

В.А. Трефилов

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь, Россия

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА РИСКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ТРУБОПРОВОДОВ

Рассматривается комплексный подход к оценкам риска технологических трубопроводов, входящих в установки переработки нефти и газа. Учитывается влияние не только конструктивных параметров установки, но и влияние персонала и природной среды.

Ключевые слова: риск, трубопровод, персонал, природная среда, оценки риска.

V.A. Trefilov

Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russia

INTEGRATED RISK ASSESSMENT PROCESS PIPING

This article discusses an integrated approach to risk assessment process piping, installation included in the oil and gas. Take into account the impact not only the design parameters of the installation, but also the influence of staff and the environment.

Keywords: risk, pipeline, personnel, natural environment, risk assessment.

Риск как вероятностная оценка возможности неблагоприятного события на технологических трубопроводах переработки нефти и газа сегодня оценивается только через надежность собственно трубопровода. Однако очевидно, что конструкция работает под управлением человека и в условиях природной среды. Поскольку природная среда для всех предприятий различна, как различны по психофизиологическим, физическим, умственным и гражданским характеристикам люди, работающие на этих предприятиях, то чисто статистический подход к оценке риска невозможен, ибо предприятия не могут быть отнесены к одной генеральной совокупности. Отсюда возникает задача оценки риска для каждого предприятия, даже для каждой установки персонально.

Вероятность возникновения неблагоприятного события будем рассматривать как полную вероятность:

$$Q_c = Q_T Q_L Q_E (Q_T + Q_L)(Q_T + Q_E)(Q_L + Q_E)(Q_T + Q_L + Q_E), \quad (1)$$

где Q_c – вероятность неблагоприятного события на установке;
 Q_T – вероятность отказа техники;
 Q_L – вероятность неправильных действий персонала;
 Q_E – вероятность неблагоприятных воздействий природной среды.

В работе [1] рассмотрена модель безопасности рабочего места. Исходя из неё, можно утверждать, что Q_T определяется как вероятность того, что $B_{pm} \leq 0$.

$$Q_T = \text{Вер} [B_{pm} \leq 0]. \quad (2)$$

B_{pm} вычисляется через рабочие параметры φ^p , ρ^p и τ^p . При этом очевидно, что для трубопроводов φ^p определяется величинами давления, ρ^p определяется толщиной стенок трубопроводов, а τ^p – временем отключения подачи продукта в трубопровод.

Получим

$$\varphi^p = \varphi_0 \left[1 + \frac{\hat{C}_\varphi}{\hat{\sigma}_\varphi \sqrt{2\pi}} \exp \left(-\frac{(\varphi(t) - M_\varphi)^2}{2\sigma_\varphi^2} \right) \right], \quad (3)$$

где φ_0 – номинальное значение давления в системе;
 C_φ – коэффициент усечения;
 M_φ – математическое ожидание распределения давления в трубопроводе;
 σ_φ – среднее квадратическое отклонение распределения давления.

$$\rho^p = \rho_0 \left\{ 1 + \left[e^{-K_\rho t} + \frac{\hat{C}_\rho}{\hat{\sigma}_\rho \sqrt{2\pi}} \exp \left(-\frac{(\rho(t) - M_\rho)^2}{2\sigma_\rho^2} \right) e^{-\lambda_\rho t} \right] \right\}, \quad (4)$$

где ρ_0 – начальное значение толщины стенки трубопровода;
 K_ρ – показатель изменения толщины стенки трубопровода:
 $K_\rho = K_{\rho 1} + K_{\rho 2} + K_{\rho 3}$;
 $K_{\rho 1}$ – показатель износа;
 $K_{\rho 2}$ – показатель коррозии;
 $K_{\rho 3}$ – показатель старения материала;
 C_ρ – коэффициент усечения;
 M_ρ – математическое ожидание толщины стенки трубопровода;

σ_p – среднее квадратическое отклонение распределения толщины стенки;

λ_p – интенсивность отказов трубопровода.

$$\tau^p = \tau_0 \left\{ 1 + \left[e^{-K_\tau t} + \frac{\hat{C}_\tau}{\hat{\sigma}_\tau \sqrt{2\pi}} \exp \left(-\frac{(\tau(t) - M_\tau)^2}{2\sigma_\tau^2} \right) e^{-\lambda_\tau t} \right] \right\}, \quad (5)$$

где τ_0 – номинальное время отключения давления в трубопроводе;

K_τ – показатель постепенного изменения времени срабатывания аппаратуры отключения;

λ_τ – интенсивность отказов аппаратуры отключения.

Таким образом, легко определяется величина B_{pm} и, следовательно, Q_T .

Величина Q_L определяется на тренажной аппаратуре и вычисляется по вероятности своевременной и безошибочной работы:

$$Q_L = 1 - P_{сб}. \quad (6)$$

Для этого тренажная аппаратура должна содержать счетчики времени на каждую операцию и временные нормативы в документации, а также жесткую последовательность выполнения операции, выполнение которой обеспечивает безопасность ведения работ. Это особенно важно в аварийных или критических ситуациях, отработка которых также должна производиться на тренажерах.

Профессиограмма, отражающая требование к работе каждого оператора установки, описывает конкретные требования для работы на конкретном оборудовании с последовательными и временными нормативами. Именно выполнение этих требований и определяет $P_{сб}$.

Определение величины Q_E – вероятности создания неблагоприятного события по природным причинам исходит из конкретных природно-климатических условий и конструкции установки. Существенно низкие температуры приводят к хрупкости материала трубопровода, существенно высокие температуры приводят к росту давления в трубопроводе, смерчи, тайфуны могут привести к сдвигу или опрокидыванию установки или отдельных ее частей. Для оценки Q_E необходимо определить из средних многолетних наблюдений частоту таких событий и из неё оценить вероятность таких событий.

В этом случае величина риска будет комплексно оценивать возможность неблагоприятного события, зависящего не только от конструкции, но и от человека и природы.

Об авторах

Трефилов Виктор Александрович (Пермь, Россия) – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой безопасности жизнедеятельности (614990, г. Пермь, комсомольский пр., 29, e-mail: bg@pstu.ru).

About the authors

Trefilov Viktor (Perm, Russia) – doctor of technical sciences, professor, head of chair of Safety (614990, Perm, Komsomol prospect, 29, e-mail: bg@pstu.ru).

Получено 09.09.2011