

УДК 623.6:355.415

А.П. Лаврентьев

**ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА
ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ НАДЕЖНОСТИ РЕЗЕРВУАРОВ
ДЛЯ НЕФТЕПРОДУКТОВ С УЧЕТОМ ТРЕБОВАНИЙ
ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

Проведен системный анализ показателей качества, оптимизации требований и надежности вертикальных резервуаров для нефтепродуктов, с учетом требований промышленной безопасности. Может использоваться аспирантами и студентами при проведении исследований в данной области.

Ключевые слова: оптимизация, надежность резервуаров, РВС, промышленная безопасность.

Одними из наиболее дорогостоящих элементов резервуарных парков, являются стальные вертикальные резервуары (РВС), количество и объем которых обеспечивают вместимость склада и от них также зависит надежность и промышленная безопасность (ПБ).

Для оптимизации показателей качества РВС с учетом требований ПБ и условий функционирования склада [1] необходимо учесть:

- динамику надежности РВС в зависимости от прочностных свойств материала и конструкции, а также условия эксплуатации;
- стоимостные параметры, зависящие от количественного и качественного состава резервуарных парков, систем обнаружения утечек и пожаротушения;
- требования ПБ к резервуарным паркам [2].

В ряде публикаций приведены результаты анализа исследований эксплуатации РВС и их технического состояния. В принципе эту информацию целесообразно представлять в виде блоков (рис. 1).

В основу метода прогноза состояния резервуара должен быть положен поиск интегрального результата «взаимодействия», уровня надежности РВС с функциональной средой, для чего применима стохастическая модель динамики надежности резервуара, учитывающая запас прочности сборочных единиц и деталей, с одной стороны, и разрушающие процессы, обусловленные условиями эксплуатации — с другой.

Реализация такой модели невозможна без опорного уровня надежности, обеспечивающего техническую информацию по прочностным параметрам конструкции резервуара и меры его приспособленности к условиям эксплуатации.

Общая структура формирования опорного уровня надежности резервуара приведена на рис. 2.

В дальнейшем принимаем порядок прогнозирования, предусматривающий системный подход «деталь — сборочная единица — резервуар», при этом принимаем, что соединение деталей по структурной схеме надежности для резервуара — последовательное; эксплуатационные нагрузки, действующие на конструкцию (S) и несущую способность конструкции по прочности (R).

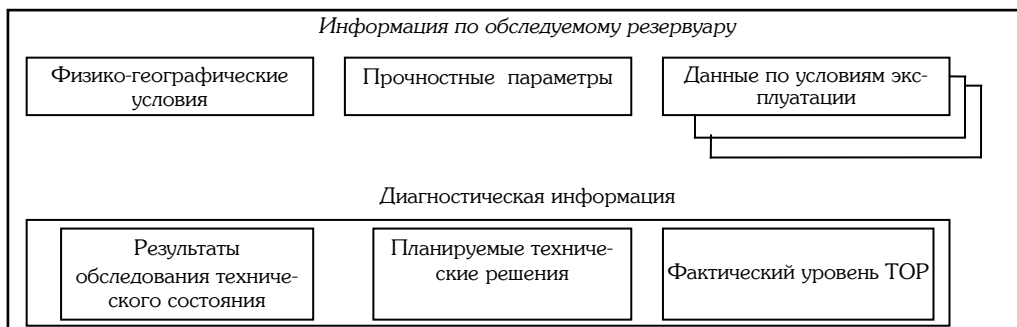


Рис. 1. Схема потока информации для прогноза технического состояния резервуара



Рис. 2. Структура формирования опорного уровня надежности резервуара

Другим важным для дальнейших рассуждений допущением примем условие, что внезапные и постепенные отказы деталей — события независимые, а соединение деталей по структурной схеме надежности для резервуара — последовательное.

Эти допущения позволяют представить вероятность безотказной работы резервуара в виде произведения вероятностей безотказной работы относительно внезапных и постепенных отказов для последовательно соединенных деталей сборочных единиц, определяющих уровень надежности резервуара в целом [3],

$$P_{\Phi}(t) = \prod_1^N P_{iB}(t)P_{iП}(t), \tag{1}$$

где $P_{iB}(t)$, $P_{iП}(t)$ — вероятность безотказной работы резервуара относительно внезапных и постепенных отказов деталей; N — количество деталей, определяющих надежность резервуара.

Внезапные отказы резервуара наиболее вероятны в начальный период эксплуатации, что связано с причинами технологического порядка на уровне качества резервуарных сталей и строительства резервуара

$$\text{Вер}(R < S) = \frac{1}{4} \left[\Phi\left(\frac{S + n\sigma_S - S}{\sigma_S}\right) - \Phi\left(\frac{R + m\sigma_R(t) - S}{\sigma_S}\right) \right] * \\ * \left[\Phi\left(\frac{S + n\sigma_S - R}{\sigma_R(t)}\right) - \Phi\left(\frac{R - m\sigma_R(t) - R}{\sigma_R(t)}\right) \right], \quad (2)$$

где S, σ_S — математическое ожидание (МО) и среднее квадратическое отклонение (СКО) обобщенной нагрузки, $H; R, \sigma_R(t)$ — МО и СКО несущей способности, $H; \Phi(z)$ — функция Лапласа; m, n — кратность СКО.

Снижение «технологической неопределенности» возможно формализовать за счет введения функциональной зависимости среднее квадратическое отклонение несущей способности $\sigma_R(t)$ от времени функционирования резервуара в виде

$$\sigma_R(t) = \sigma_{R0} e^{-t_\phi / K_{БД} T_p}, \quad (3)$$

где σ_{R0} — СКО в начальный момент функционирования резервуара; t_ϕ — время функционирования резервуара; T_p — время проявления скрытых производственных дефектов в материале и конструкции РВС; $K_{БД}$ — коэффициент полноты проявления дефектов.

Приняв события отказа по этим причинам независимыми, будем рассчитывать вероятность безотказной работы относительно постепенных отказов деталей резервуара по формуле

$$P_{\text{фл}}(t) = \sum_{i=1}^N P_{\text{ик}}(t) P(t)_{\text{уст}}, \quad (4)$$

где $P_{\text{ик}}(t), P(t)_{\text{уст}}$ — вероятность безотказной работы относительно коррозионных процессов и усталостных разрушений.

Таким образом, в соответствии с принятой концепцией прогноз надежности резервуара может быть решен с помощью системной теории, в рамках которой резервуар рассматривается как построенная техническая система, состоящая из совокупности сборочных единиц и деталей, взаимодействующих с окружающей средой в цикловом режиме нагрузок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кондрашова О.Г., Назарова М.Н. Причинно-следственный анализ аварий вертикальных стальных резервуаров. // Нефтегазовое дело. — М.: ЦНИИТЭнефтехим, 2004.
2. Котляревский В.А., Шаталов А.А., Ханухов Х.М. Безопасность резервуаров и трубопроводов. М.: Экономика и информатика. 2000. 552 с.
3. Гнеденко Б.В., Беляев Ю.К., Соловьев А.Д. Математические методы в теории надежности. — М.: Наука, 1965. — 333 с. **ГИАБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРЕ

Лаврентьев Александр Петрович — ООО «Балтнефтепровод», Lavrentiev.a.p@mail.ru.