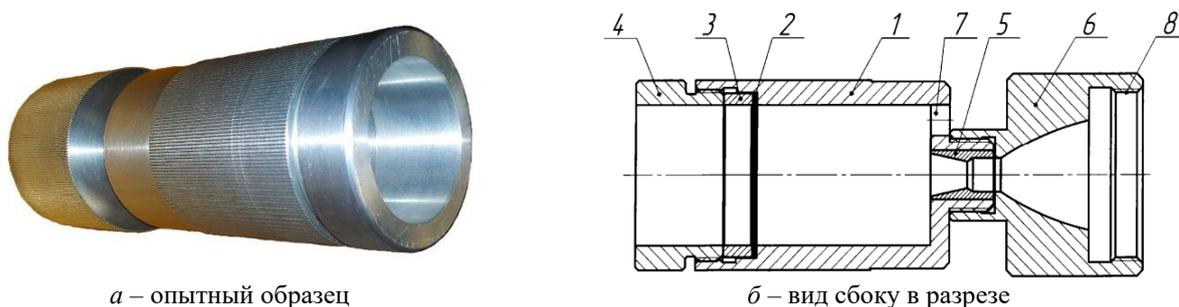
Рисунок 1. – Генератор огнетушащего аэрозоля с охладителем пожаротушащей смеси

Технический результат достигается посредством того, что с помощью запала 3 поджигается твердый аэрозолеобразующий состав 4, продукты горения которого (огнетушащий аэрозоль) через фракционный фильтр 6 и далее через зазор между стенками верхнего стакана 1 и нижнего стакана 2 с профилирующей вставкой 7, образующей зазор в форме кольцевого сопла Лавалья, выходят в окружающую среду. При прохождении критического сечения зазора (самой узкой его части) огнетушащий аэрозоль приобретает скорость, равную скорости звука, а при прохождении далее по зазору огнетушащий аэрозоль расширяется и ускоряется до сверхзвуковых значений скоростей. При этом плотность огнетушащего аэрозоля резко уменьшается, вследствие чего резко уменьшается и его температура. Это позволяет снизить температуру струи огнетушащего аэрозоля до значений менее 100 °С.

Теплоизоляционный слой 5 изолирует дно верхнего стакана 1 и внутреннюю поверхность нижнего стакана 2 от воздействия на них раскаленных продуктов горения твердого аэрозолеобразующего состава 4. Фракционный фильтр 6 предназначен для исключения возможности выброса искр и пламени при работе генератора огнетушащего аэрозоля с охладителем пожаротушащей смеси. Таким образом, предложенное устройство позволяет использовать генератор огнетушащего аэрозоля с охладителем пожаротушащей смеси для тушения пожаров, исключая возможность их повторного возникновения.

Победителем республиканского молодежного проекта «100 идей для Беларуси» в 2015 г. признан авторский коллектив в составе А.Н. Камлюка, Чан Дык Хоана (на момент проведения конкурса обучался в адъюнктуре университета), А.В. Грачулина с проектом «Кавитационный водопенный насадок пожарного ствола». Разработка относится к противопожарной технике, используемой для пожаротушения и ликвидации других чрезвычайных ситуаций, и может быть использована для распыления огнетушащих средств с целью создания мелкодисперсной струи или пены низкой кратности [2; 3].

На рисунке 2а представлен опытный образец кавитационного водопенного насадка пожарного ствола, на рисунках 2б – вид указанного насадка в разрезе. Кавитационный водопенный насадок пожарного ствола содержит цилиндрический корпус 1, в одном торце которого вставлен набор сеток 2, зафиксированный кольцом 3 и зажатый втулкой 4, а в другом торце выполнены центральное и аэрационные отверстия 7, причем в центральное отверстие вставлено сопло 5. Со стороны этого же торца корпус 1 соединен с основанием 6, которое имеет резьбу 8 для присоединения к пожарному стволу. Все вышеперечисленные элементы расположены по отношению друг к другу соосно, причем внутренние сечения корпуса 1, сопла 5 и основания 6 образуют проточный кавитирующий тракт, выполненный в виде последовательно расположенных участков различной конфигурации.



а – опытный образец

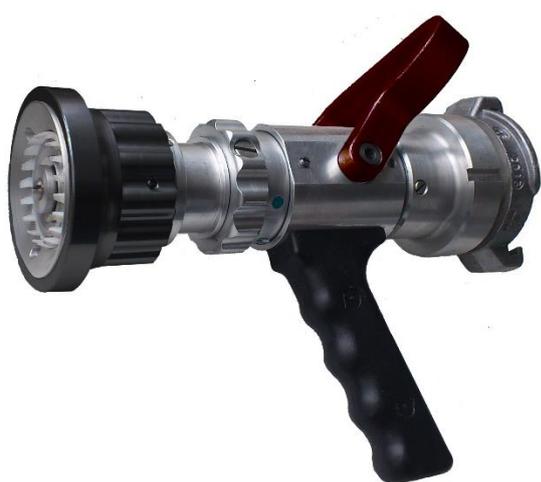
Рисунок 2. – Кавитационный водопенный насадок пожарного ствола

Технический результат разработки достигается посредством того, что кавитационный водопенный насадок пожарного ствола при помощи резьбы 8 крепится к пожарному стволу. Из пожарного ствола раствор воды и пенообразователя поступает во внутреннее сечение основания 6 и при последовательном прохождении через внутренние сечения основания 6, сопла 5 и корпуса 1 (проточный кавитирующий тракт) обеспечивается кавитационный режим течения раствора воды и пенообразователя. Через аэрационные отверстия 7 корпуса 1 осуществляется подсос воздуха из окружающей среды в поток раствора воды

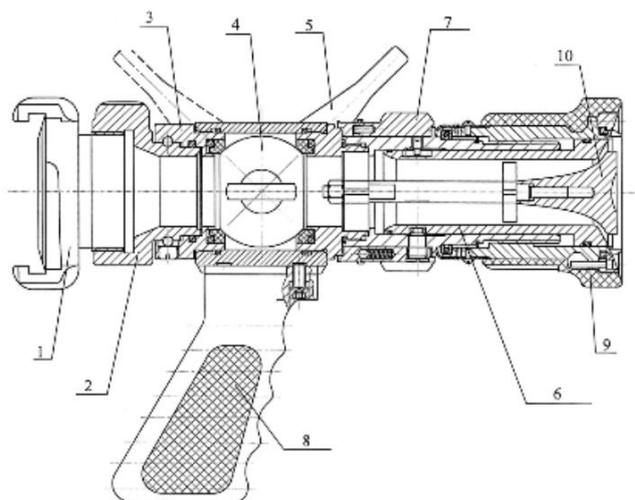
и пенообразователя. Дальнейшее прохождение насыщенного воздухом потока раствора воды и пенообразователя через набор сеток 2 обеспечивает генерирование однородной мелкодисперсной пены низкой кратности, которая может быть использована для тушения пожара. Кольцо 3 и втулка 4 служат для крепления набора сеток 2 в торце корпуса 1. Таким образом, предложенное устройство позволяет использовать пожарный ствол, конструкция которого не позволяет генерировать пену низкой кратности.

Гран-при республиканского молодежного проекта «100 идей для Беларуси» в 2016 г. получил А.А. Морозов с проектом «Ствол пожарный ручной универсальный комбинированный "Викинг"». Разработка относится к противопожарной технике, используемой для пожаротушения и ликвидации других чрезвычайных ситуаций, и может быть использована для формирования сплошной или распыленной струи воды с расходом от 0,5 до 5 л/с, а также пенной струи (при установке пенного насадка) различной кратности [4; 5].

На рисунке 3а представлен опытный образец, на рисунке 3б – вид ручного комбинированного пожарного ствола в разрезе. Вход ручного ствола имеет соединительную головку ГЦ-50 1, которая присоединена к вращающемуся переходнику 2 (рис. 3б). Переходник подсоединен к корпусу 3 с помощью проточек, в которые вложены стальные шарики и в целях герметичности установлена резиновая прокладка. Перекрывное устройство 4 с помощью рукоятки 5 позволяет перекрывать и плавно регулировать количество поступающей воды. Данный узел предназначен для облегчения маневрирования стволом при ликвидации чрезвычайных ситуаций и пожаров. С другой стороны перекрывного устройства 4 с помощью резьбового соединения присоединено устройство плавного регулирования поступающей воды в ствол 6, которое позволяет обеспечивать расход огнетушащего раствора с фиксированными значениями с помощью переключателя 7. К корпусу 3 присоединена рукоятка 8, предназначенная для удерживания ствола во время работы. К устройству плавного регулирования поступающей воды в ствол 6 присоединен насадок 9, при вращении которого осуществляется плавное переключение ствола для подачи компактной распыленной струи или водной завесы. Внутри насадка 9 установлен дефлектор 10, при изменении положения которого внутри насадка и обеспечивается подача компактной распыленной струи или водной завесы. Герметичность соединений обеспечивают резиновые прокладки.



а – опытный образец



б – вид сбоку в разрезе

Рисунок 3. – Ствол пожарный ручной универсальный комбинированный «Викинг»

Для использования ствола необходимо с помощью соединительной головки ГЦ-50 присоединить ствол к пожарному рукаву. Подать воду. Форма струи, расход рабочего раствора устанавливаются в зависимости от класса пожара и принятых тактических приемов тушения. Плавное изменение формы и расхода струи возможно производить во время работы. Рукоятка перекрывного устройства позволяет открывать и полностью прекращать подачу

огнетушащего раствора. Устройство плавного регулирования поступающей воды в ствол позволяет обеспечивать расход огнетушащего раствора с фиксированными значениями.

Также в 2016 г. в проекте «100 идей для Беларуси» в номинации «Химические технологии, нефтехимия» одержал победу авторский коллектив в составе А.С. Лукьянова, Д.В. Криваля, А.Н. Назаровича с проектом «Нанокпозиционные материалы на основе полиэфира и полиамида, обладающие перманентной огнестойкостью». Авторами проекта были разработаны огнезащитные материалы на основе полиэфира (рис. 4а) и полиамида (рис. 4б), предназначенные для использования в качестве набивки для мебели, мягких игрушек и материала для одежды спасателей, а также волокнистых и ковровых материалов [6–8].



а – на основе полиэфира



б – на основе полиамида

Рисунок 4. – Нанокпозиционные материалы на основе полиэфира и полиамида

В 2017 г. победителем проекта «100 идей для Беларуси» в номинации «Энергетика и энергоэффективность, атомная энергетика признан М.М. Журов с проектом «Композиционный адсорбент на основе модификационной бентонитовой глины для ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов» [9].

Актуальность разработки связана с тем, что крупнотоннажный транспорт нефти и нефтепродуктов по территории Республики Беларусь осуществляется перевозками по железной дороге и перекачкой по трубопроводам, что сопряжено с риском загрязнения окружающей среды в случае возникновения аварийной ситуации.

Разработанный полимерный волокнистый материал получен по технологии melt-blown и модифицирован путем введения в материал волокна поляризованных в поле коронного разряда частиц минерального наполнителя, вследствие чего материал волокна поляризуется, приобретая заряд электрета [10]. Поляризация волокон материала способствует лучшему задержанию трансформаторного масла в слоях материала [11], которое является производным продуктом парафиновых углеводородов. Нефть является сложной смесью углеводородов и некоторых других органических соединений, а ее производные – нефтепродукты (масла, дизельные топлива, мазут и др.). Таким образом, улучшаются без того хорошие сорбционные свойства полимерного волокнистого материала относительно нефти и нефтепродуктов [12]. Кроме того, на поверхности волокон материала адгезионно закреплены твердые частицы минерального сорбента, в качестве которых используется модифицированная бентонитовая глина [13].

Технология melt-blown позволяет получать волокнистый материал с заданными характеристиками плотности, с заданным диаметром волокна и с наполнителем, с адгезионно закрепленными на поверхности волокон твердыми частицами минерального сорбента, формой и размерами в зависимости от формы и размеров формообразующей подложки.

Таким образом, с использованием свойства аддитивности получен эффективный комбинированный сорбент, суммирующий сорбционные способности модифицированного полимерного волокнистого материала и адгезионно закрепленных на поверхностях волокон твердых частиц бентонитовых глин. Предложенный сорбент нашел применение при ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов.

Также в 2017 г. С.С. Бордак одержал победу в молодежном проекте «100 идей для Беларуси» в номинации «Национальная безопасность и обороноспособность, защита от чрезвычайных ситуаций» с проектом «Тренажер для тактической подготовки членов комиссии по чрезвычайным ситуациям». Идея проекта заключается в использовании интерактивной виртуальной обучающей среды для подготовки членов комиссий по чрезвычайным ситуациям. Разработанный тренажер предназначен для формирования у членов комиссии навыков принятия правильных управленческих решений в динамически меняющейся обстановке чрезвычайной ситуации. Тренажер позволяет моделировать возникновение и развитие чрезвычайной ситуации максимально приближенно к реальным условиям, а также моделировать деятельность комиссии по чрезвычайным ситуациям в соответствии с компетенциями должностных лиц, входящих в ее состав [14].

В 2018 г. А.О. Лихоманов с проектом «Пенные оросители из полилактида для автоматических установок пожаротушения» признан победителем в номинации «Национальная безопасность и обороноспособность, защита от чрезвычайных ситуаций». Разработка относится к противопожарной технике, а именно к устройствам, предназначенным для генерирования воздушно-механической пены низкой кратности из водного раствора пенообразователя и ее разбрызгивания в защищаемой зоне, и применяется с целью тушения, локализации или блокирования пожара в составе автоматических стационарных установок пожаротушения в помещениях жилого и производственного назначений [15; 16].

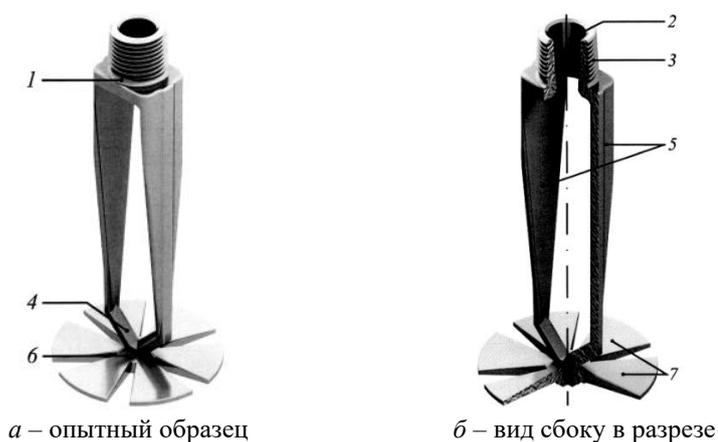


Рисунок 5. – Пенный ороситель

На рисунке 5а изображен общий вид пенного оросителя, на 5б – вид пенного оросителя в разрезе. Пенный дренчерный ороситель содержит корпус 1 в виде штуцера со сквозным осесимметричным корпусу каналом 2 и присоединительной резьбой 3, держатель 4, содержащий по меньшей мере две ножки 5, и разбрызгиватель 6, выполненный в форме диска с лепестками 7, расположенными друг относительно друга с зазорами. При этом коэффициент рабочей поверхности разбрызгивателя 6 составляет 80–85 %, внутренний диаметр разбрызгивателя 6 составляет 50–55 мм, внешний диаметр разбрызгивателя 6 составляет 60–65 мм, длина ножек 5 держателя 4 составляет 110–120 мм. Технический результат достигается посредством того, что пенный дренчерный ороситель с помощью резьбы 3 корпуса 1 крепится к трубопроводу автоматической установки пожаротушения, из которой водный раствор пенообразователя поступает в канал 2, характеризующийся низким гидравлическим сопротивлением. На выходе из канала 2 формируется сплошная струя водного раствора пенообразователя, которая направляется вдоль ножек 5 держателя 4 на разбрызгиватель 6, при попадании на который происходит дезинтеграция потока водного раствора пенообразователя, причем скорость потока и геометрические параметры лепестков 7 разбрызгивателя 6 обеспечивают генерирование пены со значением кратности 11 и более.

Также в 2018 г. автор проекта «Деятельность по восстановлению исторической памяти в контексте патриотического воспитания молодежи» К.Е. Дрозд признан победителем

проекта «100 идей для Беларуси» в номинации «Общество, экономика и социальная сфера». Данный проект представляет собой комплексное исследование в области поиска и обработки данных об участниках Великой Отечественной войны и нацелен на организацию гражданско-патриотического воспитания подрастающего поколения, которое, несомненно, является стратегическим ресурсом развития государства.

А.В. Пивоваров с проектом «Использование технологии для работы с бензорезом при вскрытии дверей в непригодной для дыхания среде» признан победителем в 2019 г. в номинации «Национальная безопасность и обороноспособность, защита от чрезвычайных ситуаций». Работа посвящена разработке конструкции бензореза, позволяющей использовать его для вскрытия конструкций в непригодной для дыхания среде (рис. 6). При этом основная идея проекта заключается в подаче свежего воздуха в бензорез от комплекта для спасаемого, что позволяет оперативно вскрывать двери для проведения дальнейшей разведки в заполненном продуктами горения помещении.

М.Б. Рыжков с проектом «Огнетушитель Full Up» стал победителем «100 идей для Беларуси» 2020 г. Разработка относится к области противопожарной техники, а именно к переносным огнетушителям, и позволяет повысить эффективность тушения очагов пожара путем изменения параметров подачи огнетушащего вещества (порошок, жидкость) [17].



Рисунок 6. – Вскрытие металлической конструкции бензорезом в непригодной для дыхания среде

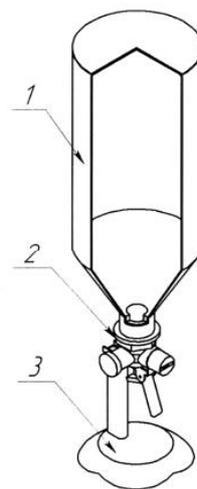


Рисунок 7. – Огнетушитель Full Up

Задача проекта состояла в создании огнетушителя, конструкция которого обеспечивает эффективное использование всего огнетушащего заряда. Конструкция переносного огнетушителя представлена на рисунке 7. Огнетушитель состоит из корпуса 1, съемной подставки 3 и запорно-пускового устройства 2 с манометром, соплом, ручкой и подвижным рычагом, опирающимся на толкатель устройства и фиксируемым чекой от возможного поступающего перемещения толкателя. Отверстие для выхода всего запаса огнетушащего вещества из огнетушителя расположено в нижней части корпуса. В дежурном режиме корпусе 1 находится огнетушащий заряд и газ под давлением. Для приведения огнетушителя в действие необходимо выдернуть чеку и переместить рычаг по направлению к ручке. Под действием движущей силы сжатого газа огнетушащий порошок через запорно-пусковое устройство 2 и сопло поступает непосредственно в зону тушения. При этом выход огнетушащего вещества осуществляется через отверстие, расположенное в нижней части корпуса 1.

Разработанная конструкция переносного огнетушителя позволяет снизить производственные затраты путем уменьшения количества конструктивных элементов переносного огнетушителя при одновременном повышении эффективности работы за счет максимального использования всего огнетушащего заряда и исключения потерь давления в сифонной трубке, увеличив тем самым максимальную площадь тушения посредством увеличения интенсивности и дальность подачи огнетушащего вещества.

И.С. Гусаров с проектом «Тренажер для подготовки спасателей-пожарных с имитацией эффектов физических воздействий в условиях виртуальной реальности VERS» признан победителем 2021 г. в номинации «Национальная безопасность и обороноспособность, защита от чрезвычайных ситуаций». Использование разработанного тренажера (рис. 8) позволяет максимально приблизить образовательный процесс университета к практической деятельности выпускников. Использование технологий виртуальной реальности позволяет обучающимся в короткие сроки получить опыт и практические навыки поведения в чрезвычайных ситуациях. Обучающиеся не только находятся в виртуальной среде, но и передвигаются, взаимодействуют с виртуальной средой, получая обратную тактильную связь, при этом не подвергаются опасности поражения опасными факторами чрезвычайных ситуаций [18].

Тренажер включает разработанное программное обеспечение (модуль инструктора и модуль пользователя, установленные на головной персональный компьютер), гарнитуру виртуальной реальности (шлем и ручные контроллеры), аппаратуру сопряжения и костюм обратной тактильной связи (или VR-костюм), обеспечивающий передачу физических воздействий на обучающегося.

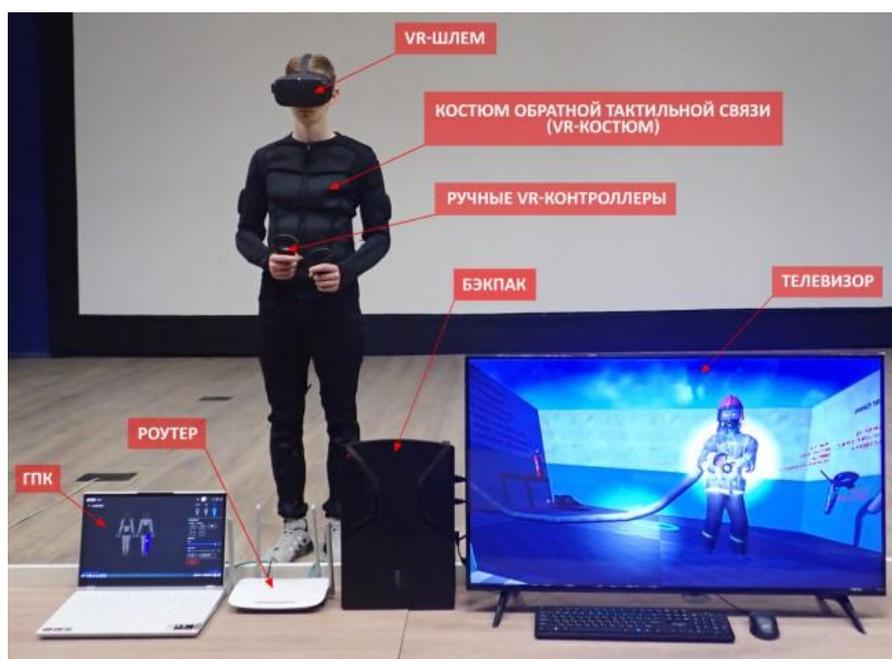


Рисунок 8. – Тренажер для подготовки спасателей-пожарных с имитацией эффектов физических воздействий в условиях виртуальной реальности VERS

В ходе прохождения симуляции обучающийся испытывает определенные сценарием физические воздействия, генерируемые VR-костюмом, такие как имитация ударов взрывной волной, поражения электрическим током, теплового воздействия при нахождении в зоне горения и др. Обратная тактильная связь позволяет человеку физически почувствовать реакцию на свои действия в виртуальной реальности. VR-костюм создает ряд ощущений через кожу за счет стимуляции электрическими импульсами нервных окончаний и мышечных структур, вызывая их сокращения. Электроды специальной формы парами расположены в анатомически подходящих областях: 34 электрода расположены на куртке

и 26 на штанах. Биометрическая система позволяет отслеживать биологические параметры, связанные с электрической активностью кожи и сердца, например контроль частоты сердечных сокращений.

В 2022 г. Е.И. Кохановский с разработанным им устройством «РГТ-800 (распылитель гетерофазного тушения)» признан победителем республиканского молодежного проекта «100 идей для Беларуси» в номинации «Национальная безопасность и обороноспособность, защита от чрезвычайных ситуаций». Проект посвящен разработке устройства для тушения пожаров, которое позволяет подавать на тушение распыленную воду, эмульсии, пену низкой кратности, порошковые огнетушащие составы и газообразные огнетушащие вещества – инертные газы.

Разработанное устройство позволяет ликвидировать опасность аварийных разливов, обеспечивает снижение пожарной опасности разливов горючей жидкости, способно нейтрализовать агрессивные вещества до безопасных значений, при этом затрачивая минимальное количество времени. Высокая эффективность и производительность, низкие эксплуатационные затраты и простота устройства обеспечивают простоту его эксплуатации и долговечность при низкой себестоимости. Применение РГТ-800 представлено на рисунке 9.



Рисунок 9. – Использование РГТ-800 при аварийных разливах нефтепродуктов

Заключение

В статье представлен порядок организации и проведения республиканского молодежного проекта «100 идей для Беларуси». Выполнен обзор передовых разработок, с которыми работники и обучающиеся Университета гражданской защиты одержали ряд побед в указанном проекте.

Показано, что в период с 2014 по 2022 г. представителями Университета гражданской защиты одержано 12 побед в различных номинациях проекта, в том числе с присуждением двух Гран-при конкурса. При этом 6 представителей университета одержали победу в номинации «Национальная безопасность и обороноспособность, защита от чрезвычайных ситуаций», а остальные – в номинациях «Промышленные технологии и производство», «Химические технологии, нефтехимия», «Энергетика и энергоэффективность, атомная энергетика», «Общество, экономика и социальная сфера». Очевидно, что накопленный опыт по участию в проекте позволит в дальнейшем реализовывать более крупные и значимые проекты.

Представленная в статье информация может быть полезна для дальнейшего развития науки и техники, а также для популяризации научных знаний среди обучающихся.

ЛИТЕРАТУРА

1. Генератор огнетушащего аэрозоля с охладителем пожаротушащей смеси: пат. полез. модель ВУ 10847 / И.И. Полевода, П.В. Максимов, А.В. Грачулин, М.Б. Зуев. – Опубл. 30.10.2015.

2. Камлюк, А.Н. Экспериментальные исследования опытных образцов водопенного насадка / А.Н. Камлюк [и др.] // Вестник Командно-инженерного института МЧС Республики Беларусь. – 2015. – № 2 (22). – С. 61–67. – EDN: UHHCDF.
3. Чан, Д.Х. Исследование характеристик водопенных насадков при различных режимах подачи огнетушащего средства / Д.Х. Чан, В.Ю. Риванс, А.Н. Камлюк // Вестник Командно-инженерного института МЧС Республики Беларусь. – 2016. – № 2 (24). – С. 88–97. – EDN: WEZNQT.
4. Камлюк, А.Н. Оптимизация геометрических параметров пеногенератора пожаротушения SPRUK 50/0.7 «Викинг» / А.Н. Камлюк [и др.] // Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси, 2018. – Т. 2, № 4. – С. 470–476. – DOI: 10.33408/2519-237X.2018.2-4.470. – EDN: YPMHRR.
5. Камлюк, А.Н. Ствол пожарный ручной универсальный комбинированный с расходом до 5 л/с и возможностью формирования воздушно-механической пены / А.Н. Камлюк, А.А. Морозов, В.В. Пармон // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты, 2019. – № 1 (40). – С. 76–85. – EDN: ZEUEPZ.
6. Рева, О.В. Исследование закономерностей термодеструкции азот-фосфорсодержащих замедлителей горения, применяемых для огнезащиты полиамида-6 / О.В. Рева, Д.В. Криваль // Полимерные материалы и технологии. – 2018. – Т. 4, № 2. – С. 77–84. – EDN: UTLNKU.
7. Рева, О.В. Влияние состава и содержания огнезащитной композиции в полиамиде-6 на его физико-механические свойства / О.В. Рева, Д.В. Криваль // Полимерные материалы и технологии. – 2022. – Т. 8, № 4. – С. 56–62. – DOI: 10.32864/polymmattech-2022-8-4-56-62 – EDN: HHPIZZ.
8. Состав огнестойкого композиционного материала: пат. ВУ 23889 / О.В. Рева, Д.В. Криваль. – Оpubл. 30.12.2022.
9. Комбинированный сорбент для сбора нефти и нефтепродуктов: пат. ВУ 21088 / И.М. Вертячих И.И. Суторьма, С.Н. Бобрышева, В.И. Жукалов, М.М. Журов. – Оpubл. 30.06.2017.
10. Белый, В.А. Электрическая поляризация в контакте с электретами / В.А. Белый [и др.] // Доклады Академии наук СССР. – 1988. – Т. 302, № 1. – С. 119–122.
11. Кравцов, А.Г. Полимерные волокнистые фильтры для преодоления экологических последствий чрезвычайных ситуаций / А.Г. Кравцов, С.А. Марченко, С.В. Зотов. – Гомель: ГГТУ имени П.О. Сухого, 2008. – 280 с.
12. Полимерные волокнистые melt-blown материалы / Под науч. ред. д.т.н. Л.С. Пинчук. – Гомель: ИММС НАНБ, 2000. – 260 с.
13. Бобрышева, С.Н. Новые результаты разработки отечественных адсорбентов для нефти и нефтепродуктов / С.Н. Бобрышева, М.М. Журов, Л.О. Кашлач // Чрезвычайные ситуации: образование и наука. – 2012. – Т.7, № 2. – С. 28–33. – EDN: TKVQIP.
14. Тихонов, М.М. Виртуальная среда как средство обучения в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций / М.М. Тихонов [и др.] // Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси. – 2018. – Т. 2, № 1. – С. 101–110. – DOI: 10.33408/2519-237X.2018.2-1.101. – EDN: YSGWWU.
15. Kamluk, A. Increasing foam expansion rate by means of changing the sprinkler geometry / A. Kamluk, A. Likhomanov // Fire Safety Journal. – 2019. – Vol. 109. – Article 102862. – 8 p. – DOI: 10.1016/j.firesaf.2019.102862.
16. Kamluk, A. Field testing and extinguishing efficiency comparison of the optimized for higher expansion rates deflector type sprinkler with other foam and foam-water sprinklers / A. Kamluk, A. Likhomanov, A. Grachulin // Fire Safety Journal. – 2020. – Vol. 116. – Article 103177. – 10 p. – DOI: 10.1016/j.firesaf.2020.103177.
17. Переносной огнетушитель: пат. полез. модель ВУ 12536 / М.М. Журов, М.Б. Рыжков. – Оpubл. 28.02.2021.
18. Полевода, И.И. Технологии виртуальной и дополненной реальности в образовательном процессе / И.И. Полевода [и др.] // Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси. – 2022. – Т. 6, № 1. – С. 119–142. – DOI: 10.33408/2519-237X.2022.6-1.119. – EDN: FVSV00.

**Достижения Университета гражданской защиты в республиканском
молодежном проекте «100 идей для Беларуси»**
**Achievements of the University of civil protection in the republican
youth project «100 Ideas for Belarus»**

Полевода Иван Иванович

кандидат технических наук, доцент
Государственное учреждение образования
«Университет гражданской защиты
Министерства по чрезвычайным ситуациям
Республики Беларусь»,
начальник университета

Адрес: ул. Машиностроителей, 25,
220118, г. Минск, Беларусь

Email: ip@ucp.by

ORCID: 0000-0003-2469-3553

Ivan I. Palevoda

PhD in Technical Sciences, Associate Professor
State Educational Establishment «University
of Civil Protection of the Ministry for Emergency
Situations of the Republic of Belarus»,
Head of University

Address: Mashinostroiteley str., 25,
220118, Minsk, Belarus

Email: ip@ucp.by

ORCID: 0000-0003-2469-3553

Камлюк Андрей Николаевич

кандидат физико-математических наук,
доцент

Государственное учреждение образования
«Университет гражданской защиты
Министерства по чрезвычайным ситуациям
Республики Беларусь», заместитель
начальника университета по научной
и инновационной деятельности

Адрес: ул. Машиностроителей, 25,
220118, г. Минск, Беларусь

Email: kan@ucp.by

ORCID: 0000-0002-9347-0778

Andrey N. Kamlyuk

PhD in Physics and Mathematics Sciences,
Associate Professor
State Educational Establishment «University
of Civil Protection of the Ministry for Emergency
Situations of the Republic of Belarus»,
Deputy Chief of the University
on Scientific and Innovative Activity

Address: Mashinostroiteley str., 25,
220118, Minsk, Belarus

Email: kan@ucp.by

ORCID: 0000-0002-9347-0778

Пасовец Владимир Николаевич

кандидат технических наук, доцент

Государственное учреждение образования
«Университет гражданской защиты
Министерства по чрезвычайным ситуациям
Республики Беларусь», факультет подготовки
научных кадров, начальник факультета

Адрес: ул. Машиностроителей, 25,
220118, г. Минск, Беларусь

Email: pasovets_v@mail.ru

ORCID: 0000-0001-9451-9513

Vladimir N. Pasovets

PhD in Technical Sciences, Associate Professor
State Educational Establishment «University
of Civil Protection of the Ministry for Emergency
Situations of the Republic of Belarus»,
Faculty of Postgraduate Scientific Education,
Head of Faculty

Address: Mashinostroiteley str., 25,
220118, Minsk, Belarus

Email: pasovets_v@mail.ru

ORCID: 0000-0001-9451-9513

Криваль Денис Викторович

Государственное учреждение образования
«Университет гражданской защиты
Министерства по чрезвычайным ситуациям
Республики Беларусь», факультет подготовки
научных кадров, методист

Адрес: ул. Машиностроителей, 25,
220118, г. Минск, Беларусь

Email: den.kryval@mail.ru

Denis V. Kryval

PhD in Technical Sciences
State Educational Establishment «University
of Civil Protection of the Ministry of Emergency
Situations of the Republic of Belarus»,
Faculty of Postgraduate Scientific Education,
Methodist

Address: ul. Mashinostroiteley, 25,
220118, Minsk, Belarus

Email: den.kryval@mail.ru

ACHIEVEMENTS OF THE UNIVERSITY OF CIVIL PROTECTION IN THE REPUBLICAN YOUTH PROJECT «100 IDEAS FOR BELARUS»

Palevoda I.I., Kamlyuk A.N., Pasovets V.N., Kryval D.V.

Purpose. Analysis of the participation of employees and students of the University of civil protection in the republican youth project «100 ideas for Belarus».

Methods. Theoretical analysis.

Findings. An overview of projects with made the employees and students of the University of Civil Protection winners in the republican youth project «100 Ideas for Belarus» is presented. Each winning project is considered in detail. The article also provides information on the procedure for organizing and conducting the republican youth project «100 Ideas for Belarus».

Application field of research. The information presented in the article is useful for the further development of science and technology, as well as for the popularization of scientific knowledge among students.

Keywords: project, youth, innovation, scientific and technical development.

(The date of submitting: June 20, 2023)

REFERENCES

1. Palevoda I.I., Maksimov P.V., Grachulin A.V., Zuev. M.B. *Generator ognetushashchego aerolya s okhladitelem pozharotushashchey smesi* [Generator of fire-extinguishing aerosol with a cooler of the fire-extinguishing mixture]: utility model patent BY 10847. Published October 30, 2015. (rus)
2. Kamlyuk A.N., Maksimovich D.S., Tran Duc Hoan, Grachulin A.V. Eksperimental'nye issledovaniya opytnykh obraztsov vodopennogo nasadka [Experimental research of prototypes of water-foam nozzle]. *Vestnik Komandno-inzhenerenogo instituta MChS Respubliki Belarus'*, 2015. No. 2 (22). Pp. 61–67. (rus). EDN: UHHCDF.
3. Tran Duc Hoan, Rivans V.Yu., Kamlyuk A.N. Issledovanie kharakteristik vodopennykh nasadkov pri razlichnykh rezhimakh podachi ogne-tushashchego sredstva [Research of water-foam nozzles characteristics in various modes of extinguishing agent discharging]. *Vestnik Komandno-inzhenerenogo instituta MChS Respubliki Belarus'*, 2016. No. 2 (24). Pp. 88–97. (rus). EDN: WEZNQT.
4. Kamlyuk A.N., Parmon V.V., Striganova M.Yu., Morozov A.A. Optimizatsiya geometricheskikh parametrov penogeneratora pozharotusheniya SPRUK 50/0.7 «Viking» [Optimization of geometrical parameters of the fire removal penogenerator SPRUK 50/0.7 «Viking»]. *Journal of Civil Protection*, 2018. Vol. 2, No. 4. Pp. 88–97. (rus). DOI: 10.33408/2519-237X.2018.2-4.470. EDN: YPMHRR.
5. Kamlyuk A.N., Parmon V.V., Striganova M.Yu., Morozov A.A. Stvol pozharnyy ruchnoy universal'nyy kombinirovanny s raskhodom do 5 l/s i vozmozhnost'yu formirovaniya vozdushno-mekhanicheskoy peny [Universal firefighter manual fire barrel combined with a flow rate of up to 5 l/s and the possibility of forming an air-mechanical foam]. *Scientific and Educational Problems of Civil Protection*, 2019. No. 1 (40). Pp. 76–85. (rus). EDN: ZEUEPZ.
6. Reva O.V., Krival D.V. Issledovanie zakonornostey termodestruksii azot-fosforsoderzhashchikh zamedliteley goreniya, primenyaemykh dlya ognezashchity poliamida 6 [Investigation of regularities of thermal decomposition of ammonium phosphates used for fire protection of polyamide 6]. *Polymer Materials and Technologies*, 2018. Vol. 4, No. 2. Pp. 77–84. (rus). EDN: UTLNKU.
7. Reva O.V., Krival D.V. Vliyanie sostava i soderzhaniya ognezashchitnoy kompozitsii v poliamide-6 na ego fiziko-mekhanicheskie svoystva [Effect of composition and content of fire-proof composition in polyamide 6 on its physical and mechanical properties]. *Polymer Materials and Technologies*, 2018. Vol. 8, No. 4. Pp. 56–62. (rus). DOI: 10.32864/polymmattech-2022-8-4-56-62 EDN: HHPIZZ.
8. Reva O.V., Krival D.V. *Sostav ognestoykogo kompozitsionnogo materiala* [Composition of the fire-resistant composite material] patent BY 23889. Published December 30, 2022. (rus)
9. Vertyachikh I.M., Sutor'ma I.I., Bobrysheva S.N., Zhukalov V.I., Zhurov M.M. *Kombinirovanny sorbent dlya sbora nefi i nefteproduktov* [Combined sorbent for collecting oil and oil products] patent BY 21088. Published June 30, 2017. (rus)
10. Belyy V.A., Vertyachikh I.M., Pinchuk L.S., Voronezhstsev Yu.I., Gol'dade, V.A. Elektricheskaya polarizatsiya v kontakte s elektretami [Electric polarization in contact with electrets]. *Doklady Akademii nauk SSSR*, 1988. Vol. 302, No. 1. Pp. 119–122. (rus)

11. Kravtsov A.G., Marchenko S.A., Zotov S.V. *Polimernye voloknistye fil'try dlya preodoleniya ekologicheskikh posledstviy chrezvychaynykh situatsiy* [Polymer fibrous filters for environmental consequences of emergencies]. Gomel: Sukhoi State Technical University of Gomel, 2008. 280 p. (rus)
12. *Polimernye voloknistye melt-blown materialy* [Polymer fibrous melt-blown materials]. Ed. by prof. L.S. Pinchuk. Gomel: V.A. Belyi Metal-Polymer Research Institute of National Academy of Sciences of Belarus, 2000. 260 p. (rus)
13. Bobrysheva S.N., Zhurov M.M., Kashlach L.O. Novye rezul'taty razrabotki otechestvennykh adsorbentov dlya nefi i nefteproduktov [New results of the development of domestic adsorbents for oil and petroleum products]. *Chrezvychaynye situatsii: obrazovanie i nauka*, 2012. Vol. 7, No. 2. Pp. 28–33. (rus). EDN: TKVQIP.
14. Tikhonov M.M., Bordak S.S., Lubivaya E.N., Reabtsev V.N. Virtual'naya sreda kak sredstvo obucheniya v oblasti zashchity naseleniya i territoriy ot chrezvychaynykh situatsiy [Virtual environment as an instrument of training in the field population protection from emergencies]. *Journal of Civil Protection*, 2018. Vol. 2, No.1. Pp. 101–110. (rus). DOI: 10.33408/2519-237X.2018.2-1.101. EDN: YSGWWU.
15. Kamluk A., Likhomanov A. Increasing foam expansion rate by means of changing the sprinkler geometry. *Fire Safety Journal*, 2019. Vol. 109. Article 102862. 8 p. DOI: 10.1016/j.firesaf.2019.102862.
16. Kamluk A., Likhomanov A., Grachulin A. Field testing and extinguishing efficiency comparison of the optimized for higher expansion rates deflector type sprinkler with other foam and foam-water sprinklers. *Fire Safety Journal*, 2020. Vol. 116. Article 103177. 10 p. DOI: 10.1016/j.firesaf.2020.103177.
17. Zhurov M.M., Ryzhkov M.B. Perenosnoy ognetyshitel' [Portable fire extinguisher]: utility model patent BY 12536. Published February 28, 2021. (rus)
18. Palevoda I.I., Ivanitskiy A.G., Mikanovich A.S., Pastukhov S.M., Grachulin A.V., Ryabtsev V.N., Navrotskiy O.D., Likhomanov A.O. Tekhnologii virtual'noy i dopolnennoy real'nosti v obrazovatel'nom protsesse [Virtual and augmented reality technologies in the educational process]. *Journal of Civil Protection*, 2022. Vol. 6, No.1. Pp. 119–142. (rus). DOI: 10.33408/2519-237X.2022.6-1.119. EDN: FVSV00.

IMPROVING THE EFFICIENCY OF THE VIETNAMESE POLICE FORCE OF FIRE PROTECTION AND RESCUE AT VARIOUS TYPES OF INCIDENTS AND NATURAL DISASTERS

Pham Viet Tien

Purpose. Research of statistics of natural disasters in Vietnam and ways how to minimize human losses by improvement the effectiveness of rescue activities.

Methods. Statistical.

Findings. Proposals are presented to improve the effectiveness of rescue activities to minimize human losses in incidents and natural disasters.

Application field of research. Rescue activities for various types of incidents and natural disasters of the Vietnamese police force of fire protection and rescue.

Keywords: rescue operations preparation, natural disasters, Vietnam.

(The date of submitting: May 11, 2023)

Vietnam is a country with a coastline of about 3,260 km which stretches from North to South, with a narrow horizontal terrain and located in an area affected by many natural disasters of meteorological origin. Many natural disasters occur every year causing heavy damage to people and property. Under the impact of climate change in Vietnam, the natural disaster situation is becoming more and more complicated and showing signs of increasing, especially frequent storms, floods and fierce droughts. In recent years, extreme weather phenomenon has begun to increase and occur irregularly. Typhoons, landslides are some of the most dangerous natural disasters for many areas in Vietnam.

According to statistics in Vietnam in 2022, natural disasters occurred abnormally, extremely, and irregularly from the first months of the year and across the country, there were 1,057 natural disasters. Prolonged heavy rains in the North have caused landslides, flash floods in mountainous areas, urban flooding, industrial zones (March 4–6). Son La, Hoa Binh and Tuyen Quang reservoirs have had to operate flood discharge and maintain it for a long time. In the central region, 3 consecutive typhoons made landfall, and post-storm floods caused serious damage to people and property. Typhoon No. 4 (Noru) reached the strongest intensity, level 14–15, gust level 17, near super typhoon level in the South China Sea, rapidly weakened and made landfall in Da Nang, Quang Nam on September 28th caused heavy rain in the southern provinces of the Northern Plains and from Thanh Hoa to Quang Ngai. In particular, in Nghe An, the rain was very heavy 300–500 mm. At the same time, heavy rains after Typhoon No. 5 caused 3rd alarm floods on rivers from Quang Binh – Thua Thien Hue. Flooding was particularly severe, up to 1.5–2 m in Da Nang. High tide, combined with strong winds causing large waves of 1.5–2 m in the West Sea area caused overflow and landslides of the West Sea dyke, Ca Mau province. A lot of earthquakes occurred in a row in Kon Plong district, Kon Tum province. As of 28/12/2022, natural disasters have caused 175 deaths and losses; economic losses are estimated at VND 19,453 billion, 1.6 times higher than human losses and 3.4 times economic losses compared to the same period in 2021 [1].

According to the above statistics, the negative impacts of climate change in Vietnam have made all kinds of natural disasters more and more severe. This has set new requirements and duties for rescue forces, including the Fire & Rescue Police force. According to the provisions of Clause 1, Article 5, Decree No. 30/2017/ND-CP dated March 21, 2017 of the Government, stipulating that the Police force of fire prevention, fighting and rescue are specialized forces of the Ministry of Public Security for search and rescue [2]. On the other hand, in the Government's Decree 83/2017/ND-CP dated July 18, 2017, it is determined that the Fire & Rescue Police force is a permanent rescue force [3].

Facing the complicated developments of natural disasters, the Fire & Rescue Police force with its role and responsibility has actively and proactively implemented activities to respond to natural disaster situations. According to the statistics of the Ministry of Public Security of Vietnam, on average, every year, the Fire and Rescue Police forces of all local police have over 12,000 units of specialized vehicles and nearly 89,000 of cadres and soldiers directly organizing firefighting and rescue in 4000/6000 fires, incidents, accidents. The Fire and Rescue Police forces organize the guidance and save thousands of people, finding hundreds of bodies [4]. It has been shown that the organization of timely rescue activities in emergency situations of natural disasters and incidents has made an important contribution to protecting people's lives and minimizing damage to people and property. However, in the process of performing their duties, the Fire & Rescue Police force also encountered some difficulties and limitations, specifically as follows [5].

– Vehicles, equipment for rescue work of the Fire & Rescue Police force is still not synchronous, lacking in quantity that does not meet the requirements of rescue work when discharging incidents and disasters. The Fire & Rescue Police force has the shortage of number of officers and soldiers directly doing firefighting, rescue, does not meet practical requirements and experience in responding to incidents and natural disasters is limited.

– Deploying rescue in some situations of incidents, natural disasters (landslides, floods, collapses) still revealed many limitations and shortcomings. The coordination between the Fire & Rescue Police force and other units in rescue activities is limited when incidents or natural disasters occurred.

– In addition, the issue of climate change in Vietnam is and will be increasingly complicated, causing great damage to people and property. According to the forecast of the Ministry of Natural Resources and Environment of Vietnam, in the coming time, climate change in Vietnam will be more complicated. The average annual degree nationwide in the middle of the century has an increase of 1.3–1.7 °C. Storms are very strong and tend to increase. Rain during the period of monsoon activity has up trend. The number of hot days (the highest temperature days in $T_x \geq 35$ °C) grows over most of the country. The average sea level rise in Vietnam's coast is likely to be higher than the global average. The average sea level rise for the entire coastal strip of Vietnam by 2050 is 22 cm (14–32 cm) [6].

Thus, it can be seen that the extreme impact of climate change in Vietnam becomes increasingly complicated, leading to a sharp rise in the number of natural disasters formations (such as landslides, collapses of houses, buildings, floods, large fires) causing serious damage to people and property. This showed significant challenges for the Fire & Rescue Police force in responding and dealing with incidents and natural disasters that may occur in Vietnam.

In order to improve the effectiveness of rescue for various types of incidents and natural disasters, the Fire & Rescue Police force needs to focus on the following 5 issues [7].

Firstly, to focus on building up a regular, elite and modern force of fire prevention and rescue; strengthening the organization and apparatus of the fire protection and fire protection forces, ensuring the number of troops and professional qualifications of rescue force to meet the practical requirements set out in the rescue progress for all types of incidents, natural disasters. In addition, by the support of the Ministry of Public Security, the Government and the National Assembly it is promulgated and completed the legal basis for response to criminal incidents and natural disasters of the Fire Protection Police force, it is ensured that the regime and policies are suitable to the specific work of the Fire & Rescue Police force in rescue activities.

Secondly, to ensure the permanent regime of rescue 24/24 h, receive and process information in a timely and accurate manner; ensure the number of troops, vehicles and equipment of rescue for permanent participation; to strengthen the training of rescue operations, especially thoroughly, rescue tactics in situations of incidents and natural disasters that often occur in Vietnam such as floods, landslides, collapse of works, etc. At the same time, to focus on developing response and handling plans for various types of incidents and natural disasters that often occur in

localities. Annually organize rehearsal plans to respond to and handle all types of incidents and natural disasters, thereby helping the Fire and Rescue Police force to be proactive in responding to all kinds of incidents and natural disasters in Vietnam.

Thirdly, to organize effective rescue activities at the scene. The fire protection police force needs to quickly dispatch rescue forces and vehicles to the scene. For major incidents and natural disasters, it is necessary to establish a command board and staff to command and administer rescue activities with high efficiency. To organize reconnaissance activities to promptly capture information about the situation at the scene on the basis of which appropriate methods of rescue are chosen. To organize field zoning to ensure that rescue activities are convenient and achieve the highest efficiency. To deploy quickly appropriate rescue measures, techniques and tactics, combined with the use of modern specialized rescue devices and equipment to ensure efficiency in rescue activities for incidents and natural disasters. To establish a first aid area to conduct injury assessments and deal with injuries suffered by victims. To organize timely transfer of injuries, quickly take the victim to the nearest medical facility. At the same time the fire protection police force needs to closely coordinate with local authorities and other forces in the rescue, such as: military forces, mobile police forces, traffic police in search and rescue activities. To coordinate with medical forces in saving people using medical measures, organizing first aid for injured people.

Fourth, to focus on good political and ideological work, encourage morale for cadres and soldiers on rescue duty. At the same time, to ensure highly effective logistics for rescue activities. To arrange backup forces ready to perform tasks, provide food and water for officers and soldiers, temporary accommodation for rescue officers and soldiers. To ensure adequate preparation of backup rescue vehicles to replace vehicles operating with high intensity in the field. To provide enough fuel for specialized rescue vehicles and equipment (such as rescue vehicles, crane, motorcycles, excavators, hydraulic equipment, concrete cutters, etc.). To ensure current communications. In case rescue activities take place at night, where there is a lack of light, it is necessary to deploy appropriate lighting equipment for rescue activities at the moment;

Fifth, the Fire & Rescue Police force needs to carry out intensive research, transfer technology and apply scientific and technological achievements to actively producing search and rescue vehicles and equipment suitable to Vietnam's conditions. To strengthen international cooperation in order to enlist and take advantage of financial support, equipment, technology, capacity, rescue experience, thereby effectively deploying rescue activities for incidents and natural disasters. To invest in building material and technical facilities, building models for technical training, rescue tactics in situations of incidents and natural disasters. To equip cadres and soldiers doing rescue work with personal protective equipment; to procure modern rescue vehicles and equipment such as rescue vehicles, ladder vehicles, amphibious vehicles, chemical and radioactive rescue vehicles, and specialized rescue equipment. To apply modern technology in rescue operations for incidents and natural disasters.

REFERENCES

1. *Law on Natural Disaster Prevention and Control*: Law No. 33/2013/QH13 dated June 19, 2013 of the National Assembly of the Socialist Republic of Vietnam. Url: <https://vanbanphapluat.co/law-no-33-2013-qh13-on-natural-disaster-prevention-and-control>.
2. *Regulation on response to emergency, natural disasters and search and rescue*: Decree No. 30/2017/ND-CP dated March 21, 2017 of the Government of the Socialist Republic of Vietnam. Url: <https://vanbanphapluat.co/decreed-30-2017-nd-cp-response-to-emergency-acts-of-god-and-search-and-rescue>.
3. *Regulation on rescue operations by fire departments*: Decree No. 83/2017/ND-CP dated July 18, 2017 of the Government of the Socialist Republic of Vietnam. Url: <https://vanbanphapluat.co/decreed-83-2017-nd-cp-regulation-on-rescue-operations-by-fire-departments>.
4. *Press Release 2021*. Department of Police for Fire Prevention, Firefighting and Rescue of the Socialist Republic of Vietnam, 2022.
5. *Regulation on the standing work of firefighting and rescue of the People's Public Security forces*: Circular No. 139/2020/TT-BCA, dated December 23, 2020 of the Minister of Public Security of the

- Socialist Republic of Vietnam. Url: <https://lawnet.vn/vb/Thong-tu-139-2020-TT-BCA-cong-tac-san-sang-chua-chay-va-cuu-nan-cuu-ho-luc-luong-Cong-an-nhan-dan-70E53.html>. (vie)
6. *Climate change and sea level rise scenario for Vietnam*. Ministry of Natural Resources and Environment. Hanoi: Vietnam Natural Resources and Maps Publishing House, 2016. 187 p. Url: <https://data.opendevelopmentmekong.net/dataset/ff33a524-a90c-4d1b-94b6-193ad878cf1d/resource/a354c3e0-3cfe-4d07-ad03-d24713792d37>.
 7. *Regulation on implementation of firefighting and rescue activities of the People's Public Security forces: Circular No. 140/2020/TT-BCA*, dated December 23, 2020 of the Minister of Public Security of the Socialist Republic of Vietnam. Url: <https://lawnet.vn/vb/Thong-tu-140-2020-TT-BCA-trien-khai-hoat-dong-chua-chay-va-cuu-nan-cuu-ho-cua-Cong-an-nhan-dan-70AA9.html>. (vie)

**Improving the efficiency of the Vietnamese Police Force of Fire Protection and Rescue
at various types of incidents and natural disasters**

**Повышение эффективности деятельности Вьетнамской полиции пожарной защиты
и спасения при различных типах инцидентов и стихийных бедствий**

Фам Вьет Тиен

PhD

Университет пожарной безопасности
Министерства общественной безопасности
Социалистической Республики Вьетнам,
отдел спасения, заместитель начальника отдела

Адрес: ул. Хуат Дуй Тиен, 243,
р-н Тхань Суан,
100000, Ханой, Вьетнам

Email: viettient34@gmail.com

Pham Viet Tien

PhD

University of Fire Prevention and Fighting
of the Ministry of Public Security of Vietnam,
Rescue Department,
Vice Head of Department

Address: 243 Khuat Duy Tien,
Thanh Xuan,
100000, Hanoi, Vietnam

Email: viettient34@gmail.com

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ВЬЕТНАМСКОЙ ПОЛИЦИИ ПОЖАРНОЙ ЗАЩИТЫ И СПАСЕНИЯ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ТИПАХ ИНЦИДЕНТОВ И СТИХИЙНЫХ БЕДСТВИЙ

Фам Вьет Тиен

Цель. Исследование статистики стихийных бедствий во Вьетнаме и пути минимизации человеческих потерь за счет повышения эффективности спасательных работ.

Методы. Статистический.

Результаты. Представлены предложения по повышению эффективности аварийно-спасательных работ для минимизации человеческих потерь при авариях и стихийных бедствиях.

Область применения исследований. Спасательные работы при различных типах происшествий и стихийных бедствий Вьетнамской полиции пожарной защиты и спасения.

Ключевые слова: подготовка спасательных операций, стихийные бедствия, Вьетнам.

(Поступила в редакцию 11 мая 2023 г.)

ЛИТЕРАТУРА

1. Law on Natural Disaster Prevention and Control: Law No. 33/2013/QH13 dated June 19, 2013 of the National Assembly on Natural Disaster Prevention and Control. – Url: <https://vanbanphapluat.co/law-no-33-2013-qh13-on-natural-disaster-prevention-and-control>.
2. Regulation on response to emergency, natural disasters and search and rescue: Decree No. 30/2017/ND-CP dated March 21, 2017 of the Government of the Socialist Republic of Vietnam. – Url: <https://vanbanphapluat.co/decreed-30-2017-nd-cp-response-to-emergency-acts-of-god-and-search-and-rescue>.
3. Regulation on rescue operations by fire departments: Decree No. 83/2017/ND-CP dated July 18, 2017 of the Government of the Socialist Republic of Vietnam. – Url: <https://vanbanphapluat.co/decreed-83-2017-nd-cp-regulation-on-rescue-operations-by-fire-departments>.
4. Press Release 2021. Department of Police for Fire Prevention, Firefighting and Rescue of the Socialist Republic of Vietnam, 2022.
5. Regulation on the standing work of firefighting and rescue of the People's Public Security forces: Circular No. 139/2020/TT-BCA, dated December 23, 2020 of the Minister of Public Security of the Socialist Republic of Vietnam. Url: <https://lawnet.vn/vb/Thong-tu-139-2020-TT-BCA-cong-tac-san-sang-chua-chay-va-cuu-nan-cuu-ho-luc-luong-Cong-an-nhan-dan-70E53.html>.
6. Climate change and sea level rise scenario for Vietnam. Ministry of Natural Resources and Environment. Hanoi: Vietnam Natural Resources and Maps Publishing House, 2016. 187 p. Url: <https://data.opendevlopmentmekong.net/dataset/ff33a524-a90c-4d1b-94b6-193ad878cf1d/resource/a354c3e0-3cfe-4d07-ad03-d24713792d37>.
7. Regulation on implementation of firefighting and rescue activities of the People's Public Security forces: Circular No. 140/2020/TT-BCA, dated December 23, 2020 of the Minister of Public Security of the Socialist Republic of Vietnam. – Url: <https://lawnet.vn/vb/Thong-tu-140-2020-TT-BCA-trien-khai-hoat-dong-chua-chay-va-cuu-nan-cuu-ho-cua-Cong-an-nhan-dan-70AA9.html>.

ПРАВОВЫЕ ОСНОВЫ СИСТЕМЫ АУДИТА ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Горошко Е.Ю., Костюкевич С.В.

Цель. Формирование правовых предложений по осуществлению аудиторской деятельности в области пожарной безопасности в Республике Беларусь.

Методы. Использовались общенаучные методы: анализа, синтеза, обобщения, индукции и моделирования, а также частные методы исследования: сравнительно-правовой и правового прогнозирования.

Результаты. В результате анализа теоретических положений, национального и международного опыта по осуществлению аудита пожарной безопасности сформированы правовые предложения по осуществлению аудиторской деятельности в области пожарной безопасности в Республике Беларусь, а именно: определены стратегические направления аудита; предложен алгоритм проведения аудиторской проверки по пожарной безопасности, определены требования к организациям, имеющим право осуществлять аудиторскую деятельность в области пожарной безопасности, квалификационные характеристики эксперта-аудитора, структура и содержание аудиторского заключения.

Область применения исследований. Сформированные предложения по осуществлению аудиторской деятельности в области пожарной безопасности в Республике Беларусь могут быть использованы при подготовке нормативных актов в данном сегменте деятельности, научных исследованиях. Внедрение сформированных правовых предложений позволит рационально и эффективно построить систему аудита в Республике Беларусь, привлечь субъектов хозяйствования наряду с органами государственного пожарного надзора к проведению оценки состояния пожарной безопасности, подготовить дополнительные ресурсы в обеспечении пожарной безопасности государства.

Ключевые слова: пожарная безопасность, аудиторская деятельность, система аудита пожарной безопасности, аудиторское заключение, эксперт-аудитор, государственный пожарный надзор.

(Поступила в редакцию 29 апреля 2023 г.)

Введение

Министерство по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь уделяет большое внимание развитию надзорной деятельности. Одним из приоритетных ее направлений является модернизация форм и методов осуществления с целью повышения эффективности, обеспечение прозрачности и открытости процедур проведения мероприятий по контролю.

В настоящее время в Республике Беларусь разработана национальная стратегия по снижению риска возникновения чрезвычайных ситуаций на 2019–2030 годы [1]. В соответствии с п. 4 плана мероприятий, направленных на совершенствование государственного управления (регулирующего) в областях пожарной и промышленной безопасности от 15 декабря 2020 г. № 33/213-459/545, требуется изучить необходимость внедрения в Республике Беларусь системы аудита пожарной безопасности¹. В дополнение развитие механизма аудита в области обеспечения безопасности предусмотрено Планом действий по реализации национальной стратегии по снижению риска возникновения чрезвычайных ситуаций на период 2019–2030 годов [2].

¹ План мероприятий, направленный на совершенствование государственного управления (регулирующего) в областях пожарной и промышленной безопасности, утвержденный Мингорисполкомом 15.12.2020 № 33/213-459/545.

Кроме того, в соответствии с п. 9 Указа Президента Республики Беларусь от 16 октября 2010 г. № 510 «О совершенствовании контрольной (надзорной) деятельности в Республике Беларусь» при назначении выборочной проверки контролирующим (надзорным) органом должно учитываться аудиторское заключение (при его наличии) [3]. Необходимость учета контролирующим (надзорным) органом аудиторского заключения при отборе субъектов с высокой степенью риска для выборочной проверки определена также п. 10 постановления Совета Министров Республики Беларусь от 22 января 2018 г. № 43 «О методике формирования системы оценки степени риска» [4]. Однако в настоящее время системы аудита пожарной безопасности в Беларуси нет, следовательно, правовые механизмы, заложенные в контексте деятельности по обеспечению пожарной безопасности в части аудиторской деятельности, не работают. На основании вышеизложенного была поставлена цель настоящей статьи – сформировать правовые предложения по осуществлению аудиторской деятельности в области пожарной безопасности в Республике Беларусь.

Основная часть

В настоящее время система нормативного регулирования аудиторской деятельности в Республике Беларусь находится в стадии становления. Происходит процесс определения прав и обязанностей органов, регулирующих аудиторскую деятельность, определение роли и функций государственных и общественных аудиторских организаций.

Регулирование аудиторской деятельности в Республике Беларусь осуществляется только экологической, бухгалтерской и (или) финансовой отчетностью согласно:

1. Закону Республики Беларусь от 12 июля 2013 г. № 56-3 «Об аудиторской деятельности» [5].

2. Закону Республики Беларусь от 26 ноября 1992 г. № 1982-XII «Об охране окружающей среды» [6].

Очевидно, что при разработке белорусской системы аудита пожарной безопасности необходимо учитывать опыт его осуществления в других сферах деятельности страны, международную практику аудита пожарной безопасности, инновационные подходы ученых в данном сегменте деятельности.

Теоретики утверждают: аудит пожарной безопасности – это независимая оценка состояния пожарной безопасности объектов и территории аудируемого субъекта хозяйствования на предмет соблюдения требований по обеспечению пожарной безопасности, содержащихся в нормативных правовых актах (их структурных элементах), в том числе обязательных для соблюдения технических нормативных правовых актах (их структурных элементах), и международных актах (их структурных элементах), образующих систему противопожарного нормирования и стандартизации. Пожарный аудит понимается как оценка соответствия в области пожарной безопасности, проводится на основании договора, который заключается между субъектом хозяйствования и экспертной комиссией от специализированной организации, осуществляющей деятельность в сфере оценки пожарного аудита. По мнению исследователей, аудит пожарной безопасности должен проводиться добровольно, и владелец сам должен выбрать: воспользоваться ему услугами государства – инспектора ГПН или пригласить аудиторскую компанию. Для создания системы независимого аудита и аудиторских организаций необходимы независимые эксперты со специальным образованием [7].

Международный опыт свидетельствует об активном использовании системы аудита при обеспечении пожарной безопасности за пределами Республики Беларусь. Он распространен в Великобритании, Франции, Германии, Канаде и других экономически развитых странах мира. Однако каждая из стран имеет свои стандарты оценки пожарных рисков и разные понятия о пожарном аудите. Различный подход к проведению пожарного аудита продиктован особенностью национальных экономик и систем административного управления [8]. Опыт применения аудита пожарной безопасности широко применяется и в странах

постсоветского пространства. В качестве примера можно привести Российскую Федерацию и Республику Казахстан. В Российской Федерации, например, аудит пожарной безопасности, наряду с федеральным государственным пожарным надзором, является формой оценки соответствия объектов защиты требованиям пожарной безопасности. Независимая оценка пожарного риска проводится аттестованным экспертом на основании договора, заключаемого между собственником объекта защиты и юридическим лицом, осуществляющим деятельность в области оценки пожарного риска. Вывод о выполнении (невыполнении) условий соответствия объекта защиты требованиям пожарной безопасности содержится в заключении независимой оценки пожарного риска, учитывается как динамический показатель отнесения объекта защиты к определенной категории риска и позволяет субъекту хозяйствования перейти в категорию более низкой (высокой) опасности. Данное условие служит мотивацией для субъекта хозяйствования сократить периодичность проведения плановой проверки в его отношении [9; 10].

В Республике Казахстан институт аудита пожарной безопасности введен с 1 января 2015 г. как добровольная альтернатива государственным проверкам в сфере пожарной безопасности и является одной из форм оценки соответствия объекта требованиям пожарной безопасности. Для осуществления деятельности по аудиту пожарной безопасности юридическое лицо обращается в МЧС и при условии соответствия квалификационным требованиям получает аттестат аккредитации на оказание данных услуг. Предоставляемый перечень документов на соответствие квалификационным требованиям включает наличие не менее трех специалистов аккредитуемой компании, копий удостоверений личности, дипломов об образовании, трудовых книжек, подтверждающих стаж работы в отрасли не менее трех лет, трудовых договоров и договора аренды или регистрации права собственности на помещение офиса. При получении положительного заключения объект освобождается от проверок (за исключением внеплановых) на период действия заключения или на один год. Копии заключений предоставляются в территориальные департаменты по чрезвычайным ситуациям. Услугами аудита в области пожарной безопасности в Республике Казахстан пользуются объекты торговли с массовым пребыванием людей, учреждения образования и здравоохранения, производственные и промышленные объекты и др. За нарушения, допущенные аудиторскими организациями, предусмотрена административная ответственность [11].

Таким образом, анализ международного и национального опыта позволяет сформировать основные стратегические направления аудита пожарной безопасности в Республике Беларусь.

1. В Республике Беларусь необходимо нормативно закрепить возможность проведения аудита пожарной безопасности.

2. Это должна быть *независимая* оценка состояния пожарной безопасности объектов и территории аудируемого субъекта хозяйствования на предмет соблюдения требований по обеспечению пожарной безопасности.

3. Аудит пожарной безопасности должен осуществляться *независимыми* компаниями, не заинтересованными в результате аудита.

4. Аудит пожарной безопасности должен проводиться *аудиторами*. К экспертам, осуществляющим аудит, необходимо предъявлять высокие квалификационные требования. В Республике Беларусь необходимо создать условия для обучения и повышения квалификации таких аудиторов.

5. Результатом независимой оценки пожарной безопасности является *заключение* о соответствии (несоответствии) объекта установленным законодательными и другими нормативными правовыми актами требованиям в сфере обеспечения пожарной безопасности. В случае несоответствия должны быть даны рекомендации о принятии мер и (или) выполнении указанных требований.

Первоначально в рамках нормативного закрепления правовых основ для проведения аудита пожарной безопасности считаем необходимым внести изменения в Закон Республики Беларусь «О пожарной безопасности», в котором необходимо закрепить цель и суть аудита пожарной безопасности, а также компетенцию Совета Министров Республики Беларусь в части организации аудита пожарной безопасности. Постановлением Совета Министров целесообразно утвердить порядок проведения аудита пожарной безопасности, аттестации и повышения квалификации аудиторов. Постановлением Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь, полагаем, необходимо утвердить положение по экспертно-квалификационной комиссии, порядок формирования и функционирования реестра аудиторов и аудиторских компаний, порядок проведения квалификационного экзамена, а также оформление аудиторского заключения.

Относительно аудиторских компаний целесообразно установить следующие квалификационные требования:

– юридическое лицо, созданное в соответствии с законодательством Республики Беларусь;

– наличие в штате не менее 3 специалистов (аудиторов) с необходимой квалификацией, прошедших обучение (повышение квалификации), обладающих специальными знаниями, необходимыми для проведения аудита пожарной безопасности, аттестованных на право проведения указанных работ в установленном законом порядке, для которых работа у данного нанимателя является основным местом работы;

– наличие системы контроля за качеством осуществления деятельности и обучения (повышения квалификации) аудиторов;

– прохождение периодической (не реже 1 раза в 5 лет) проверки знаний, необходимых для проведения аудита пожарной безопасности.

Также предлагается нормативно закрепить, что аудитором пожарной безопасности должен быть специалист с высшим специальным образованием, имеющий стаж работы (службы) в органах государственного пожарного надзора либо научной или педагогической деятельности в области обеспечения пожарной безопасности, получивший квалификационный аттестат аудитора пожарной безопасности, зарегистрированный в соответствующем реестре.

Что касается аудиторского заключения, полагаем, оно должно содержать следующую информацию:

– наименование и адрес организации, осуществляющей услуги по проведению аудита пожарной безопасности;

– дату и номер договора, в соответствии с которым проведен аудит пожарной безопасности;

– описание объекта, в отношении которого проведен аудит пожарной безопасности;

– фамилию, имя и отчество (при наличии) аудитора(-ов) организации, осуществляющей услуги по проведению аудита пожарной безопасности, реквизиты решения (в зависимости от принятого разрешительного механизма – номер лицензии, аттестата государственной аккредитации и т.д.), выданного организации;

– результаты проведения аудита пожарной безопасности, в том числе результаты выполнения работ по анализу документов, характеризующих пожарную опасность объекта; обследованию объекта для получения объективной информации о состоянии его пожарной безопасности и соблюдении требований нормативных правовых актов, в том числе обязательных для соблюдения технических нормативных правовых актов системы противопожарного нормирования и стандартизации;

– вывод о выполнении требований пожарной безопасности, а в случае их невыполнения – рекомендации о принятии мер и (или) выполнении указанных требований.

Для проведения аудита пожарной безопасности аудируемому лицу необходимо обратиться в аудиторскую организацию, оформить соответствующие договорные отношения.

Представляется, содержательный компонент аудиторской деятельности в области пожарной безопасности должен включать анализ документов, характеризующих пожарную опасность объекта; обследование объекта для получения объективной информации о состоянии его пожарной безопасности и соблюдении требований нормативных правовых актов, в том числе обязательных для соблюдения технических нормативных правовых актов системы противопожарного нормирования и стандартизации; подготовку заключения.

Заключение

В результате анализа теоретических положений, национального и международного опыта по осуществлению аудита пожарной безопасности определены стратегические направления аудита; предложен алгоритм проведения аудиторской проверки по пожарной безопасности, определены требования к организациям, имеющим право осуществлять аудиторскую деятельность в области пожарной безопасности, квалификационные характеристики эксперта-аудитора, структура и содержание аудиторского заключения.

Внедрение системы аудита пожарной безопасности позволит рационально и эффективно построить систему надзора за объектами, привлечь к проведению оценки состояния пожарной безопасности субъектов хозяйствования, наряду с органами государственного пожарного надзора, дополнительные ресурсы (квалифицированных экспертов-аудиторов), это в целом может повысить уровень пожарной безопасности объектов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Об утверждении Концепции национальной безопасности Республики Беларусь [Электронный ресурс]: Указ Президента Республики Беларусь от 9 нояб. 2010 г. № 575 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=P31000575>. – Дата доступа: 24.04.2023.
2. Национальная стратегия по снижению риска возникновения чрезвычайных ситуаций на период 2019–2030 годы [Электронный ресурс]: утв. Премьер-министром Республики Беларусь 30.11.2018. – Режим доступа: <https://ucp.by/images/file/fpnk/NS1930.pdf>. – Дата доступа: 24.04.2023.
3. О совершенствовании контрольной (надзорной) деятельности в Республике Беларусь [Электронный ресурс]: Указ Президента Республики Беларусь от 16 окт. 2009 г. № 510 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=P30900510>. – Дата доступа: 24.04.2023.
4. О методике формирования системы оценки степени риска [Электронный ресурс]: Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 22 января 2018 г. № 43 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=353891&p0=P309043>. – Дата доступа: 24.04.2023.
5. Об аудиторской деятельности [Электронный ресурс]: Закон Республики Беларусь от 12 июля 2013 г. № 56-3 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=1271&p0=3659056>. – Дата доступа: 24.04.2023.
6. Об охране окружающей среды [Электронный ресурс]: Закон Республики Беларусь от 26 ноября 1992 г. № 1982-ХП // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=v19201982>. – Дата доступа: 24.04.2023.
7. Собакин, Ф.С. О повышении эффективности системы независимой оценки рисков / Ф.С. Собакин, Н.И. Уткин // Технологии гражданской безопасности. – 2010. – Т. 7. – № 4. – С. 112–113. – EDN: NBRUJF.
8. Чубучный, Н.Ю. Анализ методов оценки состояния объектов при проведении пожарного аудита / Н.Ю. Чубучный, Е.И. Добрякова // Научный вестник НИИГД «Респиратор». – 2022. – № 2 (59). – С. 38–46. – EDN: DBBRUU.
9. Сосунов, И.В. О создании и перспективах развития системы независимой оценки рисков в Российской Федерации / И.В. Сосунов // Технологии гражданской безопасности. – 2008. – Т. 5. – № 1-2. – С. 95–99. – EDN: KVPGZR.
10. Фаерман, И.Е. О некоторых особенностях гражданско-правовой ответственности субъектов аудита пожарной безопасности / И.Е. Фаерман // Правовая политика в сфере обеспечения пожарной безопасности, гражданской обороны, чрезвычайных ситуаций и ликвидации

последствий стихийных бедствий: мат. круглого стола, Санкт-Петербург, 4 июня 2014 г. / Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России. – Санкт-Петербург, 2016. – С. 255–258.

11. Об утверждении Правил аккредитации экспертных организаций на осуществление деятельности по аудиту в области пожарной безопасности [Электронный ресурс]: приказ МВД Республики Казахстан от 13 февраля 2015 г. № 112 // Информационно-правовая система нормативных правовых актов Республики Казахстан «Әділет». – Режим доступа: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V1500010488>. – Дата доступа: 24.04.2023.

Правовые основы системы аудита пожарной безопасности в Республике Беларусь
Legal basis of the fire safety audit system in the Republic of Belarus

Горошко Елена Юрьевна

кандидат юридических наук, доцент
Государственное учреждение образования
«Университет гражданской защиты
Министерства по чрезвычайным ситуациям
Республики Беларусь», кафедра надзорной
и профилактической деятельности, доцент
Адрес: ул. Машиностроителей, 25,
220118, г. Минск, Беларусь
Email: osnipo@ucp.by
ORCID: 0000-0003-0705-9155

Elena Yu. Goroshko

PhD in Juridical Sciences, Associate Professor
State Educational Establishment «University
of Civil Protection of the Ministry
for Emergency Situations of the Republic
of Belarus», Chair of Supervisory
and Preventive Activities, Associate Professor
Address: Mashinostroiteley str., 25,
220118, Minsk, Belarus
Email: osnipo@ucp.by
ORCID: 0000-0003-0705-9155

Костюкевич Сергей Васильевич

Борисовский районный отдел
по чрезвычайным ситуациям учреждения
«Минское областное управление
Министерства по чрезвычайным ситуациям
Республики Беларусь», заместитель начальника
Адрес: ул. Гагарина, 113,
222526, г. Борисов,
Минская обл., Беларусь

Sergey V. Kostyukevich

Borisov District Department
of Emergency Situations of the Institution
«Minsk Regional Administration
of the Ministry of Emergency Situations
of the Republic of Belarus», Deputy Head
Address: Gagarin str., 113,
222526, Borisov,
Minsk region, Belarus

LEGAL BASIS OF THE FIRE SAFETY AUDIT SYSTEM IN THE REPUBLIC OF BELARUS

Goroshko E. Yu., Kostyukevich S. V.

Purpose. Formation of legal proposals on the implementation of auditing activities in the field of fire safety in the Republic of Belarus.

Methods. General scientific methods were used: analysis, synthesis, generalization, induction and modeling, as well as private research methods: comparative legal and legal forecasting.

Findings. Legal proposals on the implementation of auditing activities in the field of fire safety in the Republic of Belarus have been formed as a result of the analysis of theoretical provisions, national and international experience in the implementation of the fire safety audit, namely: strategic audit directions have been determined; an audit algorithm for fire safety is proposed, requirements for organizations that have the right to carry out audit activities in the field of fire safety, qualification characteristics of the expert auditor, structure and content of the audit report are determined.

Application field of research. The prepared proposals on the implementation of auditing activities in the field of fire safety in the Republic of Belarus can be used in the preparation of regulations in this segment of activity, and in scientific research. The introduction of the formed legal proposals will make it possible to rationally and effectively build an audit system in the Republic of Belarus, involve business entities along with state fire supervision authorities in assessing the state of fire safety, and prepare additional resources in ensuring fire safety of the state.

Keywords: fire safety, audit activity, fire safety audit system, audit report, expert-auditor, state fire supervision.

(The date of submitting: April 29, 2022)

REFERENCES

1. Ob utverzhdenii Kontseptsii natsional'noy bezopasnosti Respubliki Belarus' [On approval of the National Safety Concept of the Republic of Belarus]: Decree of the President of the Republic of Belarus No. 575 of November 9, 2010. *National legal Internet portal of the Republic of Belarus*. Available at: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=P31000575> (accessed: April 24, 2023). (rus)
2. Natsional'naya strategiya po snizheniyu riska vozniknoveniya chrezvychaynykh situatsiy na period 2019-2030 gody [National strategy to reduce the risk of emergencies for the period 2019-2030]: approved by the Prime Minister of the Republic of Belarus on November 30, 2018. Available at: <https://ucp.by/images/file/fpnk/NS1930.pdf> (accessed: April 24, 2023). (rus)
3. O sovershenstvovanii kontrol'noy (nadzornoy) deyatelnosti v Respublike Belarus' [On the improvement of control (supervisory) activities in the Republic of Belarus]: Decree of the President of the Republic of Belarus No. 510 of October 16, 2009. *National legal Internet portal of the Republic of Belarus*. Available at: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=P30900510> (accessed: April 24, 2023). (rus)
4. O metodike formirovaniya sistemy otsenki stepeni riska [On the methodology for the formation of a risk assessment system]: Resolution of the Council of Ministers of the Republic of Belarus No. 43 dated January 22, 2018. *National legal Internet portal of the Republic of Belarus*. Available at: <https://pravo.by/document/?guid=353891&p0=P309043> (accessed: April 24, 2023). (rus)
5. Ob auditorskoy deyatelnosti [On audit activity]: Law of the Republic of Belarus dated July 12, 2013 No. 56-Z. *National legal Internet portal of the Republic of Belarus*. Available at: <https://pravo.by/document/?guid=1271&p0=3659056> (accessed: April 24, 2023). (rus)
6. Ob okhrane okruzhayushchey sredy [On environmental protection]: Law of the Republic of Belarus dated November 26, 1992 No. 1982-XII. *National legal Internet portal of the Republic of Belarus*. Available at: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=v19201982> (accessed: April 24, 2023). (rus)
7. Sobakin F.S., Utkin N.I. O povyshenii effektivnosti sistemy nezavisimoy otsenki riskov [Improving the efficiency of independent risk assessment system]. *Civil Security Technology*, 2010. Vol. 7, No 4. Pp. 112–113. (rus). EDN: NBRYJF.

8. Chubuchnyy N.Yu., Dobryakova E.I. Analiz metodov otsenki sostoyaniya ob"ektov pri provedenii pozharnogo audita [Analysis of methods for assessing objects condition during conduction of fire safety audit]. *Nauchnyy vestnik NIIGD «Respirator»*, 2022. No. 2 (59). Pp. 38–46. (rus). EDN: DBBRUU.
9. Sosunov I.V. O sozdanii i perspektivakh razvitiya sistemy nezavisimoy otsenki riskov v Rossiyskoy Federatsii [About creation and possibilities of development of independent risk evaluation system in Russian Federation]. *Civil Security Technology*, 2008. Vol. 5, No. 1-2. Pp. 95–99. (rus). EDN: KVPGZR.
10. Faerman, I.E. O nekotorykh osobennostyakh grazhdansko-pravovoy otvetstvennosti sub"ektov audita pozharnoy bezopasnosti [On some features of the civil liability of the subjects of fire safety audit]. *Proc. of round table «Pravovaya politika v sfere obespecheniya pozharnoy bezopasnosti, grazhdanskoy oborony, chrezvychaynykh situatsiy i likvidatsii posledstviy stikhiynykh bedstviy»*, St. Petersburg, June 4, 2014. Saint-Petersburg University of the State Fire Service of EMERCOM of Russia, 2016. Pp. 255–258.
11. Ob utverzhdenii Pravil akkreditatsii ekspertnykh organizatsiy na osushchestvlenie deya-tel'nosti po auditu v oblasti pozharnoy bezopasnosti [On approval of the Rules for accreditation of expert organizations for the implementation of audit activities in the field of fire safety]: the order of the Ministry of Internal Affairs of the Republic of Kazakhstan dated February 13, 2015 No. 112. *Information and legal system of regulatory legal acts of the Republic of Kazakhstan «Adilet»*. Available at: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V1500010488> (accessed: April 24, 2023). (rus)

EDN: <https://elibrary.ru/WFJUMD>

**К 60-летию профессора, доктора технических наук
Вадима Анатольевича Ковтуна**

Полевода И.И., Камлюк А.Н., Пасовец В.Н., Короткевич С.Г.

**To the 60th anniversary of Professor, grand PhD in technical sciences
Vadim Anatolyevich Kovtun**

Palevoda I.I., Kamlyuk A.N., Pasovets V.N., Korotkevich S.G.



19 сентября 2023 г. исполняется 60 лет со дня рождения известного ученого-материаловеда, специалиста в области пожарной аварийно-спасательной техники, исследователя-новатора, организатора науки, доктора технических наук, профессора Вадима Анатольевича Ковтуна.

Родился Вадим Анатольевич в г. Гомеле в семье служащего. После окончания средней школы в 1980 г. поступил на механический факультет Белорусского института инженеров железнодорожного транспорта (БИИЖТ). Интерес к науке у него проявился еще во время обучения в институте. Там он публикует первые научные работы, принимает участие в студенческих конференциях и экспериментирует в научной студенческой лаборатории.

По окончании БИИЖТа Вадим Анатольевич работал мастером на Гомельском вагоноремонтном заводе им. М.И. Калинина, с 1986 г. – в БИИЖТе. С 1989 г. продолжил свою трудовую деятельность в Институте механики металлополимерных систем им. В.А. Белого НАН Беларуси, где, окончив аспирантуру без отрыва от производства, защитил в 1992 г. кандидатскую диссертацию. В 2010 г. в Государственном научно-производственном объединении порошковой металлургии НАН Беларуси защитил докторскую диссертацию, посвященную разработке новых покрытий триботехнического назначения и новых технологий их формирования. В 2012 г. ему присвоено ученое звание профессора. Аттестат профессора ему вручил лично Президент Республики Беларусь А.Г. Лукашенко.



Вручение аттестата профессора

С тех пор сфера научных интересов и достижений В.А. Ковтуна значительно расширилась. Под руководством Вадима Анатольевича разработаны новые конструкции пожарной аварийно-спасательной техники, по критериям прочности и надежности усовершенствованы существующие конструкции пожарных автоцистерн. Решен ряд задач, связанных с обеспечением промышленной и пожарной безопасности.

Под руководством Вадима Анатольевича выполнен ряд проектов Государственных научно-технических и фундаментальных программ, договоров и контрактов. Им получены принципиально новые научные результаты в области исследования взаимодействия компонентов механоактивированных дисперсно-наполненных материалов на основе металлической матрицы при воздействии высокотемпературных полей путем интегрального электросилового воздействия, изучены процессы структурирования матричных материалов наночастицами углерода, разработаны новые методологии расчета прочностных характеристик пожарных автоцистерн, а также установлены закономерности, связывающие уровень напряжений с режимами движения пожарных автомобилей. Полученные результаты исследований и новые разработки имеют не только научное, но и существенное практическое значение. По результатам исследований созданы и полномасштабно внедрены новые композиционные порошковые материалы, технологии и оригинальные технические решения для получения импортозамещающих изделий триботехнического назначения на ряде предприятий Республики Беларусь со значительным технико-экономическим и социальным эффектами. Не останавливаясь на достигнутом, он постоянно находится в творческом поиске и осуществляет научно-практическую деятельность, направленную на разработку новых образцов пожарной техники, а также на создание методик осмотра транспорта при пожарах, средств, приемов и методов обнаружения и изъятия следов. Разработанные расчетные методики используются при проектировании новых цистерн пожарных автомобилей на шасси МАЗ.

В настоящее время, работая в должности профессора Университета гражданской защиты, В.А. Ковтун активно занимается научно-педагогической деятельностью и подготовкой высококвалифицированных научных кадров. Под его научным руководством подготовлены 1 докторская, 3 кандидатских, а также 7 магистерских диссертаций. По результатам рейтинговой оценки трудовой деятельности в Университете гражданской защиты МЧС Беларуси он неоднократно признавался лучшим профессором.

Вадим Анатольевич является заместителем председателя диссертационного совета при Университете гражданской защиты МЧС Республики Беларусь, членом экспертного совета Министерства образования Республики Беларусь по научному направлению «Машиностроение, металлургия, материалы и технологии», а также членом экспертной комиссии Гомельского областного исполнительного комитета по присуждению ежегодных премий талантливым молодым ученым и специалистам. Он неоднократно участвовал в работе комиссий Национального агентства по обеспечению качества образования при проведении и подтверждении государственной аккредитации учреждений образования Республики Беларусь.

Вадим Анатольевич творческая личность: он является автором более 500 научных публикаций, в том числе 11 книжных изданий (5 монографий, 4 учебных пособия, 2 русско-белорусских словаря), а также более 50 патентов Республики Беларусь и Российской Федерации. На протяжении многих лет активно занимается редакционно-издательской деятельностью: являлся главным редактором международного научно-практического журнала «Чрезвычайные ситуации: образование и наука»; в настоящее время является членом редакционных коллегий пяти научных рецензируемых журналов (2 отечественных и 3 зарубежных), в том числе научного журнала «Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси».

Вадим Анатольевич проводит активную работу по развитию международного научно-технического сотрудничества с научными центрами России, стран ближнего и дальнего

зарубежья, постоянно поддерживает творческие связи со специалистами Беларуси, России и других стран. Является постоянным членом программных и организационных комитетов международных научно-технических конференций и конгрессов, почетным членом ряда научно-технических сообществ.

Как бы ни был загружен повседневной научно-организационной работой В.А. Ковтун, он никогда не теряет связь со своими учениками. На идеях Вадима Анатольевича и под его руководством в Университете гражданской защиты сформирована и успешно развивается научная школа в области противоаварийной устойчивости объектов и пожарной техники.

За многолетний плодотворный труд, высокий профессионализм, значительный личный вклад в научно-методическое обеспечение деятельности по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций Вадим Анатольевич награжден медалью «За трудовые заслуги» и Почетной грамотой Совета Министров Республики Беларусь. За успехи в научно-педагогической деятельности награжден Почетными грамотами Гомельского городского Совета депутатов, Национальной академии наук Беларуси, Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований, грамотами Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь и Университета гражданской защиты МЧС Беларуси. В 2017 г. в г. Гомеле удостоен почетного звания «Человек труда – 2016» в номинации «Наука».



**Вручение Почетной грамоты Совета Министров Республики Беларусь
Министром по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь В.И. Снявским**

Вадима Анатольевича отличают прекрасные личные качества, он деликатен и общителен, имеет большой круг друзей и знакомых, в том числе среди руководителей предприятий и организаций г. Гомеля, чему в значительной степени способствовала его многолетняя эффективная общественная работа в качестве исполнительного директора Гомельского городского клуба директоров. Кроме общего Вадим Анатольевич получил и музыкальное образование: он великолепно играет на фортепиано и гитаре, хорошо поет классику и эстраду.

Вадим Ковтун находится в расцвете творческих и жизненных сил, потенциал которых значителен, и его неизбежно ждут новые успехи и достижения в научной, педагогической и общественной деятельности.

Коллеги и друзья сердечно поздравляют Вадима Анатольевича с юбилеем, желают ему крепкого здоровья, новых научных достижений и дальнейшей неиссякаемой творческой энергии.

К 60-летию профессора, доктора технических наук Вадима Анатольевича Ковтуна
To the 60th anniversary of Professor, grand PHD in technical sciences
Vadim Anatolyevich Kovtun

Полевода Иван Иванович

кандидат технических наук, доцент
 Государственное учреждение образования
 «Университет гражданской защиты
 Министерства по чрезвычайным ситуациям
 Республики Беларусь»,
 начальник университета

Адрес: ул. Машиностроителей, 25,
 220118, г. Минск, Беларусь

Email: ip@ucp.by

ORCID: 0000-0003-2469-3553

Ivan I. Palevoda

PhD in Technical Sciences, Associate Professor
 State Educational Establishment «University
 of Civil Protection of the Ministry for Emergency
 Situations of the Republic of Belarus»,
 Head of University

Address: Mashinostroiteley str., 25,
 220118, Minsk, Belarus

Email: ip@ucp.by

ORCID: 0000-0003-2469-3553

Камлюк Андрей Николаевич

кандидат физико-математических наук,
 доцент

Государственное учреждение образования
 «Университет гражданской защиты
 Министерства по чрезвычайным ситуациям
 Республики Беларусь», заместитель
 начальника университета по научной
 и инновационной деятельности

Адрес: ул. Машиностроителей, 25,
 220118, г. Минск, Беларусь

Email: kan@ucp.by

ORCID: 0000-0002-9347-0778

Andrey N. Kamlyuk

PhD in Physics and Mathematics Sciences,
 Associate Professor

State Educational Establishment «University
 of Civil Protection of the Ministry for Emergency
 Situations of the Republic of Belarus»,
 Deputy Chief of the University
 on Scientific and Innovative Activity

Address: Mashinostroiteley str., 25,
 220118, Minsk, Belarus

Email: kan@ucp.by

ORCID: 0000-0002-9347-0778

Пасовец Владимир Николаевич

кандидат технических наук, доцент

Государственное учреждение образования
 «Университет гражданской защиты
 Министерства по чрезвычайным ситуациям
 Республики Беларусь», факультет подготовки
 научных кадров, начальник факультета

Адрес: ул. Машиностроителей, 25,
 220118, г. Минск, Беларусь

Email: pasovets_v@mail.ru

ORCID: 0000-0001-9451-9513

Vladimir N. Pasovets

PhD in Technical Sciences, Associate Professor

State Educational Establishment «University
 of Civil Protection of the Ministry for Emergency
 Situations of the Republic of Belarus»,
 Faculty of Postgraduate Scientific Education,
 Head of Faculty

Address: Mashinostroiteley str., 25,
 220118, Minsk, Belarus

Email: pasovets_v@mail.ru

ORCID: 0000-0001-9451-9513

Короткевич Сергей Геннадьевич

кандидат технических наук

Государственное учреждение образования
 «Университет гражданской защиты
 Министерства по чрезвычайным ситуациям
 Республики Беларусь», кафедра
 промышленной безопасности, доцент

Адрес: ул. Машиностроителей, 25,
 220118, г. Минск, Беларусь

Email: korotkevichsergei@mail.ru

ORCID: 0000-0002-9388-0881

Sergey G. Korotkevich

PhD in Technical Sciences

State Educational Establishment «University
 of Civil Protection of the Ministry of Emergency
 Situations of the Republic of Belarus»,
 Chair of Industrial Safety,
 Associate Professor

Address: ul. Mashinostroiteley, 25,
 220118, Minsk, Belarus

Email: korotkevichsergei@mail.ru

ORCID: 0000-0002-9388-0881

**ПРАВИЛА ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ
статей для публикации в научном журнале
«Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси»**

1. Направляемые в Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси статьи должны представлять результаты научных исследований и испытаний, описания технических устройств и программно-информационных продуктов, проблемные обзоры, краткие сообщения, комментарии к нормативным техническим документам, справочные материалы и т.п.

2. Объем научной статьи, учитываемой в качестве публикации по теме диссертации, должен составлять не менее 0,35 авторского листа (14 000 печатных знаков, включая пробелы между словами, знаки препинания, цифры и др.). В этот объем входят таблицы, фотографии, графики, рисунки и список литературы.

3. Статья предоставляется в двух экземплярах. Второй экземпляр статьи должен быть постранично пронумерован и подписан всеми авторами. К рукописи статьи прилагаются: а) рекомендация кафедры, научной лаборатории или учреждения образования; б) экспертное заключение о возможности опубликования статьи в открытой печати; в) подписанный лицензионный договор на право опубликования статьи (заключается с каждым автором отдельно и печатается с двух сторон на одном листе). Форма договора размещена на сайте журнала: <https://journals.ucp.by>.

4. Электронная версия статьи, подготовленная в текстовом редакторе Microsoft Word, предоставляется на стандартных носителях либо по электронной почте на адрес: vestnik@ucp.by. Рисунки прилагаются дополнительно как отдельные файлы графического формата.

5. Материал статьи излагается в следующем порядке:

1) информация об авторах (на отдельном листе): фамилия, имя, отчество – полностью, ученая степень, ученое звание, место работы (полное название, адрес с указанием индекса и страны), должность, рабочий телефон, email (обязательно), имеющиеся персональные идентификационные номера в наукометрических базах (при этом обязательным является указание SPIN-кода РИНЦ, идентификатора ORCID). Если авторов несколько, указывается корреспондент по вопросам содержания статьи;

2) номер УДК (универсальная десятичная классификация);

3) название статьи;

4) аннотация (не менее 200 и не более 300 слов) является основным источником информации о статье, может публиковаться самостоятельно в реферативных журналах и информационных системах в отрыве от основного текста и, следовательно, должна быть понятной без обращения к самой публикации. Аннотация должна раскрывать: *цель* (определяется круг рассматриваемых вопросов, обозначаются цель и задачи работы, объект и предмет исследования); *методы* (излагаются подходы, методы и технологии исследования); *результаты* (приводятся наиболее значимые теоретические положения, экспериментальные данные, подчеркивается их актуальность и новизна); *область применения исследований* (описываются возможности использования полученных результатов, отмечается их научно-практическая значимость);

5) ключевые слова и словосочетания статьи (не более 12 слов);

6) дата поступления статьи (месяц и год);

7) введение; основная часть статьи; заключение, завершаемое четко сформулированными выводами;

8) указание на источник финансирования (если статья подготовлена в рамках выполнения гранта научных исследований);

9) список цитированной литературы. Для каждого источника указывается (при наличии) его DOI. Эксперты международных наукометрических баз данных негативно воспринимают включение в список цитированной литературы источников локального характера (постановлений, законов, инструкций, неопубликованных отчетов, диссертаций, авторефератов и т.п.), электронных материалов и ресурсов сети Интернет. Поэтому ссылки на такие источники рекомендуем оформлять в виде постраничных сносок со сквозной нумерацией.

На отдельной странице на английском языке приводятся следующие сведения: информация об авторах; название статьи; аннотация, обязательно включающая следующие пункты: purpose, methods, findings, application field of research; ключевые слова и словосочетания; транслитерация на латинице и перевод на английский язык списка цитированной литературы.

Для русскоязычных источников в транслитерации на латинице приводятся фамилия, имя, отчество авторов, названия статей, журналов (если нет англоязычного названия), материалов конференций, издательств и на английском языке – названия публикаций и выходные сведения (город, том и номер издания, страницы). Для транслитерации на латиницу следует применять систему транслитерации BGN, при этом можно использовать интернет-ресурсы, например сайт: <http://translit.net>.

Основные требования к оформлению статей, предоставляемых в научный журнал, и пример оформления статьи размещены на сайте издания: <https://journals.ucp.by>.

6. Содержание разделов статьи, таблицы, рисунки, цитированная литература должны отвечать требованиям межгосударственного стандарта ГОСТ 7.1-2003 и Инструкции о порядке оформления квалификационной научной работы (диссертации) на соискание ученых степеней кандидата и доктора наук, автореферата и публикаций по теме диссертации, утвержденной постановлением ВАК Беларуси от 28 февраля 2014 г. № 3.

7. Редакция оставляет за собой право на изменения, не искажающие основного содержания статьи. Рукописи отклоненных статей авторам не возвращаются.

**ГОСУДАРСТВЕННОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ «УНИВЕРСИТЕТ ГРАЖДАНСКОЙ ЗАЩИТЫ
МИНИСТЕРСТВА ПО ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМ СИТУАЦИЯМ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ»**

Факультет заочного обучения

Проводит:

Подготовку по специальностям:

1-94 01 01 «Предупреждение и ликвидация чрезвычайных ситуаций» с присвоением квалификации «Инженер по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций». Форма обучения – заочная. Полный срок обучения – 5 лет, сокращенный – 3 года.

По окончании обучения выдается диплом о высшем образовании государственного образца.

Факультет безопасности жизнедеятельности

Проводит:

Переподготовку лиц с высшим образованием по специальностям:

9-09-1033-02 «Инжиниринг безопасности объектов строительства» с присвоением квалификации «Инженер». Срок обучения – 18 месяцев. Форма обучения – заочная (три сессии).

9-09-1033-03 «Промышленная безопасность» с присвоением квалификации «Инженер». Срок обучения – 18 месяцев. Форма обучения – заочная (три сессии).

По окончании обучения выдается диплом государственного образца о переподготовке на уровне высшего образования.

Повышение квалификации для руководящих работников и специалистов, имеющих высшее или среднее специальное образование, по образовательным программам:

- «Экспертная деятельность» (в пожарной безопасности);
- «Пожарная безопасность. Предупреждение чрезвычайных ситуаций. Инженерно-технические мероприятия гражданской обороны»;
- «Монтаж, наладка и техническое обслуживание систем пожарной автоматики»;
- «Техническое обслуживание систем пожарной автоматики»;
- «Проектирование систем пожарной автоматики»;
- «Лица, осуществляющие капитальный ремонт (перезарядку) огнетушителей, торговлю средствами противопожарной защиты»;
- «Выполнение работ с применением огнезащитных составов (инженерно-технические работники)»;
- «Обеспечение пожарной безопасности на объектах Республики Беларусь»;
- «Обеспечение пожарной безопасности на объектах с массовым пребыванием людей»;
- «Промышленная безопасность»;
- «Организация и обеспечение промышленной безопасности предприятий химической промышленности, хранения и переработки зерна, аммиачных и хлораторных установок»;
- «Организация и обеспечение промышленной безопасности при обращении пиротехнических изделий»;
- «Безопасность горных работ»;
- «Экспертная деятельность в промышленной безопасности»;
- «Радиационная безопасность» (при использовании источников ионизирующего излучения в медицинских целях);
- «Радиационная безопасность» (при использовании источников ионизирующего излучения, в целях отличных от медицинских);
- «Основы обеспечения ядерной и радиационной безопасности» (для лиц, участвующих в обеспечении ядерной и радиационной безопасности при эксплуатации объектов использования атомной энергии);
- «Экспертиза безопасности в области использования атомной энергии (для работников, оказывающих услуги по проведению экспертизы безопасности в области использования атомной энергии)»;
- «Проектирование пунктов хранения радиоактивных отходов» для работников, оказывающих услуги в сфере проектирования;

- «Категорирование помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности»;
- «Охрана труда»;
- «Противодействие коррупции»;
- «Защита от чрезвычайных ситуаций».

Обучающие курсы для лиц, имеющих профессионально-техническое и общее среднее образование, по образовательным программам:

- «Монтаж, наладка и техническое обслуживание систем пожарной автоматики и противоподымной защиты»;
- «Техническое обслуживание систем пожарной автоматики»;
- «Выполнение работ с применением огнезащитных составов (исполнители работ)»;
- «Защита от чрезвычайных ситуаций»;
- «Обеспечение пожарной безопасности на объектах с массовым пребыванием людей».

Семинары по образовательным программам:

- «Оказание первой помощи пострадавшим в ЧС»;
- «Расчет предела огнестойкости (железобетонных, металлических, деревянных, каменных строительных конструкций)»;
- «Расчет времени эвакуации людей при пожаре»;
- «Расчет температурного режима пожара в помещении»;
- «Расчет величины противопожарных разрывов между зданиями, сооружениями и наружными установками»;
- «Расчет площади легкобросываемых конструкций»;
- «Категорирование помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности»;
- «Порядок проектирования пассивной противопожарной защиты зданий различного назначения»;
- «Оптимизация затрат на обеспечение требований пожарной безопасности на основании расчетных методов»;
- «Охрана труда в организациях непромышленной сферы».

Подготовку лиц к поступлению в учреждения образования Республики Беларусь по учебным предметам: математика, физика, русский язык, русский язык как иностранный, белорусский язык, английский язык, немецкий язык, французский язык, история, обществоведение, химия (очная/дистанционная форма обучения).

Обучение проводит профессорско-преподавательский состав университета и ведущие специалисты Республики Беларусь в области пожарной и промышленной безопасности.

**Наш адрес: 220118, г. Минск, ул. Машиностроителей, 25,
ФЗО: тел/факс +37517 340-71-89,
ФБЖ: тел. +37517 340-69-55, факс +37517 340-35-58, email: fpirk@ucp.by.**

**Дополнительная информация размещена на сайте университета: <http://ucp.by>
в разделе «Повышение квалификации»**

Научный журнал

Вестник
Университета гражданской защиты МЧС Беларуси
Том 7, № 3, 2023

Подписано в печать 10.08.2023.
Формат 60x84 1/8.
Бумага офсетная. Цифровая печать.
Гарнитура Таймс.
Усл. печ. л. 11,74. Уч.-изд. л. 10,94.
Тираж 35 экз. Заказ 065-2023.

Издатель и полиграфическое исполнение:
Государственное учреждение образования
«Университет гражданской защиты Министерства
по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь».
Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/259 от 14.10.2016.
Ул. Машиностроителей, 25, 220118, Минск.