

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЕ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ ВОЗДУШНЫХ ПОТОКОВ

С.Н. Мейлиев, (ҚМИИ)
С.Қ. Нуфтуллаев (ҚМИИ)

АННОТАЦИЯ

При анализе данной статьи была предоставлена информация о параметрах воздушного потока и функциональных устройствах. Этим требованиям для контроля скорости воздуха наиболее полно удовлетворяют тепловые преобразователи термоанометрического типа, которые имеют высокую чувствительность особенно при малых скоростях потоков.

***Ключевые слова:** многофункциональный, скорость потока, температура воздуха, теплообмен, контроль, направление потока, источник излучения, приемник излучения, измерительная схема.*

ABSTRACT

When analyzing this article, information was provided on the parameters of the air flow and functional devices. These requirements for air velocity control are most fully met by thermomanometric type thermal converters, which have a high sensitivity, especially at low flow rates.

***Keywords:** multifunctional, flow rate, air temperature, heat exchange, control, flow direction, radiation source, radiation receiver, measuring circuit.*

ВВЕДЕНИЕ

В таких отраслях промышленности как тепло и ветроэнергетика, нефтегазовые комплексы, строительство высотных зданий, радио и телевизионные ретрансляторы, транспортные туннели, горно-рудные шахты и др, необходимо контролировать такие важные параметры воздушных потоков как скорость, температуру, направление, наличие или отсутствие воздушного потока.

Среди существующих устройств для контроля направления и скорости воздушных потоков [1,2] недостаточно исследованы и разработаны устройства состоящие из тепловых преобразователей скорости воздуха и оптоэлектронного преобразователя направления потока воздуха, которые имеют ряд существенных достоинств перед другими, такие как высокая чувствительность, надёжность, точность и простота технологии изготовления. Кроме того, современные системы контроля и управления воздушными потоками требуют, чтобы устройства контроля были многофункциональными и позволяли одной

конструкцией контролировать скорость, температуру, направление и наличие потока воздуха, а также удобство сопряжения с микропроцессорными средствами.

Этим требованиям для контроля скорости воздуха наиболее полно удовлетворяют тепловые преобразователи термоанометрического типа, которые имеют высокую чувствительность особенно при малых скоростях потоков. Функциональные возможности устройства повышаются путем одновременного измерения с помощью тепловых преобразователей скорости и температуры потока воздуха, а так же благодаря применению оптоэлектронного преобразователя контроля поворота флюгера декартовых координатах в диапазоне от 0 до 360 градусов.

ОБСУЖДЕНИЕ И РЕЗУЛЬТАТЫ

Статья иллюстрируется следующими рисунками: на рис.1 – конструкция устройства для измерения скорости и направления горизонтального ветра; на рис.2-измерительная схема устройства; на рис.3 -представлены расположения верхнего приемника излучения и оптического экрана при различных направлениях ветра; а именно:на рис. 3 а, b, и с показаны расположения верхних и нижних приемников излучения при исходном направлении ветра в виде стрелки в векторной диаграмме на экране компьютера; на рис. 3 d, e, f – показаны расположения верхних и нижних приемников излучения и стрелки на экране компьютера при повороте от исходного направления ветра на 90 градусов против часовой стрелки; на рис. 3 g, h и i показаны расположения приемников излучения, экрана и стрелки при повороте направления ветра на 180 градусов от исходного; на рис. 3 j, k и l показаны расположения приемников излучения, экрана и стрелки при повороте направления ветра; на рис. 4. приведены статические характеристики теплового преобразователя.

Устройство для измерения скорости и направления ветра (рис.1, рис.2) состоит из корпуса 1, флюгера 2, стержня-оси 3, подшипников 4 и 4', медной трубки 5, в которую помещены основной 6 и дополнительный 7 терморезисторы и нагревательный элемент 8, кольцевого источника излучения 9, верхних полукольцевых приемников излучения 10,11 и смещенных на 90 градусов относительно них нижних полукольцевых приемников 12,13; верхнего 14 и нижнего 15 полудисковых оптических экранов (рис.3,4); постоянных электрических сопротивлений 16,17,18,19,20,21,22; переключателя 23; электронных усилителей 24,25,26, аналого-цифровых преобразователей

27,28,29; микропроцессора 30; штепсельного разъема 31; выводных проводов 32. На рисунках обозначены: U_m - напряжение питания подаваемое в мостовые схемы I,II,III; U_1, U_2, U_3 - выходные напряжения мостовых схем I, II и III

Устройство для измерения скорости и направления ветра работает следующим образом. При наличии горизонтального ветра со скоростью V (рис.1) основной терморезистор 6 с нагревательным элементом 8 нагревается и благодаря медной трубке 5, обеспечивающей хороший тепловой контакт с окружающим воздухом вступает в теплообмен с потоком ветра и в зависимости от величины скорости потока V устанавливается определенный процесс теплообмена и его температура и следовательно электрическое сопротивление терморезистора 6.

В исходном состоянии при отсутствии скорости ветра ($V = 0$) мост I для измерения скорости ветра (рис.2) уравновешен ($U_1 = 0$) и при положении переключателя 23 в «а»сопротивления 6,7,16,17 равны между собой. При наличии скорости ветра ($V \neq 0$) терморезистор 6 в результате увеличения теплообмена охлаждается, температура его уменьшается и его сопротивление изменяется, при этом мост выходит из равновесия и его выходное напряжение U_1 дает информацию о скорости потока ветрам [$U_1 = f(v)$]. Далее сигнал о скорости ветра через 24 и 27 подается в микропроцессор 30.

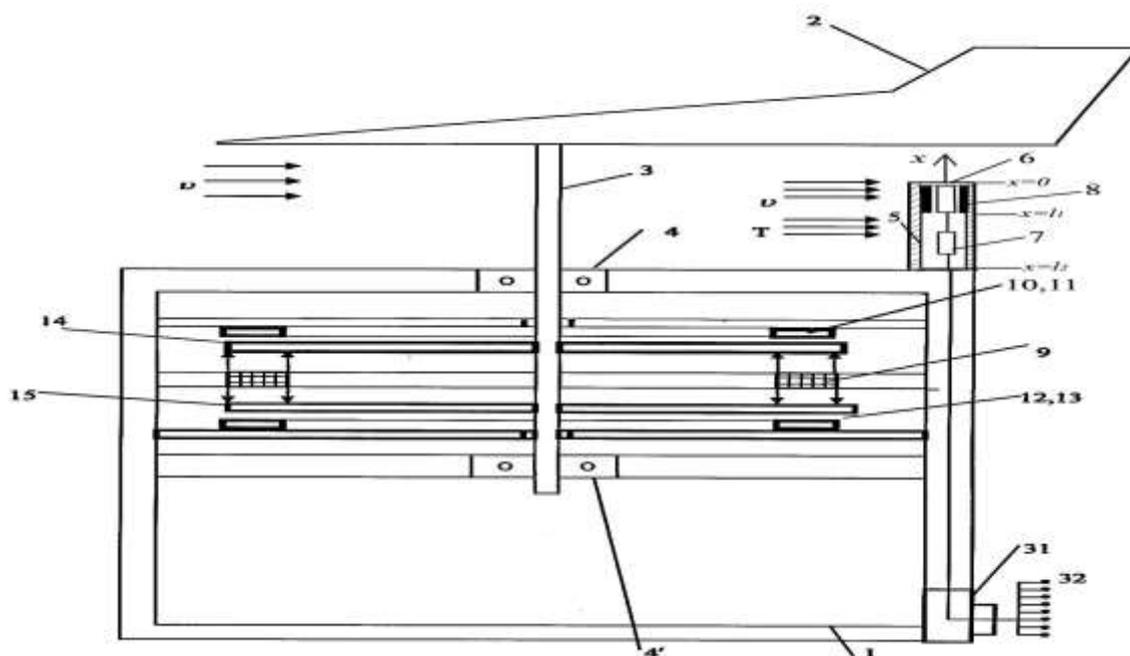


Рис.1. Конструкция многофункционального устройства для измерения скорости и направления горизонтального ветра.

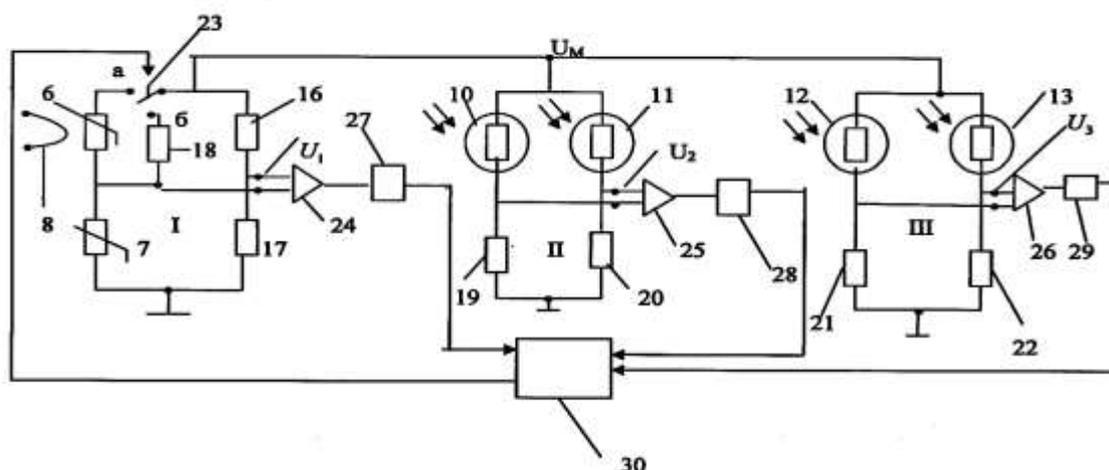


Рис.2. Измерительная схема многофункционального устройства измерения скорости и направления горизонтального ветра.

Так как при изменении температуры изменяется и сопротивление терморезистора 6, то для компенсации этого изменения используется терморезистор 7, который реагирует только на температуру потока. Для измерения температуры потока сигнал от микропроцессора 30 через переключатель 23 в положении «б» подключает к мостовой измерительной схеме I постоянное сопротивление 18 и мостовая схема I с терморезистором 7 будет контролировать только температуру T потока ветра. Благодаря медной трубке 5 в которую помещены терморезисторы 6 и 7 и нагревательный элемент 8 обеспечивается хороший тепловой контакт с потоком воздуха и защищаются 6, 7 и 8 от атмосферных осадков и других воздействий.

Таким образом, мостовая измерительная схема I с терморезисторами 6 и 7 и нагревательным элементом 8 позволяет благодаря переключателю 23 измерять скорость при положении контакта переключателя 23 «а» и температуру потока при положении контакта переключателя 23 «б». Далее в обоих случаях выходной сигнал U_1 , усиливается электронным усилителем 24 и через аналого-цифровой переключатель 27 подается на микропроцессор 30, в котором периодически получают информацию о скорости v и температуре T воздушного потока.

В исходном направлении горизонтального ветра флюгер 2 с осью 3 принимает положение как показано на рис.1 и одновременно принимают соответствующие положения оптические полудисковые экраны 14 и 15, 3 а и в по отношению к полукольцевым фоторезисторам 10, 11 и 12, 13. В мостовой измерительной схеме II с полукольцевыми фоторезисторами 10 и 11

происходит одинаковое затемнение на половину их сопротивлений и при равенстве их сопротивлений другим сопротивлениям моста 19 и 20 выходное напряжение моста II будет равно нулю ($U_2 = 0$). А в другой мостовой схеме III (рис.2) с фоторезисторами 12 и 13 из-за полного затемнения фоторезистор 13 (его сопротивление будет максимальным) и полного освещения фоторезистора 12 (его сопротивление будет минимальным) и при равенстве сопротивлений других плеч 21 и 22 выходное напряжение моста U_3 будет иметь максимальное значение со знаком «+». Эти значения напряжений мостов U_2 и U_3 могут быть отображены на экране компьютера в виде векторной диаграммы как показано на рис.3с. Откладывая по осям U_2 и U_3 их значения (рис.5) мы получаем векторное изображение направление горизонтального ветра при данном положении флюгера 2. При изменении направления ветра, например, перемещаясь против часовой стрелки, флюгер 2 с помощью оси- стержня 3 повернет оптические экраны 14 и 15 и на выходе мостовых схем ИДИ появятся соответствующие выходные напряжения U'_2 и U'_3 и их векторная сумма будет давать информацию о реальном направлении потока ветра с помощью стрелки ОА. На рис.3, d,e,f,g,h,I,j,k,l показаны расположения фоторезисторов 10,11,12,13 и оптических экранов 14,15 и полученные на экране компьютера изображения стрелки поворота при повороте флюгера 2 на 90,180 и 270 градусов против часовой стрелки по отношению к исходному направлению ветра, показанному на рис.1. Теория теплового преобразователя скорости термоанемометрического типа (рис.1) основана на установлении связи между скоростью воздушного потока V и распределением температуры $T(x)$ вдоль теплопровода 5 преобразователя. Рассмотрим данную тепловую систему преобразователя в виде теплового четырехполюсника, что позволит эффективно проанализировать тепловую систему состоящую из двух участков l_1 и l_2 .

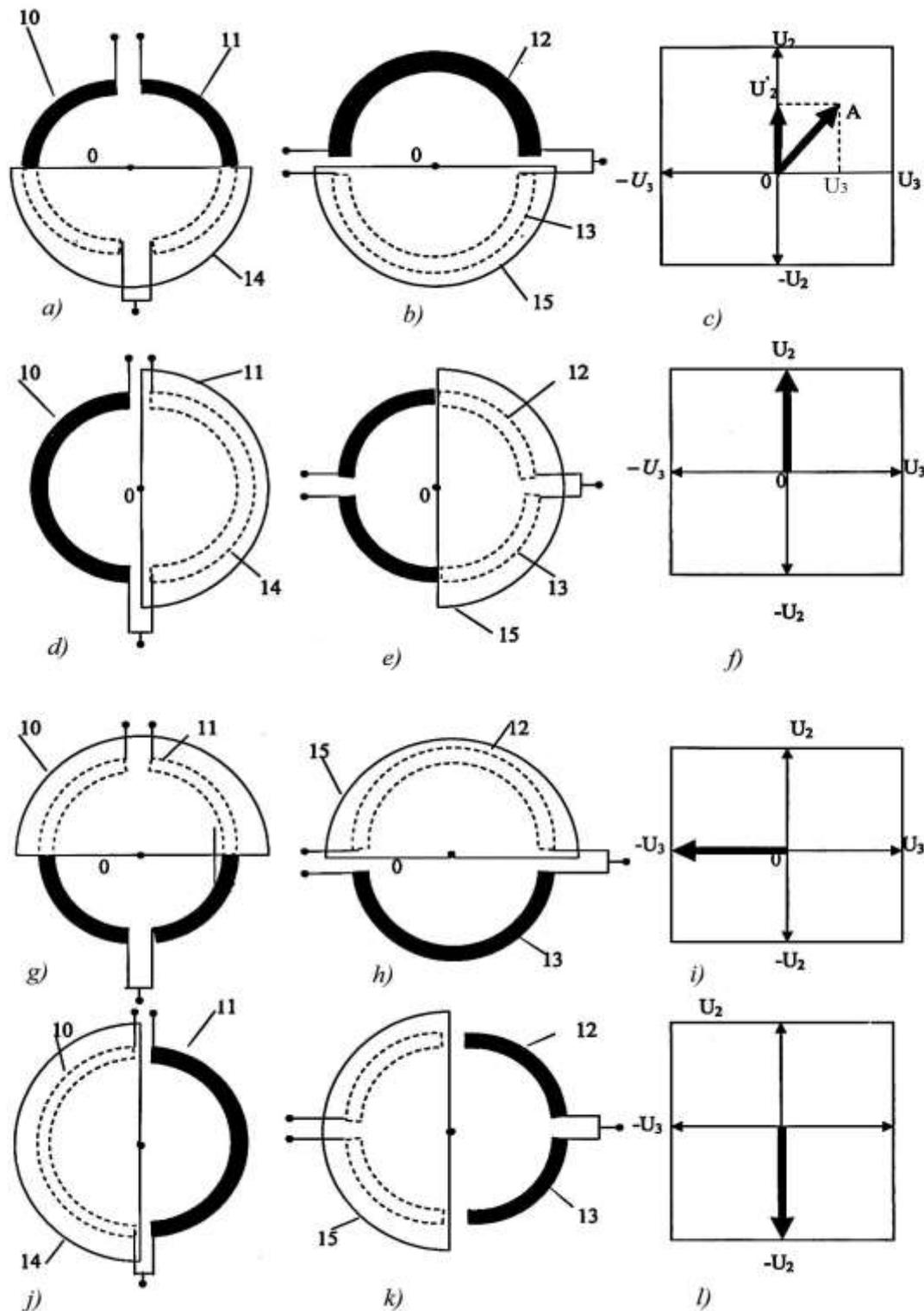


Рис.3. схемы расположения верхнего приемника излучения и подвижного оптического экрана.

В матричной форме уравнение теплового четырехполюсника с распределенным источником тепла записывается в виде:

$$\begin{vmatrix} T(x) \\ \Phi(x) \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} T_q(x) \\ \Phi_q(x) \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} A(x) & B(x) \\ C(x) & D(x) \end{vmatrix} \begin{vmatrix} T(0) \\ \Phi(0) \end{vmatrix} \quad (1)$$

или в операторной форме

$$\begin{vmatrix} T(x,p) \\ \Phi(x,p) \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} T_q(x,p) \\ \Phi_q(x,p) \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} A(x,p) & B(x,p) \\ C(x,p) & D(x,p) \end{vmatrix} \begin{vmatrix} T(0,p) \\ \Phi(0,p) \end{vmatrix} \quad (2)$$

где: $T(x,p)$, $\Phi(x,p)$ - температура и тепловой поток;

$T_q(x,p)$, $\Phi_q(x,p)$ - распределенные источники температуры и теплового потока;

$T(0,p)$, $\Phi(0,p)$ - значения температуры и типового потока в начале и в конце теплопровода; $A(x,p)$, $B(x,p)$, $C(x,p)$, $D(x,p)$ параметры теплового четырехполюсника. На основании (1) для теплового преобразователя можно написать уравнение распределения $0, (x)$ вдоль участка $0 \leq x \leq l_1$, при постоянном тепловом потоке $q(x)=q=\text{const}$.

$$T_1(x) = T_1(0)ch\gamma_1 x + \frac{q}{g(1 - ch\gamma_1 x)} \quad (3)$$

и вдоль участка $l_1 \leq x \leq l_2$

$$T_2(x) = T_2(l_1)ch\gamma_2 x - z_2 \Phi_2(l_1)sch\gamma_2 x \quad (4)$$

В точке $x = l_1$ имеет место равенство температур $T_1(l_1) = T_2(l_1)$ и их производных

$$\left. \frac{dT_1(x)}{dx} \right|_{x=l_1} = \left. \frac{dT_2(x)}{dx} \right|_{x=l_1} \quad (5)$$

В результате решения уравнений получено

$$T_1(x) = \frac{q}{g_1} \left(1 - \frac{ch\gamma_1 x}{ch\gamma_2 l_1 + \frac{\gamma_2 sch\gamma_1 l_1}{\gamma_2}} \right) \quad (6)$$

$$T_2(x) = \frac{\gamma_1}{\gamma_2} \left[\frac{q}{g} - T_1(0) \right] sch\gamma_1 le^{-(x-l_1)\gamma_2} \quad (7)$$

Анализ выражений (6) и (7) с точки зрения повышения чувствительности позволяет сделать выводы:

- 1) Участок $0 \leq x \leq l_1$, целесообразно выполнять из материалов с большим значением g и минимальным d_1
- 2) Термочувствительный элемент необходимо устанавливать на участке $0 \leq x \leq l_1$ ближе к торцевой части теплопровода при $x=0$.
- 3) Длина участка $0 \leq x \leq l_1$ должна обеспечивать выполнение условия $q(x)=\text{const}$ на участке расположения термочувствительного элемента.

4) Длина участка $l_1 \leq x \leq l_2$ должна обеспечить минимальное влияние изменения температуры подставки.

Измерительная схема реализующая вышеуказанный принцип приведена на рис.2.

На рис.4. приведены статические характеристики теплового преобразователя термоанемометрического типа.

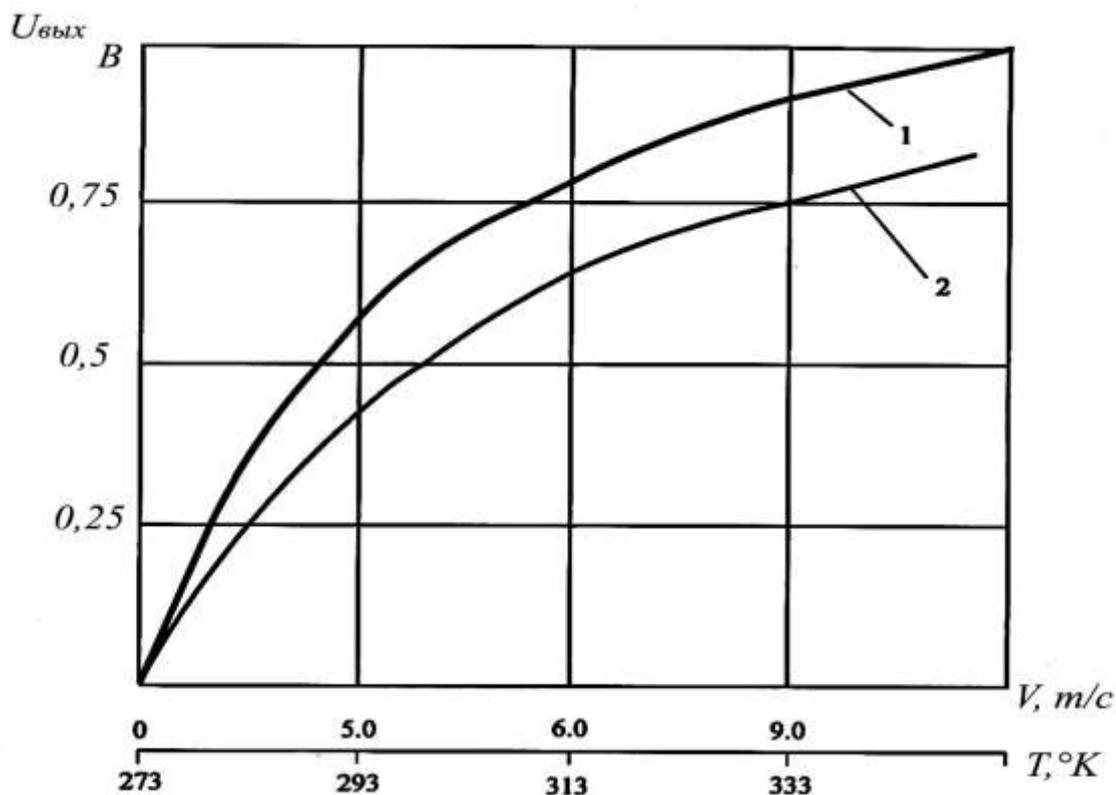


Рис.4. Статические характеристики теплового преобразователя: 1 – при контроле скорости потока; 2 – при контроле температуры потока.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом благодаря тому, что в мостовой измерительной схеме I основной терморезистор 6, снабженный нагревательным элементом 8 и переключателем 23, имеющим возможность поочередно подключать к плечу мостовой схемы терморезистор 6 или постоянное сопротивление 18 обеспечивается возможность с помощью дополнительного терморезистора 7 осуществлять компенсацию влияния изменения температуры воздуха при измерении скорости и отдельно измерять температуру потока воздуха. Применение кольцевого источника излучения 9, расположенного между

верхними и нижними полукольцевыми фоторезисторами 10,11,12,13, соединенных в кольцо 2 и смещенных на 90 градусов относительно друг друга и расположения полудисковых оптических экранов 14,15, закрепленных на оси 3 между источником излучения и фоторезисторами 10,11,12,13 позволяет на экране компьютера получить полное изображение направления ветра в диапазоне 0-360 градусов в векторной форме.

Укажем также, что с помощью микропроцессора 30 статические характеристики теплового преобразователя (рис.4) могут быть линеаризованы.

REFERENCES

1. Патент RU№2101736 C1 G01 W1/02
2. Патент RU№2073872 C1 G01 P5/06
3. Авторское свидетельство № 590677 G01 P5/12 БИ № 4 1978
4. Авторское свидетельство SU№ 1138647 A G01 C 9/09 БИ №5 1985
5. Азимов Р.К., Азимов А. Тепловые преобразователи скорости и направления потоков газов и жидкостей. М.Энергоатомиздат, 1990 с 87.
6. Патент UZ IAP 04754 G 01 W1/00 Бюл №9.2013