

Определение надежности систем аспирации

Н.И. Галкина, К.А. Варельджан

Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону

Аннотация: Рассматриваются вопросы, связанные с определением технологической надежности систем аспирации. Предложены зависимости для определения величины накопления повреждений до отказа при наличии и отсутствии экспериментальных данных.

Ключевые слова: система аспирации, технологическая надежность, отказ, износ, повреждение, закон распределение случайной величины, величина накопления повреждений.

Расчет надёжности систем аспирации предполагает в первую очередь определение технологической надежности. А затем, при достижении требуемого уровня последней, и расчет санитарно-гигиенической надежности, так как санитарно-гигиеническая надёжность является ужесточающим требованием, оценивающим работоспособности системы [1].

В связи с этим, имеет смысл более подробно остановиться на определении технологической надежности аспирационных систем, а именно ее математическом описании [2].

Для описания технологической надежности технических систем, в целом, используется ряд законов распределения случайной величины как классических, так и производных, в зависимости от причин отказов системы, что иллюстрирует рис.1.

При анализе большинства предложенных законов речь идет о накапливающихся повреждениях аспирационных систем [3,4]. Для количественной оценки степени этого накопления используется понятие величины накопления повреждения до отказа — r .

Значения величины r позволяют определить закон распределения случайной величины, по которому и будет оценена технологическая надежность системы аспирации:



Рис. 1. – Схема математического описания надёжности систем аспирации

- при $r = 1$ причиной отказа являются мгновенные повреждения, описываемые экспоненциальным законом;
- при $r > 1$ износ наступает при постепенном накоплении повреждений, что учитывает гамма распределение;
- при $r = 9$ гамма распределения заменяется нормальным законом распределения, что обеспечивает погрешность в оценке вероятности безотказной работы не более 10 %;

– при $r = 12$ погрешность в оценке вероятности безотказной работы составляет менее 5 %, что говорит о возможности перехода к нормальным законам распределения случайной величины:

$$r = \begin{cases} 1, \text{ экспоненциальный (внезапный отказ)} \\ 1 - 12, \text{ гамма - распределение (износостойкий отказ)} \\ > 12, \text{ нормальный, лог - нормальный} \end{cases}$$

Оценить параметр r в зависимости от подхода к оценке надежности возможно двумя способами [5]:

– расчёт по экспериментальным данным о времени безотказной работы (при их наличии) по формулам (1, 2, 3):

$$r = \frac{\bar{T}^2}{\sigma_t}, \quad (1)$$

где \bar{T} – математическое ожидание времени безотказной работы; σ_t – среднеквадратичное отклонение времени безотказной работы.

$$\bar{T} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i, \quad (2)$$

где t_i — время исправной работы i - го элемента; n — общее число испытываемых элементов.

$$\sigma_t = \sqrt{\frac{1}{(n-1)} \sum_{i=1}^n (t_i - \bar{T})^2}, \quad (3)$$

– приближённый расчёт по r (при отсутствии экспериментальных данных) [6,7] по формуле (4):

$$r = \frac{M}{y}, \quad (4)$$

где M - текущая величина максимально возможного повреждения; y - единичное повреждение за один цикл, либо за единичный интервал времени.

Для основных факторов отказов аспирационных систем представлены приближенные зависимости [8] определения величины накопления повреждений до отказа элементов систем:

– химическая коррозия внутренних поверхностей:

$$r = \frac{10^3 \delta_{cm}}{U_{кк} T} \quad (5)$$

где δ_{cm} – толщина стенки поверхности износа, м; $U_{кк}$ – скорость химической коррозии, мм/год; T – период воздействия, год.

– абразивный износ внутренних поверхностей [9]:

$$r = \frac{\delta_{cm} g}{\varepsilon C_n \nu_g^3 k_a \tau} \quad (6)$$

где g – ускорение свободного падения, м/с²; ε – вероятность попадания частиц пыли на поверхность износа; C_n – концентрация пыли, мг/м³; ν_g – скорость движения запылённого воздуха вблизи поверхности износа, м/с; k_a – коэффициент абразивности, м²/кг; τ – время воздействия, с.

– налипание пылевых частиц на внутренние поверхности:

$$r = \frac{10^3 L}{\omega_{ад} T} \quad (7)$$

где L – линейный размер живого сечения для прохода воздуха, м; $\omega_{ад}$ – скорость адгезионного взаимодействия пыли, мм/год.

– нарушение герметичности [10]:

$$r = kl \frac{QD_{mt} P^{0.67}}{D_v^2 \nu} \quad (8)$$

где k – коэффициент, зависящий от класса воздуховода; l – длина воздуховодов учитываемой части системы, м; D_v – диаметр воздуховода в месте присоединения к вентилятору, м; Q – расход воздуха в системе, м²/с; D_{mt} – средний диаметр воздуховодов учитываемой части системы, м; p – избыточное статическое давление в месте его присоединения к вентилятору, Па; v – скорость воздуха в воздуховоде в месте его присоединения к вентилятору, м/с.

Таким образом, посчитав величину r для характерной причины отказов системы аспирации, определяем необходимый закон распределения случайной величины, по которому и рассчитываем значение технологической надежности системы аспирации.

Литература

1. Галкина Н.И. Прогноз и повышение надежности работы систем местной вытяжной вентиляции. Автореферат диссертации на соискание ученой степени канд. техн. наук – Ростов-на-Дону, 2004 – 23с.
2. Галкина Н.И. Моделирование процесса прогноза и повышения надежности работы систем вентиляции// Инженерный вестник Дона, 2013, № 4 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2086.
3. Галкина Н.И. КПД систем вентиляции// Инженерный вестник Дона, 2017, № 2 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2017/4106.
4. Новгородский Е.Е., Трубников А.А. Анализ подходов к оценке эффективности улавливания вредностей и прогноза загрязнения воздуха рабочих зон // Инженерный вестник Дона, 2013, № 4 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2012/961.



5. Скорик Т.А., Соколова Г.Н., Галкина Н.И. Обоснование требований к системам пылеулавливания// Инженерный вестник Дона, 2016, № 4 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2016/3887.

6. Галкина Н.И. Надежность работы систем местной вытяжной вентиляции// Наукоедение, 2013, № 5 URL: naukovedenie.ru/PDF/08trgsu513.

7. Strategic Planning for Energy and the Environment of the Association of Energy Engineers. Vol.16, № 4, 1997. Atlanta, Georgia, USA. 98p.

8. Страхова Н.А., Журавлев В.П. Надежность как критерий выбора систем защиты воздушного бассейна// Изв. акад. пром. экологии. – М.: Изд-во АПЭ, 1998. – № 1. – С. 64-67.

9. Jaakkola¹, Olli P. Mechanical Ventilation in Office Buildings and the Sick Building Syndrome. An Experimental and Epidemiological Study. Prague. 2004. 12.p.

10. Саранчук В.И. Системы борьбы с пылью на промышленных предприятиях/ В.И. Саранчук, В.П. Журавлев, Н.А. Страхова и др.- Киев: Наукова думка, 1994. – 191 с.

References

1. Galkina N.I. Prognoz i povyshenie nadezhnosti raboty system mestnoj vytjazhnoj ventiljicii [The prognosis and improving the reliability of systems of local exhaust ventilation]. Avtoreferat dissertacii na soiskanie uchenoj stepeni kand. tehn. nauk Rostov-na-Donu, 2004. 23p.

2. Galkina N.I. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2013, № 4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/ n4y2013/2086.

3. Galkina N.I. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2017, № 2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2017/4106.

4. Novgorodskij E.E., Trubnikov A.A., Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2013, № 4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/ n3y2012/961.



5. Skorik T.A., Sokolova G.N., Galkina N.I Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2016, № 4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2016/3887.

6. Galkina N.I. Nadezhnost' raboty sistem mestnoj vytjazhnoj ventiljicii [The reliability of systems of local exhaust ventilation]. Naukovedenie, 2013, № 5 URL: naukovedenie.ru/PDF/08trgsu513.

7. Strategic Planning for Energy and the Environment of the Association of Energy Engineers. Vol.16, № 4, 1997. Atlanta, Georgia, USA.98 p.

8. Strahova N.A., Zhuravlev V.P. Nadezhnost' kak kriterij vybora sistem zashhity vozdushnogo bassejna [Reliability as a criterion for the selection of systems of protection of air pool]. Izv. akad. prom. jekologii. M.: Izd-vo APJe, 1998. № 1. p. 64-67.

9. Jaakkola 1, Olli P. Mechanical Ventilation in Office Buildings and the Sick Building Syndrome. An Experimental and Epidemiological Study. Prague. 2004. 12p.

10. Saranchuk V.I. Sistemy bor'by s pyl'ju na promyshlennyh predpriyatijah [System dust control at industrial enterprises]. V.I. Saranchuk, V.P. Zhuravlev, N.A. Strahova i dr. Kiev: Naukova dumka, 1994. 191 p.