

ОБ ОДНОЙ НЕУЧТЕННОЙ ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ РАСХОДА

При использовании расходомеров с батарейным питанием один из основных вопросов - выбор периода опроса датчиков расхода. При этом, в отличие от сетевых приборов, в которых отсчеты производятся почти ежесекундно, с целью экономии ресурса батарейки отсчеты производятся в большинстве случаев один раз за несколько секунд - обычно от 5 – 6 с до 15 – 20 с, а в некоторых батарейных приборах и реже.

Рассмотрим на простых примерах общедомовых приборов, насколько изменяется точность измерения расхода от изменения числа отсчетов за один час, так как общепринятым является выдача с прибора значения расхода (массы), усредненного именно за время 1 час. Количество отсчетов возьмем равным 360 раз в час, то есть один отсчет за 10 с.

Пример 1. В качестве объекта потребления горячей (или холодной) воды возьмем многоквартирный жилой дом, в котором имеет место повышенное потребление воды в утренние или вечерние часы, либо большое административное здание с несколькими десятками кранов и санузлов, то есть возьмем такие объекты, в которых имеет место изменение расхода хотя бы один раз за несколько секунд, и в которых во время каждого отсчета одновременно открыто $N = 10, 20, \dots$ кранов из этих нескольких десятков.

Независимо от распределений моментов включения воды в каждом кране, длительностей потребления и моментов выключения, суммарный расход воды в объекте в каждый момент времени является случайной величиной, распределенной по нормальному закону благодаря большому числу одновременно включенных кранов.

Определим характеристики этой случайной величины.

Будем считать, что распределение расхода горячей (холодной) воды одним потребителем при включении одного крана равновероятное от некоторого минимального a л/с до максимального A л/с. Считаем $a \gg 0$ (протекающие краны, сливные бачки, ...), $A - a \approx A + a$. Тогда при N одновременно включенных кранах характеристики суммы N равномерно распределенных случайных величин следующие:

$$\text{математическое ожидание} \quad M = \frac{(A - a)N}{2}$$

среднеквадратическое отклонение

$$\sigma = \frac{(A-a)\sqrt{N}}{2\sqrt{3}}$$

Для случайного процесса, каким является процесс потребления воды нашим объектом, в каждый момент времени имеет место реализация суммарного расхода с указанными характеристиками. Необходимо показать, каким образом изменяется погрешность определения величины M при усреднении n отсчетов суммарного расхода.

Воспользуемся аппаратом доверительных вероятностей, то есть оценкой вероятности β того, что отклонение величины суммарного расхода, полученного путем усреднения n отсчетов Mn , от истинного M будет по абсолютной величине менее ε :

$$P (|Mn - M| < \varepsilon) = \beta$$

Методика определения искомых величин имеется в любом учебнике по теории вероятностей. Задавая величины β и n , определяем из таблиц величину t_β , а с помощью равенства

$$\varepsilon = t_\beta \sigma / \sqrt{n}$$

определяется процент искомого отклонения или $(\varepsilon/M)100\%$.

Получено, что результаты расчетов не зависят от величины $(A-a)$; это объясняется тем, что величина $(\varepsilon/M)100\%$ представляет собой относительную погрешность δ .

Результаты расчетов приведены ниже для:

- числа одновременно открытых кранов $N = 10$ и 20 ,
- числа отсчетов за один час $n = 360$,
- доверительной вероятности $\beta = 0.9$ и 0.99 .

Таблица 1

| | N | 10 | 20 |
|------|---|------|------|
| P | | | |
| 0.9 | | 1.58 | 1.26 |
| 0.99 | | 2.47 | 1.7 |

Для полноты картины заметим, что, например, при $n = 3600$, то есть при ежесекундном периоде опроса, получаемые значения относительных погрешностей будут в 3 – 4 раза меньше. Такой период опроса в качестве штатного имеют многие приборы, питающиеся не от батарейки, а от сети 220В.

Полученные в этих несложных примерах результаты заслуживают развернутого обсуждения, поскольку они приводят к выводам, имеющим не только чисто технический, а и «моральный» аспект.

Мы далеки от мысли, что именно мы являемся первооткрывателями и «оценщиками» рассматриваемой здесь аддитивной составляющей относительной погрешности измерения расхода, однако считаем целесообразным обратить внимание на следующие моменты.

1. Производители практически всех батарейных приборов рекламируют суммарные относительные погрешности расхода этих приборов, равные $\pm 2\%$, $\pm 1\%$, а иногда и ниже. Эти погрешности складываются из отдельных составляющих: за счет неточности изготовления датчиков, за счет разброса параметров микросхем, за счет ошибок вычислений, и других факторов. Указанные значения погрешностей при достаточной тщательности изготовления расходомеров несложно получить на проливном стенде со стабильным по времени расходом («один потребитель»). Однако в реальных условиях, при наличии флюктуаций расхода, появляется еще одна составляющая – за счет величины n . При этом величина этой составляющей может оказаться соизмеримой и даже превысить суммарную заявленную погрешность прибора. Так, в нашем случае значения составляющих, например, 1.58% или 1.7%, «не вписываются» в суммарные относительные погрешности 1% и 2%. Возможные возражения по поводу уменьшения величины β или по поводу замены равномерного распределения на любое иное не спасают дела. К тому же мы рассмотрели один из «лучших» случаев – опрос с периодом 10с, а ведь в некоторых батарейных приборах в штатном режиме устанавливается и 15с, и 20с, и много выше.

2. Покупатель расходомера не обязан знать, что, устанавливая его на объект, подобный описанному, он получит ухудшение точности измерения по сравнению с тем, что написано в Руководстве по эксплуатации. При этом он рискует потерять значительные средства, см. наши прежние публикации о цене одного процента погрешности. Естественно, дать установщику прибора рекомендации об использовании соответствующего периода опроса должен производитель. Однако ни в одном известном нам Руководстве по

эксплуатации нет таких рекомендаций, хотя во многих приборах предлагается набор периодов опроса.

Умалчивание влияния составляющей за счет усреднения по-видимому связано с тем, что в процессе конкурентной борьбы производителям хотелось указывать все более и более длительные сроки работы батарейного прибора без замены батарейки, ведь уменьшение периода опроса ведет к уменьшению срока службы недешевой батарейки. Поэтому большинство производителей не приводят графики зависимости длительности работы батарейки от периода опроса расходомера и не дают рекомендаций по выбору периода опроса.

3. Что касается этих рекомендаций - по установке периода опроса для тех батарейных приборов, в которых имеется возможность выбора этой величины из имеющегося набора, то здесь следует, на наш взгляд, дать достаточно простую рекомендацию, не углубляясь в особенности построения систем ГВС и ХВ объекта. Например, можно на данном этапе остановиться на следующем варианте, который в том или ином виде следовало бы включать в Руководства по эксплуатации:

«При использовании прибора для учета тепла в отопительных системах допустимо использовать периоды опроса порядка 10с и выше», (поскольку расход теплоносителя флюктуирует достаточно медленно и зависит в основном от параметров теплосети); что касается учета горячей и холодной воды, то здесь *«период опроса при общем количестве потребителей ГВС или ХВ на объекте, например, свыше 50 должен составлять величины не более 1 или 2с».* Величину «количество потребителей» можно уточнять в дальнейшем в ту или иную сторону, либо заменить ее на «количество сантехнических приборов» (кранов, ванн, сливных бачков, и т.п.)

При выполнении таких рекомендаций потребитель должен знать, что ему придется менять батарейку достаточно часто, это зависит от схемных особенностей конкретного прибора, однако затраты на замену батарейки должны перекрываться экономией за счет качественного учета.

В перспективе можно, конечно, надеяться на появление источников батарейного питания повышенной емкости, либо каких – то самоадаптирующихся на необходимый период опроса схем, однако в ближайшее время было бы честно по отношению к потребителю использовать указанный подход.

4. Как показывает многолетняя практика, производители приборов добровольно навряд ли выполняют предлагаемые рекомендации, поэтому более кардинальный путь - включить эти, или аналогичные

им, рекомендации в новые разрабатываемые Правила учета тепла. В противном случае, при достаточно массовом использовании батарейных приборов, водоканалы и ТСО еще долго будут искать небалансы и бороться с ними.

Сведения об авторе:

Покрас И.С. – ведущий инженер фирмы «СЕМПАЛ», к.т.н.

ООО «Фирма «СЕМПАЛ»: Украина, 03062, г. Киев,

ул.Кулибина, 3, Тел/факс: (+38 044) 239-21-97, 239-21-98

Интернет-сайт: www.sempal.com E-mail: info@sempal.com