

BENZINNING HAJMIY SARFINI O'LCHASHDA HARORAT OMILINI HISOBGA OLISH VA O'LCHASH NOANIQLIGINI BAHOLASHNING METROLOGIK ASOSLARI

Jo'raqulov Mardon Davronovich

Annotatsiya: Maqolada benzinning hajmiy sarfini o'lchashda harorat omilini hisobga olish va yakuniy natijaning o'lchash noaniqligini baholash masalalari metrologik nuqtayi nazardan tahlil qilinadi. Suyuqlik hajmining haroratga bog'liqligi sababli o'lchash sharoitidagi hajmiy sarfni belgilangan tayanch haroratga keltirish zarurati asoslanadi. ASTM D1250/API MPMS 11.1 hujjatidagi hajmni harorat va bosim bo'yicha tuzatish yondashuvi hamda JCGM 100:2008 (GUM) qo'llanmasidagi noaniqlikni ifodalash tamoyillari o'zaro farqlanadi va bitta metrologik model doirasida ko'rib chiqiladi. Kirish kattaliklari, ehtimoliy ta'sir etuvchi omillar, noaniqlik byudjeti va eksperimental tekshiruv mezonlari taklif etiladi. Ish nazariy-metodik xarakterga ega: haqiqiy laboratoriya ma'lumotlari berilmagani sababli sonli tajriba natijalari yoki aniqlikning yaxshilanish foizi keltirilmaydi. Taklif etilgan modelni aniq sarf o'lchagich, benzin turi va laboratoriya sharoitida tekshirish zarurligi qayd etiladi.

Kalit so'zlar: metrologiya, benzin, hajmiy sarf, harorat, hajmni tuzatish koeffitsiyenti, o'lchash noaniqligi, sarf o'lchagich, tayanch harorat, metrologik ta'minot.

Abstract: The article discusses metrological aspects of accounting for temperature effects and evaluating measurement uncertainty in volumetric flow measurement of gasoline. Since liquid volume depends on temperature, the measured flow may need to be converted to a defined reference temperature. The roles of ASTM D1250/API MPMS 11.1, which addresses volume correction for temperature and pressure, and JCGM 100:2008 (GUM), which provides principles for evaluating measurement uncertainty, are distinguished and combined in a general measurement model. The article identifies input quantities, potential influence factors, components of an uncertainty budget and criteria for experimental validation. It is a theoretical and methodological study; no experimental data or unverified numerical performance claims are presented. Experimental validation with a specified flowmeter, gasoline type and laboratory setup is required.

Keywords: metrology, gasoline, volumetric flow, temperature, volume correction factor, measurement uncertainty, flowmeter, reference temperature.

KIRISH

Neft mahsulotlarini qabul qilish, saqlash, tashish va realizatsiya qilish jarayonlarida hajmiy sarfni ishonchli o'lchash texnologik boshqaruv va tijorat hisobining muhim tarkibiy qismidir.

Sarf qiymatidagi xatolik mahsulot miqdorini hisoblash, yo'qotishlarni aniqlash va o'lchash natijalari bo'yicha kelishmovchiliklarni hal etishga ta'sir ko'rsatishi mumkin.

Shu sababli o'lchash natijasini faqat asbob displeyida ko'rsatilgan qiymat bilan cheklamasdan, o'lchash sharoiti, qo'llangan tuzatishlar va natijaning noaniqligi bilan birga baholash zarur.

Benzin harorat o'zgarishiga sezgir suyuqlik bo'lib, uning hajmi haroratga bog'liq ravishda o'zgaradi.

Shuning uchun turli haroratlarda olingan hajmiy qiymatlarni tayanch sharoitga keltirmasdan to'g'ridan-to'g'ri taqqoslash xulosani buzishi mumkin.

Haroratning o'lchash natijasiga ta'siri ikki yo'nalishda namoyon bo'ladi: birinchisi — suyuqlik hajmining fizik o'zgarishi; ikkinchisi — sarf o'lchagich va harorat o'lchash kanalining ish sharoitiga bog'liq metrologik xususiyatlari.

Bu ikki ta'sirni bir-biridan ajratish tadqiqot metodikasining muhim talabidir.

ASTM D1250-25/API MPMS 11.1 neft mahsulotlari hajmini tayanch harorat va bosim sharoitiga keltirish uchun algoritm hamda amalga oshirish tartibini belgilaydi.

Hujjatda benzin umumlashtirilgan qayta ishlangan mahsulotlar guruhida ko'rib chiqiladi, shuningdek benzin va denaturatsiyalangan etanol aralashmalari uchun alohida usulga murojaat qilish zarurligi ko'rsatilgan [1].

Demak, mahsulot tarkibi va zichligi haqida ma'lumot olmasdan turib universal koeffitsiyent qo'llash ilmiy jihatdan asosli emas.

O'lchash noaniqligi esa tuzatish koeffitsiyentining o'zi bilan bir xil tushuncha emas. Tuzatish fizik kattalikni tayanch sharoitga keltiradi, noaniqlik esa natija bilan bog'liq qiymatlar tarqalishini va bilim cheklanganligini miqdoriy ifodalaydi. JCGM 100:2008 (GUM) o'lchash noaniqligini baholash va ifodalashning umumiy tamoyillarini beradi [2].

Ushbu maqolaning vazifasi mazkur ikki yondashuvni benzin hajmiy sarfini o'lchash kontekstida yagona izchil metodik doiraga keltirishdan iborat.

TADQIQOT MAQSADI, OBYEKTI VA VAZIFALARI

Tadqiqot maqsadi — benzinning hajmiy sarfini o'lchashda haroratni hisobga olish, natijani tayanch sharoitga keltirish va o'lchash noaniqligini baholash uchun nazariy-metodik modelni shakllantirish. Tadqiqot obyekti benzin oqimini o'lchash va hisobga olish tizimi hisoblanadi. Tadqiqot predmeti esa sarf o'lchagich ko'rsatkichi, harorat o'lchash kanali, benzinning tayanch sharoitdagi zichligi, hajmni tuzatish koeffitsiyenti va ushbu kattaliklarning yakuniy natijaga ta'siridir.

Maqsadga erishish uchun quyidagi vazifalar belgilanadi: (1) haroratning hajmiy o'lchash natijasiga fizik va metrologik ta'sirlarini tasniflash; (2) o'lchangan sarfni tayanch haroratga keltirishning umumiy modelini yozish; (3) modelga kiruvchi kattaliklar va noaniqlik manbalarini aniqlash; (4) noaniqlik byudjetini shakllantirish tamoyillarini ko'rsatish; (5) modelni tajribada tekshirish uchun zarur ma'lumotlar va taqqoslash mezonlarini belgilash.

Harorat ta'sirining fizik va metrologik mazmuni

Suyuqlik hajmining haroratga bog'liqligi uning issiqlik kengayishi bilan izohlanadi.

Bir xil massa yoki modda miqdori har xil haroratlarda turli hajmni egallashi mumkin. Oqim o'lchash jarayonida bu holat mahsulotni qaysi sharoitdagi hajm birligida hisobga olish lozimligini belgilaydi.

Tijorat va texnologik hisobda o'lchangan hajmni oldindan kelishilgan tayanch haroratga keltirish taqqoslashning bir xilligini ta'minlashga xizmat qiladi.

Biroq haroratning ta'sirini faqat suyuqlikning kengayishi bilan cheklash noto'g'ri bo'lishi mumkin. Sarf o'lchagichning konstruksiyasi va o'lchash prinsipi ham ahamiyatga ega.

Masalan, turbinli o'lchagichda oqim profili, yopishqoqlik va mexanik holat; hajmiy siljish prinsipidagi o'lchagichda ichki tirqishlar va suyuqlik xossalari; Koriolis turidagi qurilmada esa massa sarfi, zichlik va jarayon sharoitlari bilan bog'liq xususiyatlar natijaga ta'sir qilishi mumkin.

Shu sababli asbob turi aniqlanmaguncha uning haroratga sezgirligi haqida muayyan miqdoriy xulosa chiqarish mumkin emas.

Harorat sensori joylashuvi ham metodik jihatdan muhim. Sensor o'lchagichdan ancha uzoqda joylashsa yoki quvurdagi harorat bir xil bo'lmasa, sensor ko'rsatishi o'lchagich kesimidan o'tayotgan mahsulot haroratini to'liq ifodalamasligi mumkin. Shu sababli sensorning o'rnatilgan joyi, issiqlik almashinuvi, javob vaqti, kalibrlash holati va ko'rsatkichni qayd etish vaqti hujjatlashtiriladi. Bu omillarni baholamasdan faqat displey qiymatini ishlatish noaniqlikni kamaytirib ko'rsatish xavfini tug'diradi.

Matematik model

Umumiy holda tayanch haroratga keltirilgan hajmiy sarf quyidagi ifoda bilan belgilanadi:

$$Q_{\beta} = Q_t \cdot C_{tl}(T, \rho_{\beta}, g)$$

Bu yerda Q_{β} — tayanch haroratdagi hajmiy sarf; Q_t — o'lchash harorati T da sarf o'lchagich ko'rsatgan hajmiy sarf; C_{tl} — harorat bo'yicha hajmni tuzatish koeffitsiyenti; ρ_{β} — tayanch sharoitdagi zichlik; g — standartda qo'llanadigan mahsulot guruhi yoki tasnif parametrlarini ifodalovchi belgi. Ifoda umumiy modelni ko'rsatadi, ammo koeffitsiyentni hisoblash algoritmi tegishli standartdan olinishi kerak.

Agar jarayondagi bosimning ta'siri ahamiyatli bo'lsa, amaldagi standartda ko'zda tutilgan bosim tuzatmasi ham hisobga olinadi. Bunday holatda umumiy yozuv $Q_{\beta} = Q_t \cdot C_{tl} \cdot C_{pl}$ ko'rinishida ifodalanishi mumkin, bunda C_{pl} — bosim bo'yicha tuzatish omili. Bu ko'paytuvchilarni qo'llash tartibi va ularning aniq ta'rifi tanlangan standartning amaldagi algoritmi bilan tekshirilishi zarur [1].

C_{tl} qiymatini tajriba nuqtalaridan tashqariga ekstrapolyatsiya qilish yoki benzin turini aniqlamasdan taxminiy chiziqli formula bilan almashtirish tavsiya etilmaydi. ASTM D1250-25 standartida umumlashtirilgan neft mahsulotlari uchun belgilangan tartiblar, shuningdek mahsulot guruhlari va maxsus aralashmalar bo'yicha qo'llash chegaralari bayon etilgan [1]. Agar tadqiqotda benzin-etanol aralashmasi ishlatilsa, aralashma uchun mos algoritm tanlanishi kerak. Shuningdek, 15 °C yoki 20 °C kabi tayanch haroratlardan qaysi biri qo'llanishi amaliy hisob tizimi va tegishli standart talabiga muvofiq oldindan belgilanadi.

O'lchash noaniqligini baholash

Tayanch sharoitga keltirilgan natija $Q_{\beta} = f(Q_t, T, \rho_{\beta}, \theta)$ funksiyasi orqali ifodalanishi mumkin. θ belgisi sarf o'lchagichning kalibrlash tuzatmasi, harorat kanalining xususiyatlari va modelga kiritilishi lozim bo'lgan boshqa kattaliklarni umumlashtiradi.

Noaniqlik byudjeti shakllantirilganda har bir kirish kattaligining qiymati, standart noaniqligi, baholash manbasi, ehtimoliy taqsimoti va natijaga sezgirliги ko'rsatiladi.

Kirish kattaliklari o'zaro korrelyatsiyalanmagan deb asosli qabul qilinganda birlashtirilgan standart noaniqlik quyidagi ifoda bilan baholanadi:

$$u^2(Q_\beta) = \sum_i [\partial f / \partial x_i]^2 \cdot u^2(x_i)$$

Bu yerda x_i — modelning kirish kattaliklari; $u(x_i)$ — ularning standart noaniqligi; $\partial f / \partial x_i$ — sezgirlik koeffitsiyenti. Agar kirish kattaliklari orasida korrelyatsiya mavjud bo'lsa, kovariatsiya hadlari ham hisobga olinadi. GUM yondashuvi noaniqlikni baholashda A turdagi (statistik kuzatuvlarga asoslangan) va B turdagi (kalibrlash sertifikat, texnik hujjat, rezolyutsiya yoki boshqa axborot manbalariga asoslangan) baholarni birlashtirishga imkon beradi [2].

Kengaytirilgan noaniqlik $U = k \cdot u$ munosabati bilan aniqlanishi mumkin. Bu yerda k — qamrov koeffitsiyenti. Uni avtomatik ravishda 2 deb qabul qilishdan oldin natijaning taqsimoti, samarali erkinlik darajasi va talab etilayotgan qamrov ehtimoli ko'rib chiqiladi.

Noaniqlikni faqat bitta umumiy foiz ko'rinishida ko'rsatish o'rniga, imkon qadar asosiy manbalar bo'yicha byudjet tuzish, qaysi manba umumiy natijaga ko'proq hissa qo'shayotganini aniqlash maqsadga muvofiq.

Dastlabki noaniqlik byudjetiga quyidagi manbalar kiritilishi mumkin: sarf o'lchagichning kalibrlash ma'lumotlari; asbob ko'rsatishining ajrata olish qobiliyati; takroriy o'lchashlar tarqalishi; harorat sensori kalibrlash noaniqligi; haroratni o'lchash nuqtasining mosligi; benzin zichligi va uning manbasi; hajmni tuzatish algoritmi; oqimning barqarorligi; zarur bo'lsa, bosim o'lchash kanali.

Ushbu ro'yxat yakuniy emas: asbob turi va laboratoriya sxemasi aniqlangach, keraksiz omillar chiqarib tashlanadi va muhim omillar qo'shiladi.

Tajriba orqali tekshirish va natijalarni taqqoslash

Modelni tekshirish uchun sarf o'lchagich turi, modeli, diapazoni, o'rnatish shartlari va kalibrlash holati qayd etiladi. Harorat sensori uchun o'lchash diapazoni, ruxsat etilgan xatolik yoki kalibrlash natijasi, joylashuvi va qayd etish usuli ko'rsatiladi. Benzinning turi, partiyasi, zichligi va tarkibi haqida mavjud ma'lumotlar hujjatlashtiriladi. Agar mahsulot tarkibi yoki etanol ulushi noma'lum bo'lsa, ushbu cheklov natijalarni sharhlashda ochiq ko'rsatilishi lozim.

Tajriba sharoitlari amaliy foydalanish diapazonidan kelib chiqib tanlanadi. Harorat nuqtalari sifatida, masalan, 15, 20, 25 va 30 °C ko'rib chiqilishi mumkin, lekin ular majburiy standart nuqtalari emas; real harorat diapazoni, laboratoriya imkoniyati va xavfsizlik talablari bilan moslashtiriladi. Sarf rejimlari esa o'lchagichning ruxsat etilgan ish diapazonidagi past, o'rta va yuqori nuqtalarni qamrab olishi mumkin. Har bir sharoitda takroriy o'lchashlar o'tkazilib, barcha ko'rsatkichlar bir xil tartibda qayd etiladi.

Mustaqil tayanch qiymat Q_{ref} mavjud bo'lsa, o'lchangan va tuzatilgan natijalar bilan taqqoslash amalga oshiriladi. Nisbiy farq quyidagicha ifodalanishi mumkin: $\delta = (Q_{ind} - Q_{ref}) / Q_{ref} \cdot 100 \%$. Bunda Q_{ind} — tekshirilayotgan tizim natijasi, Q_{ref} — mustaqil va

metrologik maqomi hujjatlashtirilgan tayanch qiymat. Ikki qiymat bir xil birliklarda va bir xil tayanch harorat/bosim sharoitlarida ifodalanishi shart. Mustaqil tayanch vosita bo'lmasa, natijani to'liq kalibrlash natijasi sifatida talqin qilish mumkin emas.

Tajriba ma'lumotlari asosida har bir sharoit uchun o'rtacha qiymat, standart og'ish, takrorlanuvchanlik, tuzatish va noaniqlik baholanadi. Taklif etilayotgan metodikaning foydasi amaldagi yondashuv bilan oldindan belgilangan mezonlar bo'yicha taqqoslash orqali tekshiriladi. Bunda faqat o'rtacha xatolikning kamayishi emas, balki noaniqlik bahosining asoslanganligi, takrorlanuvchanlik, sharoitlar bo'yicha barqarorlik va hisoblash jarayonining qayta ishlab bo'lishi ham muhimdir.

Ilmiy yangilikning chegaralari va muhokama

Harorat bo'yicha hajmni tuzatish usullari standartlarda avvaldan mavjud. Shuning uchun faqat C_{tl} koeffitsiyentini qo'llash yoki umumiy GUM formulasini keltirishni mustaqil ilmiy yangilik sifatida ko'rsatish yetarli emas. Ilmiy hissa muayyan sarf o'lchagich va benzin turi uchun validatsiya qilingan noaniqlik modelini yaratish, harorat hamda sarf rejimlarining noaniqlikka miqdoriy hissasini tajribada aniqlash yoki metrologik nazorat parametrlarini asosli tanlashdan iborat bo'lishi mumkin.

Bu imkoniyatlar hozircha tadqiqot gipotezasi sifatida qaraladi. Ularni tasdiqlash uchun OAK dissertatsiyalari va ilmiy maqolalar bo'yicha tizimli qidiruv, laboratoriya tajribalari, olingan ma'lumotlarning statistik tahlili hamda natijalarni amaldagi standart yondashuvi bilan solishtirish talab etiladi. Ilmiy yangilik da'vosi aniq nimasi ilgari ma'lum bo'lmaganini, qaysi sharoitda aniqlanganini va qanday dalil bilan tasdiqlanganini ko'rsatishi kerak.

XULOSA

1. Benzinning hajmiy sarfini turli haroratlarda o'lchash natijalarini taqqoslash uchun tayanch haroratga keltirish sharti va mahsulot tasnifi aniq belgilanishi lozim.

2. Hajmni tuzatish koeffitsiyenti tegishli standart algoritmi, benzin turi, zichligi va tanlangan tayanch sharoitga muvofiq aniqlanadi; taxminiy universal formula bilan almashtirilmaydi.

3. Yakuniy noaniqlik sarf o'lchagich, harorat kanali, takrorlanuvchanlik, zichlik ma'lumoti va hisoblash algoritmi bilan bog'liq muhim manbalarni qamrab olgan model asosida baholanishi kerak.

4. Taklif etilgan modelning amaliy samaradorligi faqat real laboratoriya o'lchashlari va mustaqil taqqoslash orqali tasdiqlanishi mumkin. Ushbu maqola bunday tajribalar uchun nazariy-metodik asosni beradi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR:

[1] ASTM International. ASTM D1250-25. Standard Guide for the Use of the Joint API and ASTM Adjunct for Temperature and Pressure Volume Correction Factors for Generalized Crude Oils, Refined Products, and Lubricating Oils: API MPMS Chapter 11.1. West Conshohocken: ASTM International, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1520/D1250-25>.

[2] JCGM 100:2008. Evaluation of measurement data — Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM). Joint Committee for Guides in Metrology, 2008. <https://doi.org/10.59161/JCGM100-2008E>.

[3] JCGM 101:2008. Evaluation of measurement data — Supplement 1 to the GUM: Propagation of distributions using a Monte Carlo method. Joint Committee for Guides in Metrology, 2008. <https://doi.org/10.59161/JCGM101-2008>.

[4] JCGM 200:2012. International Vocabulary of Metrology — Basic and General Concepts and Associated Terms (VIM), 3rd edition. Joint Committee for Guides in Metrology, 2012. <https://doi.org/10.59161/JCGM200-2012>.

[5] ISO 5168:2005. Measurement of fluid flow — Procedures for the evaluation of uncertainties. International Organization for Standardization, 2005.

[6] ISO/IEC 17025:2017. General requirements for the competence of testing and calibration laboratories. International Organization for Standardization, 2017.

[7] American Petroleum Institute. Manual of Petroleum Measurement Standards (MPMS), Chapter 5: Metering. Tegishli bo'lim va nashr amaliy o'lchagich turiga qarab tanlanadi.

[8] JCGM GUM-6:2020. Guide to the expression of uncertainty in measurement — Part 6: Developing and using measurement models. Joint Committee for Guides in Metrology, 2020. <https://doi.org/10.59161/JCGMGUM-6-2020>.