



СУЮҚ МУҲИТЛАРНИНГ КИНЕМАТИК ҚОВУШҚОҚЛИГИНИ ЎЛЧАШНИНГ ЗАМОНАВИЙ УСУЛЛАРИ ВА ТАЖРИБА НАТИЖАЛАРИНИНГ МЕТРОЛОГИК КУЗАТУВЧАНЛИГИНИ ТАЪМИНЛАШ

Машарипов Шодлик Машарипович¹,

PhD, “Метрология, техник жиҳатдан тартибга солиш,
стандартлаштириш ва сертификатлаштириш” кафедраси доценти,
“Электроника ва автоматика” факультети,
e-mail: shodlik29081986@mail.ru;

Мавлянов Маъмуржон Анварович²,

Назарий метрология ва инновация илмий-тадқиқот бўлими бошлиғи,
e-mail: m.mavlyanov@nim.uz;

Абдумажидов Исломжон Баҳодир ўғли²,

Физик-кимёвий, оптик-физикавий ва ҳарорат катталикларини ўлчаш бўлими
2-тоифали мутахассиси, e-mail: i.abdumajidov@nim.uz

Ислом Каримов номидаги Тошкент давлат техника университети¹

Ўзбекистон миллий метрология институти²

Аннотация. Ушбу тадқиқот предмети суюқ муҳитлар қовушқоқлигини ўлчашнинг замонавий усуллари ва республикада унинг метрологик таъминоти ҳолатини ўрганиш ҳамда тажриба натижаларини Халқаро бирликлар тизимига (SI) бўлган метрологик кузатувчанликни таъминлашни тадқиқ қилишдир. Тадқиқот натижалари қишлоқ хўжалиги маҳсулотлари, озик-овқат, биологик фаол қўшимчаларнинг сифат ва хавфсизлик кўрсаткичларини баҳолаш ҳамда метрологияда кенг қўлланилиши бўйича долзарб аҳамиятга эга. Шу билан бирга, мазкур тадқиқот қовушқоқликни ўлчаш воситаларини нефть саноати, ёқилғи саноати, тиббиёт, косметология, геология ва қурилиш саноати ҳамда бошқа муҳит тармоқларида маҳсулотларнинг сифат ва хавфсизлик кўрсаткичларини баҳолаш, ишлаб чиқариш шароитида технологик жараёнларни назорат қилишда кенг қўлланилиши билан аҳамиятлидир. Ўлчашлар бирлигини таъминлаш соҳасида вискозиметрлар метрологик таъминотининг илмий, техник, таъминотий ва

Кириш

Жаҳонда ва республикада қишлоқ хўжалиги маҳсулотлари генетикаси, энергия самарадорлиги, синтетик толалар, озик-овқат биологик фаол қўшимчалари йўналишларида стандартлаштириш, сертификатлаш ва метрология соҳаларида илмий тадқиқотларни ривожлантириш, метрологик таъминот даражасини халқаро талабларга мувофиқлаштириш вазифалари белгиланган.

Жумладан, қишлоқ хўжалиги маҳсулотлари, озик-овқат биологик фаол қўшимчаларининг сифат ва хавфсизлик кўрсаткичларини баҳолашда суюқ муҳитлар қовушқоқлигини ўлчаш ва унинг метрологик таъминоти муҳим ўрин тутди. Шу билан бирга, қовушқоқликни ўлчаш воситалари нефть, ёқилғи, тиббиёт, косметология, геология ва қурилиш саноатлари ҳамда бошқа



муҳит тармоқларида маҳсулотларнинг сифат ва хавфсизлик кўрсаткичларини баҳолаш, ишлаб чиқариш шароитида технологик жараёнларни назорат қилишда кенг қўлланилади.

Олиб борилган таҳлилларга кўра, бугунги кунда саноат корхоналарида 15 000 дан зиёд ишчи вискозиметрларни метрологик текширувдан ўтказишга эҳтиёж бор.

Иқтисодиёт соҳаларида қўлланиладиган ишчи ўлчаш вискозиметрлари метрологик текширувини (қиёслаш, калибрлаш, аттестатлаш) ташкил қилиш долзарб ва зифалардан биридир.

Ўлчаш воситаларини калибрлаш тизимини ривожлантириш ва такомиллаштириш орқали маҳаллий маҳсулот сифати ва рақобатбардошлигини ошириш учун шароит яратиш, халқаро ва минтақавий метрология ташкилотлари билан метрология бўйича ўзаро самарали ҳамкорлик механизмларини ривожлантириш муҳим масала ҳисобланади. Ўзбекистон Республикасининг халқаро иқтисодиёт ва ўлчашлар бирлигини таъминлаш халқаро тизимларига тенг ҳуқуқли шерик сифатида интеграциялашувига қўмаклашиш мақсадида ISO/IEC 17025:2017 “Синов ва калибрлаш лабораторияларининг компетентлигига талаблар” халқаро стандарти жорий қилинган синов ва калибрлаш лабораторияларида Халқаро бирликлар тизимига (SI) нисбатан метрологик кузатувчанликни таъминлаш халқаро ташкилотларнинг муҳим техник талабларидан саналади. Ҳозирда “Аккредитация маркази” ДУКнинг давлат реестрида техник компетентлиги расман баҳоланган (аккредитация, техник жиҳатдан малакалилигини баҳолаш бўйича) 600дан зиёд метрологик ва синов лабораториялари фаолият юритмоқда.

Бугунги кунда суюқликнинг қовушқоқлик бирлигини ҳосил қилиш учун бирламчи намунавий комплекс қурилмасини яратиш ва жорий қилиш 1999 йил 14 октябрда (Франция, Париж) Ўлчов ва тарозилар халқаро бюроси (BIPM) томонидан тасдиқланган “Миллий метрология институт-

меъёрий асосларини такомиллаштириш масалалари учун илмий-амалий тавсия ва ечимлар берилди. Тадқиқот натижаларидан ўлчашлар бирлигини таъминлаш соҳасидаги аккредитланган давлат ва юридик шахсларнинг метрологик хизматлари фаолиятида фойдаланиш мумкин. Олиб борилган ўрганишлар, турли илмий-назарий ва ишчи вискозиметрларнинг метрологик текширув, тажриба натижалари асосида яқуний хулосалар ишлаб чиқилган.

Калит сўзлар: суюқ муҳитлар, қовушқоқлик, ўлчаш, вискозиметр, метрологик кузатувчанлик, метрологик таъминот, калибрлаш.

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ ВЯЗКОСТИ ЖИДКИХ СРЕД И РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТОВ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ИХ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ

Машарипов Шодлик Машарипович¹,
доктор философии по техническим наукам (PhD),
доцент кафедры «Метрология, техническое
регулирование, стандартизация и сертификация»
факультета «Электроника и автоматика»;

Мавлянов Мамуржон Анварович²,
заведующий отделом теоретической метрологии
и инновационных исследований;

Абдумаджидов Исломжон Баходир угли²,
специалист 2-й категории отдела
измерения физико-химических, оптико-
физических и температурных величин

Ташкентский государственный технический
университет им. Ислама Каримова¹

Узбекский национальный институт метрологии²

Аннотация. Предметом настоящего исследования является изучение современных методов измерения вязкости жидких сред и состояния их метрологического обеспечения в стране, а также результаты экспериментов по обеспечению метрологического контроля в соответствии с Международной системой единиц. Результаты исследования актуальны при оценке качества и безопасности сельскохозяйственной продукции, пищевых продуктов, биологически активных добавок, а также для их широкого применения в метрологии. В то же время данное исследование имеет важное значение для широкого применения средств измерения вязкости в нефтяной, топливной промышленности, медицине, косметологии, геологической и других отраслях для оценки качества и безопасности продукции, контроля технологических процессов на производстве.



Приведены научно-практические рекомендации и практические решения по совершенствованию научно-технической, организационной и нормативной базы метрологического обеспечения вискозиметров в целях обеспечения единства измерений. Результаты исследования могут быть использованы в деятельности метрологических служб аккредитованных государственных и юридических лиц в сфере обеспечения единства измерений. По проведенному исследованию получены различные научно-теоретические и экспериментальные результаты метрологического наблюдения за работающими вискозиметрами.

Ключевые слова: жидкие среды, вязкость, измерение, вискозиметр, метрологическое наблюдение, метрологическое обеспечение, калибровка.

MODERN METHODS FOR MEASURING THE KINEMATIC VISCOSITY OF LIQUID ENVIRONMENTS AND EXPERIMENTAL FINDINGS TO ENSURE THEIR METROLOGICAL CONTROL

Masharipov Shodlik Masharipovich¹,

PhD, Associate Professor;
Department of "Electronics and Automation",
Chair of "Metrology, technical regulation,
standardization and certification";

Mavlyanov Mamurjon Anvarovich²,

Head of Department of "Theoretical Metrology
and Innovative Research";

Abdumajidov Islomjon Bahodir ugli²,

Specialist of 2nd category of Department
Measurements of Physico-chemical,
Optical-physical and Temperature Values

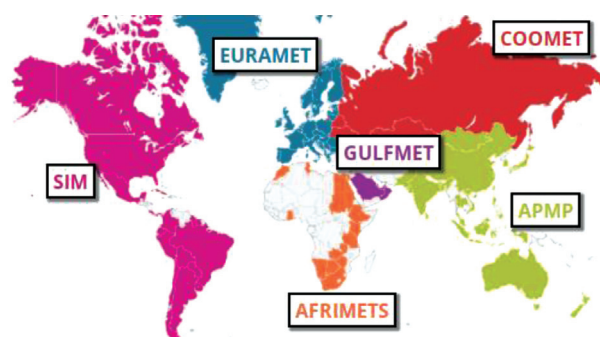
Tashkent State Technical University
named after Islam Karimov¹

Uzbek National Institute of Metrology²

Abstract. The subject of this study is to explore modern methods for measuring viscosity of liquid media, the state of its metrological support in the republic as well as to see findings from the experiments to ensure metrological control in the International System of Units (SI). The results from this study are found relevant for assessing quality and safety in agricultural and food products, biologically active additives, and wide use in metrology. It is also considered relevant in connection with the wide use of viscosity measuring tools in the

лари томонидан бериладиган калибрлаш, ўлчаш сертификатлари ва миллий ўлчаш эталонларини ўзаро тан олиш тўғрисида"ги (CIPM MRA) халқаро меъёр талабларини бажаришда долзарб масала ҳисобланади. Бу Ўзбекистон Республикасининг калибрлаш ва ўлчаш имкониятлари бўйича халқаро маълумотлар базаси (KCDB)га миллий ўлчаш имкониятларини намоён қилишда муҳим босқич саналади ва ўлчашлар бирлигини таъминлашда давлат тизимининг техник имкониятларини модернизация қилиш имконини беради.

Калибрлаш ва ўлчаш имкониятлари (CMCs) ҳар бир миллий метрология ташкилотининг халқаро даражадаги муҳим индикаторидир. Бунинг учун миллий ва бирламчи эталонларни халқаро ва ҳудудий даражада муҳим солиштирувларда фаол иштирок этиш лозим. 1-расмда Ўлчов ва тарозилар халқаро бюроси (BIPM) раҳбарлик қиладиган ҳудудий ташкилотларнинг муҳим солиштирувлар бўйича маълумотлари келтирилган [1].



258

CIPM MRA
қатнашчилари

1113

Муҳим
солиштирувлар

25821

Калибрлаш ва ўлчаш
имкониятлари

651

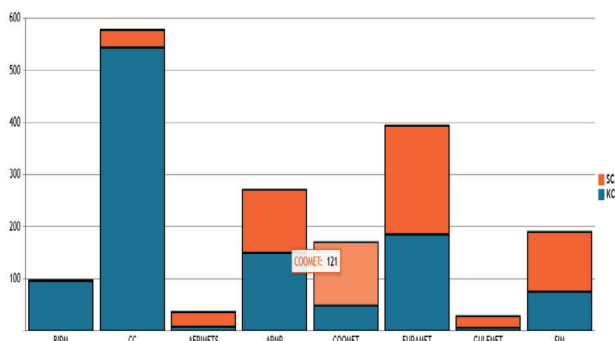
Қўшимча
солиштирувлар

1-расм. Ўлчов ва тарозилар халқаро бюроси (BIPM) доирасида ҳудудий метрологик ташкилотлар ҳамда муҳим солиштирувлар статистикаси

Ўзбекистон COOMET ҳудудий метрология ташкилотининг аъзоси ҳисобланади. Ушбу ва бошқа ташкилотларнинг муҳим со-



лиштирувлардаги кўрсаткичлари 2-расмда кўрсатилган.



2-расм. Ўлчов ва тарозилар халқаро бюроси (BIPM) доирасида ҳудудий метрологик ташкилотлар ҳамда муҳим солиштирувлар статистикаси

Жумладан, нефть ва газ саноатида 30 га яқин ишлаб чиқариш корхоналари фаолият кўрсатмоқда. Бу корхоналарда автобензин, дизел ёқилғиси, авиакеросин, турли мойлар, мазут, битум, ҳар хил турдаги полиэтилен, товар ҳолидаги табиий ва суюлтирилган газ, нефть-кимё ва кимё ускуналари, суюлтирилган газ учун баллонлар ва бошқа маҳсулотлар ишлаб чиқарилмоқда.

Ушбу чора-тадбирлар нафақат ишлаб чиқарилаётган нефть маҳсулотлари миқдорининг кўпайиши ва самарасиз ишлов бериладиган хомашёнинг пасайиши, балки маҳсулот сифатини оширишни ҳам таъминлаши керак. Бензин, керосин, авиация, мазут, дизел ёқилғилари, мойлар, мойлаш материаллари, битум, нефть кокслари ва бошқалар нефтни қайта ишлаш заводи томонидан ишлаб чиқарилади. Асосий сифат ва хавфсизлик кўрсаткичларидан бири кинематик қовушқоқлик ҳисобланади.

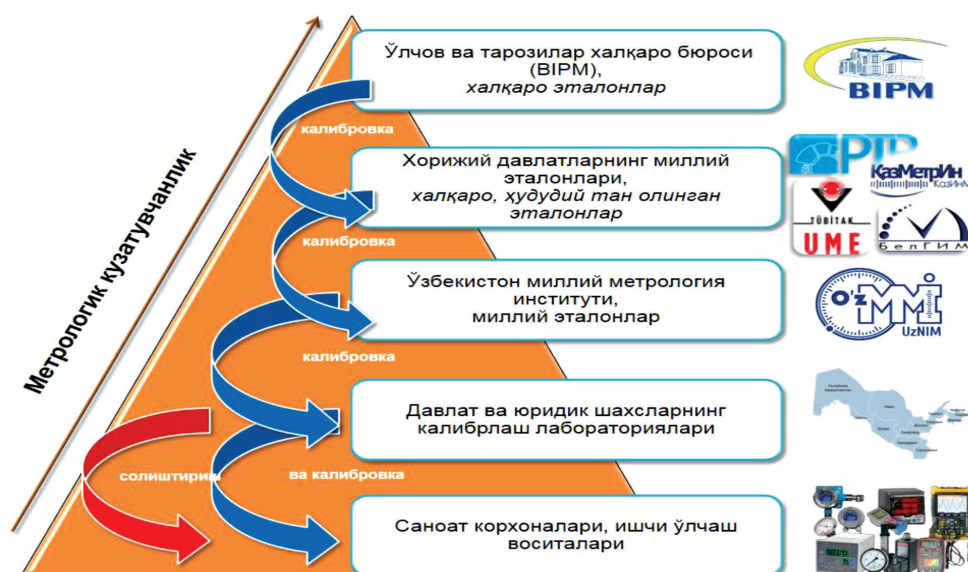
Шунга асосан, “Метрология тўғрисида”-ги ЎРҚ-614-сонли қонунга мувофиқ, ушбу ўлчов воситалари бирламчи, даврий, навбатдан ташқари, инспекцион ёки эксперт метрологик қиёсловдан ўтиши керак. ГОСТ 8.025-96 “Қовушқоқликни ўлчаш воситаларини қиёслаш. Суюқликлар қовушқоқлигини ўлчаш воситаларини давлат томонидан қиёслаш схемаси” суюқлик қовушқоқлигининг стандарт намуналари бўлган ик-

oil- and fuel industry, medicine, cosmetology, geological and construction and other industries, to evaluate the quality and safety of products, control technological processes at production sites. Scientific and practical recommendations and decisions on improvement of scientific, technical, organizational and regulatory framework of metrological provision of viscometers in the field of ensuring uniformity of measurements and its practical solutions. The findings from the study can be applied with metrological services, accredited state and legal entities in the field of ensuring uniformity of measurements. Based on the results of the research, metrological examination of various scientific, theoretical and functional viscometers, conclusions were developed.

Keywords: liquid media, viscosity, measurement, viscometer, metrological observations, metrological provision, calibration

кинчи тоифадаги стандарт намуналар ёки таққослаш суюқликлари ёрдамида тўғридан-тўғри таққослаш усули билан амалга оширилиши керак. Суюқликлар қовушқоқлигининг стандарт намуналарига бўлган катта номенклатурадаги эҳтиёж қовушқоқликни ўлчаш асбобларининг функционалиги ва тавсифлари билан аниқланади.

Тадқиқот натижаларига кўра, бугунги кунда -40 дан $+150$ °C гача бўлган ҳароратда аттестатланадиган қийматлар оралиғида барқарор ва бир жинсли бўлган суюқликлар қовушқоқлигини ўлчаш вискозиметрларининг ишчи эталонларини яратиш долзарб масаладир. Суюқликларнинг динамик ва кинематик қовушқоқлиги -40 дан $+150$ °C гача бўлган ҳароратда катталик бирлигини сақловчи ва узатувчи давлат ишчи эталонларини яратиш ҳамда ишлаб чиқиш метрологик таъминотнинг техник имкониятларини ошириб, ўлчаш натижаларининг метрологик кузатувчанлигини амалда таъминлаш имконини беради. Бу эса, ўз навбатида, ушбу соҳада ўлчашлар бирлигини таъминлашда давлат тизими ривожланиши учун асос бўлади. Ушбу ҳарорат диапазонида стандарт намуналардан солиштириш, аттестатлаш ва эталонларни калибрлашда суюқлик компараторлар сифатида фойдаланиш имконини беради.



3-расм. Суюқ муҳитларнинг қовушқоқлигини ўлчашда метрологик кузатувчанликни таъминлашнинг иерархик ва катталиқ ўлчамини узатиш босқичлари

Бунинг натижасида қовушқоқликни ўлчаш натижалари халқаро бирликлар тизимига бўлган иерархик кетма-кетлик метрологик кузатувчанлиги таъминланади (3-расм).

Жаҳонда турли маҳсулотларнинг энерготежамкор технологиялар асосида юқори метрологик хусусиятларга эга бўлган вискозиметрларини яратиш ва қўллаш, уларнинг техник-метрологик тавсифларини такомиллаштириш ҳамда эталонлар,

ишчи вискозиметрларини ишлаб чиқиш, шунингдек, метрологик жиҳатдан ривожланган мамлакатлар суюқ муҳитларнинг қовушқоқлик катталигини интеллектуал ахборот ўлчаш тизимларида ўлчаш, катталиқ бирлигини ҳосил қилиш, сақлаш ва узатишга алоҳида эътибор қаратилмоқда.

Материал ва методлар

Суюқ муҳитлар қовушқоқлигини ўлчашнинг замонавий усулларини қуйидагича классификация қилиш мумкин (4-расм):



4-расм. Суюқ муҳитлар қовушқоқлигини ўлчашнинг замонавий усуллари классификацияси

Капилляр усул

Қуйида қовушқоқликни ўлчашнинг энг кенг тарқалган усули – капилляр усул ўрганилади. Қовушқоқликни аниқлашнинг бир неча усуллари бор бўлиб, улардан ка-

пилляр усул ва тушувчи шарикли усул энг кўп қўлланилади.

Капилляр усулда қовушқоқликни ўлчашнинг метрологик жиҳатдан асосий афзалликлари қуйидагилар:



- суюқликлар қовушқоқлигини 0,2 дан $1,0 \cdot 10^5 \text{ mm}^2/\text{s}$ гача диапазонда, нисбий хатолиги (0,2–10,0) % дан ошмаган ва ишчи ҳарорат оралиғи минус 65 дан 180 °C гача қўллаш мумкин;

- конструкциянинг соддалиги;
- тажриба натижалари ишончлилиги ва юқори аниқлиги;
- қовушқоқликни юқори ҳарорат ва босим интерваллар оралиғида ўлчаш имкониятининг мавжудлиги.

Капилляр усулда қовушқоқликни ўлчашнинг метрологик жиҳатдан асосий камчиликлари қуйидагилардан иборат:

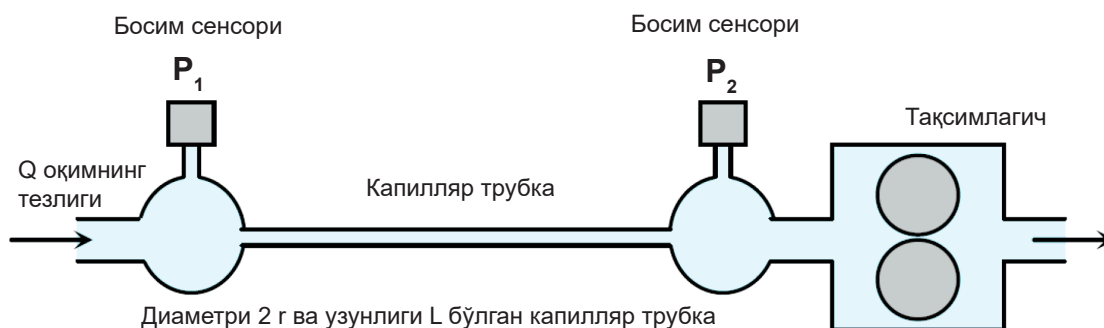
- қовушқоқликни ўлчашда меҳнат ҳажмининг кўплиги;

- ўлчаш жараёнининг нисбатан узоқ муддатгача давом этиши;

- Пуазейл қонунига мувофиқ, суюқлик оқимининг ламинар режимида четга чиқишда тизимли хатоликлар юзага келади.

Қайд қилиш лозимки, тадқиқот натижаларига кўра, бугунги кунда замонавий метрологияда суюқ муҳитлар қовушқоқлигини ўлчашнинг энг аниқ усули – капилляр усул ҳисобланади.

5-расмда капилляр вискозиметрнинг ишлаш принципи кўрсатилган.



5-расм. Капилляр вискозиметрнинг ишлаш принципи

5-расмда кўрсатилганидек, суюқликнинг ламинар оқими цилиндр трубкадан ўтишида вақт бирлигида оқим ҳажми Q симболи билан белгиланган. Бу ерда $2r$ – диаметр; L – капилляр трубка узунлиги; P_1 ва P_2 – капилляр трубка охиридаги босим; $P_1 - P_2 = \Delta P$ – дифференциал босим бўлиб, оқим тезлиги Q босим градиенти $\Delta P/L$ га тўғри пропорционалдир. Ушбу ҳодиса Пуазейл қонуни деб номланиб, қуйидаги тенглама билан ифодаланади:

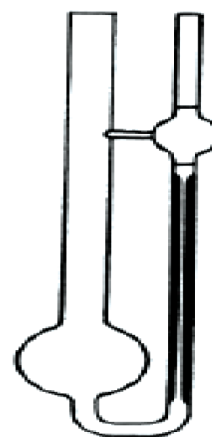
$$Q = \frac{\pi \cdot r^4}{8 \cdot \eta} \cdot \frac{\Delta P}{L}, \quad (1)$$

ифодадан қовушқоқликнинг η ни қийматини қуйидаги ифода орқали аниқлаш мумкин:

$$\eta = \frac{\pi \cdot r^4}{8 \cdot L} \cdot \frac{\Delta P}{Q}. \quad (2)$$

Шунинг учун 5-расмда кўрсатилганидек ишлайдиган капилляр вискозиметр

билан капилляр найчадан ўтадиган муҳитнинг оқим тезлиги Q ва капилляр найчанинг учларидаги дифференциал босимни ΔP ўлчаш йўли билан олиш мумкин. Ушбу ўлчаш усули физика қонунларига асосланади. Табиийки, у қовушқоқлик қийматини унинг таърифига мувофиқ олиш имконини беради. Бу усул мутлақ қовушқоқликни ўлчаш усули деб аталади.



6-расм. Капилляр вискозиметр



Капилляр вискозиметрларнинг яна бир тури мавжуд бўлиб, у шишадан тайёрланади (6-расм). Бундай капилляр найчани қайта ишлаш анча мураккаб бўлса-да, унинг ишлаш принципи ва тузилиши жуда оддий. Ишлаш принципининг соддалиги туфайли ушбу дизайн кўп йиллар давомида қўлланилган ва доимий равишда такомиллаштирилмоқда. Бундай капилляр вискозиметр эркин тушиб қолган намунанинг капилляр найчадан ўтиши учун зарур бўлган вақтни ўлчаш орқали кинематик қовушқоқликни v ўлчаши мумкин. Ҳар бир вискозиметрнинг стандарт калибрлаш эритмаси ёрдамида калибрлаш йўли билан аниқланадиган C вискозиметр константаси мавжуд.

Капилляр вискозиметрнинг ишлаш принципи ва тузилиши оддий, аммо аниқ натижаларга эришиш учун ўлчаш тартибига катта эътибор бериш керак. Бу жуда мураккаб жараён. Мисол учун, капилляр найчанинг ички қисмини тозалаш жуда эҳтиёткорлик талаб қилади. Ўлчашни бошлашдан олдин бензин каби тозаловчи суюқлик

ёрдамида бир нечта ультратовушли тозалаш ишларини олиб бориш керак. Кейин трубкани қуритиш ва яна бир бор ультратовушли тозалаш ишлари олиб борилади. Сўнг трубка ацетон билан яна қуритилади ва охирида найча тозаланган суюқлик билан ювилади. Ҳароратни назорат қилиш ҳам муҳим бўлиб, шиша ҳарорат билан, айниқса, паст қовушқоқлик диапазонида иссиқлик кенгайиш/қисқаришга олиб келади. Бу ўлчаш хатоликларга олиб келиши мумкин. Шундай қилиб, ўлчовлар жуда кўп эътибор ва вақт талаб қилади.

Тадқиқот натижалари

Олиб борилган тадқиқот натижаларига кўра, вискозиметрларни қиёслаш, калибрлаш, турли типдаги вискозиметрларни аттестатлаш учун таянч қийматларнинг метрологик хоссаларини тажрибавий олиш мақсадида стандарт намуналарда тадқиқотлар ўтказилди. 1-жадвалда вискозиметрларнинг метрологик хоссаларини баҳолашдаги стандарт намуналар томонидан олинган тажриба натижалари келтирилган.

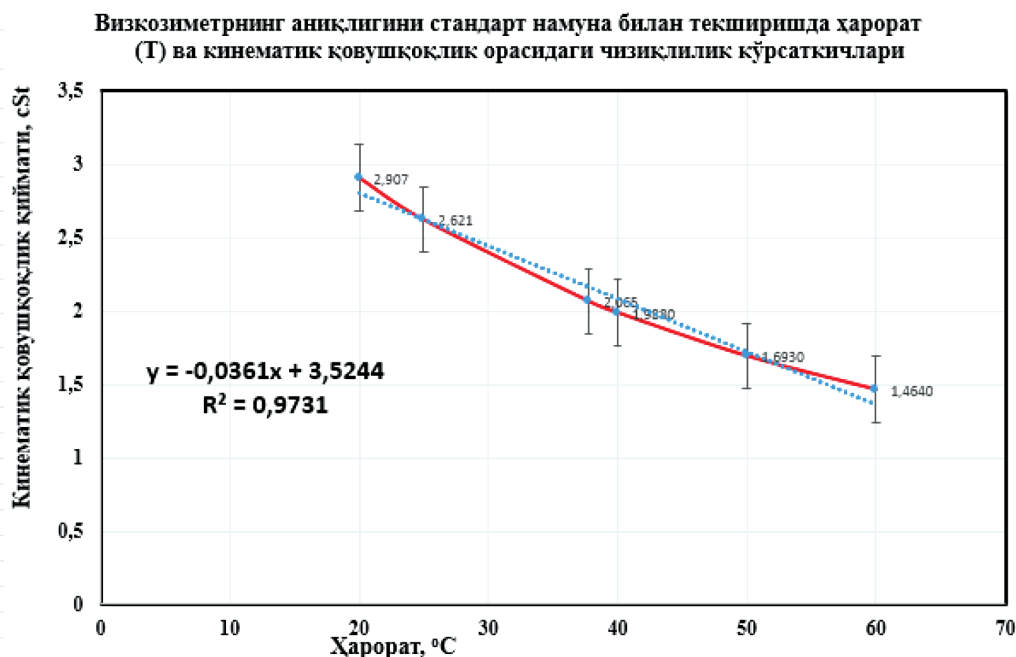
1-жадвал

Номинал ҳажми 500 бўлган O'z DSN 04.3039 стандарт намунанинг асосий метрологик тавсифлари

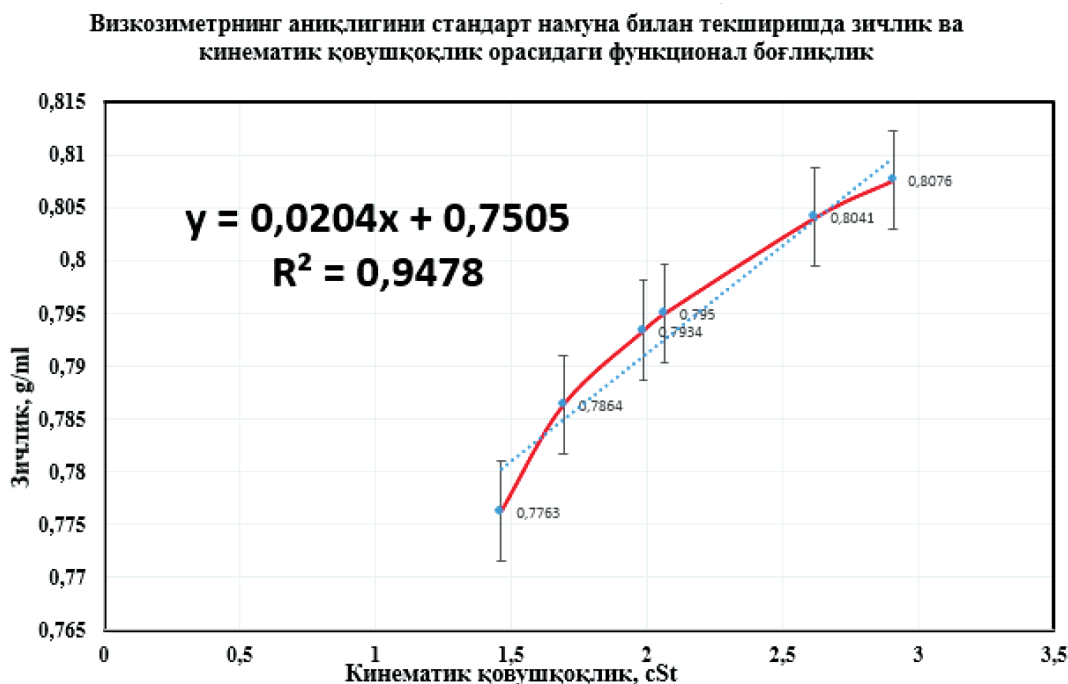
Ҳарорат		Қовушқоқлик		Зичлик, g/ml
°C	°F	Кинематик, mm ² /s (cSt)	Динамик, mPa·s (cP)	
20,00	68,00	2,907	2,348	0,8076
25,00	77,00	2,621	2,108	0,8041
37,78	100,00	2,065	1,642	0,7950
40,00	104,00	1,988	1,577	0,7934
50,00	122,00	1,693	1,331	0,7864
60,00	140,00	1,464	1,141	0,7793
80,00	176,00			
98,89	210,00			
100,00	212,00			

O'z DSN 04.3039 стандарт намуна учун ҳарорат ва кинематик қовушқоқлик орасида салбий, кучли корреляция $r = -0,9865$ кузатилиб, чизиқлилик оралиғида $T=60$ °C да нисбий хатолик $\Delta = 7,3$ % ни ташкил қилади. Кинематик қовушқоқлик ва зич-

лик катталиклари орасида ижобий кучли корреляция $r = 0,9736$ кузатилди (8-расм). 7-расмда кичик квадратлар усулини қўллаш натижасида ҳарорат ва кинематик қовушқоқлик ўзаро боғлиқлигининг чизиқли функция орқали боғланиши кўрсатилган.



7-расм. Вязкозиметр аниқлигини стандарт намуна билан текширишда ҳарорат (T) ва кинематик қовушқоқлик орасидаги чизиқлилик кўрсаткичлари



8-расм. Вязкозиметр аниқлигини стандарт намуна билан текширишда ҳарорат (T) ва зичлик орасидаги чизиқлилик кўрсаткичлари

Вязкозиметрлар метрологик хоссаларининг кенгайтирилган ноаниқлигини баҳолаш бўйича тажриба маълумотлари келтирилган. Тажриба натижаларини қай-

та ишлаш ISO, ILAC стандартларига мувофиқ олиб борилди. 2-жадвалда кенгайтирилган ноаниқликнинг миқдорий қийматлари келтирилган.



2-жадвал

Суюқлик қовушқоқлигини ўлчашда ўрнатилган кенгайтирилган ноаниқлик

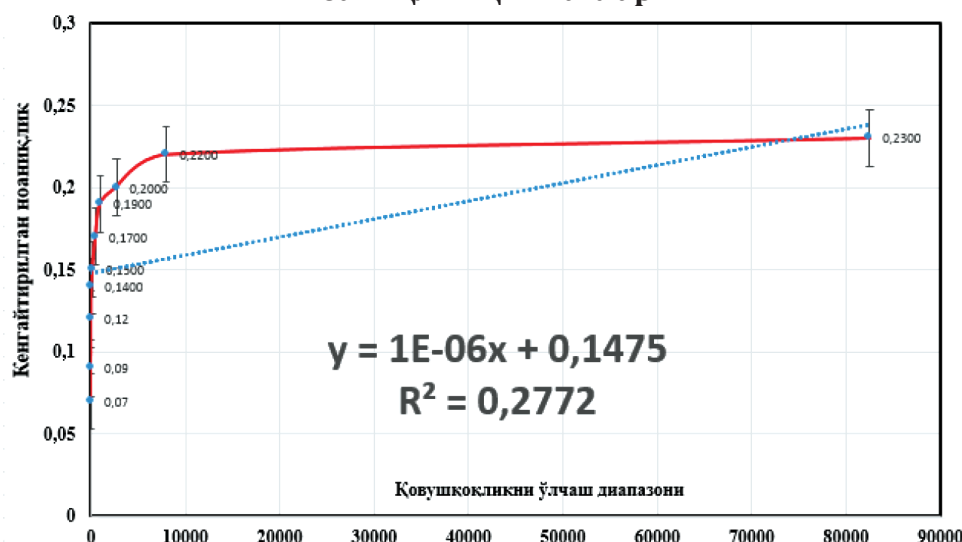
Қовушқоқликни ўлчаш диапазони	Кинематик қовушқоқликнинг кенгайтирилган ноаниқлиги, mm ² /s (cSt)	Динамик қовушқоқликнинг кенгайтирилган ноаниқлиги, mPa·s (cP)
0,3 дан 7,4 гача	±0,07	±0,07
7,4 дан 10 гача	±0,09	±0,09
10 дан 30 гача	±0,12	±0,12
30 дан 72 гача	±0,14	±0,14
72 дан 180 гача	±0,15	±0,15
180 дан 520 гача	±0,17	±0,17
520 дан 1000 гача	±0,19	±0,19
1000 дан 2700 гача	±0,20	±0,20
2700 дан 8000 гача	±0,22	±0,22
8000 дан 82500 гача	±0,23	±0,23

Қовушқоқликни ўлчашнинг турли диапазонлари ва кенгайтирилган ноаниқлик орасида кучсиз, ижобий корреляция $r = 0,5265$ кузатилиб, ўлчаш диапазони 0,3 дан 7,4 гача оралиғида нисбий хатолик қиймати ошиши куза-

тилган. 9-расмда кичик квадратлар усулини қўллаш натижасида қовушқоқликни ўлчаш диапазони ва кенгайтирилган ноаниқлик орасидаги боғлиқлигининг чизиқли функция орқали боғланиши кўрсатилган.

3-жадвал

Суюқлик қовушқоқлигини ўлчашда ўрнатилган кенгайтирилган ноаниқлик қийматлари



9-расм. Кенгайтирилган ноаниқлик ва қовушқоқлик ўлчаш диапазони орасидаги чизиқлилик кўрсаткичлари

Номинал ҳажми 500 бўлган O'z DSN 04.3037 стандарт намунанинг асосий метрологик тавсифлари аниқланди. Ушбу қурилманинг асосий техник ва метрологик тавсифлари 3-жадвалда келтирилган.

3-жадвалда O'z DSN 04.3037 стандарт намуна учун қовушқоқликни ўлчаш диапазони турли калибрлаш нуқталарида кенгайтирилган ноаниқлик қийматлари.



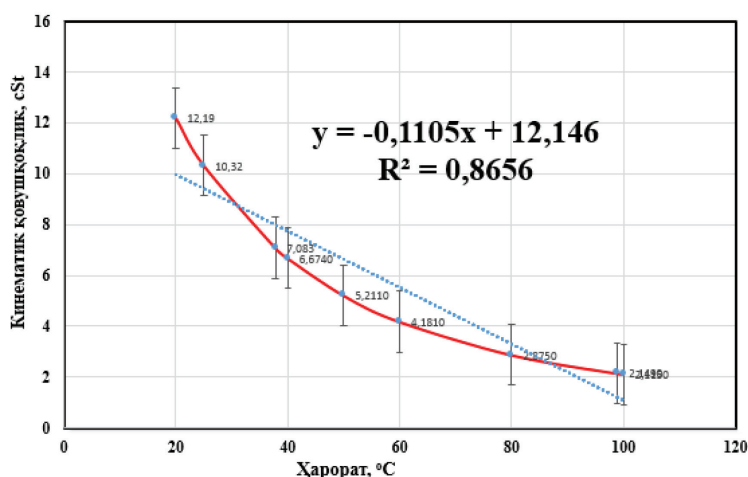
3-жадвал

Асосий техник ва метрологик тавсифлари

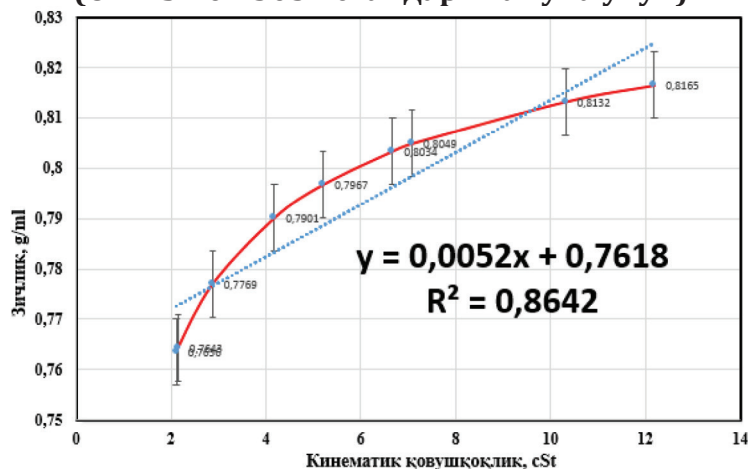
Ҳарорат		Қовушқоқлик		Зичлик, g/ml
°C	°F	Кинематик, mm ² /s (cSt)	Динамик, mPa·s (Cp)	
20,00	68,00	12,19	9,953	0,8165
25,00	77,00	10,32	8,392	0,8132
37,78	100,00	7,083	5,701	0,8049
40,00	104,00	6,674	5,362	0,8034
50,00	122,00	5,211	4,152	0,7967
60,00	140,00	4,181	3,303	0,7901
80,00	176,00	2,875	2,234	0,7769
98,89	210,00	2,149	1,642	0,7643
100,00	212,00	2,115	1,615	0,7636

О'з DSN 04.3037 стандарт намуна учун ҳарорат ва кинематик қовушқоқлик орасида салбий, кучли корреляция $r = -0,9304$ кузатилиб, энг катта хатолик $T = 100\text{ }^{\circ}\text{C}$ да аниқланди. Кинематик қовушқоқлик ва зичлик катталиклари орасида

ижобий кучли корреляция $r = 0,9296$ кузатилди. Кичик квадратлар усулини қўллаш натижасида ҳарорат ва кинематик қовушқоқлик ўзаро боғлиқлигининг чизиқли функция орқали боғлашни кўрсатилган (10-11-расмлар).



10-расм. Вискозиметр аниқлигини стандарт намуна билан текширишда ҳарорат (T) ва кинематик қовушқоқлик орасидаги чизиқлилик кўрсаткичлари (О'з DSN 04.3037 стандарт намуна учун)



11-расм. Вискозиметр аниқлигини стандарт намуна билан текширишда ҳарорат (T) ва зичлик орасидаги чизиқлилик кўрсаткичлари (О'з DSN 04.3037 стандарт намуна учун)



Суюқлик қовушқоқлигини ўлчашда ўрнатилган кенгайтирилган ноаниқлик қийматлари (O'z DSN 04.3037 стандарт намуна учун)

Қовушқоқликни ўлчаш диапазони	Кинематик қовушқоқликнинг кенгайтирилган ноаниқлиги, mm^2/s (cSt)	Динамик қовушқоқликнинг кенгайтирилган ноаниқлиги, $\text{mPa}\cdot\text{s}$ (cP)
0,3 дан 7,4 гача	$\pm 0,07$	$\pm 0,07$
7,4 дан 10 гача	$\pm 0,09$	$\pm 0,09$
10 дан 30 гача	$\pm 0,12$	$\pm 0,12$
30 дан 72 гача	$\pm 0,14$	$\pm 0,14$
72 дан 180 гача	$\pm 0,15$	$\pm 0,15$
180 дан 520 гача	$\pm 0,17$	$\pm 0,17$
520 дан 1000 гача	$\pm 0,19$	$\pm 0,19$
1000 дан 2700 гача	$\pm 0,20$	$\pm 0,20$
2700 дан 8000 гача	$\pm 0,22$	$\pm 0,22$
8000 дан 82500 гача	$\pm 0,23$	$\pm 0,23$

Қовушқоқликнинг ўрнатилган қийматининг бирламчи эталонгача метрологик кузатувчанлиги таъминланган бўлиб, тоза сувнинг 20 °C даги (ITS-90) кинематик қовушқоқлиги $\eta = (1,0034 \pm 0,17) \%$.

Тадқиқот натижалари таҳлили

Тадқиқот натижаларига кўра, -40 дан +150 °C гача ҳарорат оралиғида ўлчаш воситаларини қиёслаш, калибрлаш ва аттестатлаш воситаларининг мавжуд эмаслик муаммосини ҳал қилиш йўналишларини аниқлаш учун суюқликлар қовушқоқлигини ўлчашнинг метрологик таъминоти назарияси ва амалиёти ҳолатини таҳлил қилиш ҳамда мониторинги ўтказилиб, асосий таъсир қилувчи омилларнинг таъсир механизмлари ва функционал боғлиқликлари аниқланди.

Зарурий ўлчаш шароитларини яратиш ва аниқликни ошириш усулларини тадқиқ қилиш, суюқ моддалар қовушқоқлигини ўлчашни қурилмавий амалга ошириш учун энг истиқболли усулни асослаш ва танлаш асосида -0,4 дан $1,0 \cdot 10^5 \text{ mm}^2/\text{s}$ гача қийматлар оралиғида биринчи разрядли суюқликлар кинематик қовушқоқлиги бирлиги ўлчамини узатиш алгоритмининг яратиш метрологик таъминотнинг норматив-техник асосини яратишни таъминлайди.

Бугунги кунда “Ўзбекистон миллий метрология институти” ДУК да калибрлаш ва метрологик аттестатлаш бўйича халқа-

ро меъёрий стандартларга уйғунлашган методикалар ишлаб чиқиш ишлари олиб борилмоқда. Ушбу ҳужжатлар лойиҳалари метрологик экспертиза босқичида. Жумладан, суюқликнинг кинематик қовушқоқлик бирлигини ҳосил қилиш учун бирламчи намунавий комплекс қурилмасини қўллаш ва тажрибалар ўтказишнинг меъёрий асосини ишлаб чиқиш мақсадида қуйидаги иккита халқаро ASTM ҳужжатлари танлаб олинди:

1) ASTM 445-18 Шаффоф ва шаффоф бўлмаган суюқликлар кинематик қовушқоқлиги учун синовдан ўтказиш стандарт усули (ва динамик қовушқоқликни ҳисоблаш);

2) ASTM D2162-17 Мастер вискозиметрлар ва мой қовушқоқлик стандартларини базавий калибрлаш учун амалий стандарт.

Суюқ муҳитлар кинематик қовушқоқлигини ўлчашнинг оптимал усули сифатида тажриба ва патент қидирувларининг қиёсий таҳлили асосида капилляр усул танлаб олинди.

Кинематик қовушқоқликни ўлчашда кучли корреляция, асосан, ҳарорат ва зичлик билан юқори қийматларда боғлиқлиги ўрнатилди.

Хулосалар

Тадқиқот натижаларидан қуйидаги хулосалар олинди:

- суюқликлар кинематик қовушқоқлигининг бирлик бошланғич эталон комп-



лексини ишлаб чиқиш ва тадқиқ қилиш асосида $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ дан $+150\text{ }^{\circ}\text{C}$ гача кенг ҳароратлар оралиғида суюқ муҳитлар қовушқоқлигини ўлчашнинг метрологик таъминотини такомиллаштириш, шунингдек, суюқликларнинг кинематик қовушқоқлик бирлигини ҳосил қилган бирламчи намунавий комплекс қурилмадан катталиқ ўлчамини ҳосил қилиш, сақлаш ва ишчи ўлчаш воситаларига узатишнинг усул ва воситаларининг назарий ҳамда амалий асосларини халқаро метрологик амалиёт билан уйғунлашган ҳолда ишлаб чиқишга амалий эҳтиёжлар мавжуд;

- суюқ муҳитларнинг берилган ҳарорат оралиғида кинематик қовушқоқлигини ўлчашлар ишончлилигини таъминлаш учун кинематик қовушқоқликнинг ишчи эталонини яратиш ва тадқиқ қилиш зарурияти мавжуд;

- тажриба натижалари суюқ муҳитлар қовушқоқлигини солиштириш, пилот синовлар ва метрологик текширувлар ташкил қилишда стандарт намуналарнинг метрологик хоссалари тадқиқ қилинганидан сўнг ҳарорат (T) ва кинематик қовушқоқлик (η) орасида кучли корреляция кузатилди.

REFERENCES

1. All data listed in the KCDB have been reviewed and approved within the CIPM Mutual Recognition Arrangement. Available at: <https://www.bipm.org/kcdb/>.
2. Miraliyeva A.K., Rashidov A.S., Ernazarova Z.X., Masharipov Sh.M., Mirpayziyeva G.M. Experimental quantification of measurement uncertainty and other verification criteria for analytical test methods. *Journal of Physics: Conference Series*, 2021, vol. 2094 (5), p. 052031. Available at: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/2094/5/052031/pdf/>.
3. Masharipov Sh.M., Ruzmatov K.R., Rahmatullayev S.A., Mahmudjonov M.M., Isaqov A.G. Assessment and investigation of measurement uncertainty of standard samples of substances and materials in physicochemical measurements based on standard test methods. *Journal of Physics: Conference Series*, 2021, vol. 2094 (5), p. 052011. Available at: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/2094/5/052011/pdf/>.
4. Masharipov S.M., Azimov R.K. Multifunctional information and measuring complex for controlling the parameters of fibrous materials and dispersed media. *Measurement Techniques*, 2017, no. 60 (6), pp. 643-646. Available at: <https://www.springerprofessional.de/en/multifunctional-information-and-measuring-complex-for-controllin/15100128/>.
5. Matyakubova P.M., Masharipov Sh.M., Ruzmatov K.R., Sultanov M.K. Methods for monitoring metrological characteristics of scientific and physical parameters of intelligent sensors in real operating conditions. IOP Publishing Ltd. Cybernetics, economics and information measuring systems. *Journal of Physics: Conference Series*, 2021, vol. 1889, pp. 032037.
6. Matyakubova P.M., Ismatullayev P.R., Avezova N.I., Mahmudjonov M. Algorithms for increasing the reliability of primary measurement information. *Journal of Physics: Conference Series*, 2021, vol. 2036 (1), p. 012002.
7. Masharipov Sh.M., Ruzmatov K.R., Rahmatullayev S.A., Mahmudjonov M.M., Isaqov A.G. Assessment and investigation of measurement uncertainty of standard samples of substances and materials in physicochemical measurements based on standard test methods. *Journal of Physics: Conference Series*, 2021, vol. 2094 (5), p. 052011.
8. Matyakubova P.M., Zhabborov Kh.Sh., Kadirova Sh.A., Mahmudjonov M.M. Study of the main parameters of the capacitive converter. *Journal of Physics: Conference Series*, 2021, vol. 2036 (1), p. 012001.
9. Mutual recognition of national measurement standards calibration and measurement certificates issued by NMIs (CIPM MRA). Guidance of the International Bureau of Weights and Measures (BIPM), 1999, October 14.



10. Gosudarstvennaya poverochnaya skhema dlya sredstv izmereniy vyazkosti jidkostey [State verification scheme for measuring instruments for the viscosity of liquids]. GSI 8.025-96. 01.01.1998. Minsk, Interstate Council for Standardization, Metrology and Certification. Moscow, Publishing House of Standards, 1997, p. 8.
11. Katyukhin V.Ye., Karbainova S.N. Opredelenie vyazkosti jidkostey [Determination of the viscosity of liquids]. Tomsk, TPU Publ., 2007, 24 p.
12. Mezger T.G. The rheology handbook for user of rotational and oscillatory rheometers. Hannover, Vincentz Network, 2nd ed., 2006, 298 p.
13. Surko A.A., Topchiev A.V. Istoriya razvitiya izmereniy vyazkosti [History of viscosity measurement]. Proceedings of the 27th Symposium on Rheology, Rheological Society of G.V. Vinogradova, FGBUN Institute of Petrochemical Synthesis. RAS, Lomonosov Moscow State University. Tver, 2014 p. 70.
14. Neklyudova A.A., Demyanov A.A., Sulaberidze V.Sh. Sovershenstvovaniye obespecheniya yedinstva izmereniya vyazkosti zhidkikh sred v diapazone temperatur ot -40 do 150°C [Improving the uniformity of measuring the viscosity of liquid media in the temperature range from -40 to 150°C]. *Mir izmereniy – The world of measurements*, 2017, no. 2, pp. 16-21.
15. Ojovan M. Viscous flow and the viscosity of melts and glasses. *Physics and Chemistry of Glasses*, 2012, no. 53 (4), pp. 143, 150.
16. Calibration and Measurement Capabilities. CMCs: The BIPM key comparisons database. BIPM, 2019. Available at: <https://kcdb.bipm.org/> (accessed 04.06.2019).
17. Tsurko A.A., Demyanov A.A. Supplementary comparisons of COOMET in the field of measurements of liquids kinematical viscosity. COOMET.M.V-S2. Technical Supplement. *Metrologia*, 2017, vol. 54.
18. Krupeynikova V.Ye., Radnaeva V.D., Tanganov B.B. Opredelenie dinamicheskoy vyazkosti na rotatsionnom viskozimetre Brookfield RVDV-II+Pro [Determination of dynamic viscosity on a rotational viscometer Brookfield RVDV-I + Pro]. Ulan-Ude, VSGTU Publ., 2011, 48 p.
19. Severa L., Havlicek M., Kumbar V. Temperature depended kinematic viscosity of different types of engine oil. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 2009, no. 57 (4), August, pp. 111-115.

Тақризчи:

Абубакиров А.Б., т.ф.ф.д., доцент, Қорақалпоқ давлат университети “Электр техникаси ва метрология” кафедраси мудири.