

УДК 697.1(107), 697.03:5(107)

Давыдов А.П. – кандидат технических наук, доцент

E-mail: ap_Davidov@mail.ru

Валиуллин М.А. – кандидат технических наук, доцент

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Исследование вентиляционных сетей, работающих в квазистационарном режиме

Аннотация

Эффективность работы разветвленных вентиляционных сетей, работающих с переменным режимом удаления воздуха, зависит от перераспределения давления по отдельным ответвлениям. Это увеличивает или уменьшает объемы удаляемого воздуха на отдельных участках, что приводит к излишним энергетическим затратам. Поддерживать необходимый режим работы предлагается специальными регулирующими клапанами, работающими в автоматическом режиме.

В статье приводятся экспериментальные данные работы разветвленной вентиляционной сети с регуляторами расхода на отдельных ответвлениях. Полученные данные показали целесообразность использования таких клапанов. Расхождение действительных объемов удаляемого воздуха от расчетных не превышает 10-15 %.

Ключевые слова: вентиляционная сеть, переменный режим работы, регулирующий клапан.

Специфика ряда технологий в значительной степени определяет и режим работы удаления вредных выделений от технологического оборудования – работы всасывающих сетей. В рассматриваемом случае работа всасывающей сети определяется периодическим изменением объемов газовоздушной смеси, удаляемой из локальных технологических точек. Это изменение приводит к перераспределению давления в сети воздухопроводов, что, в свою очередь, вызывает увеличение или уменьшение объемов газовоздушной смеси на отдельных участках сети. Недоучет этих изменений может привести к разрегулировке системы.

Для поддержания требуемого режима работы местных отсосов необходимо при каждом переключении, связанном с технологическим изменением расхода воздуха, производить регулирование всей сети.

Это регулирование может быть произведено специальными регулирующими клапанами, установленными за местными отсосами, работающими с переменным расходом. Переделы регулирования таких клапанов определяются в соответствии с колебаниями давления, которые могут быть выявлены при аэродинамическом расчете сети воздухопроводов при различных вариантах работы.

Изменение давления во всасывающей сети постоянного поперечного сечения можно выразить уравнением:

$$dp_i = 2\rho\beta W_{k,i}^2 \left(\frac{l_i}{l_k} \right)^2 dl + 2\rho\beta W_{k,i}^2 \left(\frac{l_i}{l_r} \right)^2 \times df(W, l, t) + \frac{\lambda W_{k,i}^2}{d} \rho \frac{l_i^2 dl}{l_k^2} + \frac{\lambda W_{k,i}^2}{d} \rho dl \times df(W, l, t) \quad (1)$$

где p – статистическое давление; t – время; ρ – плотность, β – коэффициент распределения количества движения; l_i – текущая координата; l_k – полная длина воздухопровода; λ – коэффициент сопротивления трения; d – гидравлический диаметр трубопровода; W – скорость потока воздуха.

Изменение давления во всасывающей сети переменного поперечного сечения можно выразить уравнением:

$$dp_i = 2\rho\beta W_{k,i}^2 \left(\frac{dF_i}{F_i} \right) + 2\rho\beta W_{k,i}^2 \left(\frac{dF_i}{F_i} \right)^2 \times df(W, l, t) + \frac{\lambda W_{k,i}^2}{d} \rho \frac{l_i^2 dl}{l_k^2} + \frac{\lambda W_{k,i}^2}{d} \rho dl \times df(W, l, t), \quad (2)$$

где F_i – площадь поперечного сечения воздухопровода.

Решая соответствующим образом уравнения (1) и (2), при определенных граничных условиях, можно определить распределение давления по отдельным ответвлениям. Условные схемы сетей представлены на рис. 1.

В результате решения указанных уравнений можно выявить значения давлений в отдельных точках сети. Предельные значения давления по ответвлениям используются для расчета регуляторов расхода и определения диапазона его работы [1, 2, 3, 4].

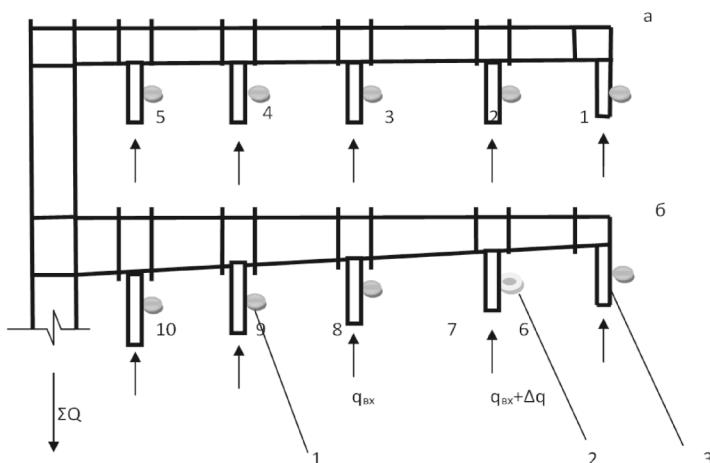


Рис. 1. Схемы исследуемых вентиляционных сетей:
а) постоянного поперечного сечения; б) переменного поперечного сечения.

1 – регулятор расхода воздуха в штатном режиме работы;
2 – регулятор расхода воздуха в режиме работы «открыто»; 3 – присоединительный патрубок

Задачей работы являлось экспериментальное исследование всасывающих сетей, работающих в квазистационарном режиме.

Согласно задачам исследования была запроектирована, изготовлена и смонтирована модель всасывающей сети, работающей в переменном режиме.

Модель представляла разветвленную сеть воздуховодов (рис. 1). На всех ответвлениях были установлены разработанные авторами регуляторы расхода [1]. Пределы регулирования были определены решением уравнений (1) и (2). Режим «открыто» и режим «закрыто» отличались изменением расхода воздуха на 50 %.

Для возможности производства замеров давлений в характерных сечениях воздухопроводов были предусмотрены специальные точки отбора давлений. Давление (полное, динамическое и статистическое) замерялось при помощи пневтометрической трубы и микроманометров. Температура воздуха фиксировалась лабораторным ртутным термометром с ценой деления шкалы 0,1°C.

При проведении экспериментальных исследований имитировались различные режимы работы сети. Объем отсасываемого воздуха изменялся последовательно в каждом ответвлении.

На основании расчетов и полученных экспериментальных данных для каждого режима работы сети были построены графики распределения статического давления по соответствующим ответвлениям (рис. 2). Анализ расчетных данных и данных, полученных в результате экспериментов (рис. 2), показывает, что имеются некоторые расхождения экспериментальных данных с теоретическими расчетными данными. Эти расхождения можно объяснить разбросом характеристик регуляторов расхода, использованных в сети. Этот разброс достаточно высок и составляет порядка 10-20 %.

При установке автоматических регуляторов расхода в процессе работы сети происходит автоматическая подстройка регуляторов на расчетный расход воздуха. Результаты экспериментальных замеров расходов воздуха по ответвлениям (рис. 3) показывают, что отклонения действительных объемов воздуха от расчетных не превышают во всех случаях 10-15 %.

Проведенные экспериментальные исследования подтвердили целесообразность использования автоматических регуляторов расхода воздуха в разветвленных сетях, работающих в квазистационарных режимах.

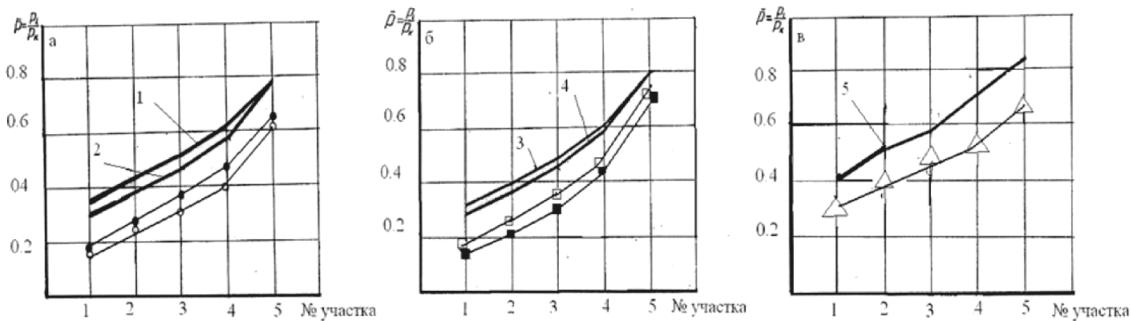


Рис. 2. Распределение относительного давления в ответвлениях всасывающей сети:
1 (2, 3, 4 5) – расчетное распределение статического давления во всасывающих патрубках сети
при соответствующем открытии регулятора (номер регулятора совпадает с номером патрубка).

Экспериментальные данные: О – открыт регулятор первого патрубка;

● – открыт регулятор второго патрубка; □ – открыт регулятор третьего патрубка;

■ – открыт регулятор четвертого патрубка; Δ – открыт регулятор пятого патрубка

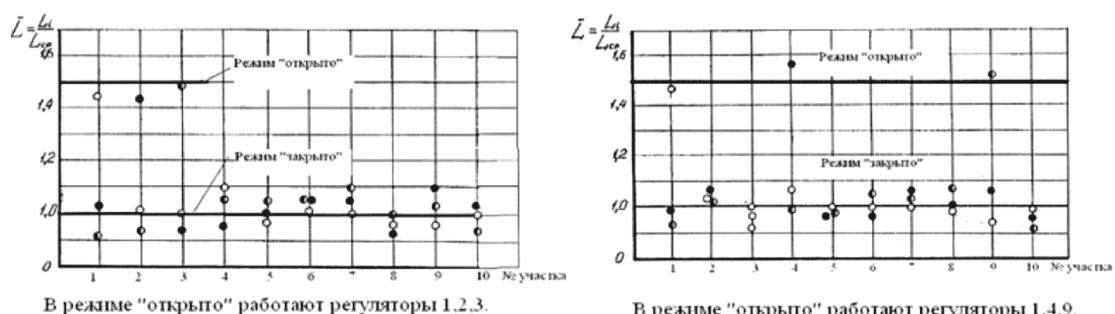


Рис. 3. Распределение относительного расхода воздуха по ответвлениям
в режиме «открыто» и «закрыто»

Список библиографических ссылок

- Давыдов А.П., Валиуллин М.А. и др. Авт. св. № 1105868, 1983.
- Давыдов А.П. Методика расчета воздухоприемников равномерного всасывания для аспирационных систем. / В сб. Исследования в области обеспыливания воздуха. – Пермь, 1980.
- Давыдов А.П., Кодылев А.В Обоснование методики расчета регулятора расхода воздуха. // Материалы IV Международной н.т.к. – Волгоград, 2006.
- Давыдов А.П., Кодылев А.В. Моделирование квазистационарных процессов течения жидкости. // Известия КГАСУ, 2011, № 3 (17).

Davydov A.P. – candidate of technical sciences, associate professor
E-mail: ap_Davidov@mail.ru

Valiullin M.A. – candidate of technical sciences, associate professor

Kazan State University of Architecture and Engineering

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Study of ventilation networks operating in the quasi-mode

Resume

In some processes, such as aluminum, galvanized, etc. industries, removal of harmful substances by means of suction branched chains. The operation of such networks is due to a periodic change in the volume of exhaust air to separate suction nozzles. Such a change in the volume of exhaust air by a separate branch leads to a redistribution of pressure in an extensive network of air ducts. This causes an increase or decrease in volume of the gas-air mixture to the individual sections of the network, which leads to the misalignment of the system and reducing its efficiency.

To avoid this phenomenon it is necessary to make regulation throughout the network, the manual mode is not possible. Regulation of branched network is proposed to using special control valves developed by the authors established for local suction operating in quasi-stationary regime.

In the laboratory of the KSUAE was designed and installed an extensive network of ventilation control valves on separate branches. On the basis of calculations and experimental data were obtained of the distribution of static pressure and the cost of a separate branch for alternating operation throughout the network. Deviation of the actual volume of exhaust air from the settlement does not exceed 10-15 %, which confirms the efficiency of the proposed flow regulators.

Keywords: ventilation network, variable mode, the control valve.

Reference list

1. Davydov A.P., Valliullin M.A. St. № 1105868, 1983.
2. Davydov A.P. Methods of calculating the air inlets for uniform suction aspiration systems. In Sat Research in the field of air dedusting. – Perm, 1980.
3. Davydov A.P., Kodylev A.V. Justification methodology for calculating flow rate controller. // Materials IV International n.t.k. – Volgograd, 2006.
4. Davydov A.P., Kodylev A.V. Simulation of quasi-stationary processes of fluid flow. Math. KGASU, 2011, № 3 (17).