УДК 696.2

А.П. КОВАЛЕВ (д-р техн.наук, проф.), **И.И. ЛЕХТМАН**
Донецкий национальный технический университет
В.П. ВЬЮНОВ
Служба газопроводов ГРП

ОБ ОЦЕНКЕ ВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТИ КВАРТИР, ЭКСПЛУАТИРУЮЩИХ БЫТОВОЙ ГАЗ

Reasons of explosions of domestic gas are analyzed in this article. A mathematical model, explaining the process of origin of domestic gas explosions in an apartment because of the failure of elements of gas distributing point, explaining the process of origin of domestic gas explosions in an apartment because of the failure of elements of gas distributing point, is developed. The calculation method of apartment's explosion safety is offered.

Актуальность проблемы. Анализ статистических данных аварий в газовом хозяйстве Украины за период с 2005 по 2008 года показал, что 10% аварий от общего их количества происходят в результате аварийного повышения давления после газораспределительного пункта (ГРП), т.е. при переходе газа из трубопровода среднего давления (3,0 кг/см^2) в сети низкого. В этом случае может происходить отрыв пламени от очага горения в помещение квартиры, вследствие чего пламя гаснет, и газ продолжает поступать в квартиру. При концентрации метана в воздухе от 5 до 15% образуется гремучая смесь, способная взрываться при наличии источника возгорания [1].

На основе статистических данных о взрывах бытового газа в квартирах Украины за период 2000-2008 годов было установлено, что интервалы времени между взрывами не противоречат экспоненциальной функции распределения вероятностей. Соответственно, зная число взрывов в год и количество газифицированных квартир в Украине в 2007 году, был получен доверительный интервал $\beta_{0,95}$=[5,8·10^{-7}; 1,45·10^{-6}] появления взрывов в квартире в единицу времени.

Поэтому разработка методики, позволяющей прогнозировать вероятность взрывов бытового газа в квартирах, и разработка научно обоснованных организационных мероприятий является актуальной научно-технической задачей.

Статистика аварий, произошедших в Украине, свидетельствует о том, что разработка методики, которая позволяет прогнозировать взрывов в квартирах и разработка научно обоснованных организационных и технических мероприятий по их предотвращению являются на сегодняшний день актуальной научно-технической задачей.

Цель работы. Разработка математической модели, объясняющей процесс возникновения взрывов бытового газа в квартирах из-за отказов оборудования ГРП. Предложить методику оценки взрывобезопасности квартир.

Состояние вопроса. На сегодняшний день в газовой отрасли Украины и России не существует методик, которые позволяют оценивать взрывобезопасность квартир при эксплуатации бытового газа.

Результаты моделирования. Взрыв бытового газа в квартире может произойти при совпадении в пространстве и времени трех случайных событий: произошел отказ в системе регулятора давления (резко повысилось давление газа на выходе регулятора), отказал в срабатывании сбросной клапан (срабатывает при повышении давления газа на выходе регулятора давления на 15%); отказал в срабатывании предохранительно-запорный клапан (срабатывает при повышении давления газа в трубопроводе на выходе из регулятора давления на 25%).

Будем предполагать, что источник инициирования в квартире существует (коммутация выключателя, искрение в розетке при работе холодильника из-за наличия ослабленных и искрящих контактных соединений). Нас интересует среднее время до первого взрыва τ_1, дисперсия времени до первого взрыва σ_1^2 и вероятность взрывов в течение времени *t*, т.е. $F(t)$.

Предположим, что изменение состояния во времени регулятора давления, отсекателя мгновенного действия и сбросного клапана можно описать с помощью трех случайных функций: $\eta(t)$, $\xi(t)$ и $\gamma(t)$.

Пусть $\eta(t)$ принимает два значения: 0 – регулятор давления в работоспособном состоянии; 1 – регулятор давления в неработоспособном состоянии. Рассмотрим $\eta(t)$ как случайную функцию, характер изменения которой во времени состоит в следующем: Существует чередующиеся отрезки времени $\eta_0^{(0)}$, $\eta_1^{(0)}$, $\eta_2^{(0)}$,…, $\eta_n^{(0)}$ и $\eta_0^{(1)}$, $\eta_1^{(1)}$, $\eta_2^{(1)}$, …, $\eta_n^{(1)}$ для которых последовательно $\eta(t)=0$ и $\eta(t)=1$. Промежутки $\eta_n^{(0)}$ - работоспособное состояния регулятора давления, а $\eta_n^{(1)}$ - неработоспособное состояние регулятора давления.

Работу сбросного клапана представим с помощью функции $\xi(t)$, которая с течением времени может принимать два значения: 0 – сбросной клапан в работоспособном состоянии; 1 – сбросной клапан в неработоспособном состоянии. Характер изменения случайной функции $\xi(t)$ во времени представим в виде ряда чередующихся случайных промежутков времени: $\xi_0^{(0)}$, $\xi_1^{(0)}, \xi_2^{(0)}$, …, $\xi_m^{(0)}$ и $\xi_0^{(1)}$, $\xi_1^{(1)}, \xi_2^{(1)}$, …, $\xi_m^{(1)}$. Последовательно $\xi(t)=0$ и $\xi(t)=1$.

Промежутки $\xi_m^{(0)}$ и $\xi_m^{(1)}$ - работоспособные и неработоспособные состояния сбросного клапана, соответственно.

Работу предохранительного запорного клапана в течении времени t представим с помощью функции $\gamma(t)$, которая как и две предыдущие функции может принимать два значения: 0 – предохранительный запорный клапан в работоспособном состоянии и 1 – предохранительный запорный клапан в неработоспособном состоянии. Пусть изменение случайной функции $\gamma(t)$ во времени характеризуется случайными промежутками времени: $\gamma_0^{(0)}$, $\gamma_1^{(0)}$, $\gamma_2^{(0)}$, …, $\gamma_r^{(0)}$ и $\gamma_0^{(1)}$, $\gamma_1^{(1)}$, $\gamma_2^{(1)}$, …, $\gamma_r^{(1)}$. Последовательно $\gamma(t)=0$ и $\gamma(t)=1$. Промежутки $\gamma_r^{(0)}$ - предохранительный запорный клапан в работоспособном состоянии, $\gamma_r^{(1)}$ - предохранительный запорный клапан в неработоспособном состоянии.

В этом описании взрыв в квартире соответствует моменту соприкосновения промежутков времени $\eta_n^{(1)}$, $\xi_m^{(1)}$ и $\gamma_r^{(1)}$.

Наличие взрыва не зависит от длины общей части наложившихся промежутков времени $\eta_n^{(1)}$, $\xi_m^{(1)}$ и $\gamma_r^{(1)}$, а зависит только от того соприкоснулись они или нет.

О статистической природе функций $\eta(t)$ предположим следующее: вероятность выхода из строя регулятора давления за промежуток времени Δt равна $\lambda_1 \cdot \Delta t + o(\Delta t)$, где $o(\Delta t)$ - обозначает величину высшего порядка малости по сравнению с Δt, причем эта вероятность не зависит от предшествующего значения $\eta(t)$.

Вероятность восстановления работоспособного состояния регулятора давления за время Δt равна $\mu_1 \cdot \Delta t + o(\Delta t)$. Величины λ_1 и μ_1 являются параметрами процесса $\eta(t)$.

Параметр λ_1 характеризует интенсивность или скорость, с которой промежутки времени работоспособного состояния регулятора давления сменяются на неработоспособные, а μ_1 - интенсивность или скорость смены неработоспособного состояния регулятора давления на работоспособное.

Принятые допущения означают, что $\eta(t)$ можно рассматривать как процесс Маркова с двумя состояниями: 0 работоспособное состояние и 1 – неработоспособное состояние.

Статистическая природа функции $\xi(t)$ следующая: вероятность выхода из строя сбросного клапана за промежуток времени Δt равна $\lambda_2 \cdot \Delta t + o(\Delta t)$, а вероятность восстановления его работоспособного состояния за время Δt равна $\mu_2 \cdot \Delta t + o(\Delta t)$. Величины λ_2 и μ_2 являются параметрами процесса $\xi(t)$.

Параметр λ_2 характеризует интенсивность или скорость, с которой промежутки времени работоспособного состояния сбросного клапана сменяются на неработоспособные. А μ_2 - интенсивность или скорость смены неработоспособного состояния сбросного клапана на работоспособное.

Аналогичная статистическая природа и функции $\gamma(t)$. Вероятность выхода из строя предохранительного запорного клапана за промежуток времени Δt равна $\lambda_3 \cdot \Delta t + o(\Delta t)$, а вероятность восстановления работоспособного состояния предохранительного запорного клапана за время Δt равна $\mu_3 \cdot \Delta t + o(\Delta t)$. Величины λ_3 и μ_3 являются параметрами процесса. $\gamma(t)$, где λ_3 характеризует интенсивность или скорость с которой промежутки времени работоспособного состояния предохранительного запорного клапана сменяются на неработоспособные; μ_3 характеризует интенсивность или скорость, с которой промежутки времени неработоспособного состояния предохранительного запорного клапана сменяются на работоспособные.

Диагностика состояния регулятора давления, сбросного клапана и предохранительного запорного клапана производится с интервалами времени Θ_1, Θ_2 и Θ_3 соответственно. Предполагается, что диагностика абсолютно надежная.

Взрыв в квартире в этом описании происходит в момент встречи процессов в состоянии 1, т.е. когда $\eta(t)=1$, $\xi(t)=1$ и $\gamma(t)=1$.

Будем считать, что в начальный момент времени $\eta(t)=0$, $\xi(t)=0$ и $\gamma(t)=0$.

Задача состоит в том, чтобы зная параметры процессов λ_1, μ_1, λ_2, μ_2 и λ_3, μ_3 определить: среднее время до первого взрыва τ_1, дисперсию времени до первого взрыва σ_1^2, вероятность взрывов $F(t)$ в течении времени t, если в начальный момент времени регулятор давления, сбросной клапан и предохранительный запорный клапан находятся в работоспособном состоянии.

Совокупность процессов $\eta(t)$, $\xi(t)$ и $\gamma(t)$ рассмотрим как один процесс Маркова $\chi(t)$ с восьмью дискретными состояниями и непрерывным временем.

В любой момент времени система может находиться в одном из восьми состояний:

$E\{e_1(0,0,0), e_2(1,0,0), e_3(0,1,0), e_4(0,0,1), e_5(1,0,1), e_6(0,1,1), e_7(1,1,0), e_8(1,1,1)\}$.

При случайном попадании системы в поглощающее состояние $e_8(1, 1, 1)$ происходит взрыв газа в квартире. Возможная реализация однородного марковского процесса с 8-ю дискретными состояниями и непрерывным временем показана на рис. 1. Время нахождения системы в каждом состоянии обозначим □$_i$.

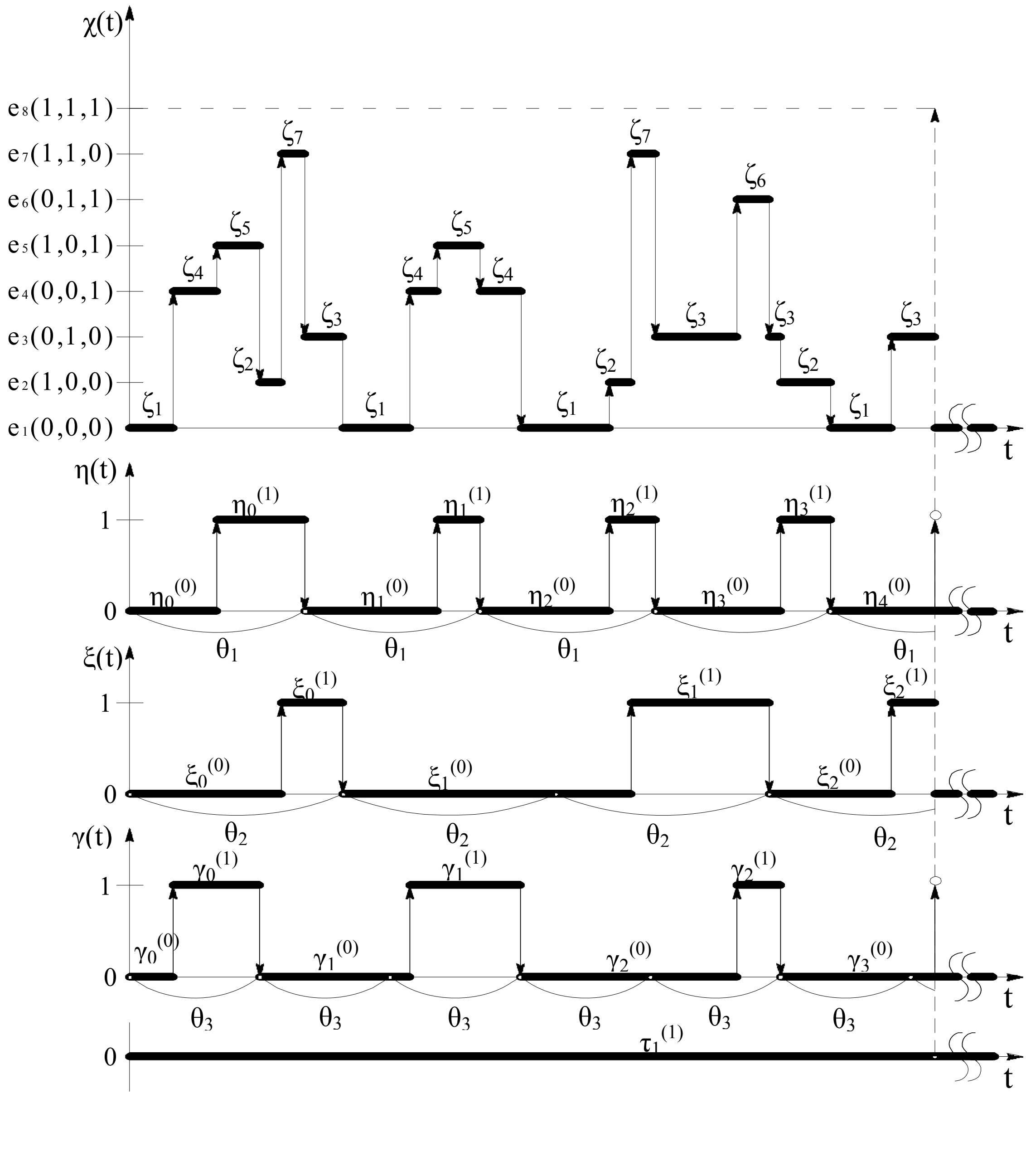


Рисунок 1 – Возможная реализация марковского случайного процесса с дискретным числом состояний и непрерывным временем

Полученный марковский процесс $\chi(t)$ полностью характеризуется графом вероятностей переходов (рис. 2) и матрицей интенсивностей переходов, которая имеет вид:

$$P = \begin{bmatrix} \alpha_1 & \lambda_1 & \lambda_2 & \lambda_3 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \mu_1 & \alpha_2 & 0 & 0 & \lambda_3 & 0 & \lambda_2 & 0 \\ \mu_2 & 0 & \alpha_3 & 0 & 0 & \lambda_3 & \lambda_1 & 0 \\ \mu_3 & 0 & 0 & \alpha_4 & \lambda_1 & \lambda_2 & 0 & 0 \\ 0 & \mu_3 & 0 & \mu_1 & \alpha_5 & 0 & 0 & \lambda_2 \\ 0 & 0 & \mu_3 & \mu_2 & 0 & \alpha_6 & 0 & \lambda_1 \\ 0 & \mu_2 & \mu_1 & 0 & 0 & 0 & \alpha_7 & \lambda_3 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \qquad (1)$$

где:

$\alpha_1 = 1-(\lambda_1+\lambda_2+\lambda_3)$; $\alpha_4 = 1-(\lambda_1+\lambda_2+\mu_3)$;
$\alpha_2 = 1-(\mu_1+\lambda_2+\lambda_3)$; $\alpha_5 = 1-(\mu_1+\lambda_2+\mu_3)$;
$\alpha_3 = 1-(\lambda_1+\mu_2+\lambda_3)$; $\alpha_6 = 1-(\lambda_1+\mu_2+\mu_3)$;
$\alpha_7 = 1-(\mu_1+\mu_2+\lambda_3)$.

Среднее время до первого взрыва в квартире определим из системы уравнений в матричном виде [3]

$$\tau = (I-Q)^{-1} \cdot \alpha , \qquad (2)$$

где I - единичная матрица;

Q - матрица, полученная из матрицы (1) путем исключения поглощающего состояния (строки из элементов 0,0, …, 1 и соответствующего столбца);

α - вектор-столбец, все элементы которого равны 1;

$\tau = [\tau_i]_{i=1}^{7}$ - вектор столбец.

В том случае, если заданы интервалы времени между диагностиками Θ_i регулятора давления, отсекателя мгновенного действия и сбросного клапана, тогда μ_i $i=\overline{1.3}$ вычисляется следующим образом [4]:

$$\mu_i = \frac{1}{\Theta_i - \frac{1}{\lambda_i}\cdot\left[1-e^{-\lambda_i\Theta_i}\right]} . \qquad (3)$$

В том случае, если $\lambda_i \cdot \Theta_i < 0.1$, тогда:

$$\mu_i = \frac{2}{\lambda_i \cdot \Theta_i^2} . \qquad (4)$$

Если выполняется условие $\lambda_i \le 0.01\mu_i$, $i=\overline{1.3}$, то используя систему уравнений (2), матрицу (1) и формулу (4), находим среднее время до первого взрыва в квартире:

$$\tau_{cp} = \frac{4}{\lambda_1\cdot\lambda_2\cdot\lambda_3\cdot(\lambda_2\cdot\lambda_3\cdot\Theta_2^2\cdot\Theta_3^2+\lambda_1\cdot\lambda_3\cdot\Theta_1^2\cdot\Theta_3^2+\lambda_1\cdot\lambda_2\cdot\Theta_1^2\cdot\Theta_2^2)} . \qquad (5)$$

В том случае если $\Theta_1 = \Theta_2 = \Theta_3 = \Theta$, тогда формулу (5) можно записать в виде:

$$\tau_{cp} = \frac{4}{\lambda_1\cdot\lambda_2\cdot\lambda_3\cdot\Theta^4[\lambda_3\cdot(\lambda_1+\lambda_2)+\lambda_1\cdot\lambda_2]} . \qquad (6)$$

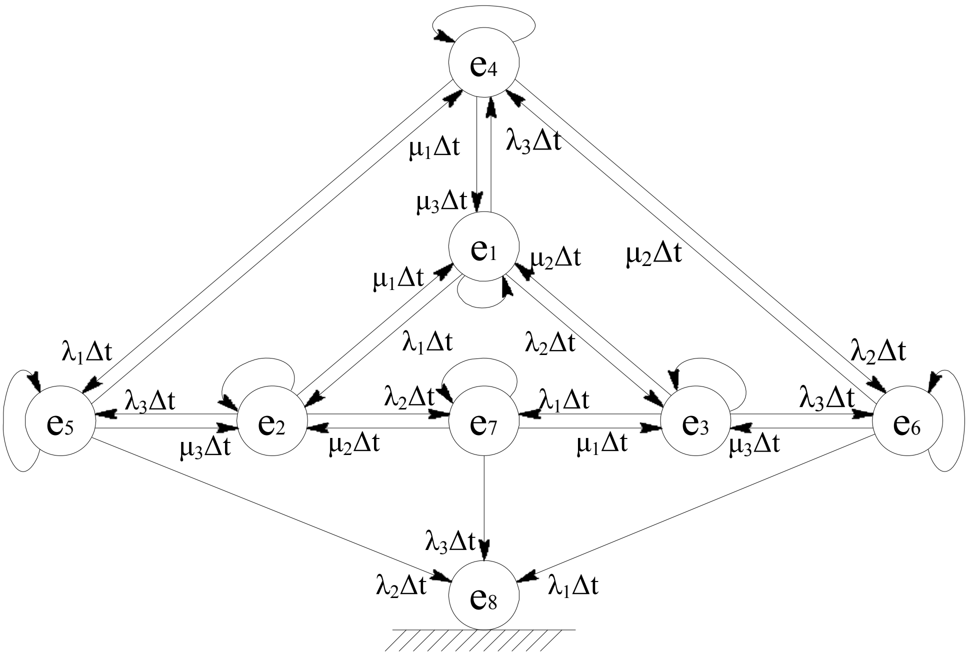
Дисперсию времени до первого взрыва в квартире находим из системы уравнений $[4]$:

$$\sigma^2 = (2\cdot N - I)\cdot\tau - \tau^* , \qquad (7)$$

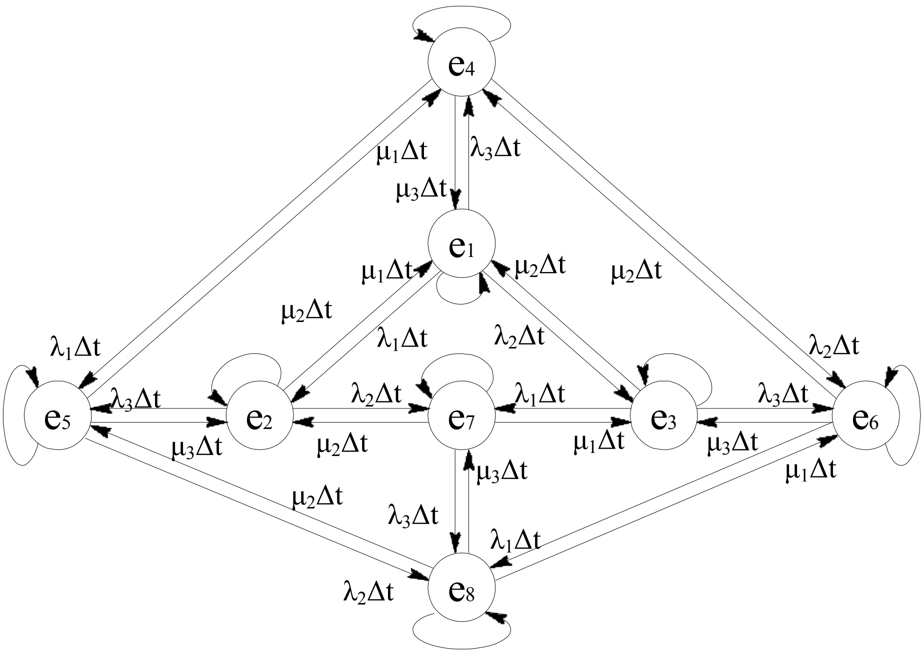
где $N = (I-Q)^{-1}$ - фундаментальная матрица;

Q - получается из матрицы интенсивности переходов (1) путем исключения поглощающего состояния (строчки из элементов 0,0, …, 1 и соответствующего столбца);

$\tau^* = [\tau_i^2]_{i=1}^{7}$ - вектор столбец.



а) для системы с поглощающим состоянием



б) для системы без поглощающего состояния

Рисунок 2-Графы возможных переходов рассматриваемой системы

Функция распределения интервалов времени между взрывами в квартире в течении времени t запишем как:

$$F(t) = 1 - \sum_{1}^{7} P_i(t)\,, \tag{8}$$

где $P_i(t)$ находится из системы уравнений [4].

$$\dot{P}(t) = P(t) \cdot A \ , \tag{9}$$

где:

$\dot{P}(t) = [\dot{P}_i(t)]_{i=1}^{7}$ - вектор строка;

$P(t) = [P_i(t)]_{i=1}^{7}$ - вектор строка;

А – матрица, которая получается из матрицы интенсивности переходов (1) путем исключения единицы из главной диагонали и поглощающего состояния – восьмой строки и восьмого столбца.

В том случае, если выполняется условие:

$$\tau_1 \approx \sigma_1 , \tag{10}$$

тогда

$$F(t) = 1 - e^{-H \cdot t} , \tag{11}$$

где

$$H = \frac{1}{\tau_1} \ . \tag{12}$$

Пример. Взрыв бытового газа в квартире может произойти при совпадении в пространстве и времени трех случайных событий: произошел отказ в системе регулятора давления (резко повысилось давление газа на выходе регулятора), отказал в срабатывании сбросной клапан (срабатывает при повышении давления газа на выходе регулятора давления на 15%); отказал в срабатывании предохранительно-запорный клапан (срабатывает при повышении давления газа в трубопроводе на выходе из регулятора давления на 25%).

Дано: $\overline{d}_1 = 9.2$ года – средний интервал времени между повреждениями мембраны регулятора давления; $\overline{d}_2 = 8.5$ года – среднее время между отказами в срабатывании сбросного клапана; $\overline{d}_3 = 6.7$ года – среднее время между отказами в срабатывании предохранительно-запорного клапана.

Интервалы времени между диагностикой состояния рассматриваемых систем: $\Theta = \Theta_1 = \Theta_2 = \Theta_3 = 0.5$ лет.

Определить вероятность появления взрывов в квартире в течении года $F(t)$:

а) используя приближенную формулу (6) найти среднее время до взрыва τ_{cp} ;

б) используя систему алгебраических уравнений (2) и матрицу интенсивностей переходов (1), найти τ_1 ;

в) сравнить полученные результаты.

Определить дисперсию времени до первого взрыва σ_1^2 :

а) в случае равенства $\tau_1 \approx \sigma_1$, вероятность появления взрывов в течении года определить с помощью формулы (11);

б) в том случае, если $\tau_1 \neq \sigma_1$, тогда вероятность появления взрывов в течение года следует определить, пользуясь формулой (6), матрицей (1) и системой линейных дифференциальных уравнений (9).

Сравнить расчетное значение параметра потока взрывов в квартире H с экспериментальными данными о взрывах квартир происшедших в 2007 году.

Решение:

Используя исходные данные примера, находим характеристики случайных процессов $\eta(t)$, $\xi(t)$ и $\gamma(t)$.

$$\lambda_1 = \frac{1}{\overline{d}_1} = \frac{1}{9.2} = 0.109 \ \text{1/год}; \qquad \lambda_2 = \frac{1}{\overline{d}_2} = \frac{1}{8.5} = 0.118 \ \text{1/год}; \qquad \lambda_3 = \frac{1}{\overline{d}_3} = \frac{1}{6.7} = 0.149 \ \text{1/год}.$$

Используя формулу (4) находим:

$$\mu_1 = \frac{2}{0.109 \cdot 0.5^2} = 73.6 \ \text{1/год}; \qquad \mu_2 = \frac{2}{0.118 \cdot 0.5^2} = 68 \ \text{1/год}; \qquad \mu_3 = \frac{2}{0.149 \cdot 0.5^2} = 53.6 \ \text{1/год}.$$

Используя формулу (6) находим τ_{cp} .

$$\tau_{cp} = \frac{4}{\lambda_1 \cdot \lambda_2 \cdot \lambda_3 \cdot \Theta^4 [\lambda_3 \cdot (\lambda_1 + \lambda_2) + \lambda_1 \cdot \lambda_2]} ;$$

$$\tau_{cp} = \frac{4}{0.109 \cdot 0.118 \cdot 0.149 \cdot 0.5^4 \cdot [0.149 \cdot (0.109 + 0.118) + 0.109 \cdot 0.118]} = 7.153 \cdot 10^5 \ \text{год}.$$

С помощью системы уравнений (2), матрицы (1) и формулы (3) находим τ_1 из следующей системы алгебраических уравнений, записанных в матричной форме:

$$\begin{pmatrix}\tau_1\\\tau_2\\\tau_3\\\tau_4\\\tau_5\\\tau_6\\\tau_7\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}1-\alpha_1 & -\lambda_1 & -\lambda_2 & -\lambda_3 & 0 & 0 & 0\\ -\mu_1 & 1-\alpha_2 & 0 & 0 & -\lambda_3 & 0 & -\lambda_2\\ -\mu_2 & 0 & 1-\alpha_3 & 0 & 0 & -\lambda_3 & -\lambda_1\\ -\mu_3 & 0 & 0 & 1-\alpha_4 & -\lambda_1 & -\lambda_2 & 0\\ 0 & -\mu_3 & 0 & -\mu_1 & 1-\alpha_5 & 0 & 0\\ 0 & 0 & -\mu_3 & -\mu_2 & 0 & 1-\alpha_6 & 0\\ 0 & -\mu_2 & -\mu_1 & 0 & 0 & 0 & 1-\alpha_7\end{pmatrix}^{-1}\cdot\begin{pmatrix}1\\1\\1\\1\\1\\1\\1\end{pmatrix}.$$

Используя правило Крамера, находим:

$\tau_1 = 7.221\cdot 10^5$ год.

Значение τ_{cp}, полученное по приближенной формуле и τ_1 - точное значение совпадают, т.е.

$\tau_{cp} = \tau_1 = 7.221\cdot 10^5$ год.

Используя матрицу (1), систему уравнений (7), σ_1^2 находим из следующей системы уравнений:

$$\begin{pmatrix}\sigma_1^2\\\sigma_2^2\\\sigma_3^2\\\sigma_4^2\\\sigma_5^2\\\sigma_6^2\\\sigma_7^2\end{pmatrix}=\left[\begin{pmatrix}2&0&0&0&0&0&0\\0&2&0&0&0&0&0\\0&0&2&0&0&0&0\\0&0&0&2&0&0&0\\0&0&0&0&2&0&0\\0&0&0&0&0&2&0\\0&0&0&0&0&0&2\end{pmatrix}\cdot\begin{pmatrix}1-\alpha_1 & -\lambda_1 & -\lambda_2 & -\lambda_3 & 0 & 0 & 0\\ -\mu_1 & 1-\alpha_2 & 0 & 0 & -\lambda_3 & 0 & -\lambda_2\\ -\mu_2 & 0 & 1-\alpha_3 & 0 & 0 & -\lambda_3 & -\lambda_1\\ -\mu_3 & 0 & 0 & 1-\alpha_4 & -\lambda_1 & -\lambda_2 & 0\\ 0 & -\mu_3 & 0 & -\mu_1 & 1-\alpha_5 & 0 & 0\\ 0 & 0 & -\mu_3 & -\mu_2 & 0 & 1-\alpha_6 & 0\\ 0 & -\mu_2 & -\mu_1 & 0 & 0 & 0 & 1-\alpha_7\end{pmatrix}^{-1}-\begin{pmatrix}1&0&0&0&0&0&0\\0&1&0&0&0&0&0\\0&0&1&0&0&0&0\\0&0&0&1&0&0&0\\0&0&0&0&1&0&0\\0&0&0&0&0&1&0\\0&0&0&0&0&0&1\end{pmatrix}\right]\cdot\begin{pmatrix}\tau_1\\\tau_2\\\tau_3\\\tau_4\\\tau_5\\\tau_6\\\tau_7\end{pmatrix}-\begin{pmatrix}\tau_1^2\\\tau_2^2\\\tau_3^2\\\tau_4^2\\\tau_5^2\\\tau_6^2\\\tau_7^2\end{pmatrix}.$$

Из полученной системы уравнений находим дисперсию времени до первого взрыва, если в начальный момент времени система находилась в состоянии $e_1(0,0,0)$:

$\sigma_1^2 = 5.223\cdot 10^{11}$ год^2; $\sigma_1 = 7.221\cdot 10^5$ год.

Ввиду того, что $\tau_{cp} = \tau_1 = \sigma = 7.221$ год, функцию распределения интервалов времени до первого взрыва в течении года в квартире будем искать с помощью формулы (11), т.е.

$$F(1) = 1 - e^{-H\cdot 1} = 1 - e^{-1.38\cdot 10^{-6}} = 1.38\cdot 10^{-6},$$

где

$$H = \frac{1}{\tau_1} = \frac{1}{7.221\cdot 10^5} = 1.38\cdot 10^{-6} \text{ 1/год.}$$

Из расчета видно, что полученное значение H попадает в доверительный интервал $\beta_{0.95} = [5.8\cdot 10^{-7}; 1.45\cdot 10^{-6}]$.

Выводы:

1. На основе однородных марковских случайных процессов с дискретным числом состояний и непрерывным временем, разработана математическая модель, которая объясняет причины возникновения взрывов бытового газа в квартирах из-за повреждений на ГРП.
2. Предложена методика расчетов взрывобезопасности заводам изготовителям оборудования на защитную арматуру ГРП и сроки ее диагностики, при которых обеспечивается нормируемый уровень взрывобезопасности.
3. Определен статистический уровень взрывобезопасности газифицированной квартиры Украины и построен доверительный интервал $\beta_{0.95} = [5.8\cdot 10^{-7}; 1.45\cdot 10^{-6}]$.

4. Используя средние значения параметров надежности защитной арматуры: $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ и сроки их диагностики $\Theta_1, \Theta_2, \Theta_3$ с помощью предлагаемой методики получен параметр потока взрывов в квартире $H = 1.38 \cdot 10^{-6}$ 1/год.

5. Полученный параметр $H = 1.38 \cdot 10^{-6}$ попадает в экспериментально полученный доверительный интервал $\beta_{0.95} = [5.8 \cdot 10^{-7}; 1.45 \cdot 10^{-6}]$, что говорит об удовлетворительной точности предлагаемой методики и что ее можно использовать для моделирования аварий и катастроф в газовой отрасли.

Список литературы

1. Сухарев М. Г. Надёжность систем газоснабжения. Справочник / Под ред. М. Г. Сухарева (в двух книгах) – М.: Недра 1984 кн. 1 – 414 с., кн. 2 – 288 с.

2. Кемени Дж. Конечные цепи Маркова / Дж. Кемени, Дж. Снелл – М.: Наука, 1970. – 271 с.

3. Ковалёв А. П. Оценка пожарной безопасности передвижных трансформаторных подстанций 110/35/6 кВ / А. П. Ковалёв, А. В. Шевченко, И. В. Белоусенко // Промышленная энергетика – 1991. – №6 – С. 28-31.

4. Карлин С. Основы теории случайных процессов / С. Карлин - М.: Мир, 1971. – 536 с.

Надійшла до редколегії 18.05.2009 *Рецензент: Є.Б. Ковальов*

КОВАЛЁВ А. П., ЛЕХТМАН И. И.
Донецький национальный технический университет
ВЬЮНОВ В. П.
Служба ГРП

Об оценке взрывобезопасности квартир, эксплуатирующих бытовой газ. Выполнен анализ уровня взрывобезопасности газифицированных квартир Украины. На его основе разработана математическая модель, объясняющая процесс возникновения взрывов бытового газа из-за отказов оборудования ГРП. Предложена методика расчетов взрывобезопасности квартир, которая позволяет задавать нормы надежности на защитную арматуру ГРП и срок ее диагностики, при которых обеспечивается нормированный уровень взрывобезопасности.
Взрывобезопасность, бытовой газ, нормы надежности, оборудование ГРП

КОВАЛЬОВ О. П., ЛЕХТМАН І. І.
Донецький національний технічний університет
ВЬЮНОВ В. П.
Служба ГРП

Про оцінку вибухобезпеки квартир, що експлуатують побутовий газ. Виконаний аналіз рівня вибухобезпеки газифікованих квартир України. На підставі якого розроблена математична модель, що пояснює процес виникненні вибухів побутового газу в квартирах внаслідок відмов устаткування ГРП. Запропонована методика розрахунків вибухобезпеки квартир, що дозволяє завдавати норми надійності на захисну арматуру ГРП, термін її діагностування, завдяки яким забезпечується нормований рівень вибухобезпеки.
Вибухобезпека, побутовий газ, норми надійності, устаткування ГРП