

ПЕРСПЕКТИВЫ ТЕРМОАНЕМОМЕТРИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЯ РАСХОДА ГАЗА ИЛИ ЖИДКОСТИ

Ураксеев М.А., Романченко А.Ф.(romanchenko@ Rambler.ru),
Абдрашитова Д.Р., Шилов С.А.

Уфимский технологический институт сервиса

Совершенствование методов термоанемометрических измерений при организации нестационарного энергетического режима в измерительной системе решает [1] проблемы расширения диапазона изменений контролируемых расходов газа или жидкости, снижения динамических погрешностей при измерениях, компенсации температурных погрешностей.

Источники зарубежной патентной информации [2-9] свидетельствуют о возросшей активности разработчиков тепловых расходомеров движущихся сред с частотно-временными выходными характеристиками, связанной с совершенствованием систем обработки информации на базе микропроцессорной техники.

Новые возможности термоанемометрических методов измерения расходов, как частного случая тепловых методов, проявляются при функционировании термочувствительных элементов (ТЭ) в нестационарном режиме разогрева [1,10], с последующей регистрацией тех характеристик разогрева, которые связаны с условиями теплообмена, а следовательно, и с расходом газа или жидкости.

Нестационарный энергетический режим функционирования ТЭ в технических устройствах осуществляется (см.рис. 1)

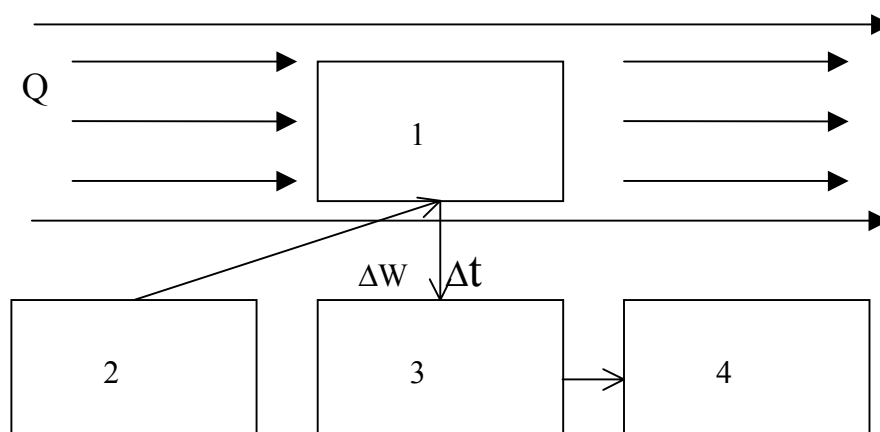


Рис.1. Принципиальная схема технической реализации теплового метода при нестационарном режиме функционирования ТЭ

путем импульсного воздействия на ТЭ 1 подаваемой электрической мощностью ΔW от импульсного источника питания 2. Временная характеристика Δt нестационарного процесса разогрева ТЭ, либо его остывания выделяется блоком 3 и воспринимается системой 4 контроля, либо управления. Однозначная связь расхода Q потока газа или жидкости с временной характеристикой Δt нестационарного теплового процесса на ТЭ обеспечивает процесс измерения.

Массовые расходомеры, содержащие малоинерционные ТЭ, например, в виде металлических нитей, используют нестационарный режим ТЭ с последующей регистрацией длительности переходного процесса остывания ТЭ после импульсного энергетического воздействия [7].

Для этого на ТЭ подают последовательность импульсов (см.рис. 2) электрической мощности ΔW с фиксированной длительностью t_1 и интервалом следования $t_2 - \text{const}$.

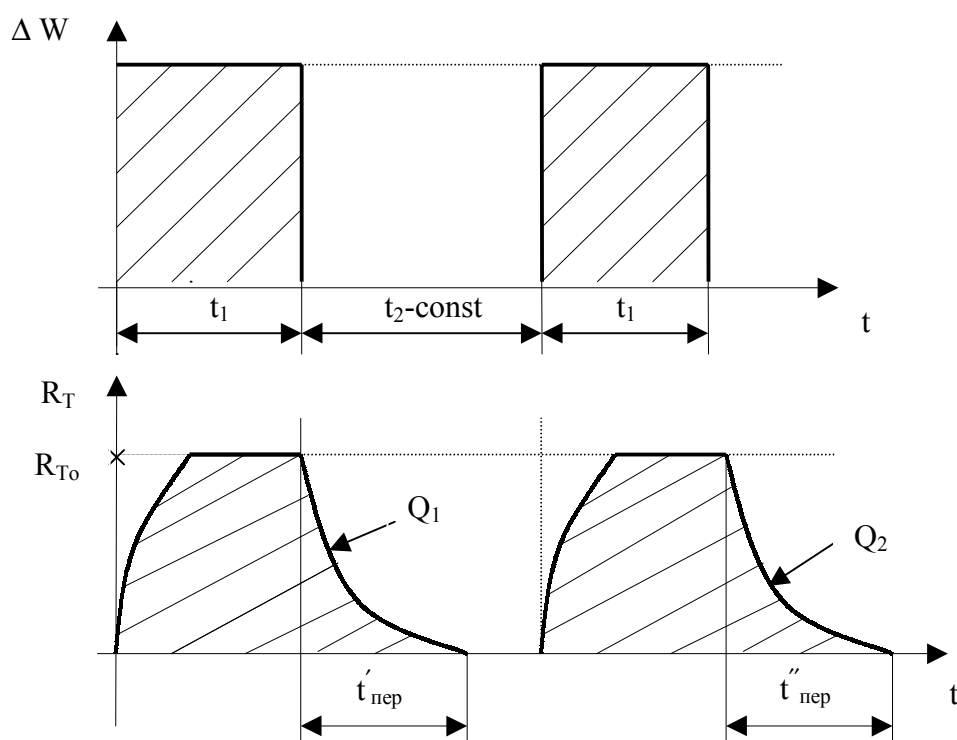


Рис.2. Изменение электрического сопротивления ТЭ при подаче и снятии электрического воздействия

Длительность действия импульсов энергетического воздействия ΔW должна обеспечивать разогрев ТЭ до установившегося значения

температуры, которому соответствует значение электрического сопротивления R_{T_0} .

Время остывания $t_{\text{пер}}$ ТЭ в виде металлической нити однозначно связано с тепловой постоянной времени τ нити

$$t_{\text{пер}} \approx 3\tau,$$

а следовательно, и с расходом Q потока газа или жидкости, и не зависит от вариаций температуры газа или жидкости, расход которых измеряется.

Метод обеспечивает повышение точности измерений расхода газа или жидкости в условиях существенных вариаций температуры контролируемого потока газа или жидкости.

В устройствах измерения расхода воздуха для систем управления получили распространение термоанемометрические методы, основанные на измерении времени разогрева ТЭ до его характеристического значения температуры T_0 (электрического сопротивления R_{T_0}) [8,9].

В этом случае на ТЭ подается (см. рис.3) импульсное энергетическое воздействие ΔW в виде изменения выделяющейся на ТЭ электрической мощности. Действие энергетического воздействия на ТЭ прекращается в тот момент, когда температура ТЭ, а следовательно, и его электрическое сопротивление, достигает характеристического значения T_0 (R_{T_0}).

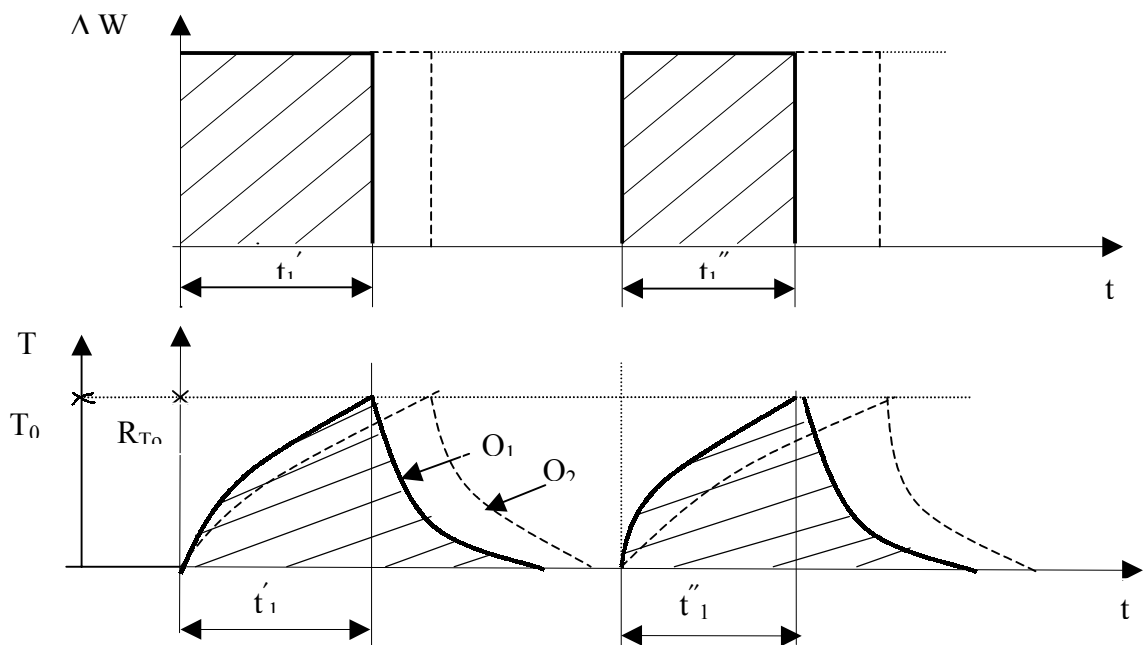


Рис. 3. Зависимость температуры (электрического сопротивления) ТЭ при действии энергетического воздействия ΔW

Длительность t_1 нагрева ТЭ до характеристического значения T_0 (R_{T_0}) определяется условиями теплообмена ТЭ с контролируемым потоком, а следовательно, связана со значением расхода Q газа или жидкости.

Определяющим достоинством данного метода является быстрота измерения расхода, которая может быть всегда задана требуемой, за счет установки характеристического значения ТЭ по температуре нагрева (электрического сопротивления). Ограничения в этом случае могут быть связаны с объектом управления, который определяет частоту генерации импульсов энергетического воздействия.

При измерении быстроменяющихся расходов газа или жидкости в системах различного технического назначения используют термоанемометрические методы с коммутацией энергетического состояния ТЭ между заданными характеристическими значениями электрического сопротивления R_T ТЭ при его нагреве и остывании [10].

За счет энергетического воздействия ΔW ТЭ разогревается, достигая температуры нагрева, соответствующей электрическому сопротивлению R_T' (см.рис. 4).

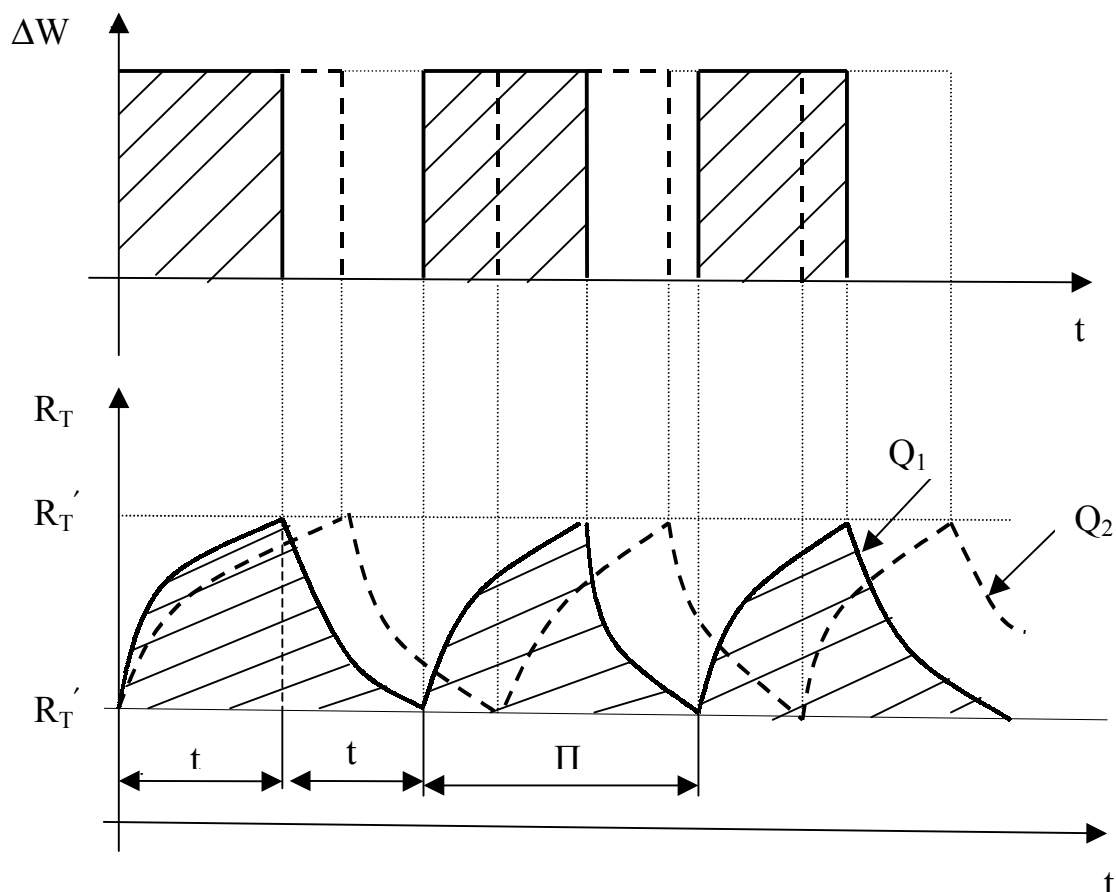


Рис.4. Изменение электрического сопротивления ТЭ при коммутации энергетического состояния

В этот момент подача энергетического воздействия (электрической мощности) прекращается, и ТЭ остывает до тех пор, пока его электрическое сопротивление R_T не примет значение R_T'' . Достижение температуры ТЧЭ характеристического значения, соответствующего электрическому сопротивлению R_T'' , приводит к возобновлению энергетического воздействия ΔW на ТЭ. Это вызывает его повторный нагрев с достижением значения электрического сопротивления R_T' .

Интенсивность разогрева и остывания ТЭ между фиксированными температурными уровнями однозначно связана с условиями теплообмена ТЧЭ, а следовательно, с расходом Q контролируемой среды.

Следует иметь в виду, что при комплексной обработке характеристик импульсного выходного сигнала возможно [10] выделение за цикл измерения одновременно и сигнала по изменению температуры контролируемого потока газа или жидкости. Это позволяет повысить точность измерения расхода за счет устранения температурных погрешностей. Расширение диапазона измерений не связано с достижением температурных режимов разрушения ТЭ в условиях коммутации энергетического состояния при измерениях расхода газа или жидкости.

Для проволочного ТЭ с массой «m» :

- выполненного из материала с удельной теплоемкостью «с» и удельным коэффициентом электрического сопротивления α ;
 - имеющего электрическое сопротивление при температуре окружающей среды T_C равное R_{T_0} ;
 - через который пропускают ток I_1 , в режиме разогрева от температуры T_1 до T_2 , и ток I_2 , в режиме остывания от температуры T_2 до T_1 ;
 - имеющего коэффициент рассеяния H , соответствующий величине расхода Q газа или жидкости,
- будут справедливы соотношения

$$t_1 = \int_{T_1}^{T_2} \frac{mcdT}{I_1^2 R_{T_0} [1 + \alpha(T - T_C)] - H(T - T_C)}$$

$$t_2 = \int_{T_2}^{T_1} \frac{mcdT}{I_2^2 R_{T_0} [1 + \alpha(T - T_C)] - H(T - T_C)}$$

Время разогрева t_1 (время изменения электрического сопротивления от значения R_T'' до R_T'), время остывания t_2 (время изменения электрического сопротивления от значения R_T' до R_T''), а также частота f следования импульсов энергетического воздействия

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{t_1 + t_2},$$

являются функциями условий теплообмена ТЭ с окружающей средой, а следовательно, и расхода Q .

Характер зависимостей $f = F_1(Q)$; $t_1 = F_2(Q)$; $t_2 = F(Q)$, представленный на рис.5, свидетельствует о наличии оптимальных режимов функционирования ТЭ в режиме коммутации энергетического состояния.

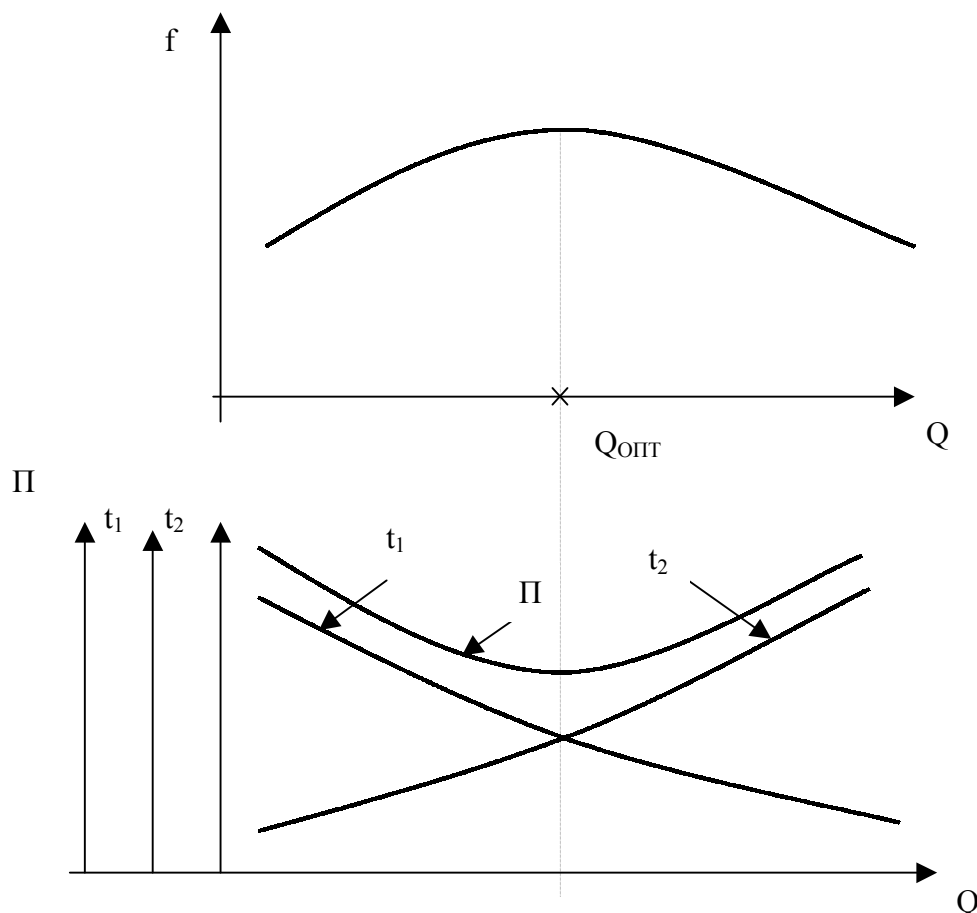


Рис. 5. Выходные характеристики расходомеров при коммутации энергетического состояния ТЭ

К достоинствам термоанемометрического метода измерения расхода газа или жидкости с коммутацией энергетического состояния ТЭ следует отнести:

- высокие динамические свойства, не связанные с объектом контроля;
- широкий диапазон изменений контролируемых значений расхода;
- частотный выходной сигнал;
- возможность компенсации температурных погрешностей при комплексной обработке выходного сигнала.

Все вышеприведенные термоанемометрические методы измерения расхода газа или жидкости, наряду с обеспечением метрологических характеристик, реализуют выходной сигнал в частотно-временной форме, позволяющий централизованно обрабатывать информацию на микропроцессорной технике.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Романченко А.Ф. Совершенствование методов контроля технологических параметров на предприятиях службы быта. Уфа, 1990, 40 С.
2. Патент США 5218866. Способ и устройство для измерения скорости потока среды // Реферативный журнал «Изобретения стран мира». 1995, № 3.
3. Патент Японии 6054252. Тепловой датчик расхода воздуха с импульсным управлением // Реферативный журнал «Изобретения стран мира», 1997, №14.
4. Патент США 5383357. Датчик массового расхода воздуха // Реферативный журнал «Изобретения стран мира». 1996, №5.
5. Патент Японии 6043906. Измеритель скорости потока газа // Реферативный журнал «Изобретения стран мира». 1997, №9.
6. Патент Германии 4342235. Анемометр с питающим напряжением // Реферативный журнал «Изобретения стран мира». 1997, № 3.
7. Патент Франции 2728071. Массовый расходомер с нитью накала // Реферативный журнал «Изобретения стран мира». 1997, № 20.
8. Патент Японии 6046164. Устройство измерения расхода воздуха для системы управления двигателем внутреннего сгорания // Реферативный журнал «Изобретения стран мира». 1997, № 10.
9. Патент Японии 6046165. Устройство измерения расхода воздуха для системы управления двигателем // Реферативный журнал «Изобретения стран мира». 1997, № 10.
10. Романченко А.Ф. Информационно-измерительные системы нестационарного энергетического состояния. Уфа, 2000, 173 С.