

СПОСОБЫ ОЦЕНКИ И СРЕДСТВА ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ЗАГАЗИРОВАНИЯ КВАРТИР ИЗ-ЗА АВАРИЙ НА ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ПУНКТАХ

На сегодняшний день одной из основных задач в Украине является обеспечение взрывобезопасности газифицированных помещений, в том числе жилых квартир. Государственной программой обеспечения пожарной безопасности, утвержденной распоряжением Кабинета Министров от 15.11.2007 г. № 871-р «О повышении уровня безопасности газоснабжения населения», предусмотрено проведение исследований в области разработки методов прогнозирования вероятности возникновения взрывов и пожаров в жилых и промышленных помещениях, эффективных способов их предупреждения, а также ликвидации их последствий.

В предыдущих публикациях были разработаны средства обеспечения взрывобезопасности: электромагнитный клапан-отсекатель и газовая защита.

В данной статье вычислена эффективность и доказана целесообразность использования данных технических решений, позволяющих уменьшить вероятность загазирования квартир: научно обоснованы параметры надежности предлагаемого электромагнитного клапана-отсекателя и газовой защиты, при которых обеспечивается взрывобезопасность газифицированных помещений.

Также выявлено влияние надежности оборудования газораспределительного пункта на безопасность газифицированных помещений.

Ключевые слова: надежность, оборудование ГРП, клапан-отсекатель, газифицированное помещение.

Постановка проблемы. На сегодняшний день одной из основных задач в Украине является обеспечение взрывобезопасности газифицированных помещений, в том числе жилых квартир. Государственной программой обеспечения пожарной безопасности, утвержденной распоряжением Кабинета Министров от 15.11.2007 г. № 871-р «О повышении уровня безопасности газоснабжения населения», предусмотрено проведение исследований в области разработки методов прогнозирования вероятности возникновения взрывов и пожаров в жилых и промышленных помещениях, эффективных способов их предупреждения, а также ликвидации их последствий.

Анализ ситуации. Анализ статистических данных о произошедших в газовом хозяйстве Украины авариях за период с 1999 по 2011 годы показал, что до 2% наиболее крупных аварий с человеческими жертвами от общего их количества происходят в результате аварийного повышения давления после газораспределительного пункта (ГРП), т.е. при аварийном переходе газа, который эксплуатируется под средним давлением (0,005 – 0,3 МПа) в трубопровод низкого давления (до 5 кПа) [1]. Такой переход (авария) может произойти при совпадении в пространстве и времени следующих трех событий: отказ в системе регулятора давления (не обеспечивается снижение выходного давления); отказ в срабатывании сбросного клапана; отказ в срабатывании предохранительно-запорного клапана.

В результате такой аварии на ГРП происходит отрыв пламени от горелки газовой плиты, расположенной в кухне квартиры, вследствие чего пламя гаснет и газ продолжает поступать в квартиру [2].

При концентрации метана в воздухе 5-15% по объему, образуется гремучая смесь, способная взрываться при случайном появлении в этот момент времени экзогенного источника [3].

Цель. Научно обосновать параметры надежности предлагаемого электромагнитного клапана-отсекателя и газовой защиты, при которых обеспечивается взрывобезопасность газифицированных помещений.

Постановка задачи. Необходимо выявить влияние надежности оборудования газораспределительного пункта на безопасность газифицированных помещений.

Уменьшить вероятность загазирования квартир можно за счет следующих мероприятий:

а) выбора оптимальных, с точки зрения обеспечения надежности, сроков диагностики (проверки) работы разгрузочного клапана и клапана-отсекателя;

б) установки дополнительного клапана-отсекателя на вводном в квартиру газопроводе.

Частоту загазований квартиры при переходе газа из трубопровода среднего давления в трубопровод низкого в результате аварий на ГРП, можно определить, используя формулу:

$$H_1 = 0,25 \cdot \lambda_1 \cdot \omega_1^2 \cdot \theta_1^2 \cdot \omega_2^2 \cdot \theta_2^2, \quad (1)$$

где λ_1 – параметр потока отказов регулятора давления (РД) (газ на выходе РД не регулируется); ω_1 – параметр потока отказов в срабатывании предохранительно-сбросного клапана (ПСК); θ_1 – интервал времени между диагностическими проверками системы отключения ПСК; ω_2 – параметр потока отказов в срабатывании предохранительно-запорного клапана (ПЗК); θ_2 – интервал времени между диагностическими проверками ПЗК.

В том случае, если $\theta_1 = \theta_2 = \theta$, тогда формула (1) примет вид:

$$H_1 = 0,25 \cdot \lambda_1 \cdot \omega_1^2 \cdot \omega_2^2 \cdot \theta^4. \quad (2)$$

Формулы (1) и (2) справедливы при выполнении следующего условия [4]: $\lambda_i \cdot \theta_i < 0,1$.

Интервалы времени между отказами в системе РД, ПСК и ПЗК не противоречат экспоненциальным функциям распределения по критерию согласия Бартлетта [5] с параметрами λ_1 , ω_1 , ω_2 – соответственно.

При выводе формул (1) и (2) приняты следующие допущения:

– системы отключения ПСК и ПЗК могут выходить из строя только тогда, когда они находятся в режиме ожидания;

– если к моменту возникновения повреждения в системе РД: давление на выходе регулятора превышает нормируемое, ПСК и ПЗК находились в работоспособном состоянии, то вероятность выхода из строя этих клапанов в данный момент времени есть величина маловероятная.

Под **отказом в срабатывании ПСК** будем понимать такое событие, когда давление газа на выходе РД превысит номинальное более чем на 15%. При этом разгрузка трубопровода (выброс излишнего газа в атмосферу) осуществляться не будет, т.е. ПСК, предназначенный для сброса излишнего газа в атмосферу, не откроется.

Под **отказом в срабатывании ПЗК** будем понимать такое событие, когда давление газа на выходе РД составит на 25% выше номинального, а ПЗК не осуществляет перекрытие подачи газа потребителю.

Отказы в системе отключения ПСК и ПЗК выявляются и устраняются только в результате абсолютно надежных диагностических проверок с интервалами времени θ_1 и θ_2 соответственно.

Вероятность загазирования квартиры в течение времени t из-за аварий на ГРП можно оценить по формуле:

$$Q(t) = 1 - e^{-H \cdot t}, \quad (3)$$

где H – находим с помощью формулы (1) или (2).

В том случае, когда необходимо определить, во сколько раз K уменьшится параметр потока загазирования квартиры при установке на вводной в квартиру трубопровод клапана-отсекателя с параметрами: ω_3 и θ_3 , который будет перекрывать трубопровод при повышении давления в нем на 25% от номинального его значения, можно с помощью формулы:

$$K = \frac{2}{\omega_3^2 \cdot \theta_3^2}, \quad (4)$$

Пример. При наблюдении по плану [НМТ] за состоянием оборудования ГРП в течение $T=20$ лет с 1990 по 2010 было выявлено $n_1=16$ случаев повреждений в системе регулирования давлением, $n_2=12$ случаев повреждений в системе ПСК, которая реагирует на сброс давления в трубопроводе при аварийном его повышении, $n_3=16$ случаев повреждений в системе ПЗК, которая реагирует на изменение давления газа в трубопроводе после системы ПСК, если оно выше нормируемой величины. Повреждения клапанов выявлялись и устранялись в результате профилактических проверок, которые производились с интервалом времени $\theta = \theta_1 = \theta_2 = 0,162$ год.

Было установлено, что временные промежутки между отказами регулятора давления, сбросного клапана, предохранительно-запорного клапана, а также интервалы времени их восстановления после отказов не противоречат экспоненциальным функциям распределения вероятностей по критерию согласия Бартлетта [3].

Определить:

- частоту загазирования газифицированной квартиры;
- вероятность загазирования квартиры в течение года;

в) выявить, во сколько раз уменьшится вероятность загазирования квартиры в том случае, если на вводной в квартиру газопровод установить клапан-отсекатель, у которого параметр потока отказов равен $\omega_4 = 0,1 \text{ год}^{-1}$ и контроль его работоспособности осуществляется один раз в год: $\theta_4 = 1 \text{ год}$.

Решение. Ввиду того, что интервалы времени между отказами для регулятора давления, предохранительно-сбросного клапана и предохранительно-запорного клапана не противоречат экспоненциальной функции распределения вероятностей, параметры потока отказов для них можно определить следующим образом:

$$\omega_1 = \frac{n_1}{N_1 \cdot T}; \quad \omega_2 = \frac{n_2}{N_2 \cdot T}; \quad \omega_3 = \frac{n_3}{N_3 \cdot T},$$

где $N_1 = 1$ – регулятор давления; $N_2 = 1$ – сбросной клапан; $N_3 = 1$ – предохранительно-запорный клапан.

Используя исходные данные примера, имеем:

$$\omega_1 = \frac{16}{1 \cdot 20} = 0,8 \text{ год}^{-1}; \quad \omega_2 = \frac{12}{1 \cdot 20} = 0,6 \text{ год}^{-1}; \quad \omega_3 = \frac{14}{1 \cdot 20} = 0,7 \text{ год}^{-1}.$$

Используя формулу (2), находим параметр потока загазирования квартиры:

$$H_1 = 0,25 \cdot 0,8 \cdot 0,6^2 \cdot 0,7^2 \cdot 0,162^4 = 2,43 \cdot 10^{-5} \text{ год}^{-1}.$$

Используя (3), находим: $Q(1) = 2,43 \cdot 10^{-5}$.

Таким образом, если установить на вводной в квартиру газопровод предлагаемый нами [6,7] клапан-отсекатель с параметром потока отказов $\omega_4 = 0,1 \text{ год}^{-1}$ и контролировать его работоспособность будем один раз в год, т.е. $\theta_4 = 1 \text{ год}$, тогда частота загазирования квартиры уменьшится в K раз. Используя формулу (4), находим:

$$K = \frac{2}{0,1^2 \cdot 1^2} = 200 \text{ раз}.$$

Из вышесказанного следует, что использование клапана-отсекателя на вводном в квартиру газопроводе позволит уменьшить вероятность загазирования квартиры в течение года до величины:

$$Q_1(1) = \frac{1}{K} \cdot Q(1) = \frac{1}{200} \cdot 2,43 \cdot 10^{-5} = 1,21 \cdot 10^{-7} \text{ год}^{-1}.$$

Выводы.

Вычислена эффективность и доказана целесообразность использования технических решений, позволяющих уменьшить вероятность загазирования квартир: научно обоснованы параметры надежности предлагаемого электромагнитного клапана-отсекателя и газовой защиты, при которых обеспечивается взрывобезопасность газифицированных помещений.

Список литературы

1. Ковалев А.П. Об оценке взрывобезопасности квартир, эксплуатирующих бытовой газ / А.П. Ковалев, И.И. Лехтман, В.П. Вьюнов // Збірник наукових праць ДВНЗ «Донецький національний технічний університет». Серія «Електротехніка і енергетика». – 2009. – №9(158). – С. 127-134.
2. Белоусенко И.В. Влияние надёжности оборудования газораспределительных пунктов на взрывобезопасность газифицированных объектов / И.В. Белоусенко, А.П. Ковалев, И.И. Лехтман // Промышленная энергетика. – Москва, 2011. – №11. – С. 48-54.
3. НПА ОП 0.00-1.20-98. Правила безопасности систем газоснабжения Украины – Киев: Изд-во стандартов, 1998. – 73 с.
4. Ковалев А.П. О живучести объектов энергетики./ А.П. Ковалев, В.В. Якимишина // Промышленная энергетика. – Москва, 2006. – №1. – С. 20-26.
5. Патент на винахід 98893 Україна, МПК(2006.01), F16K 17/04. Пристрій захисту для забезпечення вибухобезпеки приміщень, які експлуатують побутовий газ / І.І. Лехтман, О.П. Ковальов, М.М. Очкур, І.В. Білоусенко. – № а 201105092; под. 21.04.2011; опубл. 25.06.2012, Бюл. №12.
6. Патент на корисну модель 68876 Україна, МПК(2011.11), F16K 17/04. Пристрій захисту для забезпечення вибухобезпеки приміщень, які експлуатують побутовий газ / І.І. Лехтман, О.П. Ковальов, М.М. Очкур, Є.О. Снегіна. – № у 201112646; под. 28.10.2011; опубл. 10.04.2012, Бюл. №7.

**СПОСОБИ ОЦІНКИ ТА ЗАСОБИ ПОПЕРЕДЖЕННЯ ЗАГАЗУВАННЯ КВАРТИР ЧЕРЕЗ
АВАРІЇ НА ГАЗОРОЗПОДІЛЬНИХ ПУНКТАХ**

На сьогоднішній день одним з основних завдань в Україні є забезпечення вибухобезпеки газифікованих приміщень, у тому числі житлових квартир.

У зв'язку з цим державною програмою забезпечення пожежної безпеки, затвердженою розпорядженням Кабінету Міністрів від 15.11.2007 р. № 871-р «Про підвищення рівня безпеки газопостачання населення», передбачено проведення досліджень у галузі розробки методів прогнозування імовірності виникнення вибухів і пожеж у житлових та промислових приміщеннях, ефективних способів їх попередження, а також ліквідації наслідків.

У попередніх публікаціях були розроблені засоби забезпечення вибухобезпеки: електромагнітний клапан-відсікач і газовий захист.

У даній статті обчислена ефективність і доведена доцільність використання даних технічних рішень, що дозволяють зменшити ймовірність загазування квартир: науково обґрунтовані параметри надійності пропонованого електромагнітного клапана-відсікача і газового захисту, при використанні яких забезпечується вибухобезпека газифікованих приміщень.

Також виявлено вплив надійності устаткування газорозподільного пункту на безпеку газифікованих приміщень.

Ключові слова: надійність, обладнання ГРП, клапан-відсікач, газифіковане приміщення.

I.I. Lektman

State Higher Educational Institution "Donetsk National Technical University"

**THE METHOD OF EVALUATING AND WARNING CONTAMINATION APARTMENTS FROM
ACCIDENTS ON DISTRIBUTION STATIONS**

Today one of the main problems in Ukraine is to ensure explosion of gasified premises, including residential apartments. The state program of fire safety, approved by the Cabinet of Ministers of 15.11.2007 № 871-r "On Raising the Level of Security of Gas Supply of the Population", provides research in developing methods for predicting the likelihood of explosions and fires in residential and industrial areas, efficient ways of prevention and mitigation.

The means of explosion such as the electromagnetic safety valve and gas protection were developed in the previous publications.

This article evaluated the efficacy and proved the feasibility of using these technical solutions to reduce the likelihood of apartment gas contamination: The reliability parameters of the proposed electromagnetic slam shut valve and gas protection which provide explosion gasified areas were scientifically based.

The influence of the reliability of the equipment of distribution stations for safety gasified areas also revealed.

Keywords: reliability, equipment, hydraulic fracturing, safety valve, installed gas space.

1 . Kovalev A.P. Ob otsenke vzryvobezopasnosti kvartir , ekspluatiruyushih bytovoy gaz / A.P. Kovalev , I.I. Lekhtman , V.P. V'yunovu / / Sbornik nauchnykh trudov GVUZ «Donetskiy natsional'nyy tekhnicheskii universitet». Seriya «Elektrotehnika i energetika» . - 2009 . - № 9 (158) . - S. 127-134 .

2 . Belousenko I.V. Vliyaniye nadezhnosti oborudovaniya gazoraspredeletel'nykh punktov na vzryvobezopasnost' gazifitsirovannykh ob'yektov / I.V. Belousenko , A.P. Kovalev , I.I. Lekhtman / / Promyshlennaya energetika . - Moskva , 2011 . - № 11 . - S. 48-54 .

3 . NPAOP 0.00-1.20-98 . Pravila bezopasnosti sistem gazosnabzheniya Ukrainy - Kiyev : Izd - vo standartov , 1998 . - 73 s .

4 . Kovalev A.P. O zhivuchesti ob'yektov energetiki . / A.P. Kovalev , V.V. Yakimishina // Promyshlennaya energetika . - Moskva , 2006 . - № 1 . - S. 20-26.

5 . Patent na izobreteniyе 98893 Ukraina , MPK (2006.01) , F16K 17/ 04. Ustroystvo zashchity dlya obespecheniya vzryvobezopasnosti pomeshcheniy , ekspluatiruyushchikh bytovoy gaz / I.I. Lekhtman , A.P. Kovalev , M.M. Ochkur , I.V. Belousenko . - № a 201105092 ; pod . 21.04.2011 ; opubl . 25.06.2012 , Byul. № 12 .

6 . Patent na poleznuyu model' 68876Ukraina , MPK (2011.11) , F16K 17/ 04. Ustroystvo zashchity dlya obespecheniya vzryvobezopasnosti pomeshcheniy , ekspluatiruyushchikh bytovoy gaz / I.I. Lekhtman , A.P. Kovalev , M.M. Ochkur , Ye.A. Snegina . - № u 201112646 ; pod . 28.10.2011 ; opubl . 10.04.2012 , Byul. № 7 .

Надійшла 05.02.2013

Received 05.02.2013