

Ю.О. Абрамов, В.І. Кривцова, А.О. Михайлюк

Національний університет цивільного захисту України, Харків, Україна

ІНФОРМАЦІЙНІ МОЖЛИВОСТІ ПЕРЕХІДНОЇ ФУНКЦІЇ ГАЗОГЕНЕРАТОРА СИСТЕМИ ЗБЕРІГАННЯ ТА ПОДАЧІ ВОДНЮ ДЛЯ ОЦІНКИ ЙОГО РІВНЯ ПОЖЕЖОНЕБЕЗПЕКИ

Розглянуто три варіанти визначення параметрів газогенератора із використанням його перехідної функції. Ці параметри є аргументами функції Лапласа, за допомогою яких визначаються показники амплітудної та фазової надійності газогенератора. Для визначення параметрів газогенератора використовується величина перехідної функції, а також значення похідних та інтегралів від неї в два апріорі заданих моменти часу.

Ключові слова: газогенератор, рівень пожежонебезпеки, перехідна функція.

Постановка проблеми

Ключовою складовою водневої економіки є виробництво, зберігання, доставка та використання водню [1]. При цьому однією із основних проблем при експлуатації водневих систем залишається забезпечення їх пожежовибухобезпеки [2]. Серед систем зберігання та подачі водню найбільш перспективними є твердотільні системи, експлуатація яких потребує розробки відповідних методів та заходів щодо забезпечення їх необхідного рівня пожежовибухобезпеки. Однією із проблем при цьому є забезпечення інваріантності оцінок рівня пожежовибухобезпеки систем зберігання та подачі водню стосовно суб'єктивного фактору внаслідок використання експертних оцінок. Для розв'язання цієї проблеми можуть бути використані інструментальні методи з визначення параметрів системи зберігання та подачі водню або її основних елементів, які виступають як початкові дані при реалізації алгоритмів одержання оцінок рівня пожежовибухобезпеки таких систем.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

В [3] наведений алгоритм визначення рівня пожежонебезпеки систем зберігання та подачі водню, який наведено у вигляді граф-схеми. Така граф-схема використовується для побудови системи логічних функцій, які забезпечують перехід до ймовірнісних показників. Але побудова такої граф-схеми пов'язана з використанням експертних суджень, що вносить елемент невизначеності в оцінку рівня пожежонебезпеки системи зберігання та подачі водню. Використання показників надійності для одержання оцінок рівня пожежонебезпеки таких систем послаблює вплив суб'єктивного фактора [4], але при цьому враховуються лише катастрофічні

відмови елементів системи. Слід зазначити, що відсутність даних стосовно показників надійності систем зберігання та подачі водню обмежує можливість їх використання [5, 6]. В [7] надійність газогенератора системи зберігання та подачі водню визначається із використанням даних стосовно його постійних часу, які є узагальненими параметрами газогенератора. Але такий підхід не враховує статичний параметр газогенератора – коефіцієнт передачі, варіації якого можуть суттєво впливати на показники надійності. Для визначення параметрів газогенератора (у тому числі і коефіцієнта передачі) можуть використовуватись його частотні характеристики [8]. Однак методи визначення частотних характеристик газогенератора мають ряд недоліків:

- великий час вимірювань;
- складність обладнання для проведення вимірювань на низьких та особливо на інфранизьких частотах;
- умови вимірювань та параметри газогенератора змінюються під час вимірювань;
- велика кількість обладнання.

Все це дає підстави для проведення досліджень, спрямованих на визначення параметрів газогенератора системи зберігання та подачі водню із використанням інших джерел інформації. До числа таких джерел можуть бути віднесені, зокрема, часові характеристики газогенератора.

Мета та задачі дослідження

Метою роботи є виявлення інформаційних можливостей перехідної функції газогенератора системи зберігання та подачі водню для оцінки рівня його пожежонебезпеки.

Для досягнення цієї мети необхідно вирішити наступні задачі:

– показати зв'язок між параметрами перехідної функції газогенератора і показниками надійності, які використовуються для одержання оцінки рівня його пожежонебезпеки;

– розробити можливі варіанти визначення параметрів газогенератора із використанням його перехідної функції, в основі яких лежить одержання інформації в апіорі задані моменти часу протягом перехідного процесу роботи газогенератора;

– навести приклад реалізації методу одержання інформації для визначення амплітудної та фазової надійності газогенератора.

Виклад основного матеріалу

В [9] показано, що для одержання оцінки рівня пожежонебезпеки системи зберігання та подачі водню доцільно використовувати показники надійності, зокрема, газогенератора. Одним із таких показників надійності газогенератора є ймовірність його безвідмовної роботи, яка включає дві мультиплікативні складові: складову, що враховує катастрофічні відмови, і складову, що враховує параметричні відмови. До показників надійності стосовно параметричних відмов відносяться показники амплітудної P_A та фазової P_ϕ надійності газогенератора. Для визначення цих показників використовуються вирази:

$$P_A = P(\delta A < \delta A_0) = \Phi(3\delta A_0 \delta K^{-1}); \quad (1)$$

$$P_\phi = P(\delta \phi < \delta \phi_d) = \Phi(3\delta \phi_d \delta \tau^{-1}), \quad (2)$$

де δA , $\delta \phi$ – відносні похибки амплітудно-частотної та фазово-частотної характеристик газогенератора;

δA_d , $\delta \phi_d$ – допустимі значення похибок δA та $\delta \phi$;

δK , $\delta \tau$ – відносні похибки параметрів K та τ газогенератора;

$\Phi(\bullet)$ – функція Лапласа.

Визначення параметрів K та τ може здійснюватися за допомогою як частотних, так і часових динамічних характеристик газогенератора. Розглянемо інформаційні можливості такої часової характеристики газогенератора, як його перехідна функція. Для динамічної моделі газогенератора може використовуватись перехідна функція, яка відповідає перехідній функції аперіодичної ланки. У цьому випадку перехідна функція $x(t)$ газогенератора буде описуватись виразом:

$$x(t) = KAL^{-1}[(p(\tau_p + 1))^{-1}] \quad (3)$$

де A – величина стрибкоподібної зміни площі вихідного отвору газогенератора;

L^{-1} – оператор зворотного перетворення Лапласа;
 p – комплексна змінна.

Із (3) витікає, що має місце:

$$x(t) = KA \left[1 - \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right) \right]. \quad (4)$$

Розглянемо три варіанти одержання інформації стосовно параметрів K та τ із використанням перехідної функції вигляду (4).

Варіант 1. В апіорі задані моменти часу t_1 та t_2 здійснюється вимірювання величин $x_1(t) = x(t_1)$ та $x_2(t) = x(t_2)$ перехідної функції $x(t)$ газогенератора.

Для параметра τ газогенератора у відповідності із (4) має місце вираз:

$$\tau = -t \left[\ln[1 - x(KA)^{-1}] \right]^{-1}. \quad (5)$$

Якщо виконується умова

$$x(KA)^{-1} < 1,0, \quad (6)$$

що забезпечується вибором величини t_1 та t_2 , то можна прийняти до уваги наближення [10]:

$$\begin{aligned} \ln[1 - x(KA)^{-1}] &= \\ &= -[x(KA)^{-1} + 0,5x^2(KA)^{-2}] \end{aligned} \quad (7)$$

При $x(KA)^{-1} \leq 0,3$ величина методичної похибки у цьому разі не перевищує 0,9%.

Для моментів часу t_1 та t_2 після об'єднання (5) та (7) має місце співвідношення:

$$\begin{aligned} \tau &= t_1 \left[x_1(KA)^{-1} [1 + 0,5x_1(KA)^{-1}]^{-1} \right] = \\ &= t_2 \left[x_2(KA)^{-1} [1 + 0,5x_2(KA)^{-1}]^{-1} \right], \end{aligned} \quad (8)$$

із якого витікає вираз для параметра K :

$$K = (t_2 x_1^2 - t_1 x_2^2) [2A(t_1 x_2 - t_2 x_1)]^{-1}. \quad (9)$$

Вираз для параметра τ визначається після підстановки (9) в (8) і має вигляд:

$$\tau = \frac{(t_2 x_1^2 - t_1 x_2^2)^2}{[2x_1 x_2 (x_1 - x_2)(t_1 x_1 - t_2 x_2)]^{-1}}. \quad (10)$$

Використання виразів (9) та (10) для визначення параметрів газогенератора K та τ потребує вимірювання величин його перехідної функції $x(t)$ в апіорі задані моменти часу t_1 та t_2 при апіорі заданій величині параметра A . Особливістю цього варіанта визначення параметрів газогенератора системи зберігання та подачі водню є наявність методичної похибки, яка обумовлена використанням співвідношення (7).

Варіант 2. В апіорі задані моменти часу t_1 та t_2 здійснюється вимірювання величин $x_1 = x(t_1)$ та $x_2 = x(t_2)$ перехідної функції газогенератора та величин $B_1 = \dot{x}(t_1)$ та $B_2 = \dot{x}(t_2)$ похідної $\dot{x}(t)$ перехідної функції.

Внаслідок того, що

$$B(t) = \frac{dx(t)}{dt} = KA\tau^{-1} \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right), \quad (11)$$

вираз (4) трансформується наступним чином:

$$x(t) = KA - \tau B(t). \quad (12)$$

Для моментів часу t_1 та t_2 має місце система алгебраїчних рівнянь:

$$\begin{aligned} KA - \tau B_1 &= x_1; \\ KA - \tau B_2 &= x_2, \end{aligned} \quad (13)$$

де

$$B_i = \frac{dx(t_i)}{dt}, \quad i = 1, 2. \quad (14)$$

Рішення системи (13) визначають вирази для параметрів газогенератора K та τ , які мають вигляд:

$$K = (x_2 B_1 - x_1 B_2)[A(B_1 - B_2)]^{-1}; \quad (15)$$

$$\tau = (x_2 - x_1)(B_1 - B_2)^{-1}. \quad (16)$$

Особливістю такого варіанта визначення пара-

метрів газогенератора системи зберігання та подачі водню є те, що вирази (15) та (16) інваріантні відносно моментів часу t_1 та t_2 . Крім того, вирази (15) та (16) за своєю структурою значно простіше у порівнянні із виразами (9) та (10).

Варіант 3. В апіорі задані моменти часу t_1 та t_2 здійснюється вимірювання величин $x_1 = x(t_1)$ та $x_2 = x(t_2)$ перехідної функції газогенератора та величин:

$$J_1 = \int_0^{t_1} x(t) dt \text{ та } J_2 = \int_0^{t_2} x(t) dt. \quad (17)$$

Для моменту часу t_i має місце

$$J_i = \int_0^{t_i} x(t) dt = KA t_i - \tau x_i, \quad (18)$$

внаслідок чого для моментів часу t_1 та t_2 можна записати систему алгебраїчних рівнянь:

$$\begin{aligned} KA t_1 - \tau x_1 &= J_1; \\ KA t_2 - \tau x_2 &= J_2. \end{aligned} \quad (19)$$

Рішеннями цієї системи будуть вирази для визначення параметрів газогенератора K та τ , які мають вигляд:

$$K = (x_1 J_2 - x_2 J_1)[A(t_2 x_1 - t_1 x_2)]^{-1}; \quad (20)$$

$$\tau = (t_1 J_2 - t_2 J_1)(t_2 x_1 - t_1 x_2)^{-1}. \quad (21)$$

Структура цих виразів простіша, ніж структура виразів для першого варіанта визначення параметрів газогенератора системи зберігання та подачі водню, але складніша, ніж для другого варіанта. Зокрема, для реалізації першого варіанта визначення параметрів K та τ необхідно 19 арифметичних операцій, для другого варіанта – 8 арифметичних операцій, а для третього варіанта – 12 арифметичних операцій. Стосовно інструментальних похибок вимірювання інформаційних параметрів, то у першому варіанті має місце похибка, яка обумовлена неточністю вимірювання параметрів x_1 , а в другому та третьому варіантах додатково мають місце похибки, що обумовлені відповідно неточністю вимірювання параметрів B_1 та τ_1 .

На рис. 1 як приклад наведена структурна

схема для реалізації алгоритму визначення параметрів K та τ газогенератора системи зберігання та подачі водню згідно із другим варіантом.

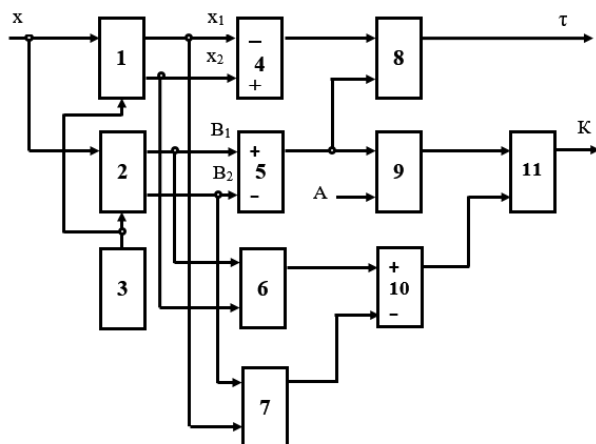


Рис. 1. Структурна схема алгоритму визначення параметрів газогенератора: 1 – блок вимірювання параметрів x_1 ; 2 – блок вимірювання параметрів B_1 ; 3 – блок формування параметрів t_1 ; 4, 5, 10 – суматори; 6, 7, 9 – блоки множення; 8, 11 – блоки ділення

За допомогою блока 3 формуються моменти часу t_1 та t_2 , в які блоки 1 та 2 вимірюють величини x_1 та B_1 відповідно. Блоки 4÷11 забезпечують реалізацію виразів (15) та (16) для визначення параметрів K та τ (на виходах блоків 11 та 8). Параметр A на вході блока 9 задається апіорі. Слід зазначити, що на вибір величин t_1 та t_2 не накладається обмежень, крім виконання умов:

$$t_1 < t_2; t_2 \leq (0,5 \div 1,5)\tau_0, \quad (22)$$

де τ_0 – номінальна величина параметра τ газогенератора.

Після визначення поточних величин параметрів K та τ газогенератора визначаються величини їх відносних похибок δK та $\delta \tau$ із використанням виразів:

$$\begin{aligned} \delta K &= \text{abs}((K - K_0)K_0^{-1}), \\ \delta \tau &= \text{abs}((\tau - \tau_0)\tau_0^{-1}), \end{aligned} \quad (23)$$

де K_0 – номінальна величина параметра K газогенератора.

При виборі варіанта для визначення параметрів газогенератора насамперед слід надати перевагу

другому варіанту. Можливе використання і всіх варіантів для визначення параметрів газогенератора. У цьому випадку буде реалізований метод, який в теорії вимірювань відомий як метод комплексування. Величини відносних похибок δK та $\delta \tau$ при цьому визначаються виразами:

$$\delta K = (3K_0)^{-1} \sum_{i=1}^3 \text{abs}(K_i - K_0); \quad (24)$$

$$\delta \tau = (3\tau_0)^{-1} \sum_{i=1}^3 \text{abs}(\tau_i - \tau_0), \quad (25)$$

де K_i , τ_i – параметри газогенератора, які визначаються у відповідності із i -тим варіантом.

Слід зазначити, що при реалізації будь-якого із наведених алгоритмів визначення параметрів K та τ газогенератора відсутній суб'єктивний фактор, пов'язаний із використанням експертних оцінок. Всі три варіанти визначення параметрів газогенератора орієнтовані на їх реалізацію в автоматичному режимі роботи.

Висновки

1. Показано, що між параметрами перехідної функції газогенератора: коефіцієнта передачі та постійною часу – існує зв'язок через функцію Лапласа із показниками його надійності, які враховують параметричні відмови.

2. Розроблено три варіанти визначення параметрів газогенератора із використанням його перехідної функції, в основі яких лежить одержання інформації в два апіорі заданих моменти часу, що не перевищують часу перехідного процесу. В якості такої інформації використовуються величини перехідної функції, а також значення її похідних та інтегралів в ці моменти часу.

3. Як приклад реалізації методу визначення параметрів газогенератора наведений його варіант із використанням в два апіорі заданих моменти часу інформації стосовно величин перехідної функції газогенератора та значень її похідної. Цей варіант відрізняється від інших інваріантністю стосовно величин часових параметрів і мінімальною кількістю арифметичних операцій при його реалізації.

Література

1. Hydrogen storage technologies for stationary and mobile applications: Review, analysis and perspectives / I. A. Hassan, H. S. Ramadan, M. A. Saleh, D. Hissel // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. – 2021. – Vol. 149. – Article 111311. – DOI: [10.1016/j.rser.2021.111311](https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111311).
2. Evaluation and prediction of the safe distance in liquid hydrogen spill accident / Y. Liu, Z. Liu, J. Wei, Y. Lan, S. Yang, T. Jin // *Process Safety and Environmental Protection*. – 2021. – Vol. 146. – P. 1–8. – DOI: [10.1016/j.psep.2020.08.037](https://doi.org/10.1016/j.psep.2020.08.037).

3. Абрамов Ю. О. Системи зберігання та подачі водню на основі твердих речовин для бортових енергетичних установок / Ю. О. Абрамов, В. І. Кривцова, В. В. Соловей. – Харків : Фоліо, 2002. – 277 с.
4. Абрамов Ю. О. Алгоритм забезпечення необхідного рівня пожежної безпеки об'єктів / Ю. О. Абрамов, В. О. Росоха, В. І. Кривцова // Проблеми пожежної безпеки. – 2000. – Вип. 7. – С. 3–6.
5. Correa-Jullian C. Data requirements for improving the Quantitative Risk Assessment of liquid hydrogen storage systems / C. Correa-Jullian, K. M. Groth // *International Journal of Hydrogen Energy*. – 2022. – Vol. 47, Issue 6. – P. 4222–4235. – DOI: [10.1016/j.ijhydene.2021.10.266](https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2021.10.266).
6. Correa-Jullian C. Opportunities and data requirements for data-driven prognostics and health management in liquid hydrogen storage systems / C. Correa-Jullian, K. M. Groth // *International Journal of Hydrogen Energy*. – 2022. – Vol. 47, Issue 43. – P. 18748–18762. – DOI: [10.1016/j.ijhydene.2022.04.048](https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2022.04.048).
7. Абрамов Ю. О. Алгоритм визначення показника надійності газогенератора системи зберігання та подачі водню / Ю. О. Абрамов, В. І. Кривцова, А. О. Михайлюк // *Комунальне господарство міст. Серія: Технічні науки та архітектура*. – 2021. – № 4 (164). – С. 153–157. – DOI: [10.33042/2522-1809-2021-4-164-153-157](https://doi.org/10.33042/2522-1809-2021-4-164-153-157).
8. Дейч А. М. Методи ідентифікації динамічних об'єктів / А. М. Дейч. – М. : Енергія, 1979. – 240 с.
9. Determining the possibility of the appearance of a combustible medium in the hydrogen storage and supply system / Yu. Abramov, O. Basmanov, V. Krivtsova, A. Mikhayluk, I. Khmyrov // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. – 2023. – Vol. 2, No. 10 (122). – P. 47–54. – DOI: [10.15587/1729-4061.2023.276099](https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.276099).
10. Tables of integrals and other mathematical data / [H. B. Dwight] ; ed. by E. R. Hedrick. – 3rd ed. – New York, NY (USA) : The Macmillan Company, 1957. – 288 p. – (A Series of Mathematical Texts For Colleges). – Regime of access: <https://www.dce.uni-sofia.bg/shares/pk/Mathematics-for-Pharmacy-BG/Dwight.%20Tables%20of%20Integrals.pdf>, free (date of the application: 05.12.2023).

References

1. Hassan, I. A., Ramadan, H. S., Saleh, M. A., & Hissel, D. (2021). Hydrogen storage technologies for stationary and mobile applications: Review, analysis and perspectives. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 149, 111311. DOI: [10.1016/j.rser.2021.111311](https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111311)
2. Liu, Y., Liu, Z., Wei, J., Lan, Y., Yang, S., & Jin, T. (2021). Evaluation and prediction of the safe distance in liquid hydrogen spill accident. *Process Safety and Environmental Protection*, 146, 1–8. DOI: [10.1016/j.psep.2020.08.037](https://doi.org/10.1016/j.psep.2020.08.037)
3. Abramov, Yu. O., Kryvtsova, V. I., & Solovei, V. V. (2002). Solids-based hydrogen storage and supply systems for on-board power plants. *Folio*.
4. Abramov, Yu. O., Rosokha, V. O., & Kryvtsova, V. I. (2000). Algorithm for ensuring the required level of fire safety of facilities. *Problems of fire safety*, (7), 3–6.
5. Correa-Jullian, C., & Groth, K. M. (2022). Data requirements for improving the Quantitative Risk Assessment of liquid hydrogen storage systems. *International Journal of Hydrogen Energy*, 47(6), 4222–4235. DOI: [10.1016/j.ijhydene.2021.10.266](https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2021.10.266)
6. Correa-Jullian, C., & Groth, K. M. (2022). Opportunities and data requirements for data-driven prognostics and health management in liquid hydrogen storage systems. *International Journal of Hydrogen Energy*, 47(43), 18748–18762. DOI: [10.1016/j.ijhydene.2022.04.048](https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2022.04.048)
7. Abramov, Yu., Kryvtsova, V., & Mykhailiuk, A. (2021). Algorithm for determination of reliability indicator of gas

generator of hydrogen storage and supply system. *Municipal Economy of Cities. Series: Engineering science and architecture*, 4(164), 153–157. DOI: [10.33042/2522-1809-2021-4-164-153-157](https://doi.org/10.33042/2522-1809-2021-4-164-153-157) [in Ukrainian]

8. Deich, A. M. (1979). *Methods of identification of dynamic objects*. Energy.

9. Abramov, Yu., Basmanov, O., Krivtsova, V., Mikhayluk, A., & Khmyrov, I. (2023). Determining the possibility of the appearance of a combustible medium in the hydrogen storage and supply system. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2(10(122)), 47–54. DOI: [10.15587/1729-4061.2023.276099](https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.276099)

10. Dwight, H. B. (1957). *Tables of integrals and other mathematical data* (3rd ed.). The Macmillan Company. Retrieved from <https://www.dce.uni-sofia.bg/shares/pk/Mathematics-for-Pharmacy-BG/Dwight.%20Tables%20of%20Integrals.pdf>

Рецензент: д-р техн. наук, проф., головний науковий співробітник наукового відділу з проблем цивільного захисту та техногенно-екологічної безпеки науково-дослідного центру О.Є. Басманов, Національний університет цивільного захисту України, Україна.

Автор: АБРАМОВ Юрій Олексійович
доктор технічних наук, професор, головний науковий співробітник науково-дослідного центру
Національний університет цивільного захисту України
E-mail – abramov121146@gmail.com
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7901-3768>

Автор: КРИВЦОВА Валентина Іванівна
доктор технічних наук, професор, професор кафедри фізико-математичних дисциплін факультету техногенно-екологічної безпеки
Національний університет цивільного захисту України
E-mail – krivtsovav53@gmail.com
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8254-5594>

Автор: МИХАЙЛЮК Андрій Олександрович
кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, начальник докторантури, ад'юнктури
Національний університет цивільного захисту України
E-mail – mihayluk.nuczu@gmail.com

**INFORMATION CAPABILITIES OF THE TRANSITION FUNCTION OF THE
HYDROGEN STORAGE AND SUPPLY SYSTEM GAS GENERATOR
TO ASSESS ITS FIRE HAZARD LEVEL**

Yu. Abramov, V. Kryvtsova, A. Mykhailiuk

National University of Civil Defense of Ukraine, Kharkiv, Ukraine

To estimate the level of fire hazard of hydrogen storage and supply systems, it is advisable to use reliability indicators, in particular, of their core element, which is a gas generator. Such indicators include indicators of amplitude and phase reliability of the gas generator, which are determined through the Laplace function. The arguments of this function are the relative errors of the parameters of the gas generator, which are determined by its transition function. Three options for determining the parameters of the gas generator have been developed, the feature of which is obtaining information about its parameters at two a priori given moments. The magnitudes of these moments do not exceed the time of the transient process. In the a priori specified moments, the values of the transient fraction are measured (option 1), and the values of its derivative (option 2) or the value of the integral of the transient function (option 3) are additionally measured. Algorithms for processing the received information have been developed for all options, the implementation of which ensures the determination of gas generator parameters. In terms of its structure, the second option for determining gas generator parameters is the simplest, which has 1.5 times fewer arithmetic operations compared to the first option. In addition, the second option for determining the parameters of the gas generator is invariant to the value of the time parameters that determine the measurement moments. The results of determining the parameters of the gas generator and their nominal values are used to determine the arguments of the Laplace functions. We have specified that when determining the parameters of the gas generator, the complexing method can be used, which involves the implementation of all three information processing algorithms. As an example of the second option of determining gas generator parameters, the structural diagram of the algorithm is presented. We have emphasised that the implementation of the developed algorithms for determining the parameters of the gas generator has no subjective factor associated with the use of expert judgments.

Keywords: gas generator, fire hazard level, transition function.