

С.В. Сольоний, к.т.н., доц. (Санкт-Петербурзький державний університет аерокосмічного приладобудування), Ю.І. Рудик, к.т.н., доц. (Львівський державний університет безпеки життєдіяльності), О.Я. Сольона, к.т.н., доц. (Санкт-Петербурзький державний університет аерокосмічного приладобудування), Г.В. Демченко, к.т.н., доц. (Донецький національний технічний університет)

СИСТЕМА ЗАПОБІГАННЯ ВИБУХОПОЖЕЖОНЕБЕЗПЕЧНИМ СИТУАЦІЯМ В ОБ'ЄКТАХ, ПОВ'ЯЗАНИХ ІЗ ЖИТТЄДІЯЛЬНІСТЮ ЛЮДИНИ

У статті проаналізовано ситуацію з пожежами та вибухами на об'єктах, пов'язаних із життєдіяльністю людини. Виявлено найбільш критичні причини, які знижують загальний рівень вибухопожежобезпеки об'єкта при взаємній експлуатації систем електропостачання та газопостачання. Виконано критичний аналіз існуючих розробок, на основі якого сформовані вимоги до системи запобігання вибухам та пожежам на об'єктах. Запропоновано спосіб та схему реалізації такої системи із описом алгоритмів функціонування та застосованих засобів підвищеної безпеки, викладених у запатентованих технічних рішеннях.

Ключові слова: електропостачання, газопостачання, вибух, пожежа, давач газу, джерело запалювання, витік, електричне іскріння, контакт.

В статье проанализирована ситуация с пожарами и взрывами на объектах связанных с жизнедеятельностью человека. Выявлены наиболее критичные причины, которые снижают общий уровень взрывопожаробезопасности объекта при взаимной эксплуатации системы электроснабжения и газоснабжения. Выполнен критический анализ существующих разработок, на основе которого сформированы требования к системе предупреждения взрывов и пожаров на объектах. Предложен способ и схема реализации системы с описанием алгоритмов функционирования и примененных средств повышенной безопасности, изложенных в запатентованных технических решениях.

Ключевые слова: электроснабжение, газоснабжение, взрыв, пожар, датчик газа, источник зажигания, утечка, электрическое искрение, контакт.

The article analyzes the situation with fires and explosions in the objects associated with human activity. Identified the most critical factors that reduce the overall level of explosion and fire at the object of mutual exploitation of electricity and gas. Made a critical analysis of existing developments which are formed on the basis of system requirements prevent explosions and fires in objects. Provides a method and scheme of the system with the description of the algorithm operation and the means employed enhanced safety set out in the patented technical solutions.

Keywords: electricity, gas, explosion, fire, gas sensor, ignition source, drain, electrical arcing, contact.

Аналіз сучасного стану проблеми. Щорічно збільшується кількість об'єктів, пов'язаних із життєдіяльністю людини, котрі мають систему електропостачання і систему газопостачання [1].

Зважаючи на те, що обидві системи енергопостачання поодиноці мають високу надійність та передбачуваність у промисловій експлуатації, кількість пожеж (рис. 1) та вибухів побутового газу (рис. 2) залишається на вельми несприятливому рівні саме в об'єктах, пов'язаних із життєдіяльністю людини [2], де роль людського фактора у виникненні НС найвища. Особливо це важливо при взаємному впливі систем енергопостачання одна на одну при збігу в часі виникнення в них аварійних режимів. Отже,

такі електричні джерела запалювання у електропроводці, як короткі замикання, перевантаження, електричне іскріння, перенапруги, витоки струму та інші, які важко ідентифікувати на практиці, можуть ставати причиною не тільки пожеж, а і вибухів побутового газу при його витоках в об'єктах, пов'язаних із життєдіяльністю людини.

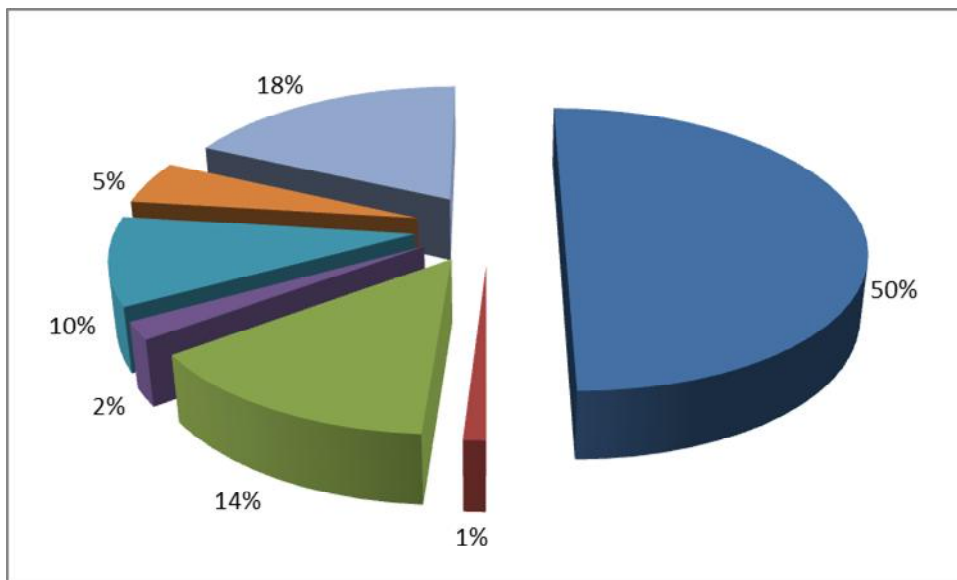


Рисунок 1. Розподіл кількості пожеж за об'єктами у 2012 році: 50 % – споруди житлового сектора; 18 % – споруди нежитлового сектора; 14 % – транспортні засоби; 10 % – трава; 5 % – сміття; 2 % – ліс; 1 % – поза будівлями

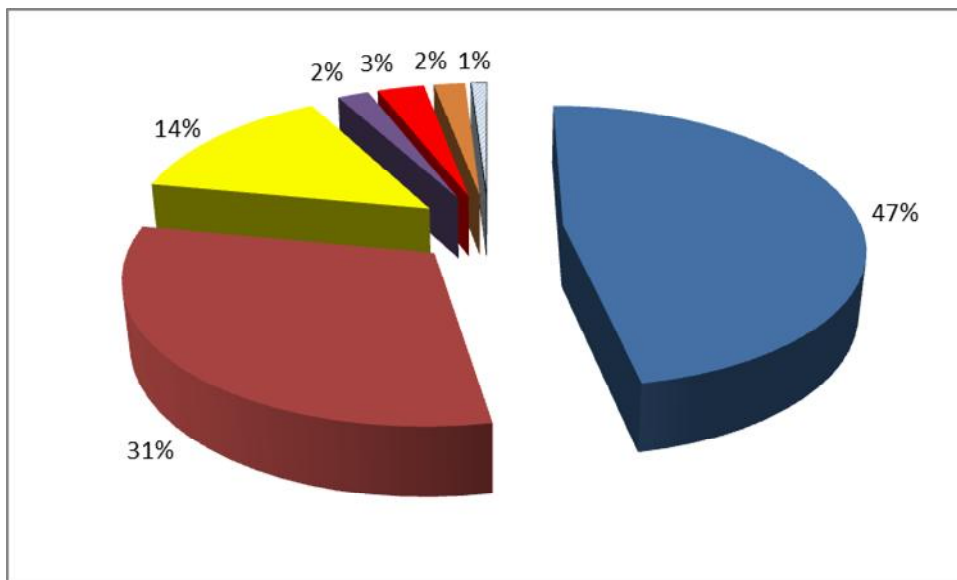


Рисунок 2. Розподіл кількості вибухів газу за об'єктами у 2012 році: 47 % – споруди житлового сектора; 31 % – житлові будинки; 14 % – транспортні засоби; 3 % – споруди виробничого призначення; 2 % – торговельні та складські будівлі; 2 % – інші об'єкти; 1 % – соціальні, адміністративні та громадські будівлі

Аналіз останніх досягнень та публікацій. Аналіз публікацій з цього питання виявив ряд цікавих наукових робіт. У роботах [3, 4] наведено принцип побудови системи підключення газових приладів у приміщенні та способу формування охоронного простору загазованого підвального приміщення. За допомогою способів та засобів запропонованих у вищенаведених працях можна уникнути випадків загазування приміщення до вибухонебезпечної концентрації, що становить 5-15 %. Але в той же час ці розробки є вузько спрямованими, бо їх основна взаємодія відбувається з елементами запірної газової арматури, також вони мають ряд істотних недоліків, які обмежують їх застосування в об'єктах, пов'язаних із життєдіяльністю людини:

1. Не можна гарантувати, що при досягненні вибухонебезпечної концентрації природного газу в об'єкті, пов'язаному із життєдіяльністю людини, не виникне електричне джерело запалювання у його електропроводці.

2. Навіть при нормальних режимах роботи електропроводки небезпечними є моменти підключення та відключення освітлювального навантаження, бо супроводжуються комутаційним іскрінням у вимикачах.

3. Немає можливості автоматичного знеструмлення електропроводки, яка перебуває у зоні вибухонебезпечної концентрації природного газу, з використанням іскробезпечного комутаційного обладнання (необхідно робити до прибуття аварійно-ремонтних служб).

Постановка задачі. Вищевикладене дає змогу підтвердити необхідність вдосконалення способів та засобів запобігання виникненню вибухопожежонебезпечних ситуацій в об'єктах, які мають одночасно газопостачання та електропостачання. Пропонована система повинна забезпечувати:

- знеструмлення аварійної електропроводки, яка знаходиться у зоні можливої вибухонебезпечної концентрації природного газу, шляхом реалізації іскробезпечних комутацій, які відповідають рівню іскробезпеки згідно з [5];

- виключення можливості ураження людини електричним струмом при випадковому дотиканні до оперативних кіл управління та комутації запропонованої системи у разі її перебування у пошкодженому стані;

- мінімальну довжину додаткових як силових, так і оперативних кіл, щоб сприяти впровадженню та зниженню собівартості всієї запропонованої системи;

- автоматичний виклик аварійної газової та пожежної служб.

Розв'язання задачі. Об'єкт, пов'язаний із життєдіяльністю людини, який має газопостачання та електропостачання може бути розглянутий на прикладі квартирної або офісного приміщення, схематичне зображення якого подане на рис. 3. Також на рис. 3

наведено один з можливих варіантів реалізації системи запобігання вибухопожежонебезпечним ситуаціям в об'єктах, пов'язаних із життєдіяльністю людини, яка складається з: 1 – давачів витоку газу із можливістю передачі сигналу по радіоканалу; 2 – іскробезпечних комутаційних пристроїв із можливістю прийому сигналу по радіоканалу; 3 – низьковольтного комплектного пристрою; 4 – електромонтажних коробок; 5 – приладів освітлення; 6 – розеток; 7 – вимикачів освітлення; 8-12 – приміщень із наявністю газопостачання та електропостачання; 13 – системи електропроводки; 14 – системи газопостачання.

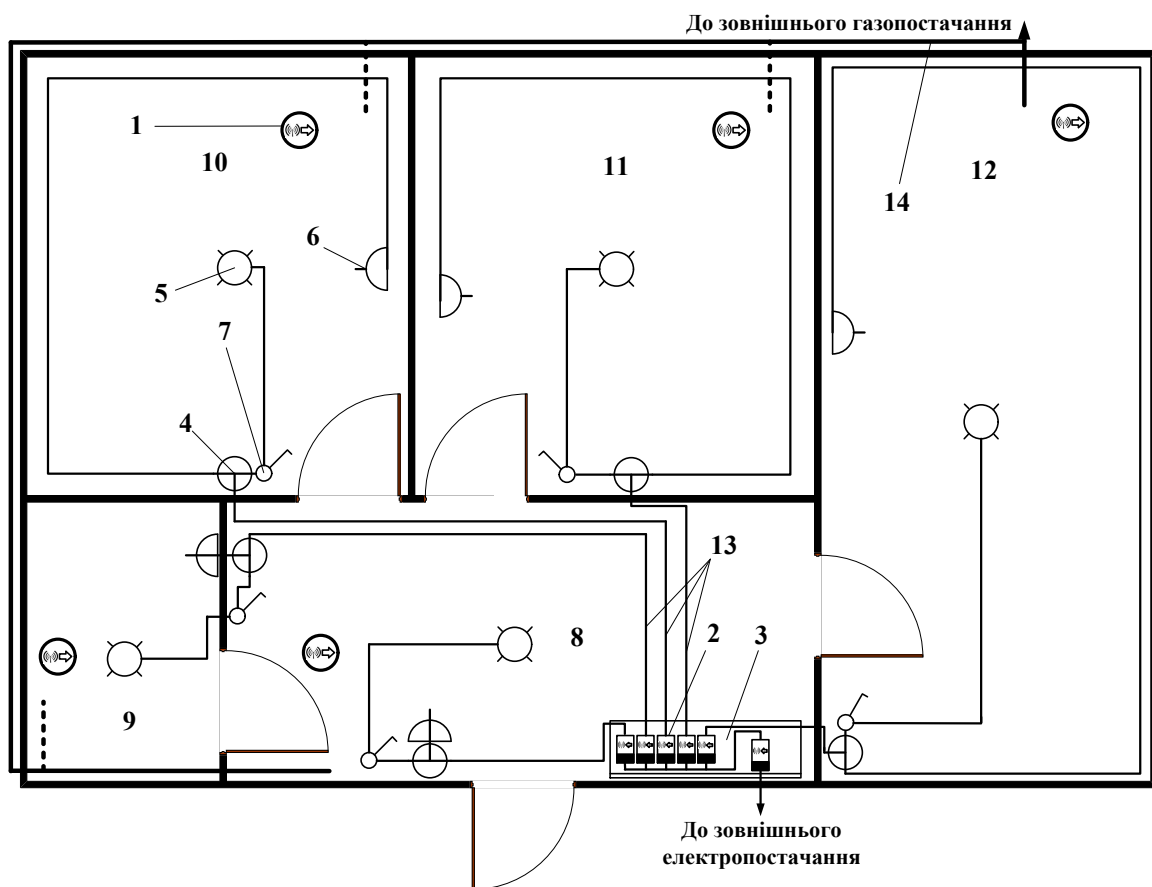


Рисунок 3. Приклад реалізації системи запобігання вибухопожежонебезпечним ситуаціям в об'єктах, пов'язаних із життєдіяльністю людини

Система запобігання виникненню вибухопожежонебезпечних ситуацій працює таким чином. У кожному приміщенні поблизу газових пристроїв розташовується давач витоку побутового газу 1 із можливістю передачі сигналу по радіоканалу, крім того, кожне приміщення має власну ділянку електропроводки, яка складається з електромонтажних коробок 4 (застосовано електромонтажну коробку для побутових електромереж [6], яка містить схему моніторингу стану клемних блоків), приладів освітлення 5, електричних розеток 6 (застосовано електричну розетку [7], яка містить схему моніторингу стану

контактів та захист від перевантажень, коротких замикань і електричних іскрінь), вимикачів освітлення 7 (застосовано комутаційний пристрій [8], який реалізує іскробезпечні комутації та містить схему дистанційного керування) та силових проводів, які показані лініями 13. Всі ділянки електропроводки з'єднуються в єдину систему внутрішнього електропостачання за допомогою іскробезпечних комутаційних пристроїв 2 [8], які мають можливість прийому сигналу по радіоканалу та розташовані у низьковольтному комплектному пристрої 3 (застосовано низьковольтний комплектний пристрій [9], який містить автоматичну систему видалення пожежонебезпечної пилу).

Давачі витoku побутового газу 1 визначають рівень загазованості кожного приміщення 8-12, мінімальна площа якого розраховується за формулою [4] за таким критерієм:

$$F_{\text{MIN}} = K \cdot q \cdot \tau, \quad (1)$$

де q – значення витoku побутового газу у приміщенні із наявністю газопостачання та електропостачання, $\text{м}^3/\text{год}$; τ – час, необхідний для ліквідації аварійної ситуації, хв; K – коефіцієнт, який знаходиться у діапазоні 0,1-0,3 год/м³хв.

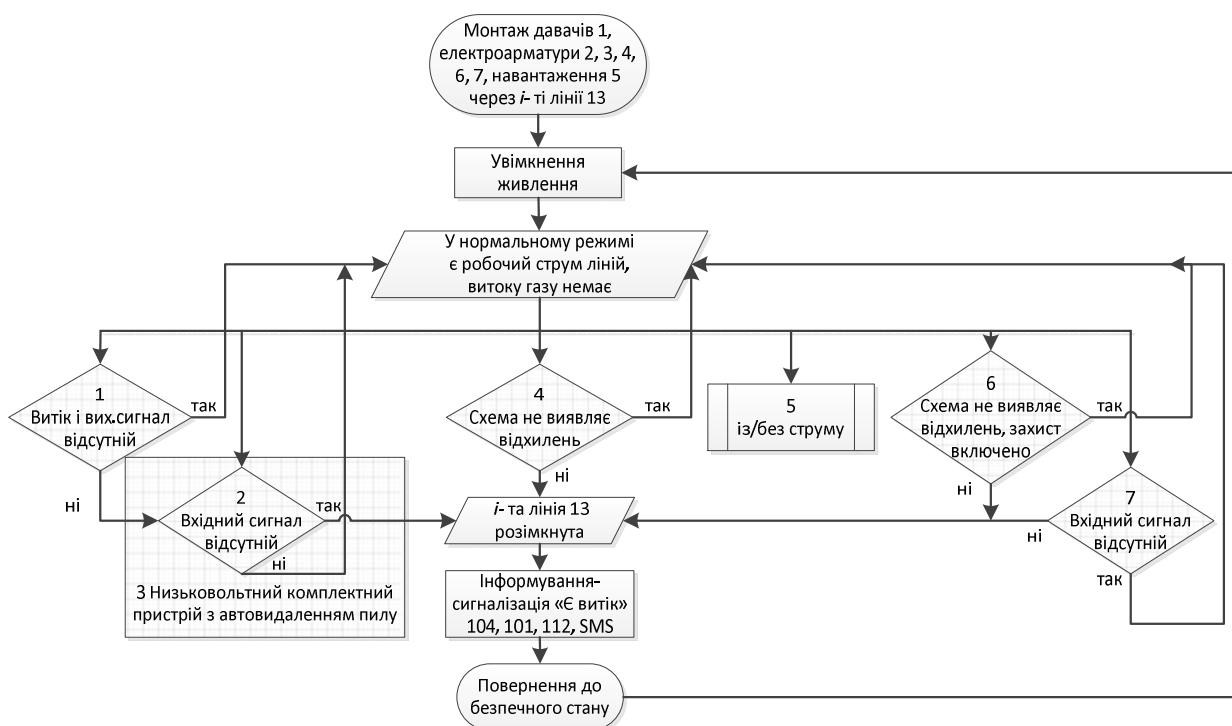


Рисунок 4. Блок-схема роботи системи запобігання виникненню вибухопожежонебезпечних ситуацій

Алгоритм роботи запропонованої системи запобігання виникненню вибухопожежонебезпечних ситуацій відображено на рис. 4. При виникненні аварійної ситуації у певний момент часу з врахуванням критерію (1) відбудеться досягнення небезпечної концентрації природного газу в одному з приміщень 8-12, тоді давач витоку природного газу 1, розташований у ньому, дасть команду по радіоканалу на відключення частини електропроводки відповідному іскробезпечному комутаційному пристрою 2, розташованому у низьковольтному комплектному пристрої 3. Дане відключення електропроводки дозволить уникнути можливого збігу у просторі та часі таких двох взаємно небезпечних подій: відбувся витік природного газу, який досяг вибухонебезпечної концентрації; в електропроводці з'явилося одне із електричних джерел запалювання, крім того електричним джерелом запалювання може виступити комутаційне іскріння у вимикачах освітлення 7. Також відключення ділянки електропроводки, яка розташована тільки у місці витоку природного газу, дозволяє залишити напругу в інших приміщеннях, що є актуальним з точки зору надійності та безперебійності електропостачання – це призведе до збереження технологічного процесу, який може відбуватися в інших приміщеннях 8-12.

Розглянемо приклад реалізації дій запропонованої системи. Наприклад, відбулася загазованість приміщення 10, при досягненні в ньому вибухонебезпечної концентрації природного газу у повітрі, понад 5 %. Давач витоку природного газу 1 по радіоканалу дасть сигнал іскробезпечному комутаційному пристрою 2, який розташовано у низьковольтному комплектному пристрої 3, це приведе до знеструмлення ділянки електропроводки, яку розташовано у цьому приміщенні. Після того, як аварійна газова та пожежна служби прибудуть на місце і усунуть причини витоку природного газу чи можливого займання у приміщенні 10, можна буде продовжити експлуатувати відключену ділянку електропроводки шляхом включення іскробезпечного комутаційного пристрою 2.

Висновок. Запропонована система запобігання вибухопожежонебезпечним ситуаціям в об'єктах, пов'язаних із життєдіяльністю людини, дає змогу підвищити їх безпеку до нормованого рівня, згідно з [5], шляхом зниження ймовірності виникнення вибухопожежонебезпечного середовища та появи джерела запалювання. Крім того, виключається вплив людського фактора в житловому секторі через застосування запатентованих технічних рішень. Також важливим є залучення працівників аварійної газової та пожежної служб, які прибудуть за сигналом тривоги, та зможуть включити освітлення у приміщенні з небезпечним рівнем побутового газу лише після усунення аварійного витоку, що дасть змогу уникнути появи можливих електричних джерел запалювання у вигляді комутаційного іскріння у вимикачах освітлення та іншому електрообладнанні.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. СНиП 42-01-2002. Газораспределительные системы. – М.: Госстрой России, 2003 г. – 35 с.
2. Bruschlinsky N.N., Ahrens M., Sokolov S.V., Wagner P. World fire statistics. – Report № 19 Center of fire statistics of CTIF, 2014. – 59 p.
3. Лехтман І.І. Прогнозування та попередження вибухів метаноповітряної суміші в газифікованих приміщеннях: Автореф. дис. канд. техн. наук. – Донецьк, 2012. – 21 с.
4. Патент на Изобретение № 2059292 Россия, МПК 6, G08B 17/10. Способ формирования охранного пространства загазованного подвального помещения / Фастов Л.М., Закгейм А.Л.; владелец Государственный научно-исследовательский и проектный институт «ГипроНИИГаз». – № 5060938/09; заявл. 16.06.1992; опубл. 27.04.1996.
5. ГОСТ 12.1.004-91. Пожарная безопасность. Общитребования. – М.: Изд-во стандартов, 2001 г. – 120 с.
6. Патент на Корисну модель № 72224 Україна, МПК(2012.01) H01R 9/00. Електромотажна коробка для побутових електромереж / Сольона О.Я., Ковальов О.П., Гудим В.І., Демченко Г.В., Бершадський І.А.; власник ДВНЗ «Донецький національний технічний університет». – № u201201272; заявл. 07.02.12; опубл. 10.08.12, Бюл. № 15.
7. Патент на Корисну модель № 71854 Україна, МПК(2012.01) H01R 9/00. Електрична розетка / Сольона О.Я., Ковальов О.П., Гудим В.І., Демченко Г.В., Нагорний М.О.; власник ДВНЗ «Донецький національний технічний університет». – № u201201257; заявл. 07.02.12; опубл. 25.07.12, Бюл. № 14.
8. Патент на Корисну модель № 78278 Україна, МПК(2006.01) H01H 9/16. Комутаційний пристрій / Брюханов О.М. Сольона О.Я., Кудінов Ю.В., Ковальов О.П., Демченко Г.В., Кузнецов П.А.; власник Державний Макіївський науково-дослідний інститут з безпеки робіт у гірничій промисловості. – № u201211382; заявл. 02.10.12; опубл. 11.03.13, Бюл. № 5.
9. Патент на Корисну модель № 88268 Україна, МПК (2014.01) H02G 7/00 Низьковольтний комплектний пристрій / Сольона О.Я., Ковальов О.П., Демченко Г.В., Кузнецов П.А., Рябошапка А.О.; власник ДВНЗ «Донецький національний технічний університет». – № u201311029; заявл. 16.09.13; опубл. 11.03.14, Бюл. № 5.

References

1. Building norms and rules 42-01-2002. *Gas-circulating systems*. Moscow, 2003. 35 p. (In Russian).

2. Bruschlinsky N.N., Ahrens M., Sokolov S.V. & Wagner P. *World fire statistics*. – Report № 19 Center of fire statistics of CTIF, 2014. – 59 p.

3. Lehtman I.I. *Prognozuvannja ta poperedzhennja vybuhiv metanopovitrjanoi' sumishi v gazyfikovanyh prymishhennjah*. Kand, Diss. [Forecasting and the forestalling of detonatings of a methane aerial mixture in the installed gas premises. Cand. Diss.]. Donetsk, 2012. 21 p.

4. Fastov L.M. & Zakgejm A.L. *Cposob formyrovanyja ohrannogo prostranstva zagazovannogo podval'nogo pomeshhenja* [The process for the formation of a contaminated space security basement]. Patent for invention RU, no. 2059292, 1996.

5. State Standard 12.1.004-91. Fire safety. General requirements . Moscow, Standartinform Publ., 1991. 60 p. (In Russian).

6. Solyona O.Ja., Kovalyov O.P., Gudym V.I., Demchenko G.V. & Bershads'kyj I.A. *Elektromontazhna korobka dlja pobutovyh elektromerezh* [Electroassembly box for household networks]. Patent for beneficial model UA, no. 72224, 2012.

7. Solyona O.Ja., Kovalyov O.P., Gudym V.I., Demchenko G.V. & Nagornyj M.O. *Elektrychna rozetka* [The electric socket]. Patent for beneficial model UA, no. 71854, 2012.

8. Brjuhanov O.M., Solyona O.Ja., Kudinov Ju.V., Kovalyov O.P., Demchenko G.V. & Kuznecov P.A. *Komutacijnyj prystrij* [Switching device]. Patent for beneficial model UA, no. 78278, 2012.

9. Solyona O.Ja., Kovalyov O.P., Demchenko G.V., Kuznecov P.A. & Rjaboshapko A.O. *Nyz'kovol'tnyj komplektnyj prystrij* [Low-voltage devices]. Patent for beneficial model UA, no. 88268, 2014.