

УДК 696.2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕНИ СРАБАТЫВАНИЯ КЛАПАНА- ОТСЕКТЕЛЯ СИСТЕМЫ ВЗРЫВО- БЕЗОПАСНОСТИ ГАЗИФИЦИРОВАННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

И. И. Москвина

Кандидат технических наук, доцент
Кафедра электромеханики и ТОЭ
Донецкий национальный
технический университет
пр. 25-летия РККА, 1, г. Донецк,
Украина, 83001
E-mail: iriwka-gt@inbox.ru

Представлені результати експериментальних випробувань пружин клапана - відсікача КОГ - 1, який діє від сигналу, що подається газовим захистом на електромагніт відключення при стрибкоподібному підвищенні тиску, а також при появі небезпечної концентрації метаноповітряної суміші (МПС). Отримані значення дадуть змогу розрахувати оптимальні інтервали часу спрацьовування даного клапана, що забезпечить вибухозахист газифікованого приміщення і безпеку людей, які знаходяться в ньому

Ключові слова: клапан - відсікач, метаноповітряна суміш, газовий захист, експериментальна та аналітична функції розподілу

Представлены результаты экспериментальных испытаний пружин клапана-отсекателя КОГ-1, который срабатывает от сигнала, подаваемого газовой защитой на электромагнит отключения при скачкообразном повышении давления, а также при появлении опасной концентрации метановоздушной смеси (МВС). Полученные значения позволяют рассчитать оптимальные интервалы времени срабатывания данного клапана, что обеспечит взрывозащиту газифицированного помещения и безопасность находящихся в нем людей

Ключевые слова: клапан-отсекатель, метановоздушная смесь, газовая защита, экспериментальная и аналитическая функции распределения

1. Введение

Основными причинами возникновения аварийных ситуаций в газифицированных помещениях являются нарушение правил техники безопасности и неисправность оборудования на газораспределительном пункте (ГРП). Если на ГРП не осуществляется снижение давления, то может произойти переход газа среднего давления (от 0,005 до 0,3 МПа) в трубопровод, где газ эксплуатируется под давлением до 5 кПа. А это, в свою очередь, может способствовать отрыву пламени от горелок газовых плит, что приводит к загазированию помещения до взрывоопасной концентрации (5-15 % метана в воздухе) и при наличии источника зажигания сопровождается взрывом [1]. Ситуацию осложняет техническая отсталость и несоответствие газового оборудования современным требованиям и нормативным документам. В настоящее время, в связи с участившимися случаями взрывов бытового газа, в новых строящихся квартирах нормативные документы предусматривают установку газовых защит с действием на сигнал. Частные предприятия проектируют клапаны-отсекатели, которые работают совместно с газовой защитой и, по согласо-

ванию с газовыми службами, могут быть установлены в квартирах [2].

2. Анализ литературных данных и постановка проблемы

Одним из элементов системы обеспечения взрывобезопасности квартиры является клапан-отсекатель, устанавливаемый на вводном в квартиру газопроводе.

В [3] предлагается новая конструкция клапана-отсекателя типа КОГ-1, который устанавливается в квартире перед газовыми приборами (или на вводе в квартиру). На рис. 1, а представлен схематический чертеж клапана, а его внешний вид сбоку и сверху изображен на фото (рис. 1, б и рис. 1, в соответственно).

Основное назначение предлагаемого клапана-отсекателя:

а) клапан-отсекатель срабатывает при повышении концентрации газовой смеси в кухне до уровня 40 % от нижней концентрации предела взрываемости (НКПВ), т.е. при повышении содер-

жания метана в воздухе до 2 %. От датчика метана сигнал поступает на промежуточное токовое реле, которое, сработав, подает напряжение на обмотку электромагнита отключения 7 (рис. 1). Электромагнит, втягивая разобщитель 4, высвобождает шток клапана-отсекателя 2. Клапан срабатывает и с помощью пружины 9 шариком перекрывает подачу газа в газовые приборы.

б) при повышении давления во вводном в квартиру трубопроводе до критического значения (0,08 атмосфер), газ поднимается по каналу 14 и давит на поршень 10.

Время срабатывания клапана-отсекателя зависит в основном от жесткости исполнительной пружины 9.

3. Цель и задачи исследования

Используя результаты экспериментальных испытаний пружин клапана-отсекателя КОГ-1, который срабатывает от сигнала, подаваемого газовой защитой на электромагнит отключения и при скачкообразном повышении давления во вводном в квартиру газопроводе, основными задачами исследования являются:

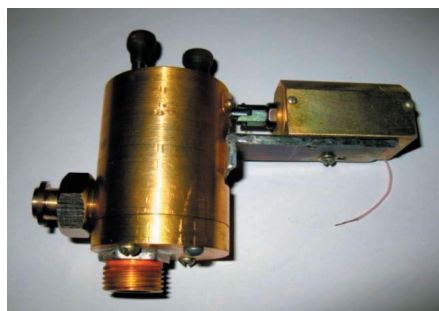
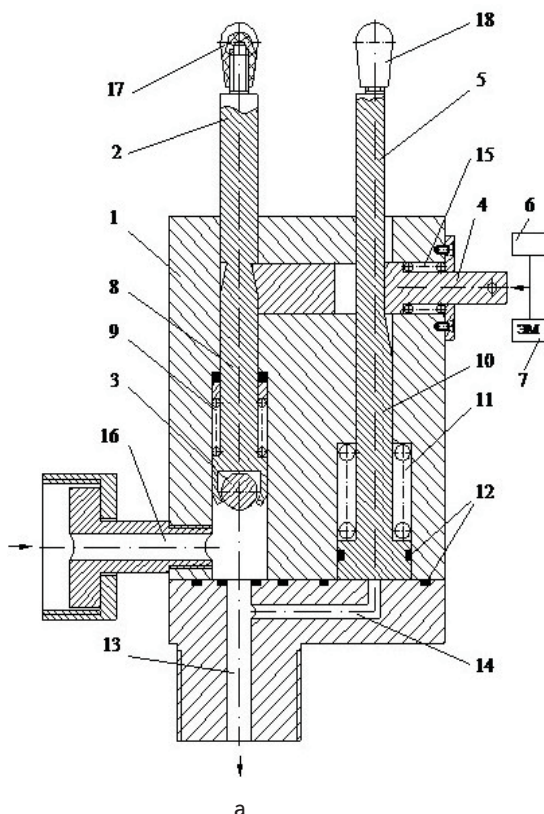
1) определение времени срабатывания клапана-отсекателя в зависимости от качества и материала пружины.

2) на основании полученных результатов построение функции распределения времени срабатывания клапана-отсекателя для двух случаев:

- от сигнала, подаваемой газовой защитой;
- при скачкообразном изменении давления в газопроводе.

4. Определение времени срабатывания клапана-отсекателя

Под наблюдением находилось $n=10$ одинаковых по характеристикам пружин (длина, толщина, металл). В клапан последовательно от 1 до 10 вставлялись пружины. Микроконтроллер газовой защиты генерировал сигнал, который подавался на промежуточное реле, оно срабатывало, замыкая свой нормально открытый контакт и напряжение 24 вольта подавалось на катушку отключения, фиксировалось время от подачи сигнала на промежуточное реле до полного перекрытия подачи газа по трубопроводу. Результаты испытаний заносились в табл. 1, в которой приняты следующие обозначения: i – порядковый номер эксперимента $i = \overline{1, n}$; t_1, t_2, \dots, t_r – первые r порядковых статистик длительности срабатывания клапана-отсекателя; M_i – коэффициент, зависящий от доверительной вероятности и количества экспериментов; a_i, c_i – весовые множители для определенного количества экспериментов.



б

в

Рис. 1. Клапан-отсекатель газовый КОГ-1, устанавливаемый перед газовыми приборами: а – чертеж предлагаемого клапана; б – внешний вид клапана сбоку; в – внешний вид клапана сверху 1 - корпус с сообщающимися полостями, 2 - клапан отсекки; 3 - подвижно закреплённый запорный шар; 4 - разобщитель; 5 - датчик давления; 6 - датчик загазованности; 7 - электромагнит; 8 - шток; 9, 11, 15 - пружины; 10 - поршень; 12 – уплотнения; 13 - трубопровод; 14 - канал для прохождения избыточного количества газа; 16 - штуцер ввода газа; 17, 18 - рукоятки

Таблица 1

Результаты экспериментальных испытаний пружин КОГ-1, действующего от сигнала, подаваемого газовой защитой на электромагнит отключения

i	t _r	x _i = ln t _i	M _i	x _{i+1} - x _i	(x _{i+1} - x _i)/M _i	a _i	c _i
1	2	3	4	5	6	7	8
1	1,04	0,039221	1,053606	0,019048	0,018079	0,027331	-0,072734
2	1,06	0,058269	0,559013	0,018692	0,033438	0,040034	-0,077971
3	1,08	0,076961	0,399100	0,018349	0,045976	0,052496	-0,077242
4	1,1	0,095310	0,324470	0,018019	0,055532	0,065408	-0,071876
5	1,12	0,113329	0,286163	0,017700	0,061851	0,079263	-0,061652
6	1,14	0,131028	0,269493	0,017392	0,064535	0,094638	-0,04542
7	1,16	0,148420	0,271645	0,017094	0,062929	0,112414	-0,020698
8	1,18	0,165514	0,300869	0,016807	0,055862	0,134239	0,017927
9	1,2	0,182322	0,405316	0,016529	0,040781	0,164178	0,08507
10	1,22	0,198851	-	-	-	0,230001	0,324597

5. Определение параметров функции распределения времени срабатывания клапана-отсекателя

Определим, не противоречит ли полученная при испытаниях статистика (табл. 1, колонка 2) функции распределения вероятностей Вейбулла по критерию согласия Манна. Определить параметры функции распределения вероятностей Вейбулла.

Манн [4] и другие исследователи [5 – 7] разработали критерий согласия, предназначенный специально для распределения Вейбулла. Применяется этот критерий для случая, когда под наблюдением находится не более 25 однотипных единиц оборудования (n≤25).

Обозначим через t₁, t₂, ... t_r – первые r=10 порядковых статистик времени срабатывания защиты. Обозначим x_i = ln t_i, i = 1, r. Статистика, которая лежит в основе критерия Манна, будет иметь вид:

$$S = \frac{\sum_{i=[r/2]+1}^{r-1} \left[\frac{x_{i+1} - x_i}{M_i} \right]}{\sum_{i=1}^{r-1} \left[\frac{x_{i+1} - x_i}{M_i} \right]} \tag{1}$$

где [r/2] – наибольшее целое число, меньшее или равное частному от деления [r/2].

Значение M_i, а также критическое значение S_{кр} приведены в таблицах приложения 13 [8].

Вычисляем значения x_i = ln t_i и результат заносим в колонку 3 табл. 1. Значение коэффициента M_i находим с помощью таблицы приложения 13 [8] для случая, когда n=10; r=10, результаты заносим в колонку 4, затем вычисляем x_{i+1} - x_i и (x_{i+1} - x_i)/M_i. Результаты расчетов заносим в колонки 5 и 6 табл. 1.

В том случае, если получим, что S < S_{кр}, тогда гипотеза о том, что данная статистика не противоречит закону распределения Вейбулла, принимается.

Используя формулу (1), данные табл. 1, находим S=0,51.

Критическое значение S_{кр}=0,69 получено из таблицы приложения 13 [8] для случая: n=10, r=10 и α=0,95.

Так как S < S_{кр}, гипотеза о том, что распределение вероятности Вейбулла не противоречит эксперимен-

тальной функции распределения, полученной с помощью статистики, приведенной в колонке 2 табл. 1, подтверждается.

Параметры функции распределения Вейбулла находим следующим образом:

$$F_1(t) = 1 - \exp \left[- \left(\frac{t}{\tilde{\theta}} \right)^\beta \right] \tag{2}$$

Оценки параметров распределения Вейбулла находим следующим образом:

$$\tilde{\theta} = 5^u; \tag{3}$$

$$\beta = 1/b, \tag{4}$$

где

$$u = \sum_{i=1}^r a_i \cdot x_i; \tag{5}$$

$$b = \sum_{i=1}^r c_i \cdot x_i. \tag{6}$$

Весовые множители a_i и c_i для n=r=10 находим с использованием таблицы приложения 9 [8].

Полученные результаты заносим в колонки 7 и 8 табл. 1.

Подставив полученные значения u и b в формулы (3) и (4), находим: $\tilde{\theta} = 1,2$ и $\beta = 16$.

Аналитическая функция распределения интервалов времени срабатывания клапана-отсекателя от действия газовой защиты на его электромагнит отключения примет вид:

$$F_1(t) = 1 - \exp \left[- \left(\frac{t}{1,2} \right)^{20} \right] \tag{7}$$

На рис. 2 изображена статистическая функция распределения интервалов времени срабатывания клапана-отсекателя и теоретическая аппроксимирующая функция распределения Вейбулла.

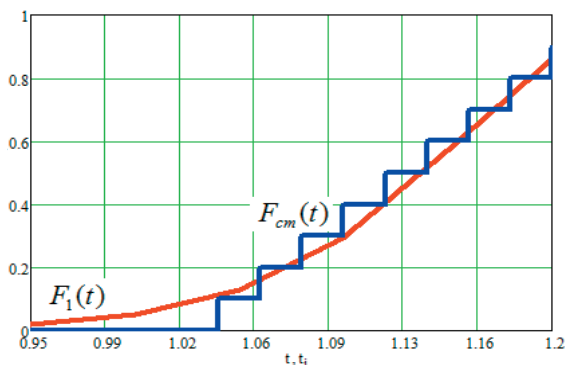


Рис. 2. Экспериментальная $F_{cr}(t)$ и аналитическая $F_1(t)$ функции распределения интервалов времени срабатывания клапана-отсекателя КОГ-1 при подаче сигнала отключения от «газовой защиты»

Аналогичным образом экспериментально получена функция распределения интервалов времени срабатывания клапана-отсекателя КОГ-1 при скачкообразном повышении давления во вводном в квартиру газопроводе до 50,6 кПа (рис. 3).

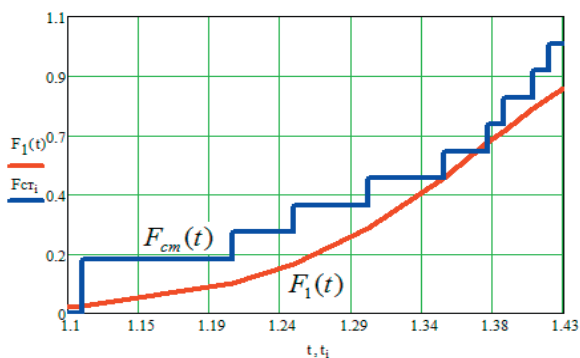


Рис. 3. Экспериментальная $F_{cr}(t)$ и аппроксимирующая $F_1(t)$ теоретическая функции распределения интервалов времени t срабатывания клапана-отсекателя КОГ-1 при скачкообразном повышении давления во вводном в квартиру трубопроводе от номинального до 50,6 кПа

Функция распределения интервалов времени между срабатываниями не противоречит распределению Вейбулла по критерию согласия Манна и примет вид:

$$F_1(t) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{t}{1,37}\right)^{16}\right], \quad (8)$$

где $\tilde{\theta} = 1,37$; $\beta = 16$.

7. Выводы

Параметры $\tilde{\theta}$ и $\tilde{\beta}$ называются наилучшими линейными инвариантными оценками.

Они являются «наилучшими» в том смысле, что дают равномерно меньшие ошибки, чем любые другие линейные оценки, а также остаются инвариантными при преобразованиях параметров положения и масштаба распределения [9 – 11].

С помощью формул (7) и (8) можно определить с какой вероятностью время отключения клапана-отсекателя будет равно требуемому (нормируемому).

Наиболее близким к предложенному изобретению является автоматический отсекающий клапан [12].

Недостатком данного элемента является громоздкость конструкции: большое количество подвижных элементов и шарнирных соединений, из которых выполнен поворотный-подъемный механизм для регулировки газового потока, также снижает надёжность и быстродействие механизма, что может привести к отказу в срабатывании при появлении взрывоопасных ситуаций.

Сложная технология изготовления клапана приводит к высокой стоимости изделия. Поэтому в предлагаемом нами клапане-отсекателе за счет особенности конструктивных элементов и их связей обеспечивается более высокая надёжность в срабатывании, а также возможность работы от аварийных датчиков различных типов при упрощении самой конструкции.

Предлагаемый клапан может быть установлен после имеющегося в квартирах вентиля, связывающего общий стояк с разводкой газа.

Клапан может применяться не только для обеспечения газовой безопасности, но также для пожаробезопасности при подключении датчиков задымленности и датчиков температуры (если температура в квартире достигает 100 °С), а также защиты от затопления, при подключения датчиков уровня затопления.

Использование заявленного способа предотвращения взрыва или пожара в замкнутом защищенном пространстве позволяет за счёт обеспечения контроля над концентрацией газа в помещении избежать возникновения аварийных ситуаций на промышленных предприятиях и объектах жилого сектора.

Литература

1. Ковалев, А. П. Разработка технических решений по предотвращению взрыва бытового газа в квартирах [Текст] : зб. наук. пр. / А. П. Ковалев, И. И. Лехтман, М. А. Нагорный // ДВНЗ «Донецкий национальный технічний університет». Серія «Електро-техніка і енергетика». – 2011. – №10(180). – С. 64-67.
2. Ковалев, А. П. Разработка технического решения по обеспечению взрывобезопасности квартир [Текст] / А. П. Ковалев, И. И. Лехтман // Науковий вісник УкрНДІПБ – Київ. – 2011. – №1(23). – С. 77-81.
3. Пристрій захисту для забезпечення вибухобезпеки приміщень, які експлуатують побутовий газ [Текст] : пат. на винахід 98893 Україна, МПК (2006.01), F16K 17/04. / Лехтман І. І., Ковальов О. П., Очкур М. М., Білоусенко І. В. – № а 201105092; под. 21.04.2011; опубл. 25.06.2012, Бюл. №12.

4. Mann, N. R. Tolerance Bounds a New Goodness – of – Fit Test for Two-Parameter Weibull or Extreme – Value Distribution [Text] / N. R. Mann, K. W. Fertig, E. M. Scheuer // Aerospace Research Laboratories, Wright Patterson Air Force Base, Ohio, ARL 71 – 0077, Contact No, AF 33 (615). – May 1971. –70. – 1216 p.
5. Wei-Chang, Y. A new algorithm for generating minimal cut sets in k-out-of-n networks [Text] / Y. Wei-Chang // Reliability Engineering & System Safety. – 2006. – Vol. 91, № 1. – P. 36-43.
6. Vega, M. Algorithm to evaluate substation reliability with cut and path sets [Text] / M. Vega, H. G. Sarmiento // IEEE Trans. on Industry Applications. – 2008. – Vol. 44, № 6. – P. 1851-1858.
7. Yong, L. Reliability evaluation of composite power systems using Markov cut-set method [Text] / L. Yong, C. Singh // IEEE Trans. on Power Systems. – 2010. – Vol. 25, № 2. – P. 777-785.
8. Канур, К. Надежность и проектирование систем [Текст] / К. Канур, Л. Ламберсон. – М. Мир, 1980. – 604 с.
9. Chryssaphinou, O. Multi-state reliability systems under discrete time semi-Markovian hypothesis [Text] / O. Chryssaphinou, N. Limnios, S. Malefaki // IEEE Trans. on Reliability. – 2011. – Vol. 60, № 1. – P. 80-87.
10. Lozynsky, O. Y. Failure intensity determination using Markov reliability model for renewal non-redundancy systems [Text] / O. Y. Lozynsky, S. V. Shcherbovskykh // Przegląd Elektrotechniczny. – 2009. – Vol. 85, № 4. – P. 89-91.
11. Shcherbovskykh, S. V. Failure intensity determination for system with standby doubling [Text] / S. V. Shcherbovskykh, O. Yu. Lozynsky, Ya. Yu. Marushchak // Przegląd Elektrotechniczny. – 2011. – Vol. 87, № 5. – P. 160-162.
12. Клапан-отсекатель [Текст] : пат. на изобретение 2285180 РФ, МПК8, F16 K17/04 / Светушенко С. Г., Мокеев М. Ю., Смирнов Ю. А. – заявл. 14.02.2005; опубл. 10.10.2006. – 7 с.

Пропонується як параметр забезпечення якості безперервно-литих порожнистих заготовок з мідних сплавів розглядати стабільність процесу лиття. Виявлена умова стабільності процесу безперервного лиття і вдосконалена конструкція дорна шляхом виконання зрізів на його робочій поверхні. Наведено рекомендації щодо забезпечення якості порожнистих безперервно-литих заготовок з мідних сплавів з внутрішнім діаметром 0,05 ... 0,15 м.

Ключові слова: забезпечення якості, порожнисті заготовки, технологічний процес безперервного лиття, стабільність процесу

Предлагается в качестве параметра обеспечения качества непрерывнолитых полых заготовок из медных сплавов рассматривать стабильность процесса литья. Определено условие стабильности процесса непрерывного литья и усовершенствована конструкция дорна путем выполнения срезов на его рабочей поверхности. Приведены рекомендации по обеспечению качества полых непрерывнолитых заготовок из медных сплавов с внутренним диаметром 0,05...0,15 м

Ключевые слова: обеспечение качества, полые заготовки, технологический процесс непрерывного литья, стабильность процесса

УДК 621.074

ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА ПОЛЫХ НЕПРЕРЫВНОЛИТЫХ ЗАГОТОВОК ИЗ МЕДНЫХ СПЛАВОВ

О. Н. Хорошилов

Доктор технических наук, доцент*

E-mail: horol@i.ua

А. А. Павлова

Кандидат технических наук, доцент*

E-mail: pavlova_aa@mail.ru

*Кафедра интегрированных технологий в машиностроении и сварочного производства
Украинская инженерно-педагогическая академия
ул. Университетская, 16, г. Харьков,
Украина, 61003

1. Введение

Процесс непрерывного литья в настоящее время широко распространен в наиболее развитых странах, причиной тому является возможность автоматизации процесса, высокая производительность машины непрерывного литья и стабильность показателей качества непрерывно-литых заготовок.

В настоящее время на машинах непрерывного литья производят полые заготовки из медных сплавов, потребителями которых являются предприятия машиностроительного комплекса.

Недостатком технологического процесса непрерывного литья полых заготовок является тот факт, что увеличение длительности паузы, которая есть неотъемлемой частью циклического движения заготовки, приводит к увеличению усилия извлечения заготовки