

**Галкина Наталья Ивановна**  
Ростовский Государственный Строительный Университет  
Старший преподаватель  
Кандидат технических наук  
*Natalia Galkina*  
*Rostov State University of Civil Engineering*  
*Senior Lecturer*  
E-Mail: natash-galkina@mail.ru

05.23.03 – «Теплоснабжение, вентиляция,  
кондиционирование воздуха, газоснабжение, освещение»

## **Надежность работы систем местной вытяжной вентиляции**

### **Reliability of local exhaust ventilation systems**

**Аннотация:** Актуальность количественной оценки надежности работы систем механической местной вытяжной вентиляции. Подходы к определению надежности, критерии оценки, математические параметры, описывающие безотказность систем вентиляции.

**Abstract:** Relevance of quantifying the reliability of mechanical systems, local exhaust ventilation. Approaches to its definition, evaluation criteria, mathematical parameters that describe the reliability of ventilation systems.

**Ключевые слова:** Надежность; механическая; вытяжная; вентиляция; техническая; система; безотказность.

**Key words:** Reliability; manual; exhaust; ventilation; technical; system; reliability.

\*\*\*

Абсолютно все жилые помещения, офисы, промышленные здания имеют систему вентиляции. Эффективность вентиляционной системы влияет на чистоту воздуха в помещении, на здоровье людей, которые находятся в данном помещении. Работа вентиляционных систем без отказов гарантирует создание здорового и чистого микроклимата на работе и дома.

Среди многообразия вентиляционных систем, наиболее сложной, с технической точки зрения, является система механической местной вытяжной вентиляции. Она, с одной стороны, содержит практически все элементы, характерные для остальных типов вентиляционных систем, а с другой - в ее состав входят элементы, выполняющие самостоятельные важные функции (улавливания, очистки и рассеивания загрязняющих веществ). Каждый из этих элементов может быть реализован разными методами, способами, видами и техническими устройствами.

Качество работы местной вытяжной вентиляции может быть оценено различными группами критериев [1]. Применительно к инженерной практике, используют перечень показателей качества, образующий три основные группы параметров:

- технические параметры, включающие эффективность работы, производительность и потери давления;
- экономические параметры, учитывающие собственно экономические показатели, а также уровень энергопотребления;

- функциональные параметры, включающие надежность работы (устойчивость к абразивному, коррозионному действию, залипанию и засорению и т.п.) и характеристики электро-, взрыво-, и пожаробезопасности.

Основным функциональным параметром оценки качества сложных технических систем (каковыми и являются системы местной вытяжной вентиляции) выступает надежность. Только критерии надежности позволяют оценить работу системы в любой момент времени после начала ее эксплуатации.

Надёжность технических систем – это сложное свойство, которое в свою очередь обуславливается такими важными показателями, как безотказность, долговечность, ремонтпригодность и сохраняемость.

При выборе показателей надёжности вентиляционных систем существенное значение имеет решение, которое должно быть принято в случае потери системой работоспособности, так как одна и та же конструкция (элемент) в зависимости от особенностей или этапов эксплуатации может считаться восстанавливаемой или невосстанавливаемой. Нарушение работоспособности вентиляционных систем может произойти вследствие отказов [2].

При появлении отказа вентиляционная система перестаёт выполнять своё основное функциональное назначение, а именно обеспечение оптимальных параметров микроклимата в помещении, необходимых санитарно-гигиенических требований качества воздуха рабочих зон и приземного слоя атмосферы.

Из многообразия классификационных признаков, применительно к практике эксплуатации вентиляционных систем, наиболее актуальным является характер изменения параметров системы вентиляции. Данный признак наиболее полно характеризует картину отказов вентиляционной системы с точки зрения времени их возникновения [3]. Он позволяет выявить факторы, приводящие к отказам и оценить масштаб отказа.

Применительно к вентиляционным системам, можно утверждать, что в подавляющем большинстве случаев для них характерны отказы постепенного типа (износ или старение). С одной стороны, это подтверждается тем фактом, что безаварийная работа элементов систем вентиляции в основном гарантируется их прочностными характеристиками основных элементов [4]. С другой стороны, постепенное изменение этих характеристик и, как следствие уровней вибрации, абразивного и коррозионного износа и т.п., часто оказывает главное отрицательное влияние на работу вентиляционной системы и требует проведение ремонтов или специальных планово-предупредительных мероприятий [5]. В этом плане особую роль играет диагностирование технического состояния элементов вентиляционных систем. В целом вентиляционные системы могут быть охарактеризованы как сложные технические системы, надежность которых обусловлена накапливающимися отказами.

Так как процесс появления отказов в вентиляционных системах по своей физической природе носит случайный характер, то критерии надежности являются статистическими величинами, определяемыми с использованием математической статистики и теории вероятностей.

Учитывая специфику функционирования систем вентиляции, к основным критериям безотказности этих систем [6] можно отнести вероятность безотказной работы, частоту возникновения отказов, интенсивность возникновения отказов, среднее время безотказной работы, наработку на отказ (среднее время работы между отказами).

Первые четыре критерия используются главным образом для оценки надежности невосстанавливаемых систем и их элементов. Однако они могут применяться и при оценке надежности восстанавливаемых систем до появления первого отказа. Пятый критерий имеет смысл только по отношению к восстанавливаемым системам. Математическое описание и

сущность основных критериев безотказности вентиляционных систем представлена в таблице «Параметры безотказности систем вентиляции и их математическое описание»[7].

Представленное в таблице математическое описание критериев безотказности использует статистические методы [8]. Применительно к практике проектирования и эксплуатации вентиляционных систем статистические методы во всей своей полноте неприемлемы. Как уже было сказано ранее, это обусловлено отсутствием каких либо статистических данных, начиная лабораторными (стендовыми) испытаниями и заканчивая промышленными экспериментальными определениями безотказности.

**Таблица**

**Параметры безотказности систем вентиляции и их математическое описание**

Параметр	Определение	Расчетное значение
Вероятность безотказной работы	Вероятность того, что за заданный интервал времени не произойдет ни одного отказа.	$p(t) = P\{T > t\}$ $T$ – время исправной работы элемента; $t$ – заданный интервал времени.
Частота отказов	Число отказов в единицу времени.	$f_i = \frac{\Delta n_i}{N \Delta t_i} \left[ \frac{1}{\text{час}} \right]$ $\Delta t_i$ – интервал времени; $\Delta n_i$ – число отказов; $N$ – число элементов.
Интенсивность отказов	Число отказов в единицу времени, отнесенное к числу элементов, оставшихся исправными к началу рассматриваемого промежутка времени.	$\lambda_i = \frac{\Delta n_i}{(N - n_i) \Delta t_i} \left[ \frac{1}{\text{час}} \right]$ $\Delta n_i$ — число отказов за промежуток времени $\Delta t_i$ ; $N$ — начальное число элементов; $n_i$ — общее число отказавших элементов к началу рассматриваемого промежутка времени.
Среднее время безотказной работы	Математическое ожидание времени исправной работы элементов.	$\bar{T} = \frac{\sum_{i=1}^N t_i}{N} \text{ [час]}$ $t_i$ — время исправной работы $i$ -го элемента; $N$ — общее число испытываемых элементов.
Наработка на отказ	Среднее число часов работы между двумя соседними отказами.	$T_0 = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n} \text{ [час]}$ $n$ — число отказов за время испытания; $t_i$ — время исправной работы между $(i - 1)$ -м и $i$ -м отказами вентиляционной системы.
Плотность вероятности безотказной работы	Скорость изменения вероятности	$F(t) = \frac{dP(t)}{dt}$ $P(t)$ – вероятность безотказной работы системы.

Поэтому для определения количественных характеристик надежности работы вентиляционных систем предложен иной подход, базирующийся на анализе и оценке физических предпосылок возникновения отказов, который включает в себя следующие моменты: анализ и систематизацию математических методов определения основных параметров безотказности, анализ и систематизацию всего комплекса данных, связанных с организацией безотказной работы вентиляционных систем на производстве, анализ и систематизацию физических процессов и факторов, обуславливающих возникновение отказа вентиляционных систем, разработку инженерной методики прогноза и повышения надежности работы систем механической местной вытяжной вентиляции, разработку программного комплекса по прогнозу и повышению надежности работы систем механической местной вытяжной вентиляции, апробацию инженерной методики надежности в производственных условиях, разработку рекомендаций по повышению надежности вентиляционных систем.

Предложенный расчет надежности по инженерной методике включает в себя два подхода: точный расчет при наличии статистических данных и приближенный расчет по известным математическим зависимостям. Расчет имеет три основных этапа: представление исходных данных, определение основных критериев надежности, расчет величины вероятности безотказной работы по выбранному закону распределения.

При недостаточной достигнутой величине надежности, её значение может быть повышено путем схемных решений или за счет резервирования наиболее слабых мест систем защиты воздуха.

## ЛИТЕРАТУРА

- 1 Ушаков И.А. Курс теории надежности систем. – М.: Дрофа, 2008. – 239 с.
- 2 Дмитриук Г.Н., Пясик И.Б. Надежность механических систем. – М.: Машиностроение, 1966. – 184 с.
- 3 Капур К., Ламберсон Л. Надёжность и проектирование систем/ Под. ред. И.А. Ушакова; Пер. с англ. – М.: Мир, 1980. – 604 с.
- 4 Надежность и долговечность технических систем/ Е.С. Переверзев. – М.: Высш. шк., 1993. – 312 с.
- 5 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.
- 6 Статистико-вероятностная оценка прочностной надежности элементов механических систем: Методические указания/ Сост. А.Б. Колобов. – Иваново: ИГЭУ, 1997. – № 742. – 40 с.
- 7 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.
- 8 Райкин А.Л. Элементы теории надежности при проектировании технических систем, М.: Недра, 1967. – 318 с.

**Рецензент:** Пушенко Сергей Леонардович, заведующий кафедрой «БТП», доктор технических наук, профессор, РГСУ.