

DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-6-650-666

UDC 697.97+614.844: 614.838

«Intellectual» system of ventilation and air conditioning in apartments in high-rise buildings and in individual houses with nanotechnology protection against fires and explosions

Author:

Valery V. Belozerov,

Professor of the Department «Automation of production processes»,
Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia,
e-mail: safeting@mail.ru

Abstract: One of the global problems in the world is the protection of humanity from fires, 70% of which occur in high-rise residential buildings and individual houses. The article presents the application of the methodology of «intellectualization» of household electrical appliances for split systems to control dangerous factors of fire and explosion (DFFE) from household gas leaks in apartment buildings and individual houses. The principal difference of the proposed modification is that, firstly, a multi-split-system with two or three internal blocks is used, one of which is to be installed in the kitchen and is connected to the gas meter with an electromagnetic valve to block the supply of household gas. Secondly, the «kitchen block» disconnects the power supply in the apartment/individual house, in the apartment/individual house, when detecting DFFE with help of powerful triac or magnetic starter, which is mounted in the electrical panel of the apartment/individual house. And thirdly, a battery and converter are integrated in each indoor unit to ensure their operation when power is turned off, and to charge the unit when power is supplied. Fourthly, in addition to smoke, heat and gas sensors, a thermomagnetic air separator is built into each indoor unit, which is turned on when detects dangerous fire and explosion factors from the pumped air, separates and removes oxygen to the outside, returning only inert gas to the room and thereby preventing explosion or fire spread. The controller, including the thermomagnetic air separator, generates an audible alarm for residents and an SMS call to the corresponding emergency service.

The results prove the effectiveness of nanotechnology of gas separation and detection of DFFE in multi-split-systems, not only for ventilation and air conditioning of apartments in high-rise buildings and individual houses, but also for their fire protection.

Keywords: Split system, thermomagnetic separator of air, dangerous factors of the fire and explosion, gas separation, gas meter, solenoid valve.

For citation: Belozerov V.V. «Intellectual» system of ventilation and air conditioning in apartments in high-rise buildings and in individual houses with nanotechnology protection against fires and explosions. Nanotekhnologii v stroitel'stve = Nanotechnologies in Construction. 2019, Vol. 11, no. 6, pp. 650–666. DOI: 10.15828/2075-8545-2019-11-6-650-666.

Machine-readable information on CC-licenses (HTML-code) in metadata of the paper

```
<a rel="license" href="http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/"></a><br /><span xmlns:dct="http://purl.org/dc/terms/" href="http://purl.org/dc/dcmitype/Text" property="dct:title" rel="dct:type">«Intellectual» system of ventilation and air conditioning in apartments in high-rise buildings and in individual houses with nanotechnology protection against fires and explosions. </span> by <a xmlns:cc="http://creativecommons.org/ns#" href="http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/">Creative Commons Attribution 4.0 International License</a>. <br />Based on a work at <a xmlns:dct="http://purl.org/dc/terms/" href="http://nanobuild.ru/en_EN/nanobuild-6-2019/" rel="dct:source">http://nanobuild.ru/en_EN/nanobuild-6-2019/</a>. <br />Permissions beyond the scope of this license may be available at <a xmlns:cc="http://creativecommons.org/ns#" href="mailto:safeting@mail.ru" rel="cc:morePermissions">safeting@mail.ru</a>.
```

The paper has been received by editors: 10.11.2019.

The paper has been received by editors after peer-review: 27.11.2019.

The paper has been accepted for publication: 30.11.2019.

INTRODUCTION

Today, almost every residential building or apartment (Fig. 1) uses split-systems, which create comfortable conditions for staying in the rooms where the indoor unit is installed.

It is obvious that no legal laws, technical requirements and rules can not anticipate the constantly changing danger of the objects of the technosphere (fire, electrical, mechanical, etc.) and our environment (geosphere, biosphere, atmosphere, etc.). Only monitoring, i.e. the use of hard-

ware and software that monitors and promptly warns of an increase in danger above an acceptable level can change the current global trend of increasing accidents, fires and other emergencies (ES), as well as losses from them [1].

Statistical studies of fires in southern Russia over the past 15 years have shown that the largest number of fires (70%) occurs in the residential sector, 42.41% of which occurs in rooms, kitchens, corridors and toilet rooms of apartments and individual houses (Fig. 2) due to gas and electrical causes and the ignition sources (Fig. 3), as well as due to the careless handling of fire [2].

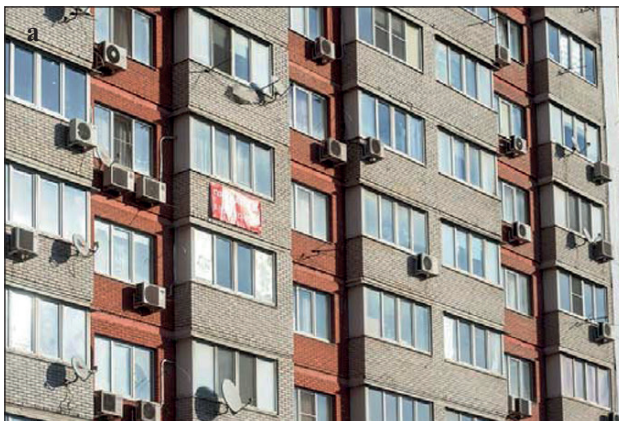


Fig. 1. Split system in a high-rise (a) and individual (b) residential building

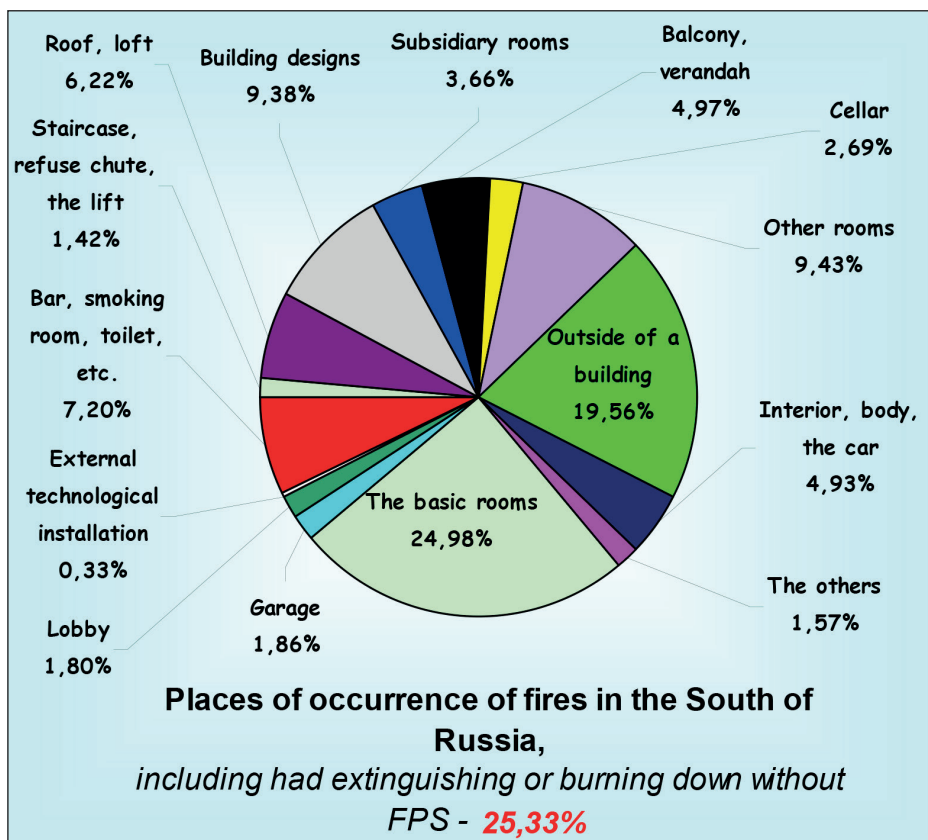


Fig. 2. Fire statistics by their place of ignition sources

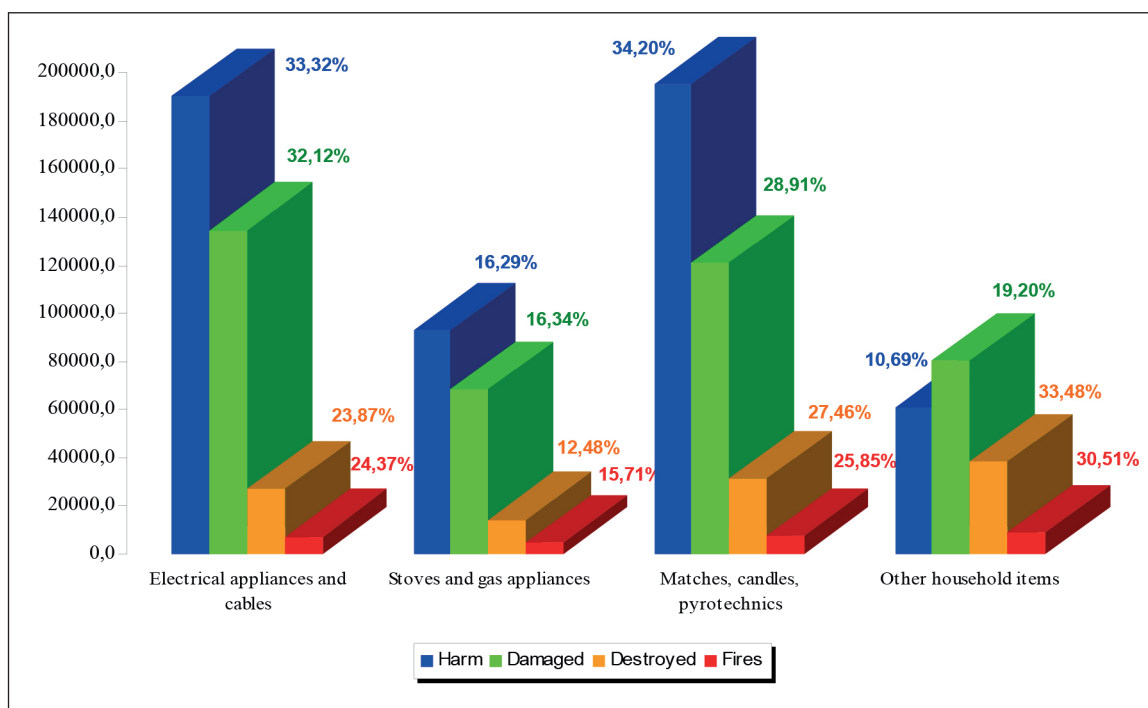


Fig. 3. Statistics of sources of fires and explosions

As it follows from the histogram (Fig. 3), about 75% of fires arise from gas appliances and stoves, household electrical appliances and careless handling of fire, including about half of them – for electrical reasons [1, 2].

Therefore, modification of domestic appliances (televisions, refrigerators, air conditioners, etc.) into stand-alone fire detectors can make it possible to detect 65.93% of fires in the residential sector at an early stage, and, consequently, to reduce twice the consequences from them [2, 3], that is:

- to reduce 41.9% of direct material harm,
- to keep intact 33.7% of the areas,
- to prevent the destruction of 31.9% of the areas.

Nanotechnology of intellectualization

Development of nanotechnology «intellectualization of household electrical appliances» that could detect hazard failures in them and control dangerous factors of fire and explosion (DFFE) in the premises where they are installed, started 15 years ago (for refrigerators, televisions, electricity meters, etc.), by developing and using smoke detectors and modules of thermionic protection in them, which prevented their own ignition by disconnecting from the power grid, and provided an alert over the radio channel of the fire service in case of fire [1–10].

Use of these nanotechnologies in split systems for these purposes is the most effective way for the following reasons [11–14]:

- firstly, the internal unit of the split-system «pumps through itself» the air from the room where it is installed, as the fastest aspiration fire detectors do, using special piping laid to each protected room,
- secondly, the split-system is controlled by a controller installed in the indoor unit, to which smoke, heat and gas sensors are easily connected, as well as the GSM modem, to alert emergency services,
- thirdly, it is easy in indoor units to build in a thermomagnetic separator of air (TMSA), which extracts oxygen (paramagnetic) from the «pumped air». Oxygen can be brought out of the house through the drainage channel, and nitrogen and rest inert gases (diamagnetic) can be returned to protected rooms, thus performing suppression of DFFE by phlegmatization and lowered oxygen concentration to a level at which combustion and explosion are impossible, as it is done by gas extinguishing installations.

As follows from the conducted research [2, 5, 7, 11], this model of split-system-fire-detector (SSFD) was created, and included the protection of the device itself from fire-hazardous failures with the help of thermionic protection modules and of an autonomous smoke detector (DIP) with a GSM-modem in the internal unit of SSFD [12–14].

It was proved (tab. 1, 2) that in this case, with a small decrease in the technical resources of the split-system units, their fire-safe resources increase by an order of magnitude and become commensurate with their technical resources [2–8].

Thus, for the internal unit a reduction of the technical resource up to 10 years was obtained, and an increase of fire-safe resource – up to 40 years (Table 1).

For the external unit, the technical resource decreased to 8 years, and its fire-safe resource increased to 3 years (Table 2).

Scientists of Rostov State University, within the framework of the Grant on motor vehicle safety [15], developed nanotechnology for thermomagnetic air separation [16] and obtained a RF patent for an invention of thermomagnetic separator of air (TMSA) [17].

TMSA is a pipe coiled into a spiral (Fig. 4), on the outside of which permanent magnets are installed, and on the inside – Azarov’s vortex coolers [18]. A nanoparticle made of porous aluminum (Fig. 5) is installed along the TMSA channel, dividing it into «paramagnetic» (oxygen) and «diamagnetic» subchannels (with inert gases: nitrogen, carbon dioxide, etc.), preventing the back diffusions of gases [15, 17].

TMSA, which in this case is a «nanogenerator of inert gas», is based on the gas motion equation (Euler equation) in a magnetic field, through v is the gas velocity vector

Table 1
 Technical and fireproof resource of the indoor unit with protection

Product, unit, class and type of ERE	Average value in the product				Average intensity in the group				Probability in the group of					
	Ignition temperature	Electr. load	Terminals	Number of ERE	Failures rated	Failures actual	Inflam-mations	Firehazard	Shor-ting	Breaking of wire	El. break-down	Inflam-mation	Spread-ing of fire	Fire
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Indoor unit, including:	250,90			125		8,82E-06						2,79E-06		7,22E-09
Diodes	256,3	0,35	2	16	2,10E-07	2,92E-06	1,68E-08	2,54E-07	0,047	0,264	0,040	1,10E-06	2,22E-03	2,45E-09
Resistors	253,0	0,55	2	58	4,50E-08	1,08E-06	1,87E-09	2,92E-08	0,027	0,192	0,000	1,23E-07	2,56E-04	3,14E-11
Transistors	316,1	0,35	3	11	8,40E-07	2,56E-06	4,20E-09	7,87E-07	0,077	0,227	0,230	2,76E-07	6,88E-03	1,90E-09
Capacitors	224,3	0,60	2	33	5,20E-08	7,06E-07	4,57E-09	1,45E-07	0,130	0,000	0,075	3,00E-07	1,27E-03	3,80E-10
Optical electronic devices	256,3	0,35	2	4	2,10E-07	7,30E-07	4,20E-09	6,35E-08	0,047	0,264	0,040	2,75E-07	5,56E-04	1,53E-10
Transformers	316,1	0,80	8	1	1,00E-06	2,48E-07	2,27E-09	1,98E-07	0,500	0,100	0,300	1,49E-07	1,7E-03	2,59E-10
Microcircuits	368,7	0,85	14	1	1,30E-08	1,92E-08	5,56E-10	1,13E-08	0,370	0,240	0,220	3,64E-08	9,94E-05	3,62E-12
Ventilator	306,5	0,80	2	1	2,25E-06	5,51E-07	8,08E-09	4,41E-07	0,500	0,100	0,300	5,30E-07	3,86E-03	2,04E-09
Thermoelec-tronic protec-tion modules MT-2, includ-ing:		12		8,57E-07						2,04E-05		2,24E-09		
– microcir-cuits	368,7	0,85	14	1	1,30E-08	1,92E-08	5,56E-10	1,13E-08	0,370	0,240	0,220	4,87E-06	9,94E-05	4,84E-10
– thyristors	507,8	0,35	3	1	5,00E-07	1,18E-07	3,36E-10	1,02E-08	0,047	0,264	0,040	2,95E-06	8,97E-05	2,64E-10
– stabilitrans	256,3	0,35	2	1	2,10E-07	1,82E-07	1,05E-09	1,59E-08	0,047	0,264	0,040	9,20E-06	1,39E-04	1,28E-09
– resistors	253,0	0,55	2	5	4,50E-08	9,34E-08	1,61E-10	2,52E-09	0,027	0,192	0,000	1,41E-06	2,21E-05	3,12E-11
– capacitors	224,3	0,60	2	2	5,20E-08	2,18E-08	1,41E-10	4,48E-09	0,130	0,000	0,075	1,24E-06	3,92E-05	4,86E-11
– plug and socket units	358,2	0,65	4	1	1,00E-06	1,90E-07	5,20E-11	1,81E-08	0,095	0,000	0,000	4,56E-07	1,58E-04	7,22E-11
– pozistor	507,8	0,65	5	1	1,25E-06	2,32E-07	3,31E-11	2,20E-08	0,095	0,000	0,000	2,90E-07	1,93E-04	5,61E-11
Wiring	232,5	0,65	1	12	1,50E-08	6,60E-08	9,41E-10	1,27E-08	0,192	0,027	0,000	6,17E-08	1,11E-04	6,85E-12
Soldered junctions	274,6	0,65	1	331	2,00E-08	1,60E-06	2,49E-08	8,02E-07	0,400	0,400	0,100	1,63E-06	7,01E-03	1,14E-08
For the product as a whole:				149		1,13E-05						2,49E-05		2,09E-08
Standard deviation						8,7E-07								2,7E-09
Reliability / fire resistance:			0,89843329					0,99999998						
Technical/ fire-safe life time (years):			9,34	- :-	10,89				42,4	- :-	54,9			

PROBLEMS OF USING NANOMATERIALS AND NANOTECHNOLOGIES IN CONSTRUCTION
 ПРОБЛЕМЫ ПРИМЕНЕНИЯ НАНОМАТЕРИАЛОВ И НАНОТЕХНОЛОГИЙ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Table 2
 Technical and fireproof resource of the external unit with protection

Product, unit, class and type of ERE	Average value in the product				Average intensity in the group				Probability in the group of					
	Ignition temperature	Electr. load	Terminals	Number of ERE	Failures rated	Failures actual	Inflam-mations	Fire hazard	Shor-ting	Breaking of wire	El. break-down	Inflam-mation	Spread-ing of fire	Fire
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
External unit, including:	255,59			181		1,03E-05						3,86E-06		2,03E-07
Resistors	253,0	0,55	2	86	4,50E-08	1,61E-06	2,77E-09	4,34E-08	0,027	0,192	0,000	2,57E-07	3,80E-04	9,78E-11
Capacitors	224,3	0,60	2	63	5,20E-08	1,70E-06	1,10E-08	3,48E-07	0,130	0,000	0,075	1,02E-06	3,04E-03	3,10E-09
Transistors	316,1	0,35	3	7	8,40E-07	1,63E-06	2,67E-09	5,01E-07	0,077	0,227	0,230	2,48E-07	4,38E-03	1,09E-09
Diodes	256,3	0,35	2	13	2,10E-07	2,37E-06	1,36E-08	2,06E-07	0,047	0,264	0,040	1,27E-06	1,81E-03	2,29E-09
Pozistor	507,8	0,65	5	7	1,25E-06	1,64E-06	2,34E-10	1,56E-07	0,095	0,000	0,000	2,17E-08	1,36E-03	2,96E-11
Relay /Starter	507,8	0,65	5	1	1,25E-06	2,73E-07	3,89E-11	2,59E-08	0,095	0,000	0,000	3,61E-09	2,27E-04	8,21E-13
Optical elec-tronic devices	256,3	0,35	2	3	2,10E-07	5,47E-07	3,15E-09	4,76E-08	0,047	0,264	0,040	2,92E-07	4,17E-04	1,22E-10
Ventilator	306,5	0,80	2	1	2,25E-06	5,51E-07	8,08E-09	4,41E-07	0,500	0,100	0,300	7,50E-07	3,86E-03	2,89E-09
Thermoelec-tronic protec-tion modules MT-1, includ-ing:		13		1,21E-06						2,07E-07		1,05E-10		
– transistors	316,1	0,35	3	2	8,40E-07	4,66E-07	7,64E-10	1,43E-07	0,077	0,227	0,230	7,09E-08	1,25E-03	8,89E-11
– stabilitrons	256,3	0,35	2	1	2,10E-07	1,82E-07	1,05E-09	1,59E-08	0,047	0,264	0,040	9,74E-08	1,39E-04	1,36E-11
– resistors	253,0	0,55	2	7	4,50E-08	1,31E-07	2,26E-10	3,53E-09	0,027	0,192	0,000	2,09E-08	3,09E-05	6,48E-13
– capacitors	224,3	0,60	2	1	5,20E-08	1,09E-08	7,06E-11	2,24E-09	0,130	0,000	0,075	6,56E-09	1,96E-05	1,29E-13
– plug and socket units	358,2	0,65	4	1	1,00E-06	1,90E-07	5,20E-11	1,81E-08	0,095	0,000	0,000	4,83E-09	1,58E-04	7,64E-13
– relay / starter	507,8	0,65	5	1	1,25E-06	2,34E-07	6,39E-11	2,22E-08	0,095	0,000	0,000	5,93E-09	1,95E-04	1,15E-12
Wiring	232,5	0,65	1	7	1,50E-08	3,85E-08	5,49E-10	7,39E-09	0,192	0,027	0,000	5,09E-08	6,48E-05	3,30E-12
Soldered junctions	274,6	0,65	1	405	2,00E-08	3,59E-06	1,33E-07	1,79E-06	0,400	0,400	0,100	1,24E-05	1,56E-02	1,93E-07
For the prod-uct as a whole:				201		1,52E-05								3,95E-07
Standard deviation						1,0E-06								4,7E-08
Reliability / fire resistance:			0,86794895				0,99999956							2,7E-09
Technical/ fire-safe life time (years):			7,06	- :-	8,06				2,26	- :-	2,87			
Technical/ fire-safe life time (years):			9,34	- :-	10,89				42,4	- :-	54,9			

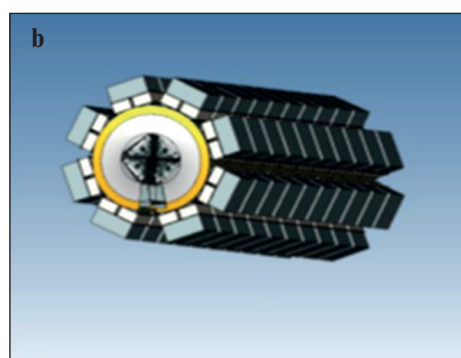
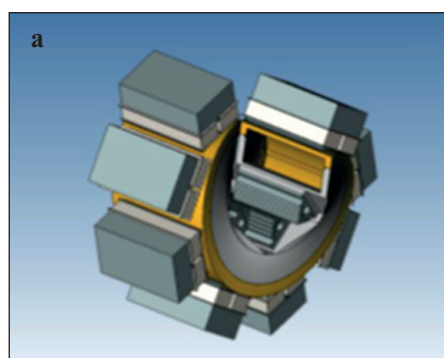


Fig. 4. TMSA:
 a) single turn;
 b) separator assembly

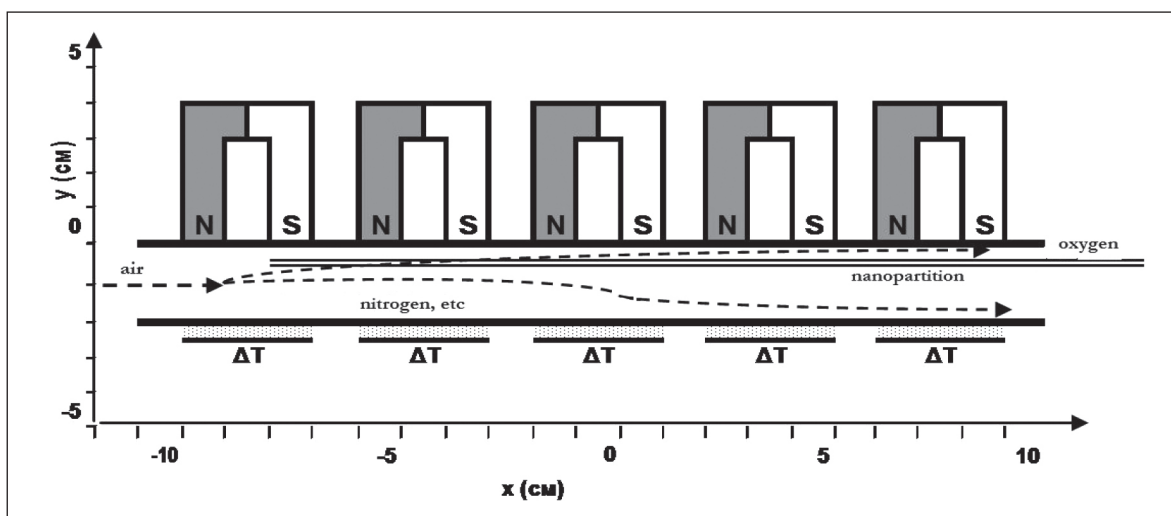


Fig. 5. Layout of magnets, coolers and nano-bulkheads

field, its density is ρ and pressure is p , α is magnetic polarization and H is magnetic field strength [16, 17]:

$$\rho \cdot (\partial v / \partial t + (v \cdot \nabla) \cdot v) = -\text{grad}(p) - \rho \cdot \text{grad}(-(\alpha H^2 / 2m)). \quad (1)$$

Substituting the equation of state of an ideal gas $pV = NkT$ into formula (1), and expressing the density of the gas through its pressure $p = nkT = \rho kT/m$, we obtain the expression for the density of gas molecules in the form of the Boltzmann distribution

$$\rho = \rho_0 \exp(\alpha H^2 / 2kT) = \rho_0 \exp(-(U/kT)), \quad (2)$$

where $U = -\alpha H^2 / 2$ potential energy of a single gas molecule with paramagnetic or diamagnetic properties located in an external inhomogeneous magnetic field

Oxygen is the paramagnetics, in connection with that, the magnetic polarization of the individual molecule is α -positive ($+3396 \cdot 10^{-6}$), and the rest atmospheric gases are diamagnetics, including nitrogen ($N_2 = -12 \cdot 10^{-6}$), into which the magnetic polarization of molecules is negative. Therefore, the oxygen density increases in the region of a strong magnetic field, and the density of the nitrogen component decreases, in accordance with equation (2), and to accelerate the separation of oxygen, the temperature difference between the «paramagnetic» and «diamagnetic» sub channels is maintained using Azarov's vortex air coolers [2, 18].

Therefore, it was decided to integrate the TMSA in SSPI, as well as to pair it with a household gas meter with an electromagnetic valve (Fig. 6), which, in addition to controlling from its sensor of household gas leakage, can also to shut off the supply of household gas by the controller's signal of SSPI [14].

However, an analysis of the modified SSPI, which was modified in this way, showed that the model does not fully perform the fire and explosion protection of an apartment in a high-rise building / individual residential house, for the following reasons [19]:

- firstly, it is impossible to carry out the early detection of the DFFE with the leakage of household gas in the kitchen by one indoor unit installed in the living room;
- secondly, without disconnecting the power supply of the apartment / individual house at the time of the DFFE detection, it is impossible to guarantee that the spark from the electrical installation products will not cause an explosion from the leakage of household gas;

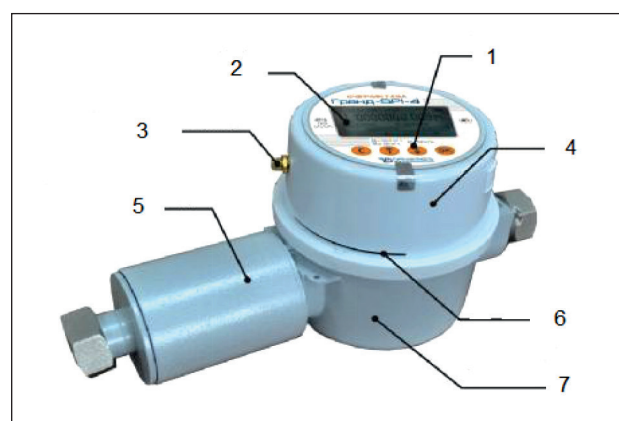


Fig. 6. Gas meter with solenoid valve:
 1 – Keyboard; 2 – Liquid crystal indicator; 3 – GSM antenna connector; 4 – Analog-digital unit; 5 – Shut off valve; 6 – Card slot; 7 – Case

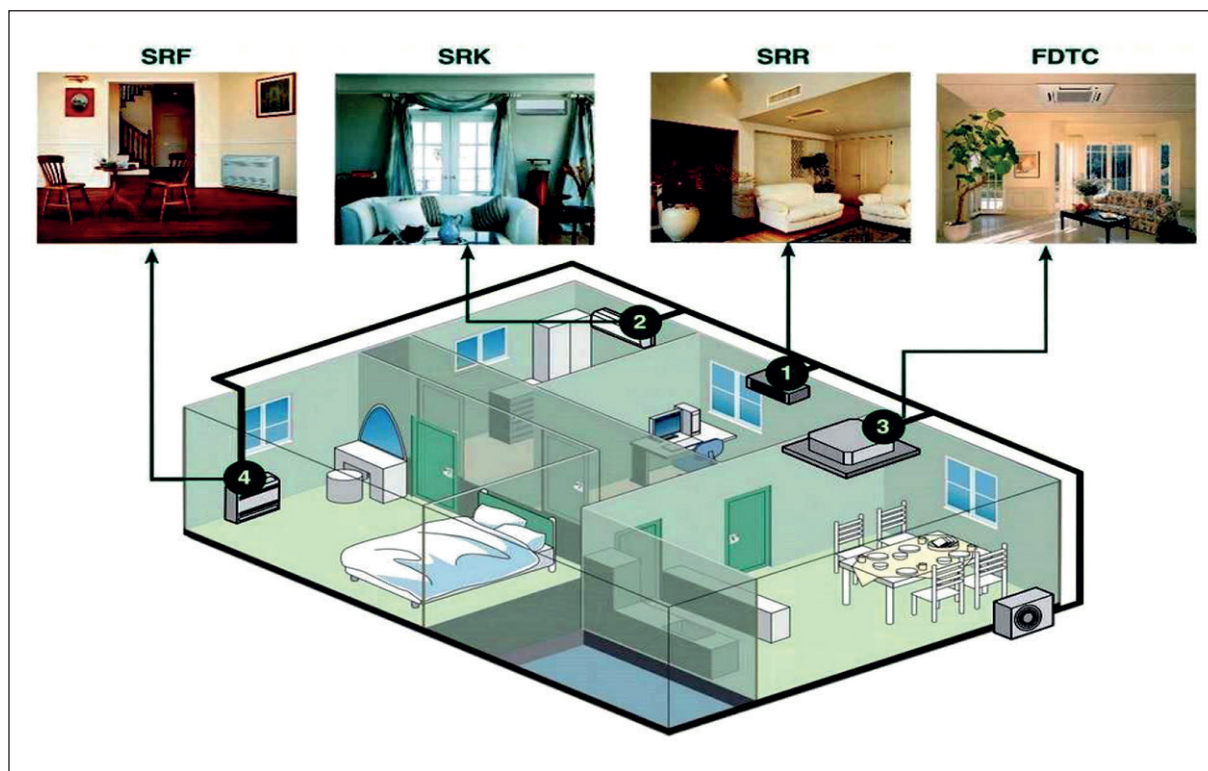


Fig. 7. Planning of an individual house with a multi SSPI

- thirdly, the indoor unit located in the room in which the TMSA is installed does not have time to lower the oxygen concentration in all rooms of the apartment / individual house to a level at which the explosion or propagation of fire becomes impossible.

To eliminate the above disadvantages, taking into account the release of multi-split-systems with 2 or more internal units with one – external, the model of SSPI was modified as follows (Fig. 7):

- for the implementation of early detection and suppression of DFFE, one of the indoor units with TMSA and sensors of DFFE is installed in the kitchen, and it provides for the control of a triac module or magnetic starter, which is mounted in the electrical panel and turns off the power supply in the apartment/individual house, when it is detected by DFFE;
- to provide continuous work of all the internal blocks (with sensors and TMSA), including those installed

in the other rooms, when power is lost or turned off, a battery with an appropriate converter is installed in each of them, ensuring the operation of internal blocks, when power is lost and its charging, when power is available [19].

CONCLUSION

«Intellectualization» of multi-split-system by nanotechnology for the detection and suppression of DFFE, allows you to create a reliable and autonomous system protect of fire and explosion in an apartment in a high-rise residential building or in an individual house [6, 11, 19]. Moreover, the invention of a magnetic refrigerator [20] suggests that nanotechnology for magnetocaloric cooling will allow it to be integrated into the internal blocks in the future and to «get rid of» the external blocks that spoil the building facades.

ВВЕДЕНИЕ

Сегодня практически в каждом жилом доме или квартире (рис. 1) используются сплит-системы, которые создают комфортные условия пребывания в помещениях, где установлен внутренний блок.

Не требует особых доказательств, что никакие юридические законы, технические требования и правила не могут предвосхитить ежеминутно изменяющуюся опасность объектов техносферы (пожарную, электрическую, механическую и т.д.) и окружающей

нас среды (геосферы, биосферы, атмосферы и т.д.). Только мониторинг, т.е. применение технических и программных средств, следящих и своевременно предупреждающих об увеличении опасности выше допустимого уровня, могут изменить существующую мировую тенденцию роста аварий, пожаров и других чрезвычайных ситуаций (ЧС), а также потерь от них [1].

Статистические исследования пожаров на Юге России за последние 15 лет показали, что наибольшее количество пожаров (70%) происходит в жилом

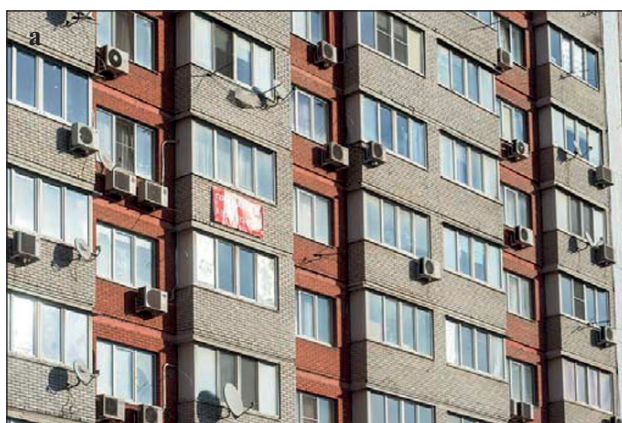


Рис. 1. Сплит-системы в многоэтажном (а) и индивидуальном (б) жилом доме



Рис. 2. Статистика пожаров по местам их возникновения на Юге России

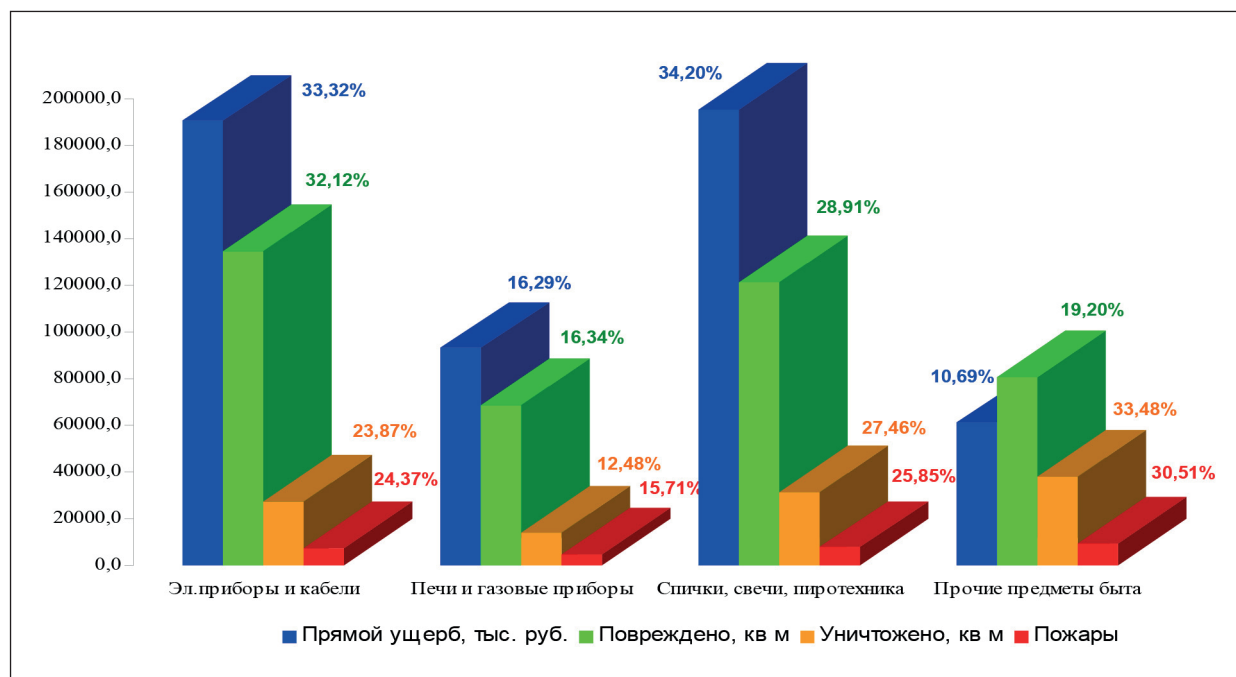


Рис. 3. Гистограмма причин и источников пожаров и взрывов в жилом секторе Юга России

секторе, 42,41% из которых возникает в комнатах, кухнях, коридорах и туалетных комнатах квартир и индивидуальных домов (рис. 2) по газо-электротехническим причинам и источникам их возникновения (рис. 3), а также из-за неосторожного обращения с огнем [2].

Как следует из гистограммы (рис. 3), от печей, бытовых электроприборов и неосторожного обращения с огнем возникает около 75% пожаров, в т.ч. около половины из них – по электротехническим причинам [1, 2].

Следовательно, если превратить бытовые электроприборы (телевизоры, холодильники, кондиционеры и т.д.) в автономные пожарные извещатели, то **появляется возможность обнаружить 65,93% пожаров в жилом секторе на ранней стадии**, а, следовательно, уменьшить наполовину последствия от них [2, 3], то есть:

- сократить 41,9% прямого материального ущерба,
- сохранить неповрежденными 33,7% площадей,
- предотвратить уничтожение 31,9% площадей.

Нанотехнологии интеллектуализации

Разработки нанотехнологий «интеллектуализации бытовых электроприборов» на предмет обнаружения пожароопасных отказов в них и контроля за опасными факторами пожара и взрыва (ОФПВ) в помещениях, где они установлены, были начаты 15 лет

назад (для холодильников, телевизоров, электросчетчиков и т.д.) путем разработки и применения в них дымовых пожарных извещателей и модулей термоэлектронной защиты, которые предотвращали их собственное возгорание отключением от электросети и обеспечивали оповещение по радиоканалу пожарной службы в случае возникновения пожара [1–10].

Использование указанных нанотехнологий в сплит-системах для этих целей является наиболее эффективным по следующим причинам [11–14]:

- во-первых, внутренний блок сплит-системы «прокачивает через себя» воздух из помещения, где он установлен, как это делают самые быстродействующие аспирационные пожарные извещатели (с помощью специальных трубопроводов, прокладываемых в каждое защищаемое помещение);
- во-вторых, работой сплит-системой управляет контроллер, установленный во внутреннем блоке, к которому легко подключаются дымовой, тепловой и газовый датчики, а также GSM-модем, для оповещения аварийных служб;
- в-третьих, в выпускаемые сегодня внутренние блоки (потолочные, настенные и напольные) легко встроить термомагнитный сепаратор воздуха (ТМСВ), выделяющий из «прокачиваемого воздуха» кислород (парамагнетик), который по дренажному каналу можно вывести наружу дома, а в защищаемое помещение вернуть азот

с остальными инертными газами (диамагнетиками), осуществляя подавление ОФПВ путем флегматизации и понижения концентрации кислорода до уровня, при котором горение и взрыв невозможны, как это делают газовые установки пожаротушения.

Как следует из проведенных исследований [2, 5, 7, 11], такая модель сплит-системы пожарного извещателя (ССПИ) была создана и включала в себя защиту самого прибора от пожароопасных отказов с помощью модулей термоэлектронной защиты,

а также установку дымового извещателя пожарного (ДИП) с GSM-модемом во внутреннем блоке ССПИ [12–14].

Было доказано (таб. 1, 2), что в этом случае при небольшом снижении технических ресурсов блоков сплит-системы их пожаробезопасные ресурсы увеличиваются на порядок и становятся соизмеримыми с их техническими ресурсами [2–8].

Так, для внутреннего блока было получено снижение технического ресурса до 10 лет, а увеличение пожаробезопасного – до 40 лет (табл. 1).

Таблица 1

Технический и пожаробезопасный ресурс внутреннего блока с защитой

Наименование изделия, блока, класса и типа ЭРЭ	Ср. значения в изделии				Ср. интенсивность в группе				Вероятность в группе					
	Темп-ра восп-лам.	Рек. нагр.	Выводов	Кол-во ЭРЭ	Отказов номин.	Отказов фактич.	Воспла-нения	Пож. опас. отказов	Кор. замык.	Обрыва	Про-боя	Воспла-менения	Распр-я огня	Пожара ЭРЭ
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1.внутр блок, в т.ч.:	250,90			125		8,82E-06						2,79E-06		7,22E-09
диод	256,3	0,35	2	16	2,10E-07	2,92E-06	1,68E-08	2,54E-07	0,047	0,264	0,040	1,10E-06	2,22E-03	2,45E-09
резистор	253,0	0,55	2	58	4,50E-08	1,08E-06	1,87E-09	2,92E-08	0,027	0,192	0,000	1,23E-07	2,56E-04	3,14E-11
транзистор	316,1	0,35	3	11	8,40E-07	2,56E-06	4,20E-09	7,87E-07	0,077	0,227	0,230	2,76E-07	6,88E-03	1,90E-09
конденсатор	224,3	0,60	2	33	5,20E-08	7,06E-07	4,57E-09	1,45E-07	0,130	0,000	0,075	3,00E-07	1,27E-03	3,80E-10
оптрон	256,3	0,35	2	4	2,10E-07	7,30E-07	4,20E-09	6,35E-08	0,047	0,264	0,040	2,75E-07	5,56E-04	1,53E-10
дроссель	316,1	0,80	8	1	1,00E-06	2,48E-07	2,27E-09	1,98E-07	0,500	0,100	0,300	1,49E-07	1,7E-03	2,59E-10
микросхема	368,7	0,85	14	1	1,30E-08	1,92E-08	5,56E-10	1,13E-08	0,370	0,240	0,220	3,64E-08	9,94E-05	3,62E-12
вентилятор	306,5	0,80	2	1	2,25E-06	5,51E-07	8,08E-09	4,41E-07	0,500	0,100	0,300	5,30E-07	3,86E-03	2,04E-09
Модуль термозащиты МТ-2, в т.ч.:		12		8,57E-07						2,04E-05		2,24E-09		
– микро-схемы	368,7	0,85	14	1	1,30E-08	1,92E-08	5,56E-10	1,13E-08	0,370	0,240	0,220	4,87E-06	9,94E-05	4,84E-10
– тиристоры	507,8	0,35	3	1	5,00E-07	1,18E-07	3,36E-10	1,02E-08	0,047	0,264	0,040	2,95E-06	8,97E-05	2,64E-10
– стабили-троны	256,3	0,35	2	1	2,10E-07	1,82E-07	1,05E-09	1,59E-08	0,047	0,264	0,040	9,20E-06	1,39E-04	1,28E-09
– резисторы	253,0	0,55	2	5	4,50E-08	9,34E-08	1,61E-10	2,52E-09	0,027	0,192	0,000	1,41E-06	2,21E-05	3,12E-11
– конденса-торы	224,3	0,60	2	2	5,20E-08	2,18E-08	1,41E-10	4,48E-09	0,130	0,000	0,075	1,24E-06	3,92E-05	4,86E-11
– разъемы	358,2	0,65	4	1	1,00E-06	1,90E-07	5,20E-11	1,81E-08	0,095	0,000	0,000	4,56E-07	1,58E-04	7,22E-11
– позистор	507,8	0,65	5	1	1,25E-06	2,32E-07	3,31E-11	2,20E-08	0,095	0,000	0,000	2,90E-07	1,93E-04	5,61E-11
Провода	232,5	0,65	1	12	1,50E-08	6,60E-08	9,41E-10	1,27E-08	0,192	0,027	0,000	6,17E-08	1,11E-04	6,85E-12
Монтажные соединения (пайки)	274,6	0,65	1	331	2,00E-08	1,60E-06	2,49E-08	8,02E-07	0,400	0,400	0,100	1,63E-06	7,01E-03	1,14E-08
Всего по блоку:				149		1,13E-05						2,49E-05		2,09E-08
Стандартное отклонение						8,7E-07								2,7E-09
Безотказ-ность / пожарная устойчивость:			0,89843329				0,99999998							
Техниче-ский / пожа-ро-безопас-ный ресурс, лет:			9,34	- :-	10,89				42,4	- :-	54,9			

Таблица 2

Технический и пожаробезопасный ресурс внешнего блока с защитой

Наименование изделия, блока, класса и типа ЭРЭ	Ср. значения в изделии				Ср. интенсивность в группе				Вероятность в группе					
	Темп-ра восп-лам.	Рек. нагр.	Выводов	Кол-во ЭРЭ	Отказов номин.	Отказов фактич.	Воспла-нения	Пож. опас. отказов	Кор. замык.	Обрыва	Про-боа	Воспла-менения	Распр-я огня	Пожара ЭРЭ
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1. внешний бл., в т.ч.:	255,59			181		1,03E-05						3,86E-06		2,03E-07
Резистор	253,0	0,55	2	86	4,50E-08	1,61E-06	2,77E-09	4,34E-08	0,027	0,192	0,000	2,57E-07	3,80E-04	9,78E-11
Конденсатор	224,3	0,60	2	63	5,20E-08	1,70E-06	1,10E-08	3,48E-07	0,130	0,000	0,075	1,02E-06	3,04E-03	3,10E-09
Транзистор	316,1	0,35	3	7	8,40E-07	1,63E-06	2,67E-09	5,01E-07	0,077	0,227	0,230	2,48E-07	4,38E-03	1,09E-09
Диод	256,3	0,35	2	13	2,10E-07	2,37E-06	1,36E-08	2,06E-07	0,047	0,264	0,040	1,27E-06	1,81E-03	2,29E-09
позистор	507,8	0,65	5	7	1,25E-06	1,64E-06	2,34E-10	1,56E-07	0,095	0,000	0,000	2,17E-08	1,36E-03	2,96E-11
реле	507,8	0,65	5	1	1,25E-06	2,73E-07	3,89E-11	2,59E-08	0,095	0,000	0,000	3,61E-09	2,27E-04	8,21E-13
оптрон	256,3	0,35	2	3	2,10E-07	5,47E-07	3,15E-09	4,76E-08	0,047	0,264	0,040	2,92E-07	4,17E-04	1,22E-10
вентилятор	306,5	0,80	2	1	2,25E-06	5,51E-07	8,08E-09	4,41E-07	0,500	0,100	0,300	7,50E-07	3,86E-03	2,89E-09
Модуль тер-мозащиты МТ-1, в т.ч.:				13		1,21E-06						2,07E-07		1,05E-10
– транзи-сторы	316,1	0,35	3	2	8,40E-07	4,66E-07	7,64E-10	1,43E-07	0,077	0,227	0,230	7,09E-08	1,25E-03	8,89E-11
– стабили-троны	256,3	0,35	2	1	2,10E-07	1,82E-07	1,05E-09	1,59E-08	0,047	0,264	0,040	9,74E-08	1,39E-04	1,36E-11
– резисторы	253,0	0,55	2	7	4,50E-08	1,31E-07	2,26E-10	3,53E-09	0,027	0,192	0,000	2,09E-08	3,09E-05	6,48E-13
– конденса-торы	224,3	0,60	2	1	5,20E-08	1,09E-08	7,06E-11	2,24E-09	0,130	0,000	0,075	6,56E-09	1,96E-05	1,29E-13
– разъемы	358,2	0,65	4	1	1,00E-06	1,90E-07	5,20E-11	1,81E-08	0,095	0,000	0,000	4,83E-09	1,58E-04	7,64E-13
– реле	507,8	0,65	5	1	1,25E-06	2,34E-07	6,39E-11	2,22E-08	0,095	0,000	0,000	5,93E-09	1,95E-04	1,15E-12
Провода	232,5	0,65	1	7	1,50E-08	3,85E-08	5,49E-10	7,39E-09	0,192	0,027	0,000	5,09E-08	6,48E-05	3,30E-12
Монтажные соединения (пайки)	274,6	0,65	1	405	2,00E-08	3,59E-06	1,33E-07	1,79E-06	0,400	0,400	0,100	1,24E-05	1,56E-02	1,93E-07
Всего по блоку:				201		1,52E-05								3,95E-07
Стандартное отклонение						1,0E-06								4,7E-08
Безотказ-ность / пожарная устойчивость:			0,86794895				0,99999956							
Техниче-ский / пожа-ро-безопас-ный ресурс, лет:			7,06	- :-	8,06				2,26	- :-	2,87			

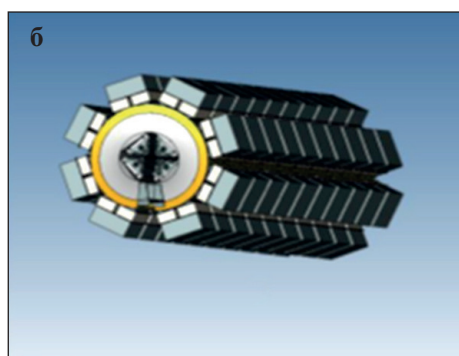
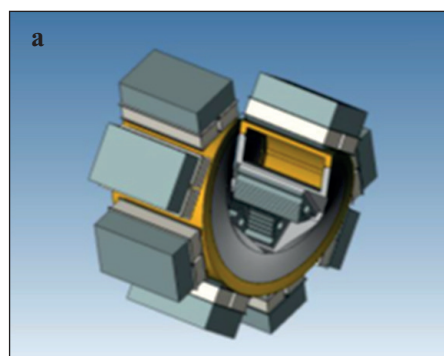


Рис. 4. ТМСВ:
 а) – единственный виток;
 б) – сепаратор в сборе

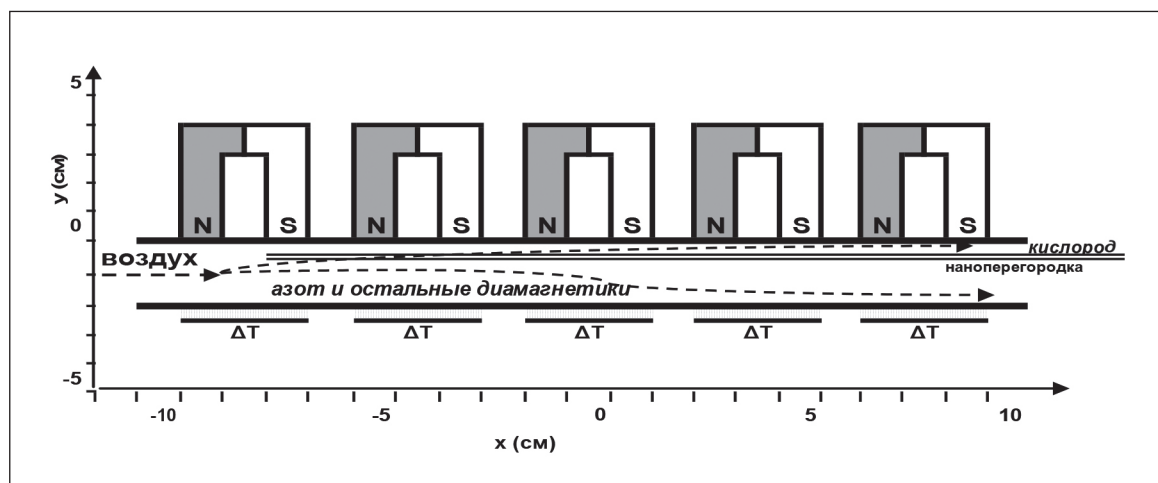


Рис. 5. Схема расположения магнитов, охладителей и наноперегородки

Для внешнего блока технический ресурс уменьшился до 8 лет, а пожаробезопасный ресурс увеличился до 3 лет (табл. 2).

Учеными Ростовского государственного университета в рамках Гранта по безопасности автотранспорта [15] была разработана нанотехнология термомагнитной сепарации воздуха [16], и на термомагнитный сепаратор воздуха (ТМСВ) был получен патент РФ на изобретение [17].

ТМСВ представлял собой трубу, свернутую в спираль (рис.4), на внешней стороне которой были установлены постоянные магниты, а на внутренней – вихревые охладители Азарова [18].

Вдоль канала ТМСВ была установлена наноперегородка из пористого алюминия (рис. 5), разделяющая его на «парамагнитный» (кислородный) и «диамагнитный» подканалы (с инертными газами – азот, углекислый газ и др.) и препятствующая обратной диффузии разделяемых газов [15, 17].

ТМСВ, являющийся в данном случае «наногенератором инертного газа», базируется на уравнении движения газа (уравнение Эйлера) в магнитном поле, через v – поле вектора скоростей газа, его плотность – ρ и давление – p , α – магнитную поляризуемость и H – напряженность магнитного поля [16, 17]:

$$\rho \cdot (\partial v / \partial t + (v \cdot \nabla) \cdot v) = -grad(p) - \rho \cdot grad(-(\alpha H^2 / 2m)). \quad (1)$$

Подставляя в формулу (1) уравнения состояния идеального газа $pV = NkT$ и выражая плотность газа через его давление $p = nkT = \rho kT/m$, получим выражение для плотности молекул газа в виде распределения Больцмана

$$\rho = \rho_0 \exp(\alpha H^2 / 2kT) = \rho_0 \exp(-U/kT), \quad (2)$$

где $U = -\alpha H^2 / 2$ – потенциальная энергия отдельной молекулы газа, обладающей пара- или диамагнитными свойствами, находящейся во внешнем неоднородном магнитном поле.

Кислород является парамагнетиком, в связи с чем магнитная поляризация отдельной молекулы α – положительна ($+3396 \cdot 10^{-6}$), а остальные атмосферные газы являются диамагнетиками, в т.ч. азот ($N_2 = -12 \cdot 10^{-6}$), у которых магнитная поляризация молекул отрицательна. Поэтому плотность кислорода возрастает в области сильного магнитного поля, а плотность азотной компоненты уменьшается в соответствии с уравнением (2), а для ускорения отделения кислорода между «парамагнитным» и «диамагнитным» подканалами поддерживается разность температур с помощью вихревых воздухоохладителей Азарова [2, 18].

Поэтому было решено интегрировать ТМСВ в ССПИ, а также осуществить его сопряжение со счетчиком на бытовой газ с электромагнитным клапаном (рис. 6), который, помимо управления им от собственного датчика утечки газа, может перекрыть подачу газа и по сигналу контроллера ССПИ [14].

Однако анализ модифицированной таким образом ССПИ показал, что модель не выполняет в полном объеме пожаро-взрывозащиту квартиры в многоэтажном здании/индивидуальном жилом доме, по следующим причинам [19]:

- во-первых, одним внутренним блоком, который устанавливается в жилой комнате, невозможно осуществить раннее обнаружение опасных факторов пожара и взрыва (ОФПВ) при утечке бытового газа на кухне;
- во-вторых, без отключения электроснабжения квартиры/индивидуального дома в момент обнаружения ОФПВ невозможно гарантировать, что

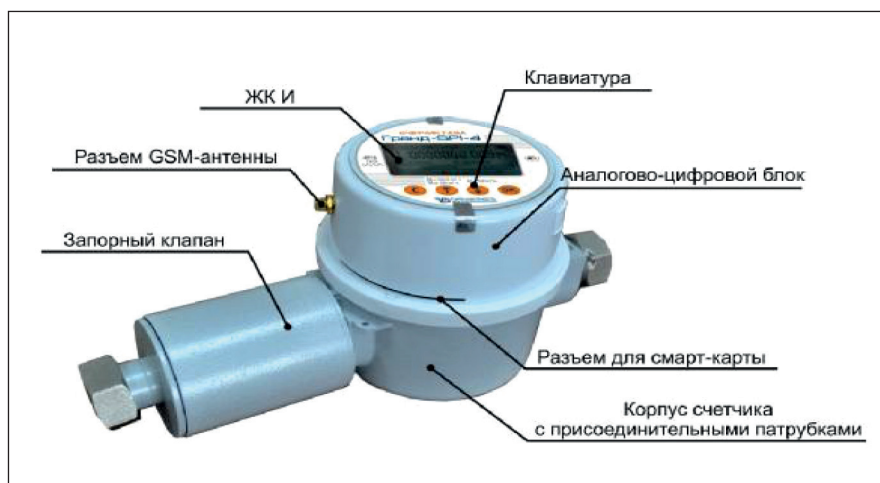


Рис. 6. Газовый счетчик с электромагнитным клапаном

от искры в электроустановочных изделиях взрыв от утечки бытового газа не произойдет;

- в-третьих, расположенный в комнате внутренний блок, в котором установлен ТМСВ, не успевает понизить концентрацию кислорода во всех помещениях квартиры/индивидуального дома до уровня, при котором взрыв или распространение огня становятся невозможными.

Для устранения указанных выше недостатков, принимая во внимание выпуск мульти сплит-систем с 2-я и более внутренними блоками при одном внешнем, модель ССПИ была доработана следующим образом (рис. 7):

- для осуществления раннего обнаружения и подавления ОФПВ один из внутренних блоков с ТМСВ и датчиками ОФПВ устанавливается

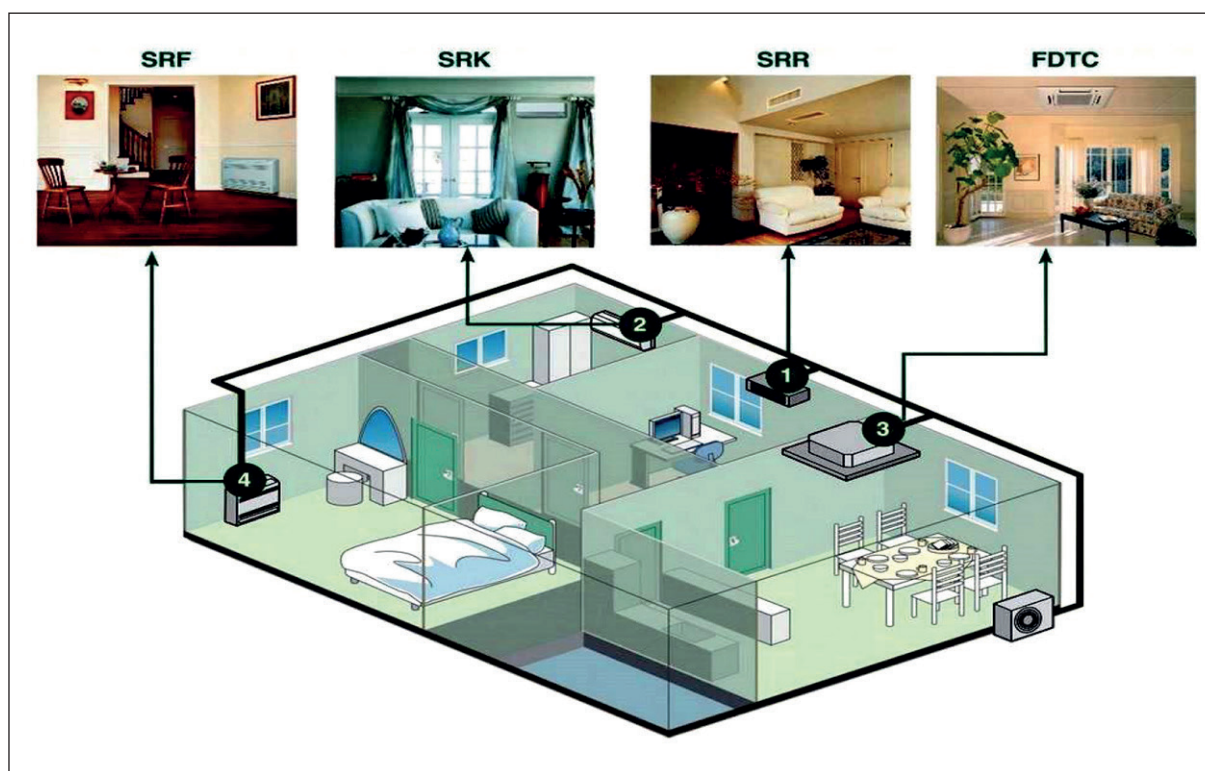


Рис. 7. Планировка индивидуального дома с мульти ССПИ

на кухне, и в нем предусматривается управление симисторным модулем или магнитным пускателем, который монтируется в электрощите и отключает электроснабжение в квартире/индивидуальном доме при обнаружении ОФПВ;

- для того, чтобы все внутренние блоки (с датчиками и ТМСВ), в т. ч. в других комнатах продолжали работать при пропадании или отключении электроэнергии, в каждый из них встраивается аккумулятор с соответствующим преобразователем, обеспечивающим работу внутреннего блока при пропадании электроэнергии и его зарядку при ее наличии [19].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

«Интеллектуализация» мульти сплит-системы нанотехнологиями обнаружения и подавления ОФПВ позволяет создать надежную и автономную систему пожаровзрывозащиты квартиры в многоэтажном жилом здании или в индивидуальном доме [6, 11, 19]. Более того, изобретение магнитного холодильника [20] дает основание утверждать, что нанотехнология магнитокалорического охлаждения позволит в будущем интегрировать его во внутренние блоки и «навсегда избавиться» от внешних блоков, портящих фасады зданий.

REFERENCES

1. Boguslavsky E.I., Belozero V.V., Boguslavsky N.E. Prognozirovanie, ocenka i analiz pozharnej bezopasnosti [Prediction, assessment and analysis of fire safety]. Rostov on Don: RGSU, 2004. 151 p. (In Russian).
2. Belozero V.V. Metody, modeli i sredstva avtomatizacii upravlenija tehnosfernoj bezopasnost'ju [Methods, models and automation tools for managing technosphere safety]. Doctorate thesis. Moscow: AGPS of the Ministry of Emergencies of Russia, 2012. 422 p. (In Russian).
3. Belozero V.V., Teterin I.M., Topolsky N.G. [Modular safety systems for electrical appliances]. Tehnologii tehnosfernoj bezopasnosti [Technosphere safety technologies]. 2005. No. 4. 3 p. Available at: <http://academygps.ru/ttb> (In Russian).
4. Belozero V.V., Prus Yu.V., Topolsky N.G., Teterin I.M. Intellektualizacija sistem bezopasnosti jelektrotehnicheskikh ustrojstv [Intellectualization of security systems for electrical devices]. Problemy upravlenija bezopasnost'ju slozhnyh sistem: mat-ly 13-j mezhdunar. konf. [Problems of security management of complex systems: materials of the 13th int. Conf]. Moscow: IPU RAS, 2005, p. 121–125. (In Russian).
5. Belozero V.V., Oleinikov S.N. About synergetic management of fire safety of living. European Science and Technology: materials of the international research and practice conference – Wiesbaden, Germany, 2012, pp. 180–185.
6. Belozero V.V., Borkov P.V., Kobeleva S.A., Klyshnikov A.A., Oleinikov S.N., Nasyrov R.R., Daminev R.R. Novye tehnologii i materialy v proizvodstve i stroitel'stve: voprosy proektirovanija, razrabotki i vnedrenija [New technologies and materials in production and construction: design, development and implementation issues]. Moscow. Pero Publishing House, 2012. 123p. (In Russian).
7. Kulyagin I.A. Analiz jekspluatacionnogo i pozharobezopasnogo resursov split-sistem s modulem termojelektronnoj zashhity [Analysis of operational and fire-safe resources of split systems with a thermoelectronic protection module]. Student's Scientific Forum–2018: Materials of the VIII International Student's Electronic Scientific Conference. URL: <https://scienceforum.ru/2018/article/2018008532> (In Russian).
8. GOST 12.1.004 Pozharnaja bezopasnost'. Obshhie trebovanija [Fire safety. General requirements]. Moscow: Publishing house of standards, 1992. 77 p. (In Russian).
9. Bakanov V.V. Dymovoj pozharnej izveshhatel' [Smoke fire detector]. RF patent for invention. No. 2273886, bull. No. 10, 2006. (In Russian).
10. Misevich I.Z. Dymovoj pozharnej izveshhatel' [Smoke detector]. RF patent for the invention. No. 2273887, bull. No. 10, 2006. (In Russian).
11. Kulyagin I.A. Model' split-sistemy-pozharovzryvoizveshhatelja [The model of a split-system-fire and explosion detector]. Innovacii i inzhiniring v formirovanii investicionnoj privlekatel'nosti regiona: sbornik nauchnyh trudov II Otkrytogo mezhdunarodnogo nauchno-prakticheskogo foruma [Innovations and engineering in the formation of investment attractiveness of the region: Collection of scientific papers of the II Open international scientific and practical forum. Non-profit partnership “The Unified Regional Center for Innovative Development of the Rostov Region”]. Rostov-on-Don: DSTU, 2017, p. 372–379. (In Russian).
12. Kulyagin I.A. Model' intellektualizacii split-sistem dlja obespechenija pozharnej bezopasnosti [The intellectualization model of split systems for ensuring fire safety]. Mezhdunarodnyj studencheskij nauchnyj vestnik [International Student Scientific Bulletin]. 2017. No. 5-1, p. 120–122. (In Russian).
13. Kulyagin I.A. Intellektualizacija bezopasnosti jelektrotehnicheskikh ustanovok (na primere split-sistem) [Intellectualization of the safety of electrical installations (using the example of split systems)]. Jelektronika i jelektrotehnika [Electronics and Electrical Engineering]. 2018. No. 1, pp. 19–26; DOI: 10.7256 / 2453-8884.2018.1.25832. (In Russian).

14. Kulyagin I.A., Belozеров V.V. Avtomatizacija požarovzryvozaschity zhilogo sektora s pomoshh'ju split-sistem [Automation of fire and explosion protection of the residential sector using split-systems]. *Jelektronika i jelectrotehnika* [Electronics and Electrical Engineering]. 2018. No. 3. P. 59–65. DOI: 10.7256/2453-8884.2018.3.27744. (In Russian).
15. Belozеров V.V., Bushkova E.S., Denisenko P.F., Kravchenko A.N., Pashchinskaya V.V. Model' separacii i podavlenija toksichnosti avtotransportnyh sredstv [The model of separation and suppression of vehicle toxicity]. *Bezopasnost' zhiznedejatel'nosti. Ohrana truda i okruzhajushhej sredy* [Life safety. Labor and environmental protection]. 2001. No 5. p. 104–107. (In Russian).
16. Belozеров V.V., Videtskikh Yu.A., Vikulin V.V., Gavrily V.M., Meshalkin E.A., Nazarov V.P., Novakovich A.A., Prus Yu.V. «BAKSAN-PA»: avtomobil' skoroj požarnoj pomoshhi [“BAKSAN-PA”: ambulance fire truck]. *Sovremennye naukoemkie tehnologii*. [Modern high technology]. 2006. No. 4. P. 87–89. (In Russian).
17. Belozеров V.V., Bosa S.I., Novakovich A.A., Tolmachev G.N., Videtskikh Yu.A., Pirogov M.G. Sposob termomagnitnoj separacii vozduha i ustrojstvo dlja ego osushhestvlenija [Method for thermomagnetic air separation and device for its implementation]. RF Patent 2428242.2011. Bull. Number 25. (In Russian).
18. Azarov A. I. Konstruktivno-tehnologicheskoe sovershenstvovanie vihrevyh vozduhoohladitelej [Structural and technological improvement of vortex air coolers]. *Tehnologija mashinostroenija* [Technology of mechanical engineering]. 2004. No 3. p. 56–60. (In Russian).
19. Abrosimov D.V., Belozеров V.V., Tikhomirov S.A., Filimonov M.N. Sposob požarovzryvozaschity individual'nyh zhilyh domov i kvartir s pomoshh'ju split-sistem [Method of fire and explosion protection of individual residential buildings and apartments using split systems]. RF Patent 2703884 from 10.22.2019. Bull. Number 30. (In Russian).
20. Buchelnikov V.D., Denisovsky A.N., Nikolenko V.V., Taskaev S.V., Chernets I.A. Magnitokaloricheskij refrizherator [Magnetocaloric refrigerator]. RF Patent 2454614 IPC F25B. 2012. Bull. Number 18. (In Russian)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Богуславский Е.И., Белозеров В.В., Богуславский Н.Е. Прогнозирование, оценка и анализ пожарной безопасности. – Ростов н/Д: РГСУ, 2004. – 151с.
2. Белозеров В.В. Методы, модели и средства автоматизации управления техносферной безопасностью: дис. ... на соиск. ст. д-ра тех. наук. – М.: АГПС МЧС России, 2012. – 422 с.
3. Белозеров В.В., Тетерин И.М., Топольский Н.Г. Модульные системы безопасности электроприборов // Технологии техносферной безопасности. – 2005. – № 4. – 3 с. – <http://academygps.ru/ttb>.
4. Белозеров В.В., Прус Ю.В., Топольский Н.Г., Тетерин И.М. Интеллектуализация систем безопасности электротехнических устройств // Проблемы управления безопасностью сложных систем: мат-лы 13-й междунар. конф. – М.: ИПУ РАН, 2005. – С. 121–125.
5. Belozеров V.V., Oleinikov S.N. About synergetic management of fire safety of living // *European Science and Technology: materials of the international research and practice conference – Wiesbaden, Germany, 2012.*, p. 180–185.
6. Белозеров В.В., Борков П.В., Кобелева С.А., Клышников А.А., Олейников С.Н., Насыров Р.Р., Даминев Р.Р. Новые технологии и материалы в производстве и строительстве: вопросы проектирования, разработки и внедрения. – М.: Издательство «Перо», 2012. – 123 с.
7. Кулягин И.А. Анализ эксплуатационного и пожаробезопасного ресурсов сплит-систем с модулем термоэлектронной защиты // «Студенческий научный форум–2018»: Материалы VIII Международной студенческой электронной научной конференции. – URL: <https://scienceforum.ru/2018/article/2018008532>.
8. ГОСТ 12.1.004. Пожарная безопасность. Общие требования. – М.: Изд. стандартов, 1992. – 77 с.
9. Баканов В.В. Дымовой пожарный извещатель // Патент РФ на изобретение № 2273886. – Бюл. № 10. – 2006.
10. Мисевич И.З. Дымовой пожарный извещатель // Патент РФ на изобретение № 2273887. – Бюл. № 10. – 2006.
11. Кулягин И.А. Модель сплит-системы-пожаровзрывоизвещателя // *Инновации и инжиниринг в формировании инвестиционной привлекательности региона: сборник научных трудов II Открытого международного научно-практического форума.* – Ростов н/Д: ДГТУ, 2017. – НП «Единый региональный центр инновационного развития Ростовской области». – С. 372–379.
12. Кулягин И.А. Модель интеллектуализации сплит-систем для обеспечения пожарной безопасности // *Международный студенческий научный вестник* – 2017. – № 5-1. – С. 120–122.
13. Кулягин И.А. Интеллектуализация безопасности электротехнических установок (на примере сплит-систем) // *Электроника и электротехника.* – 2018. – № 1. – С. 19–26. – DOI: 10.7256/2453-8884.2018.1.25832.
14. Кулягин И.А., Белозеров В.В. Автоматизация пожаровзрывозащиты жилого сектора с помощью сплит-систем // *Электроника и электротехника.* – 2018. – № 3. – С. 59–65. – DOI: 10.7256/2453-8884.2018.3.27744.
15. Белозеров В.В., Бушкова Е.С., Денисенко П.Ф., Кравченко А.Н., Пашинская В.В. Модель сепарации и подавления токсичности автотранспортных средств // *Безопасность жизнедеятельности. Охрана труда и окружающей среды.* – 2001. – № 5. – С. 104–107.
16. Белозеров В.В., Видецких Ю.А., Викулин В.В., Гаврилей В.М., Мешалкин Е.А., Назаров В.П., Новакович А.А., Прус Ю.В. «BAKSAN-PA»: автомобиль скорой пожарной помощи // *Современные наукоемкие технологии.* – 2006. – № 4. – С. 87–89.

17. Белозеров В.В., Босый С.И., Новакович А.А., Толмачев Г.Н., Видецких Ю.А., Пирогов М.Г. Способ терромагнитной сепарации воздуха и устройство для его осуществления // Патент РФ 2428242. – 2011. – Бюл. № 25.
18. Азаров А. И. Конструктивно–технологическое совершенствование вихревых воздухоохладителей // Технология машиностроения. – 2004. – N 3. – С. 56–60.
19. Абросимов Д.В., Белозеров В.В., Тихомиров С.А., Филимонов М.Н. Способ пожаровзрывозащиты индивидуальных жилых домов и квартир с помощью сплит-систем // Патент РФ 2703884 от 22.10.2019. – Бюл. № 30.
20. Бучельников В.Д., Денисовский А.Н., Николенко В.В., Таскаев С.В., Чернец И.А. Магнитокалорический рефрижератор // Патент РФ 2454614 МПК F25B. – 2012. – Бюл. № 18.

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Valery V. Belozеров, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department «Automation of Production Processes» of FSBEI «Don State Technical University», pl. Gagarin, 1, Rostov-on-Don, Russia, 344000, safeting@mail.ru

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Белозеров Валерий Владимирович, д.т.н., доцент, профессор кафедры «Автоматизация производственных процессов», ФГБОУ «Донской государственный технический университет», пл. Гагарина, 1, Ростов-на-Дону, Россия, 344000, safeting@mail.ru

CONTACTS / КОНТАКТЫ

e-mail: safeting@mail.ru