

УДК

Е.И. Конопелько, канд. физ.-мат. Наук, зав. лаб, С.А. Лебедев, вед. инженер,
Р.С. Плетенецкий, инженер НИИГД «Респиратор»

НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ПРИВЕДЕНИЯ ЛЕГОЧНОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ ПРИ СТЕНДОВЫХ ИСПЫТАНИЯХ ДЫХАТЕЛЬНОЙ АППАРАТУРЫ

Получена формула коэффициента приведения легочной вентиляции, которая учитывает насыщение воздуха, подаваемого в дыхательный аппарат парами воды в увлажнителе. Проанализировано влияние этого эффекта, произведено сравнение статистических погрешностей и неопределенности определений коэффициентов приведения, полученных по старой и новой формулам.

Стендовые испытания дыхательной аппаратуры проводятся в определенных режимах [1,2]. При этом легочная вентиляция нормируется при легочных условиях (реальное атмосферное давление, температура 37 °С и влажность 100 %). А поскольку испытания проводятся в помещении с комнатной температурой (20-25 °С). То для настройки искусственных легких на заданный режим объемный расход газовой дыхательной смеси (ГДС) V пересчитывают. Это обычно делают по формуле [2]

$$V = KV_{37},$$

где V_{37} – объемный расход ГДС при 37 °С;

K – коэффициент приведения легочной вентиляции, который определяется по формуле:

$$K = \frac{P_a - P_{37}}{P_a - P_k} \cdot \frac{T_k}{T_{37}},$$

где P_a – реальное атмосферное давление;

$P_{37} = 6,3$ кПа – давление насыщенных паров воды при 37 °С;

P_k – давление насыщенных паров воды при комнатной температуре;

T_k – температура в лабораторном помещении, К,

$T_{37} = (273 + 37)$ К = 310 К – нормируемая температура ГДС.

В стандарте [1] эти формулы отсутствуют, хотя в предшествующем, ныне отмененном, стандарте [3] они есть. Они присутствуют и в также приостановленном стандарте [4]. Анализ этих формул показывает, что они получены из предположения, что на линии искусственные легкие – дыхательный аппарат масса ГДС неизменна, что не совсем верно, т.к. в увлажнителе происходит поглощение паров воды с тем, чтобы довести влажность ГДС до (95 ± 3) %, нормируемых перечисленными стандартами. В связи с этим в работе сделана попытка получения более корректной формулы коэффициента приведения и проанализированы ее преимущества с точки зрения доверительных границ погрешности, широко применяемых в отечественной метрологии и международной, вводимой последнее время в России и Украине [5,7].

В соответствии с законом Дальтона давление ГДС до увлажнителя P и после P' можно записать как:

$$P = P_B + P_k$$

$$P' = P_B + P_{37},$$

где

P_B и P'_B - парциальные давления до и после увлажнителя соответственно.

По закону Паскаля $P=P'$ и тогда

$$P_B + P_k = P_B + P_{37}.$$

Из уравнения Менделеева-Клайперона найдем:

$$P_B = \frac{m_B}{\mu_B} \frac{RT_\kappa}{V};$$

$$P_B = \frac{m'_B}{\mu'_B} \frac{RT_{37}}{V_{37}},$$

где m_B и m'_B - массы воздушной смеси до увлажнителя и после соответственно;

μ_B и μ'_B - молярная массы воздушной смеси до увлажнителя и после соответственно;

R – универсальная газовая постоянная.

Учитывая, что в увлажнителе не происходит изменение состава и массы воздушной смеси:

$$m_B = m'_B;$$

$$\mu_B = \mu'_B$$

и заменив $m_B = \rho_{37}V_{37}$, где ρ_{37} - плотность воздушной смеси при 37 °С, после преобразования получаем:

$$V = \frac{\rho_{37}RV_{37}T_\kappa}{\rho_{37}RT_{37} + \mu(P_{37} - P_\kappa)};$$

откуда

$$K = \frac{P_{37}RV_{37}}{(\rho_{37}RT_{37} + \mu(P_{37} - P_\kappa))}.$$

Список литературы

- 1 Респіратори ізолювальні регенеративні для гірничорятувальних робіт. Загальні технічні вимоги і методи випробувань. ДСТУ 3856-99.
- 2 Средства индивидуальной защиты органов дыхания. Аппараты изолирующие автономные с химически связанным кислородом (самоспасатели). Общие технические требования. Методы испытаний. ГОСТ Р 12.4.220-2001.
- 3 Респираторы изолирующие регенеративные для горноспасательных работ. Общие технические требования. Методы испытаний. ОСТ 12.43.247-83.
- 4 Саморятівники шахтні ізолювальні з хімічно зв'язаним киснем. Загальні технічні вимоги і методи випробувань. ДСТУ 2294-93.
- 5 Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement. First edition.-ISO, Switzerland, 1993.-10 p.
- 6 Применение Руководства по выражению неопределенности измерений. МИ 2552-99.-17 с.
- 7 Новіков В.М., Коцюба А.М. Основи метрології та метрологічна діяльність. Частина 2.- Київ, 2001.- 210 с.