

7. *Platnometriya poputyaykh nefizicheskikh i prirodnikh gazov na osnove izmereniya ikh dielektricheskoy promislennosti – analiza problemy* / I.G. Vyshivanyy, V.E. Kostyukov, I.N. Moskalov, S.A. Kuznetsov, V.V. Smirnov // *Automatizatsiya, telemekhanizatsiya i svyaz v nefyanoy promyshlennosti*. – M.: OAO "VNIIOENG", 2008. – № 10. – S. 8–12.

8. *Diel'kometricheskaya platnometriya poputyaykh nefizicheskikh i prirodnikh gazov: printsipial'nye trudnosti* / I.G. Vyshivanyy, V.E. Kostyukov, I.N. Moskalov, S.A. Kuznetsov, V.V. Smirnov // *Automatizatsiya, telemekhanizatsiya i svyaz v nefyanoy promyshlennosti*. – M.: OAO "VNIIOENG", 2008. – № 11. – S. 7–11.

9. *Ekspertimental'naya opredeleniye plochnosti prirodnogo gaza na osnove izmereniya ego dielektricheskoy promislennosti* / I.G. Vyshivanyy, V.E. Kostyukov, I.N. Moskalov, S.A. Kuznetsov, V.V. Smirnov // *Automatizatsiya, telemekhanizatsiya i svyaz v nefyanoy promyshlennosti*. – M.: OAO "VNIIOENG", 2008. – № 12. – S. 6–11.

10. Moskalov I.N., Kostyukov V.E., Vyshivanyy I.G. *Fizicheskiye printsipy raboty izmeritel'noy skemki skhizhnogo raskhodomera* // *Gazovaya prom-st.*. – 2004. – № 2. – S. 73–75.

11. *Izmeritel'naya skemka raskhodomera dlya opredeleniya KGF i KGF v gazokondensatnykh potokakh* / I.N. Moskalov, V.E. Kostyukov, I.G. Vyshivanyy, Yu.I. Orskhov // *Gazovaya prom-st.*. – 2005. – № 2. – S. 59–62.

12. Moskalov I.N., Kostyukov V.E. *Mikrovolnovyye metody operativnogo analiza prirodnogo gaza i kondensata*. – Sarov: Izd-vo "FCUP RFYaTs-VNIIEF". 2013. – T. 1. – 420 s.

13. *Ispytaniya raskhodomera KGFh-001-01 na skhizhina 24 2 Zapolnyayemogo NGKM* / V.F. Novopashin, V.B. Belyaev, Yu.I. Orskhov, I.N. Moskalov (i dr.) // *Gazovaya prom-st.*. – 2011. – № 6. – S. 36–39.

14. TU 4213-064-001.58738-2005. *Mobil'naya zamernaya ustanovka dlya issledovaniya gazokondensatnykh i nefyaynykh skhizhin. Tekhnicheskiye usloviya* (ООО "Тюменскийгазпром"). – Тюмень, 2005.

15. STO Gazprom 3.1-2-008-2008. *Metodika otbera prob mnogofaznykh potokov na net'e skhizhay, kstornoj zamernoy ustanovki, ustanovok promyslovoy podpiterki*. – M.: OOO "IBTs "Gazprom", 2008.

16. *Mnogofaznye raskhodomery dlya gazokondensatnykh skhizhin: sostoyaniye, problemy, perspektivy sovershenstvovaniya* / V.F. Novopashin, Yu.A. Filippova, I.N. Moskalov, V.E. Kostyukov // *Intermedia: Mezhdunar. nauchnoy nauch.-tekhn. konf. "Nauchnaya diskussiya: voprosy tekhnicheskikh nauk"*. – M., 2014. – Ch. I.

17. *Mnogofaznye raskhodomery dlya gazokondensatnykh skhizhin: sostoyaniye, problemy, perspektivy sovershenstvovaniya* / V.F. Novopashin, Yu.A. Filippova, I.N. Moskalov, V.E. Kostyukov // *Intermedia: Mezhdunar. nauchnoy nauch.-tekhn. konf. "Nauchnaya diskussiya: voprosy tekhnicheskikh nauk"*. – M., 2014. – Ch. II.

18. *Mnogofaznye raskhodomery dlya gazokondensatnykh skhizhin: sostoyaniye, problemy, perspektivy sovershenstvovaniya* / V.F. Novopashin, Yu.A. Filippova, I.N. Moskalov, V.E. Kostyukov // *Intermedia: Mezhdunar. nauchnoy nauch.-tekhn. konf. "Nauchnaya diskussiya: voprosy tekhnicheskikh nauk"*. – M., 2013. – Ch. III.

19. Vyshivanyy I.G., Moskalov I.N., Kostyukov V.E. *Diel'kometricheskaya platnometriya i raskhodometriya gazokondensatnykh ugledovododnykh potokov. Vkluchaya nestabil'nyye kondensaty i SUG* (dokl. / V Yubileynaya Obshchestva nauch.-prakt. konf. po raskhodometrii. – Tyumen', 29-30 oktyabrya 2008).

УДК 53.089.5

## ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПОВЕРОЧНОГО КОМПЛЕКСА ЗАО "НЕФТЕГАЗМЕТРОЛОГИЯ", ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДОСТОВЕРНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ПРИ ПОВЕРКЕ

А.В. Сафонов<sup>1</sup>, С.Ю. Денисенко<sup>1</sup>, М.В. Сенянский<sup>2</sup>, П.И. Макаров<sup>2</sup>, А.Ф. Остривной<sup>3</sup>, В.С. Снегов<sup>3</sup>,  
Ю.И. Каменских<sup>3</sup>

(<sup>1</sup>Группа Компаний ИМС, <sup>2</sup>ЗАО "ВИК "Тензо-М", <sup>3</sup>ФГУП ВНИИМ)

Локальную поверочную схему поверочного комплекса возглавляют выпускаемые серийно весы специальные ВСПМ (рис. 1), предназначенные для измерений массы жидкостей при поверке, калибровке и градуировке мерников металлических, а также для работы в составе рабочих эталонов, поверочных и испытательных установок, основанных на прямом методе статических измерений массы жидкости.

Принцип действия весов основан на преобразовании деформации упругих элементов трехкомпонентных датчиков весов, возникающей под действием силы тяжести взвешиваемого груза, в аналоговые электрические сигналы, изменяющиеся пропорционально массе груза. Датчики снабжены тремя тензорезисторными мостами, ориентированными так, что они воспринимают нагрузку по вертикальной и боковым составляющим. Сигналы с выходов трех тензорезисторных мостов по своим каналам связи поступают на

входы преобразователя, где преобразуются в цифровой код отдельно по каждому каналу. Цифровые коды поступают в терминал, где обрабатываются и отображаются на экране терминала в виде результатов измерений по каждому каналу и суммарного результата измерений массы. В стандартной комплектации весы имеют один или два интервала измерений. Каждый интервал измерений соответствует определенному номинальному значению вместимости мерников.

Конструктивно весы состоят из грузоприемной платформы, комплекта из трех специальных весоизмерительных датчиков с узламистройки, комплекта подкладных регулируемых узлов, преобразователя ПН-9010 и терминала промышленного ТП-024.

В весах реализованы функции полуавтоматической установки нуля, автоматического слежения за горизонтальным положением платформы весов и работа в режиме компаратора.

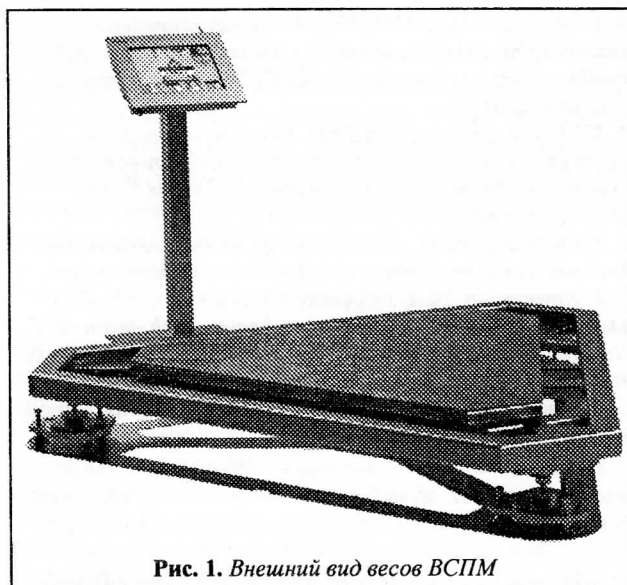


Рис. 1. Внешний вид весов ВСПМ

В весах используется встроенное в терминал программное обеспечение (ПО), которое жестко привязано к электрической схеме весов. Программное обеспечение выполняет функции по сбору, передаче, обработке, хранению и представлению измерительной информации.

Идентификационным признаком ПО служит номер версии, который отображается на дисплее терминала при запуске ПО. Для предотвращения воздействий и защиты законодательно контролируемых параметров используется электронное клеймо, представляющее собой случайно генерируемое число, которое автоматически обновляется после каждого сохранения измененных законодательно контролируемых параметров. Конструкция весов исключает возможность несанкционированного влияния на ПО средства измерений (СИ) и измерительную информацию. Уровень защиты ПО от непреднамеренных и преднамеренных воздействий в соответствии с Р 50.2.077-2014 – "средний".

Отличительной особенностью специальных весов ВСПМ является то, что они сохраняют свои метрологические характеристики в межповерочном интервале, равном 1 году, не требуя градуировки комплектом гирь  $F_2$  перед каждым использованием весов для взвешивания. Контролировать неизменность метрологических характеристик весов позволяют специально разработанные трехкомпонентные датчики веса, которые дают возможность воспроизводить условия предыдущей поверки, записанные в память электронного блока весов.

Первичную или периодическую поверку весов можно выполнять одним из трех способов:

- на месте эксплуатации с помощью эталонных гирь 3-го разряда по ГОСТ 8.021-2005;
- на месте эксплуатации с помощью эталонной гири 2-го разряда массой 20 кг по ГОСТ 8.021-2005 и компаратора массы на максимальную нагрузку 20 кг с комплектом замещающих грузов;
- на предприятии-изготовителе в этом случае на поверку требуется доставлять только три датчика и

электронный терминал весов, общая масса этого перевозимого на поверку комплекта не превышает 30 кг.

Пределы допускаемой относительной погрешности весов ВСПМ не превышают  $\pm 0,005 \%$ , предел допускаемого относительного значения среднего квадратического отклонения (СКО) весов не более  $0,0025 \%$ . Предел допускаемой относительной погрешности эталонных мерников вместимостью  $1000 \text{ дм}^3$ , получаемые с применением весов ВСПМ, не превышает  $\pm 0,01 \%$  (результаты исследований весов и эталонного мерника представлены в [7]).

В июне 2015 г. проведен контроль метрологических характеристик весов, эталонных мерников и поверочных установок, который подтвердил их стабильность и неизменность. Был выполнен расширенный расчет бюджета неопределенности поверочной установки ТПУ с максимальным расходом до  $2200 \text{ м}^3/\text{ч}$ , аттестованной в качестве рабочего эталона 1-го разряда единицы объема жидкости № НГМ 01 – 0002, соответствующей требованиям ГОСТ 8.510-2002. Перечень неопределенностей (НП), наиболее полно учитывающих условия проведения измерений, представлен в табл. 1.

Таблица 1

Расчет неопределенности ТПУ № НГМ 01 – 0002

| Источники стандартной неопределенности                                                                                                                               | Значение, % |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| НП, возникающая при определении среднего значения вместимости ТПУ                                                                                                    | 0,0030      |
| НП, возникающая при определении среднего значения коэффициента преобразования счетчика-компаратора                                                                   | 0,0032      |
| НП, обусловленная погрешностью определения вместимости мерника                                                                                                       | 0,0076      |
| НП, обусловленные погрешностью измерений температуры в мернике, счетчике-компараторе и ТПУ                                                                           | 0,0019      |
| НП, обусловленная погрешностью ИВК при измерении количества импульсов от счетчика-компаратора                                                                        | 0,0038      |
| НП, обусловленная погрешностью ИВК при вычислении коэффициента преобразования счетчика-компаратора в точке диапазона расхода, при котором определяют вместимость ТПУ | 0,0038      |
| НП, обусловленные погрешностью измерений давления в счетчике-компараторе и ТПУ                                                                                       | 0,00015     |
| НП, обусловленная отклонением расхода рабочей жидкости от установленного значения за время измерения                                                                 | 0,03        |
| НП, обусловленная испарением рабочей жидкости из мерника за время измерения                                                                                          | 0,0019      |
| НП, обусловленная наличием пузырьков воздуха в жидкости при измерении ее количества мерником                                                                         | 0,0006      |

Из табл. 1 видно, что наибольший вклад в результат расчета расширенной неопределенности вносят: неопределенность, обусловленная отклонением расхода рабочей жидкости, неопределенности счетчика-компаратора и определения вместимости мерника.

Расчет доверительной границы суммарной погрешности эталона объема 1-го разряда  $\delta(P)$ , %

$$\delta(P) = K_{\Sigma} \cdot S_{\Sigma} = \begin{cases} 0,0187 \% \text{ при } P = 0,95 \\ 0,0249 \% \text{ при } P = 0,99; \end{cases} \quad (1)$$

$$S_{\Sigma} = \sqrt{(S_{0\gamma})^2 + (S_0^{\text{сч}})^2 + (S_0^{\text{ТПУ}})^2} = 0,093 \% \quad (2)$$

$$S_{\theta_y} = \sqrt{\frac{\theta_M^2 + \theta_{t_1}^2 + 2 \cdot \theta_{t_2}^2 + \theta_{t_3}^2 + 2 \cdot \theta_{P_1}^2 + \theta_{P_2}^2 + \theta_{ИВК_N}^2 + \theta_{ИВК_{КСЧ}}^2 + \theta_Q^2 + \theta_{ИСП}^2 + \theta_{ПУЗ}^2}{3}} = 0,0082 \% ; \quad (3)$$

$$S_0^{СЧ} = \frac{S^{СЧ}}{\sqrt{n}} = \frac{0,01}{\sqrt{10}} = 0,0032 \% ; \quad (4)$$

$$S_0^{ТПУ} = \frac{S^{ТПУ}}{\sqrt{m}} = \frac{0,01}{\sqrt{11}} = 0,0030 \% ; \quad (5)$$

$$\theta_{t_1} = \beta \cdot 100 \cdot \Delta t_M = 0,0026 \% ; \quad (6)$$

$$\theta_{t_2} = \beta \cdot 100 \cdot \Delta t_{СЧ} = 0,0026 \% ; \quad (7)$$

$$\theta_{t_3} = \beta \cdot 100 \cdot \Delta t_{ТПУ} = 0,0026 \% ; \quad (8)$$

$$\theta_{P_1} = F \cdot 100 \cdot \Delta P_{СЧ} = 0,002 \% ; \quad (9)$$

$$\theta_{P_2} = F \cdot 100 \cdot \Delta P_{ТПУ} = 0,002 \% ; \quad (10)$$

$$K_{\Sigma} = \frac{t_P^m \cdot \sqrt{(S_0^{СЧ})^2 + (S_0^{ТПУ})^2 + \theta_{\Sigma_0}}}{\sqrt{(S_0^{СЧ})^2 + (S_0^{ТПУ})^2 + S_{\theta_y}}} = \begin{cases} 2,0181 \% , t_P^m = 2,228 \text{ при } P = 0,95 \\ 2,6844 \% , t_P^m = 3,169 \text{ при } P = 0,99; \end{cases} \quad (11)$$

$$\theta_{\Sigma_0} = k \cdot \sqrt{\theta_M^2 + \theta_{t_1}^2 + 2 \cdot \theta_{t_2}^2 + \theta_{t_3}^2 + 2 \cdot \theta_{P_1}^2 + \theta_{P_2}^2 + \theta_{ИВК_N}^2 + \theta_{ИВК_{КСЧ}}^2 + \theta_Q^2 + \theta_{ИСП}^2 + \theta_{ПУЗ}^2} = \begin{cases} 0,0156 \% , k = 1,1 \text{ при } P = 0,95 \\ 0,0198 \% , k = 1,4 \text{ при } P = 0,99. \end{cases} \quad (12)$$

Суммарная стандартная неопределенность

$$U_C = \sqrt{(S_0^{СЧ})^2 + (S_0^{ТПУ})^2 + \frac{\theta_M^2 + \theta_{t_1}^2 + \theta_{t_2}^2 + \theta_{t_3}^2 + 2 \cdot \theta_{P_1}^2 + \theta_{P_2}^2 + \theta_{ИВК_N}^2 + \theta_{ИВК_{КСЧ}}^2 + \theta_Q^2 + \theta_{ИСП}^2 + \theta_{ПУЗ}^2}{3}} = 0,0093 \% . \quad (13)$$

Расширенная неопределенность для уровня доверия 0,95, для нормального закона распределения результатов измерений (коэффициент охвата равен 2)

$$U(0,95) = 2 \cdot U_C = 0,0186 \% . \quad (14)$$

Расширенная неопределенность для уровня доверия 0,99, для нормального закона распределения результатов измерений (коэффициент охвата равен 3)

$$U(0,99) = 3 \cdot U_C = 0,0279 \% . \quad (15)$$

Расширенный расчет неопределенности ТПУ, где были учтены не только неопределенности определения вместимости мерника и измерения температуры рабочей жидкости, но и дополнительные составляющие, такие, как неопределенность определения коэффициента преобразования компаратора, ИВК, давления, отклонения расхода, испарения жидкости и пузырьков воздуха в жидкости при поверке с помощью мерника подтвердил возможность поверки ТПУ с высокой точностью – 0,0186...0,0279 %.

С целью обеспечения достоверности полученных результатов были проведены исследования и расчеты расширенной неопределенности ТПУ с применением измерительных преобразователей температуры с погрешностью измерения температуры  $\pm 0,05$  и  $\pm 0,02$  °С.

Проведенные исследования и расчеты (табл. 2) доказывают, что основной составляющей неопределенности при определении вместимости ТПУ является неопределенность определения вместимости эталонного мерника, погрешности измерений температуры  $\pm 0,1$  °С достаточно для определения вместимости ТПУ с неопределенностью не более  $\pm 0,03$  % в соот-

ветствии с требованиями ГОСТ 8.510-2002, а измерение температуры с погрешностью  $\pm 0,05$  и  $\pm 0,02$  °С позволяет повысить точность на 0,01 и 0,02 %, соответственно.

Таблица 2

Расчет расширенной неопределенности

| Характеристика                                          | Было        | Стало с учетом дополнительных неопределенностей измерений давления и нестабильности расхода через компаратор при поверке ТПУ $\pm 0,1$ °С | Неопределенность измерения температуры жидкости в мернике, компараторе, ТПУ при поверке ТПУ |               |
|---------------------------------------------------------|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
|                                                         |             |                                                                                                                                           | $\pm 0,05$ °С                                                                               | $\pm 0,02$ °С |
| Единица объема ТПУ                                      |             |                                                                                                                                           |                                                                                             |               |
| Расширенная неопределенность для уровня доверия 0,99, % | $\pm 0,027$ | $\pm 0,028$                                                                                                                               | $\pm 0,027$                                                                                 | $\pm 0,026$   |

Результаты поверки высокоточных преобразователей расхода типа НТМ с геликоидным ротором, пред-



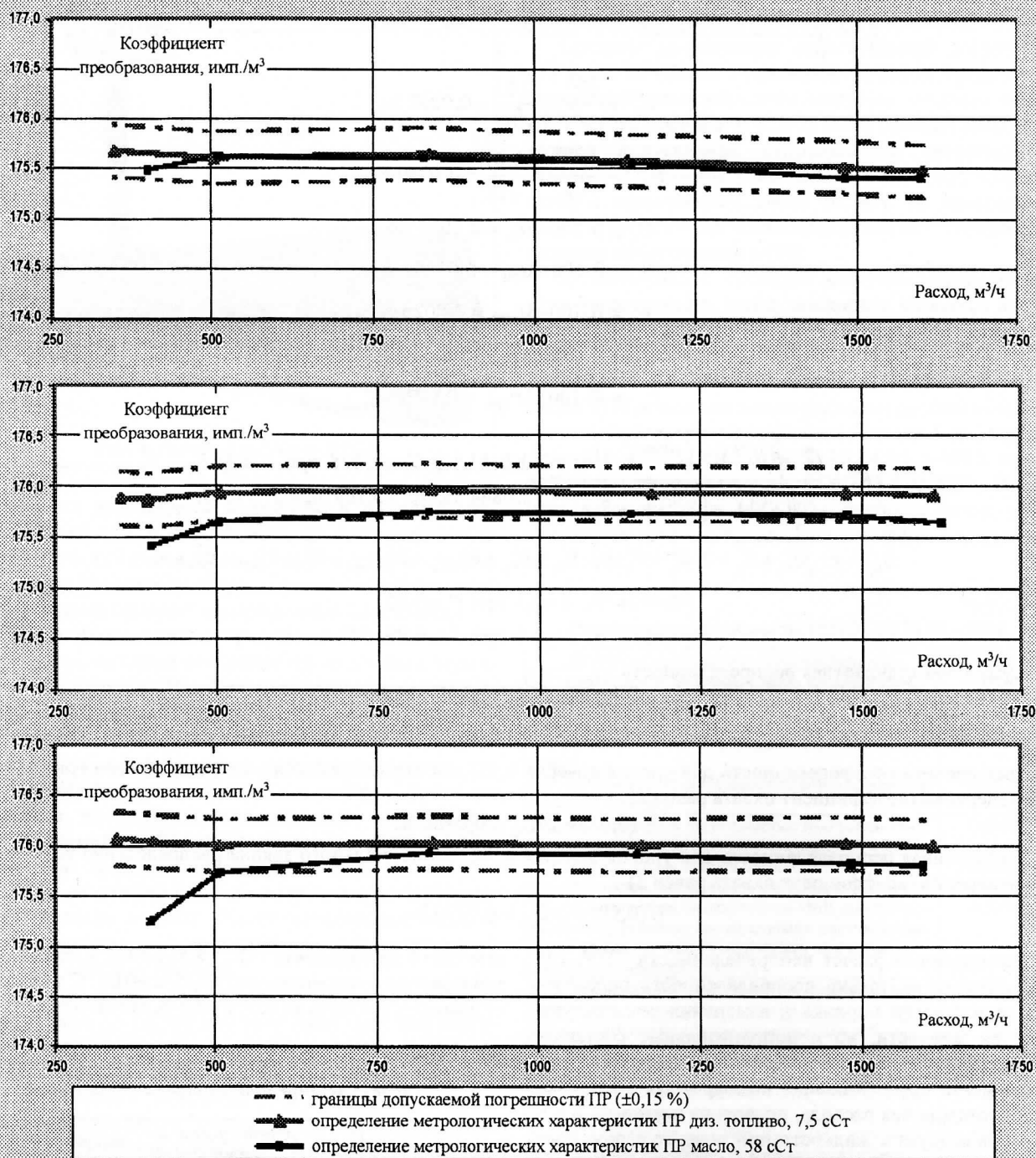


Рис. 2. Результаты поверки преобразователей расхода НТМ с геликоидным ротором

ставленные на рис. 2, показали преимущество применения ТПУ с погрешностью  $\pm 0,03\%$ . Результаты поверки в диапазоне изменения вязкости рабочей жидкости 7,5...58 сСт показали, что изменения коэффициента преобразования не превышают допустимых пределов  $\pm 0,15\%$ .

#### Выводы:

1. Эксплуатация весов специальных ВСПМ и эталонных мерников подтвердила их высокую надежность, неизменность метрологических характеристик в течение межповерочного года, возможность приме-

нения в составе систем измерений количества и показателей качества нефти и нефтепродуктов для поверки эталонных мерников 1-го разряда.

2. Проведенный в июне 2015 г. контроль метрологических характеристик весов ВСПМ, эталонных мерников и поверочных установок ТПУ-800, ТПУ-2200 подтвердил стабильность метрологических характеристик, которые полностью соответствуют результатам, полученным в марте 2014 г. при первичной аттестации эталонов поверочного комплекса ЗАО "Нефтегазметрология".

3. Передача единицы массы от весов ВСПМ и единицы объема от эталонных мерников и поверочных установок преобразователям расхода при поверке подтверждает, что высокая точность поверочных установок позволяет уменьшить брак при поверке и обеспечить достоверные измерения при коммерческих операциях. Это позволяет усовершенствовать метрологическое обеспечение при учете нефти и нефтепродуктов в соответствии с [5, 6].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 8.510-2002. ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений объема и массы жидкости.
2. ГОСТ 8.021-2005. ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений массы.
3. ГОСТ 8.400-2013. ГСИ. Мерники металлические эталонные. Методика поверки.
4. СТО НГМ 1.1-2014. Стандарт организации. Локальная поверочная схема для средств измерений объема и массы нефти и нефтепродуктов, мерников эталонных металлических с применением эталона единиц объема и массы нефти и нефтепродуктов Поверочного комплекса ЗАО "Нефтегазметрология".
5. РМГ 100-2010. ГСИ. Рекомендации по определению массы нефти при учетных операциях с применением систем измерений количества и показателей качества нефти.
6. РМГ 106-2010. ГСИ. Рекомендации по определению массы нефти при учетных операциях с применением систем

измерений количества и показателей качества нефти.

7. Пути повышения точности измерений массы и объема нефти и нефтепродуктов / А.В. Сафонов, В.С. Снегов, А.Ф. Остривной, Ю.И. Каменских // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. – М.: ОАО "ВНИИОЭНГ", 2014. – № 11.

#### LITERATURA

1. GOST 8.510-2002. GSI. Gosudarstvennaya poverochnaya skhema dlya sredstv izmereniy ob"ema i massy zhidkosti.
2. GOST 8.021-2005. GSI. Gosudarstvennaya poverochnaya skhema dlya sredstv izmereniy massy.
3. GOST 8.400-2013. GSI. Merniki metallicheskie etalonnye. Metodika poverki.
4. STO NGM 1.1-2014. Standart organizatsii. Lokal'naya poverochnaya skhema dlya sredstv izmereniy ob"ema i massy nefi i nefteproduktov, mernikov etalonnykh metallicheskiykh s primeneniem etalona edinit ob"ema i massy nefi i nefteproduktov Poverochnogo kompleksa ZAO "Neftegazmetrologiya".
5. RMG 100-2010. GSI. Rekomendatsii po opredeleniyu massy nefi pri uchetykh operatsiyakh s primeneniem sistem izmereniy kolichestva i pokazateley kachestva nefi.
6. RMG 106-2010. GSI. Rekomendatsii po opredeleniyu massy nefi pri uchetykh operatsiyakh s primeneniem sistem izmereniy kolichestva i pokazateley kachestva nefi.
7. Puti povysheniya tochnosti izmereniy massy i ob"ema nefi i nefteproduktov / A.V. Safonov, V.S. Snegov, A.F. Ostrivnoy, Yu.I. Kamenskikh // Avtomatizatsiya, telemekhanizatsiya i svyaz' v neftyanoy promyshlennosti. – M.: OAO "VNIIOENG", 2014. – № 11.

## ИНФОРМАЦИОННЫЕ, ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ, ЭКСПЕРТНЫЕ, ОБУЧАЮЩИЕ СИСТЕМЫ

УДК 681.5:622.276; 622.279

### БАЗОВАЯ КОНЦЕПЦИЯ СРЕДСТВ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ОПЕРАТИВНЫХ СИСТЕМ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ, ОСНОВАННЫХ НА МЕТОДАХ КОГНИТИВНОЙ ГРАФИКИ

А.А. Башлыков  
(ЗАО "ВНИИСТ-Нефтегазпроект")

#### Введение

Проблема организации своевременной обработки больших объемов оперативной информации и образного ("сжатого") представления ее человеку-оператору является сегодня одной из важнейших при построении человеко-машинных систем управления сложными технологическими объектами управления (ТОУ), основанных на методах искусственного интеллекта [1].

Наиболее успешным подходом к "сжатию" оперативной информации являются методы когнитивной графики [2], согласованные с системой когнитивных операций человека-оператора. Под системой когнитивных операций человека-оператора понимаются операции человека, служащие для опознавания входных сигналов от ТОУ, а именно: поиск, обнаружение

сигналов и выделение сигналов из шума, дифференцировка сигналов, идентификация сигналов, собственно опознавание, соотнесение сигналов с эталоном. При этом будем считать, что интеллект человека-оператора есть глобальная когнитивная система, состоящая из ряда подсистем (перцептивная, мнемическая, мыслительная), целью которой является информационное обеспечение взаимодействия оператора с ТОУ и внешней средой.

Когнитивная компьютерная графика апеллирует к правому полушарию человека и представляет собой эффективный технический инструмент для прямого воздействия на процесс интуитивного образного мышления человека-оператора.

Известный специалист в области искусственного интеллекта Д.А. Поспелов в предисловии к работе [3] и в работе [4] сформулировал три основные задачи