



РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА
МИНИСТЕРСТВО ЗА ЕКОНОМИЈА
БИРО ЗА МЕТРОЛОГИЈА
Бр. 0302-2054/3
Дата 11.05.2009

НАЦИОНАЛЕН ЕТАЛОН ЗА ПРОТОК

Изработил:
Анастасија Шаревска, дипл.ел.инг.

Скопје , 2009

СОДРЖИНА

Резиме	3
Клучни зборови	3
1. Вовед	3
2. Опис на Националниот еталон за проток	3
3. Опис на лабораторијата за зафатнина и проток	5
4. Амбиентни климатски услови во лабораторијата	6
5. Систем за квалитет	6
6. Метролошки карактеристики на Националниот еталон за проток	8
6.1 Функционирање на мерниот сиситем	8
6.2 Карактеризација на мерниот сиситем	9
6.2.1 Карактеризација на OT1500 со физички мерења	9
6.2.2. Одредување на калибрационата константа со методот на водени капки (waterdraw) при референтни услови	12
6.3 Дефинирање на К-факторот на OT1500 преку методот на водени капки (waterdraw)	16
6.4 Неодреденост на константата на OT1500 определена со методот на водени капки (water draw) [L.P.04-VOL-4] калибрациона процедура за проток	18
6.5 Компоненти на неодреденоста на методот на водени капки (water draw)	21
6.6 Вкупна неодреденост на методот на водени капки (water draw)	22
7. Човечки ресурси	23
8. Меѓународни интеркомпарации	23
9. Национални интеркомпарации и одржување на следливост во Р.Македонија	27
10. Стратегија за развој и идни проекти	27
11. Одржување и чување на националниот еталон за проток	27
12. Заклучоци	28
Благодарност	28
ПРИЛОГ- Национална шема на следливост на статичка зафатнина и проток	29

НАЦИОНАЛЕН ЕТАЛОН ЗА ПРОТОК

КУСА СОДРЖИНА: Националниот еталон за проток претставува мерен систем опремен со еталон тип OT1500 произведен од TrigasFi GmbH, Германија, со дополнителна опрема и ИТ поддршка. Мерниот систем за изведената мерна единица за зафатнински проток е од највисока точност во земјата. Лабораторијата за зафатнина и проток на Бирото за метрологија е опремена со овој мерен систем преку EU програмата за помош CARDS/SMAQVA. Метролошките карактеристики на мерниот систем, применетиот систем за квалитет, амбиентните климатски услови во лабораторијата, опременоста и следливоста со другите лаборатории во БМ, обучените човечките ресурси и резултатите од извршените меѓународни интеркомпарации претставуваат основа за прогласување на Националниот еталон за проток.

Националниот еталон за проток е наменет за калибрирање на секундарни еталони за проток и десеминација на мерната единица за проток . Преку интеркомпарации на национално ниво се планира да се оценува пред се компетентноста на лабораториите за верификација на мерила за проток во Р.Македонија.

Клучни зборови: еталон, неодреденост, метод на водени капки (water draw), интеркомпарација, следливост.

1. ВОВЕД

Овој елаборат ги содржи податоците за исполнетост на условите за остварување, чување и одржување како и исполнетост на условите за признавање на националниот еталон за проток .

Признавањето на национален еталон за проток е резултат на потребите и барањата на:

- државата за законска метролошка контрола на мерила за проток и обезбедување на доверба за мерните резултати во постапки пред управни правосудни органи,
- барањата на стопанството за општа техничка безбедност, контрола на производите и производството и оцена на сообразноста на производите
- потрошувачите и граѓаните за нивна заштита , фер трговија и заштита на здравјето и околината
- трговијата за надминување на техничките бариери за непречена размена на стоки и услуги

2. ОПИС НА НАЦИОНАЛНИОТ ЕТАЛОН ЗА ПРОТОК



Слика 1 Мерен систем за проток

Мерниот систем за проток го сочинува еталонот OT1500 (piston prover) произведен од Trigas FI GmbH со дополнителна опрема и ИТ поддршка. Примарниот еталон OT1500 (piston prover) на БМ има сериски број 05418. Следливоста е до РТВ (Национален метролошки институт на Германија) преку акредитираната лабораторија Trigas FI GmbH. Бројот на калибрациониот сертификат е WD 5000-L-117. Деталите за следливоста на еталонот се опишани во формуларот LF.06-VF.

Еталонот претставува цилиндар со фина изработка и клип со кој се истиснува течноста од цилиндерот. На осовината на клипот поставен е фотоелектричен сензор (енкодер) кој при движење на клипот продуцира непрекината низа на импулси. Секој импулс соодветствува на мала но многу прецизно определена зафатнина. Со цевководи и вентили се управува движењето на водата и на воздухот. Компримирааниот воздух, кој се користи како погонски флуид во системот, се произведува во завоен компресор. Од компримирааниот воздух се отстранува влагата во ладилен сушач. Воздухот се акумулира во резервоар под притисок од 12 bar. Системот за компримиран воздух функционира автоматски. Мерниот систем е опремен со електронска конзола за декодирање и покажување на податоците на екран. Истисната вода од цилиндерот се води во резервоар за вода. Враќање на клипот во почетна положба се врши со потиснување на водата од резервоарот со воздухот под притисок. Повратот на вода во цилиндерот се врши преку повратни цевководи со што се заштитува од повратно струење мерилото за проток што се калибрира.

Полнење на цилиндерот со течност се врши со напојна пумпа. Кога цилиндерот е исполнет со течност клипот се наоѓа во почетна положба. Со доведување на воздух под притисок во цилиндерот од задната страна на клипот настанува задвижување на клипот и истискување на течноста од цилиндерот, преку мерилото што се калибрира во резервоарот за вода. Енкодерот кој е фиксиран за осовината на клипот релативно се движи во однос на прецизно изгравираниот стаклен линијар и создава плусови секогаш кога изгравираниот линијар го прекине светлосниот зрак што паѓа врз линијарот. Фреквенцијата на континуираната низа на плусови е пропорционална на брзината и протокот на течноста истисната од цилиндерот. Вкупниот број на импулси е пропорционален на зафатнината на течност истисната од цилиндерот со клипот.

Клипот се враќа во почетната позиција за втор циклус со ослободување на воздухот од задната страна на клипот. Воздух под притисок се доведува во резервоарот за вода за да му обезбеди енергија на флуидот да се врати во цилиндарот. Флуидот под притисок од предната страна на клипот дејствува и го враќа клипот во почетна положба. Кога клипот е вратен во почетна состојба резервоарот со вода се растеретува од притисокот.

Калибрациониот процес се стартува и контролира со помош на персонален компјутер опремен со CFlow+LabVIEW/Windows програм кој овозможува континуирано следење на параметрите во текот на калибрацијата за евентуално поништување и повторување на калибрационите точки во случај на отстапување од работниот режим, овозможува рачно внесување сериски број, модел, тип на тестирачкиот мерило за проток, селекција на број на точки, број на повторени мерења кога системот постигнал константен проток итн.

Спецификации на еталонот OT1500

Проток	1,5 до 1500 L/min
Вискозност	до 10,000 centistok
Температурен опсег	0-38 °C
Оперативен притисок	12 bar
Истисната зафатнина	95 L
Димензии	3,3 m x 0,6 m x 1,9 m

Маса	900 kg
Должина на тестирачката секција	100 cm
Капацитет на мерилото за проток	
Фреквенција	
Фреквентен опсег	0 до 10 kHz
Типови	Пулсен (amplified, TTL) Магнетен Modulated Carrier (FTI) Modulated Carrier (Cox)
Аналоген (12 bit резолуција)	2.5 V до 32 Vdc 0 V до 1.5 Vdc
Напон	0-5 V
Струја	4-20 mA
Визуелен	
Калибрациона изведба	
Повторливост	±0.03%
Извор на компресибилен гас	
(Воздух, Азот, итн)	Работен притисок 5-12 bar

3. ОПИС НА ЛАБОРАТОРИЈАТА ЗА ЗАФАТНИНА И ПРОТОК

Лабораторијата за зафатнина и проток е сместена во Лабораторискиот Центар на Бирото за метрологија – Министерство за економија. Лабораторискиот Центар е сместен на бул. Јане Сандански бр.109а на површина од 1200 m² во две подземни нивоа. Лабораторијата за зафатнина и проток е сместена на нивото -1. Во оваа Лабораторија е сместен мерниот систем OT1500 , а во истата се наоѓаат и еталони за зафатнина со номинална зафатнина од 2L, 5L, 10L, 50L, 100L, 500L, 2000L. Следливоста на оваа опрема се остварува преку лабораториите за температура и маса (Прилог 3 Национална хиерархиска шема на следливост).

Во Лабораторијата има вага која се користи за гравиметриско одредување на зафатнината и електронски контактен термометар како и живин термометар со кои се проверува промената на метролошките карактеристики на еталоните (дрифтот).

Амбиентните услови во лабораторијата се одржуваат со централна клима комора која обезбедува услови за калибрација согласно Интернационалните препораки.

Водата се произведува во дестилатор произведен од ROWA LABORTECHNISCHE Anlagen GmbH тип RO 01034 . Детали што се однесуваат на овој инструменти се заведени во формулар на опремата согласно системот за квалитет LF.05-VF-29. Произведената вода со овој дестилатор не ја надминува вредноста за кондуктивноста 5 μS/cm согласно ISO 3696 . Температурната разлика помеѓу водата и воздухот за време на калибрациите не смее да ја надмине вредноста од ± 1,5 °C. Во спротивен случај температурниот градиент на мерниот систем OT1500 за кој претпоставуваме дека има температура еднаква со температурата на водата во него ќе ја зголеми мерната неодреденост на системот OT1500.

Во случај на прекин на главното напојување со електрична енергија Лабораторискиот Центар располага со резервно напојување UPS кое има капацитет да ги покрие потребите на мерниот систем OT1500 (завоен компресор, сушач на воздух, компјутер) за определен временски период.

Заради заштита на мерната опрема од краткотрајни високи зголемувања кои доаѓаат од електричната мрежа за напојување пред мерниот систем е вградена пренапонска заштита.

Лабораторискиот Центар е обезбеден со посебно заземјување кое е независно од заземјувањето на главната зграда кое се користи во случај на мерења кои може да бидат под влијание на дополнителни струи од заземјувањето на зградата.

Секоја лабораторија од Лабораторискиот Центар е заштитена од електромагнетни пречки на Принципот на Фарадеев кафез (при изградбата на лабораториите вградени се мрежи).

4. АМБИЕНТНИ КЛИМАТСКИ УСЛОВИ ВО ЛАБОРАТОРИЈАТА

Амбиентните услови се снимаат и запишуваат континуирано со OPUS, инструмент за мерење на температура и влажност на воздухот сместен во истата лабораторија како и piston prover-от. Температурата на водата се мери со термометар со жива. Детали што се однесуваат на овие инструменти се зададени во LF.05-VF-21 and LF.05-VF-30.

Амбиентните услови во лабораторијата се одржуваат со централна клима комора која обезбедува услови за калибрација согласно Интернационалните препораки.

Контрола на амбиентните услови во лабораторијата

Процедура	Температура	Релативна влажност
I Гравиметриски метод	20 до 23 °C максимален опсег на промена 0,5 °C/h	40 % до 60 % ±10 %
II Волуметриски метод	18 до 27 °C максимален опсег на промена 1 °C/h	40 % до 60 % ±20 %

20 °C ±2 °C, а релативната влажност во лабораторијата се следи и не смее да ги надмине критичните вредности (40% до 60%) ± 10%. Во Лабораторијата се следи релативната влажност и температурата од причини што во случај на надминување на температурата се зголемува испарувањето во лабораторијата и истото има влијание врз одредувањето на зафатнината. Во оваа лабораторија се следи и температурата на водата бидејќи таа е калибрациона тачност и за мерниот систем OT1500 и за еталоните за зафатнина.

Температурната разлика помеѓу водата и воздухот за време на калибрациите не смее да ја надмине вредноста од ± 1,5 °C. Во спротивен случај температурниот градиент на мерниот систем OT1500 за кој претпоставуваме дека има температура еднаква со температурата на водата во него ќе ја зголеми мерната неодреденост на системот OT1500.

5. СИСТЕМ ЗА КВАЛИТЕТ

Меѓународниот стандард МКС ISO 17025 ги специфицира општите барања за компетентност за вршење на калибрации. Во него се содржани барања кои калибрационите лаборатории треба да ги исполнат и да демонстрираат дека работаат согласно воспоставен Систем за квалитет, што обезбедува основа за признавање на неговата техничка компетентност. Имплементацијата на овој стандард и во лабораторијата за зафатнина и проток е гаранција за меѓународно прифаќање на калибрационите резултати помеѓу земјите потписнички на меѓународниот аранжман CIPM MRA.

Лабораторијата за зафатнина и проток воспоставува, имплементира и одржува систем за квалитет согласно со опсегот на нејзините активности. Лабораторијата ги води основните општи документи од системот за квалитет дадени во (Прилог 4) [prilog4.doc](#). Посебните документи од системот за квалитет се:

- 1 Калибрациона процедура за калибрација на мерила за проток [L.P.04-VF-5.doc](#) која е составен дел на овој елаборат,
- 2 Формулар за следливост LD-Формулар за следливост за зафатнина и проток [Prilog 3 LD-TRACEABILITY CHART FOR volume.doc](#)
- 3 Формулар за следени обуки на персоналот во лабораторијата

- LF 02-1 Формулар за обуки [Prilog 1 LF 02-1-VOL TRAINING RECORD.doc](#) [Prilog 1 LF 02-1-VOL TRAINING RECORD Jovan.doc](#)
- 4 Формулар на опремата во Лабораторијата за зафатнина и проток LD 05-1 Листа на лабораториска опрема, [Prilog 5 LD 05-1 LIST OF LABORATORY EQUIPMENT.doc](#)
- 5 Формулар за секој примерок од опремата кој содржи информации за историјата за инструментот (Прилог 2)
- LF05-19 Формулар за опрема-OT1500-050418, [LF05-19 EQUIPEMNT FORM-OT1500-050418.doc](#)
- LF05-21 Формулар за опрема термометар, [LF05-21 EQUIPEMNT FORMtermometer.doc](#)
- LF05-30 Формулар за опрема -opus, [LF05-30 EQUIPEMNT FORM-opus.doc](#)
- LF05-33 Формулар за опрема -P25 , [LF05-33 EQUIPEMNT FORM-P25.doc](#)
- LF05-32 Формулар за опрема-завоен компресор, [LF05-32 EQUIPEMNT FORM-screwcompressor.doc](#)
- LF05-29 Формулар за опрема-Rowa-дестилатор, [LF05-29 EQUIPEMNT FORM-Rowa-destilator.doc](#)
- 6 Формулар за оценка на услугата на калибрационата лабораторија GF 07-1 прашалник за клиентите, [GF 07-1 EVALUATION QUESTIONNAIRE-mak.doc](#)
- 7 Формулар за прием на опрема LF 08-1 протокол за влез на калибрациона опрема, [LF 08-1 PROTOCOL FOR INCOMING CALIBRATION ITEM.doc](#)
- 8 [Калибрационен сертификат](#)

Сите овие процедури и инструкции (Прилог 2) се неопходни за обезбедување на квалитетот на резултатите од калибрациите.

Лабораторијата има напатствија за употреба и работење за сета опрема во Лабораторијата , како и за ракувањето и подготовката за опремата што влегува во лабораторијата и што треба да се калибрира со цел елиминирање на можните влијанија врз калибрациониот резултат. Сите напатствија, стандарди и упатства кои се однесуваат на работата на лабораторијата се достапни на лицата задолжени во лабораторијата; Методите на калибрација кои се користат при калибрација се публикувани меѓународни стандарди ISO, препораки од легалната метрологија OIML, Euramet прирачници и при тоа Лабораторијата се грижи да ја има на располагање најновата веродостојна верзија одобрена од менаџерот за квалитет и техничкиот раководител.

- Посебно внимание се обраќа на опрема во лабораторијата. Лабораторијата се грижи, опремата која се користи за калибрација е со капацитет за постигнување на бараната точност и ќе биде во согласност со спецификациите. (Прилог 5). Лабораторијата има процедури за сигурно ракување, транспорт, чување, користење и планирано одржување на мерната опрема заради обезбедување на функционирањето на истата. Опремата со која била неправилно ракувано ќе биде означена се додека не се сервисира и истата се рекалибрира . Овие податоци ќе бидат внесени во формуларот за историјата на опремата. Софтверот кој е вклучителен дел од мерниот инструмент е обезбеден од подесување со софтверска лозинка која е достапна на лицата задолжени во лабораторијата.

-мерна неодреденост-Лабораторијата воспоставува следливост за мерната опремата до SI единиците преку непрекинат синџир на компарации поврзани со примарните еталони.

-следливост- Оваа лабораторија следливоста на мерниот систем OT1500 ја остварува преку БОМ-Лабораторијата за маса и теговите E1 класа кои се следливи до VIPM преку Турскиот метролошки институт УМЕ. Формуларот за следливост на лабораторијата е зададен во Прилог 3. Со цел проверка на мерниот систем OT1500 и споредба на мерните способности на лабораторијата , лабораторијата учествуваше на Еурамет проект бр.1046 “ Интеркомпарација на електромагнетни мерачи на проток “ каде цел на мерењето беше протокот на двата еталони произведени од KROHNE . Лабораторијата постигна резултати кои влегуваат во референтната зона дефинирана според методот на Соx [Оценка на податоците од клучната компарација].

6. МЕТРОЛОШКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА НАЦИОНАЛНИОТ ЕТАЛОН ЗА ПРОТОК

6.1 Функционирање на мерниот систем

Мерниот систем (piston prover) располага со претворувач од волуметриски во дигитален кој го конвертира линеарното движење во електрични импулси. Линеарното движење е поврзано со истиснување на зафатнина од волуметрискиот мерен цилиндер. Мерната комора (цилиндерот) е изработен од прохром со прецизен внатрешен дијаметар. Во цилиндерот е сместен клип кој што делува како подвижна бариера помеѓу тестирачкиот флуид и воздухот под притисок. Клипот е прицврстен на осовина што обезбедува клипот да се движи по вистинската патека и обезбедува поврзаност помеѓу клипот и енкодерот-транслаторот. Со движење на клипот се движи и транслаторот (фотоелектричен сензор) кој е прицврстен на другиот крај на осовината и минува преку оптичкиот линиар. Фотоелектричниот сензор произведува електричен импулс секој пат кога ќе се прекине светлосниот зрак што паѓа врз оптичкиот линиар. Импулсот на транслаторот создаден поради движењето на клипот, импулсите на мерило за протокот создадени од трансдусерот и времето на калибрациониот циклус се користат за пресметка на карактеристичните параметри на протокот за тестирачкото мерило за проток. Температурниот сензор ја регистрира температурата на водата која влегува во мерило за протокот што се тестира при секој проток за време на калибрацијата. Користејќи ја оваа температура компјутерот пресметува табели од вредности што ја опишуваат врската помеѓу температурата и апсолутната вискозност и густината на водата во мерниот систем.

OT1500 Мерен системот има три оперативни режими, определени со позиционирање на оперативната рачка (V1) (етикетирано на панелот како **Почеток / Поврат (RUN/RETURN)**)

Неутрална положба

Воздушниот притисок е растеретен и клипот не се движи. Оперативната рачка може да се движи или во Почеток или во Поврат позиција во однос на Неутралната позиција. Рачката треба да остане во неутрална позиција додека притисокот целосно се растерети пред да се придвижи во позиција Почеток.

Позиција Почеток

Оперативната рачка се придвижува кон резервоарот и флуидот се насочува кон мерило за проток компримиралиот воздух се носи во цилиндерот од задната страна на клипот, системот е во работен режим. Оперативната рачка од позиција Почеток може да се придвижи во неутрална позиција.

Позиција Поврат

Оперативната рачка се придвижува во насока кон тестирачката секција на мерило за протокот. Воздушниот притисок се растеретува од задната страна на клипот. Компримиралиот воздух се насочува во резервоарот со вода и дејствува на слободната површина на водата. Ова го потиснува флуидот назад во цилиндерот и клипот се враќа во почетна положба. Вентилот (V2) треба да биде отворен така да флуидот нема да се враќа во цилиндерот преку мерило за протокот и да го оштети.

Принципи на работа, електроника

Линеарниот енкодер, транслатор, е механички поврзан со клипот во цилиндерот. Како клипот се движи низ цилиндерот, транслаторот оптички детектира блиско поставени цртчки на стаклен линир. (500 црти на должина од 1cm). Импулсите се пренесуваат во контролната конзола кои претставуваат истисната зафатнина во единица време. Контролната конзола ја одредува истиснатата зафатнина во тестирачкиот мерило за проток, со броење на импулси.

Собирање податоци

Рачката треба да остане во неутрална позиција додека притисокот се растерети пред повторно да се придвижи во позиција Почеток. За време на калибрациониот циклус конзолата ги акумулира потребните податоци за пресметка на фреквенцијата, протокот и К-факторот. Податоците се состојат од импулси од трансаторот, импулси од мерило за протокот, време на истиснување на зафатнина и време на вкупните импулси на мерило за протокот.

6.2 Карактеризација на OT1500 мерниот систем

Карактеризација на OT1500 опфаќа:

- Карактеризација на OT1500
- Користење на карактеризираниот OT1500 за калибрација на мерило за проток
- Користење на карактеризираниот мерило за проток за пресметка на протокот при актуелни услови на мерење.

Првиот чекор во себе опфаќа пресметка на калибрационен фактор на piston prover-от и се пресметува како број на импулси од енкодерот врз истисната зафатнина од клипот при дефинирани референтни услови. Овие резултати се добиваат по експериментален пат на следните начини:

- 1 со физички мерења (точка 6.2.1)
- 2 со така наречен метод на waterdraw (точка 6.2.2)
- 3 со користење на трансфер стандард како што е единичен или тандем распоред на калибрирани турбински или електромагнетни мерила за проток од повисока класа.

Вториот чекор е користење на карактеризиран OT1500 за калибрација на мерило за проток кој генерира импулси на неговиот излез како што е турбински мерач или други мерила за проток од повисока класа каде К- факторот е изразен во импулси во единица зафатнина или неговата реципрочна вредност.

Третиот чекор е користењето на карактеризираното турбинско мерило за проток за пресметка на протокот при актуелни услови на користење.

6.2.1 Карактеризација на OT1500 со физички мерења

6.2.1.1 Геометриско одредување на калибрационата константа при референтни услови

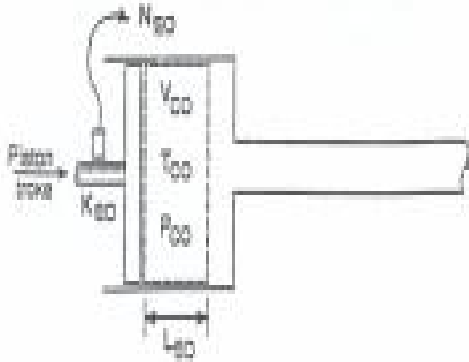
За одредување на константата поаѓаме од претпоставката дека флуидот во цилиндерот има константни вредности за температурата и притисокот во внатрешноста на калибраторот T_{co} и P_{co} соодветно. Понатаму флуидот во и надвор од калибраторот се претпоставува дека има иста температура како и цилиндерот и не постои размена на топлина помеѓу флуидот и сидовите на цилиндерот. Од тука следи дека референтните услови температура и притисок се исти за сите компоненти T_{co} и P_{co} соодветно. При зададен од на клипот каде клипот изминува пат со должина L_{eo} , енкодерот брои вкупно N_{eo} импулси и ако константата на енкодерот е импулси на единица должина при референтна температура T_o , следи следнава релација:

$$N_{EO} = L_{EO} K_{EO} \quad (1)$$

За калибрационата константа добиваме:

$$K_{CO} = \frac{N_{EO}}{V_{CO}} = \frac{L_{EO} K_{EO}}{A_{CO} L_{EO}} = \frac{K_{EO}}{A_{CO}} \quad (2)$$

Изразена во единица импулси /зафатнина, каде при референтни услови, $\overline{A_{CO}}$ е просечниот напречен пресек на клипот на цилиндерот во должина на одот на клипот при што клипот изминува пат со должина L_{EO} . За калибрационата константа претпоставуваме дека има константна вредност во оперативниот опсег на калибраторот. За конфигурацијата прикажана на сликата може да заклучиме дека $\overline{A_{CO}}$ е прстен помеѓу цилиндерот на калибраторот и осовината прицврстена на клипот.



Точноста со која е пресметана калибрационата константа може да ја пресметаме со следнава релација :

$$\frac{\Delta K_{CO}}{K_{CO}} \left\langle \left[\left(\frac{\Delta N_{EO}}{N_{EO}} \right)^2 + \left(\frac{\Delta V_{CO}}{V_{CO}} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \right\rangle = \left[\left(\frac{\Delta K_{EO}}{K_{EO}} \right)^2 + \left(\frac{\Delta \overline{A_{CO}}}{\overline{A_{CO}}} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (3)$$

Каде што секоја величина со предзнак Δ ја означува максималната грешка што може да се измери за време на одредувањето на калибрационата константа. Од горната релација следува заклучокот дека поголема точност при одредувањето на K_{CO} се постигнува доколку имаме поголема вредност за изброените импулси од енкодерот N_{EO} , и поголеми количини на истисната зафатнина V_{CO} . Оваа висока прецизност може да се постигне со прецизни осетливи линеарни енкодери и прецизно измерени напречни пресеци .

6.2.1.2 Геометриско одредување на калибрационата константа при неререферентни услови

За извршување на потребните мерења при неререферентни услови, температура и притисок, претпоставуваме дека овие услови се стабилни . За зададен одот на клипот каде клипот изминува пат со должина L_E , при позната вредност на константата на енкодерот K_E , соодветниот број на изброени импулси од енкодерот изнесува N_E

$$N_E = L_E K_E \quad (4)$$

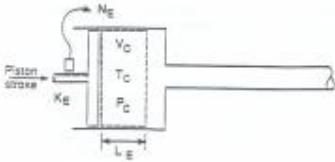
За константата на енкодерот претпоставуваме дека е зависна од температурата според следната законитост:

$$K_E = K_{EO} \left[1 - \alpha_E (T_E - T_{EO}) \right] \quad (5)$$

Каде што α_E е линеарен коефициент на експанзија кој се однесува на материјалот од кој е изработен линеарниот енкодер, а T_e и T_{e0} се соодветно референтната и нереферентната температура на енкодерот. Под претпоставка дека прстенестата површина помеѓу калибрациониот цилиндер и осовината поврзана на клипот се менува со промена на температурата, а промената на притисокот има влијание само врз цилиндерот на калибраторот влијанието на притисокот врз осовината се смета за незначително. Зависноста на просечниот напречен пресек на цилиндерот на калибраторот од температурата и притисокот при измината должина на клипот е зададена со следната релација:

$$\overline{A}_C = \overline{A}_{CO} \left[1 + 2\alpha_C (T_C - T_O) \right] \left[1 + \frac{(P_C - P_O) D_{CO}}{t_{CO} E_C} \right] \quad (6)$$

Каде α_c е линеарниот коефициент на експанзија за материјалот од кој е изработен калибрациониот цилиндер, D_{co} и t_{co} , се соодветно внатрешниот дијаметар и дебелина на сидовите на цилиндерот на калибраторот при референтни услови и E_c е модулот на еластичност на материјалот од кој е изработен калибрациониот цилиндер. Компресионите ефекти на притисокот во цилиндерот врз осовината прицврстена на клипот се смета за незначително.



Калибрационата константа при нереферентни услови е изразена со релацијата

$$K_C = \frac{N_E}{V_C} \quad (7)$$

Бидејќи истисната зафатнина V_c е определена при нереферентни услови следи

$$K_C = \frac{K_E}{A_C} \quad (8)$$

Со комбинација на релациите 8 со 2, 5 и 6 добиваме

$$K_C = \frac{K_{CO} \left[1 - \alpha_E (T_E - T_O) \right]}{\left[1 + 2\alpha_C (T_C - T_O) \right] \left[1 + \frac{(P_C - P_O) D_{CO}}{t_{CO} E_C} \right]} \quad (9)$$

Или со апроксимација од прв ред се добива

$$K_{CO} = \frac{K_C \left[1 + \alpha_E (T_E - T_O) \right]}{\left[1 - 2\alpha_C (T_C - T_O) \right] \left[1 - \frac{(P_C - P_O) D_{CO}}{t_{CO} E_C} \right]} \quad (10)$$

При температури и притисоци повисоки од референтните вредности калибрационата константа K е помала одошто при референтни услови.

Во двата претходно анализирани геометриски методи за пресметка на калибрационата константа на калибраторот, својствата на флуидот не беа земени предвид.

Вредноста на K_{co} зададена со релацијата 10 треба да се внесе во софтверот кој оперира со истиснувањето од калибраторот, вклучувајќи ги и константите на материјалите од кои е изработен и неговите димензии.

6.2.2 Одредување на калибрационата константа со методот на водени капки (waterdraw)

6.2.2.1 Одредување на калибрационата константа со методот на водени капки (waterdraw) при референтни услови .

Постапката на методот на водени капки (waterdraw) се состои од истиснување на количество на течност низ вентил во собирен танк при што вкупниот број на импулси од енкодерот изнесува N_{co} . За температурите и притисоците имаме референтни вредности. Претпоставуваме дека прстенот заптивач (гумен прстен – служи за одвојување на двата медиуми воздух вода и при движењето клипот да не го оштетува) поставен на обрачот од клипот заптива идеално кога ќе се појави промена во температурата и внатрешниот притисок и промена во дијаметарот на цилиндерот на калибраторот. Применувајќи го Принципот за одржување на масата при константна зафатнина се добива:

$$\frac{\partial}{\partial t} \int \rho \cdot dV - \int \rho v \cdot n \cdot dS = 0 \quad (11)$$

Каде што ρ е густината на флуидот , V е зафатнината која се испитува опфатена со испитуваната површина S , v е векторот на брзината на флуидот, и n е единичен вектор (орт) нормален на површината S со позитивна насока насочен во внатрешноста на зафатнината V . Кога

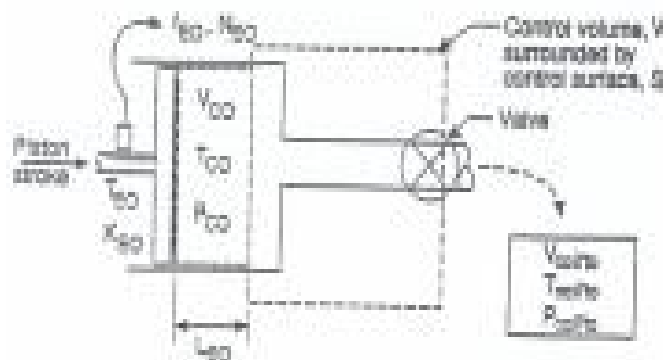
$$\frac{\partial}{\partial t} \int \rho \cdot dV = 0 \quad (12)$$

Нема промена на масата во испитуваната зафатнина за одреден временски интервал. Ова значи дека триењето или размената на топлината се незначителни или посматрано севкупно во определениот временски интервал не се менува масата на флуидот . При вакви услови , влезната и излезната маса на флуид која се движи низ контролираната површина S , е еднаква и важи следнава релација

$$\rho_{CO} \dot{V}_{CO} = \rho_{COLLTO} \dot{V}_{COLLTO} \quad (13)$$

Каде што ρ_{co} и ρ_{collto} се густините на флуидите соодветно, во калибраторот и собирниот

танк при исти референтни услови и заради тоа се еднакви. Големините \dot{V}_{CO} и \dot{V}_{COLLTO} се протоци надвор од калибраторот и во собирниот танк, соодветно.



Со оглед на тоа дека времето на истиснување и собирање на флуидот под претпоставка се еднакви следи

$$V_{CO} = V_{COLL'TO} \quad (14)$$

И константата на калибраторот , во единица импулси спрема истисната зафатнина може да се каже

$$K_{CO} = N_{EO} / V_{COLL'TO} \quad (15)$$

Каде што

$$V_{COLL'TO} = A_{CO} \cdot L_{EO} \quad (16)$$

Ако се земе предвид дека при еден од на движење на клипот , патот што го изминува клипот, а заедно со него и енкодерот е L_{EO} , бројот на импулсите кои ќе ги изброи енкодерот е N_{EO}

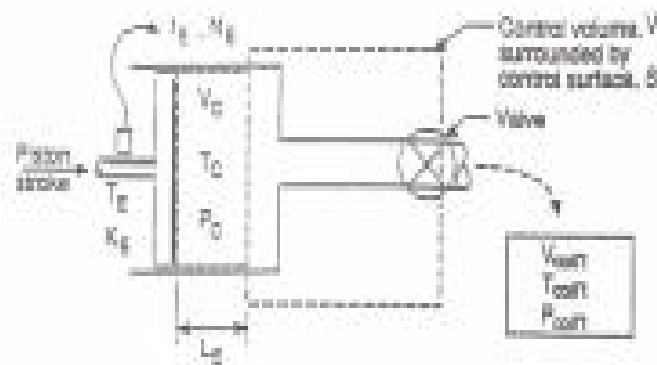
$$N_{EO} = L_{EO} \cdot K_{EO} \quad (17)$$

K_{EO} е константата на енкодерот изразена во импулси по единица должина при референтна температура T_0 . За калибрационата константа може да запишеме

$$K_{CO} = \frac{N_{EO}}{V_{CO}} = \frac{L_{EO} \cdot K_{EO}}{A_{CO} \cdot L_{EO}} = \frac{K_{EO}}{A_{CO}} \quad (18)$$

Вообичаено претпоставуваме дека калибрационата константа K_{CO} е независна од брзината на движење на клипот или од својствата на флуидот со кој е исполнет цилиндерот.

6.2.2.2 Одредување на калибрационата константа со методот на водени капки (waterdraw) при нереперентни услови .



Идентично како и при одредувањето на калибрационата константа при референтни услови клипот истиснува зафатнина на флуид од цилиндерот и при тоа енкодерот брои N_e број на импулси. Температурата и притисокот во цилиндерот се T_c и P_c соодветно. Применувајќи го Принципот за одржување на масата при мерење на зафатнина, за услови кога нема промена на масата во текот на времето се добива:

$$\rho_C \dot{V}_c = \rho_{COLLT} \dot{V}_{COLLT} \quad (19)$$

Или кога истиснувањето и собирањето на зафатнината се одвива едновремено имаме

$$\rho_C V_c = \rho_{COLLT} V_{COLLT} \quad (20)$$

Каде ρ_C и ρ_{COLLT} се густините на флуидот во цилиндерот на калибраторот и надвор од

него во собирниот танк соодветно. Зафатнината V_{COLLT} може да се одреди со користење на волуметриски и гравиметриски метод. Треба да се внимава да се одржат константни амбиентни услови температура и притисок во калибраторот и во танкот за време на мерењата заради постигнување на повторливи резултати .

Откако е одредена зафатнината V_{COLLT} со гравиметриски метод зафатнината во цилиндерот може да се одреди преку релацијата

$$V_C = (\rho_{COLLT} / \rho_C) \cdot V_{COLLT} \quad (21)$$

Каде , согласно дефинициите за термална експанзија и компресибилноста на флуидот

$$\frac{\rho_{COLLT}}{\rho_C} = \left[1 - 3 \cdot \alpha_F (T_{COLLT} - T_C) \right] \left[1 + \frac{(P_{COLLT} - P_C)}{E_F} \right] \quad (22)$$

Каде α_F е линеарниот коефициент на експанзија на флуидот , притисоците P_{COLLT} и P_C

се притисокот на флуидот кој тече низ вентил во собирниот танк и во цилиндерот на калибраторот соодветно, E_F е модулот на еластичност на флуидот. Треба да се забележи дека α_F и E_F се зависни големини од температурата и притисокот за специфичен флуид но вредностите кои се користени при калибрацијата на OT1500 се претпоставува дека се средни вредности од притисокот и температурата за одреден опсег .Реципрочната вредност од модулот на еластичност на флуидот е компресибилноста на флуидот.

Во равенката 12 се забележува дека влијанието од температурата и притисокот имаат спротивни знаци врз промената на густината на флуидот. Сепак , кога температурната разлика помеѓу садот во кој се собира флуидот и калибраторот се големи и кога притисокот во калибраторот е многу повисок од атмосферскиот притисок во садот , влијанието врз флуидот треба да се земе предвид бидејќи има значајно влијание врз к-факторот на OT1500. Поаѓајќи од релацијата за константата на калибраторот при нереферентни услови

$$K_C = \frac{N_E}{V_C} \quad (23)$$

И ако во неа ја замениме релацијата 11 и 12 ја добиваме следната релација за к-факторот на калибраторот.

$$K_C = \frac{N_E}{V_{COLLT}} \left[1 + 3 \cdot \alpha_F (T_{COLLT} - T_C) \right] \left[1 + \frac{(P_{COLLT} - P_C)}{E_F} \right] \quad (24)$$

И на крајот за к-факторот при референтни услови добиваме

$$K_{CO} = \frac{N_E \left[1 + 3 \cdot \alpha_F (T_{COLLT'} - T_C) \right] \left[1 - \frac{(P_{COLLT'} - P_C)}{E_F} \right] \left[1 + \alpha_E (T_E - T_O) \right]}{V_{COLLT'} \left[1 - 2\alpha_C (T_C - T_O) \right] \left[1 - \frac{(P_C - P_O) D_{CO}}{T_{CO} E_C} \right]} \quad (25)$$

Со комбинација на последните две релации добиваме

$$K_C = K_{CO} \cdot \frac{\left[1 - 2\alpha_C (T_C - T_O) \right] \left[1 - \frac{(P_C - P_O) D_{CO}}{T_{CO} E_C} \right]}{\left[1 + 3 \cdot \alpha_F (T_{COLLT'} - T_C) \right] \left[1 - \frac{(P_{COLLT'} - P_C)}{E_F} \right] \left[1 + \alpha_E (T_E - T_O) \right]} \quad (26)$$

Кога температурите ја надминуваат вредноста на референтната и притисокот е еднаков на референтните услови следи

$$K_C' < K_{CO} \quad (27)$$

Според тоа мерењата се повторени во услови кога ефектите од притисокот може да се занемарат и кога температурите на флуидот се повисоки од референтните услови, во вакви услови калибраторот истиснува, за исти број на импулси, повеќе флуид (зафатнина) одошто при референтни услови.

Одлуката за бројот на собраните импулси и претходи на процедурата на водени капки (waterdraw). Овој број на импулси се избира согласно саканата прецизност за калибрационата константа. За референтни услови важи следната релација

$$N_{EO} = K_{EO} L_{EO} \quad (28)$$

А во нереферентни услови важи

$$N_E = K_E L_E \quad (29)$$

Константата на енкодерот е изразена со релацијата

$$K_E = K_{EO} (1 - \alpha_E (T_E - T_O)) \quad (30)$$

Должината на одот на клипот е изразена со релацијата

$$L_E = L_{EO} (1 + \alpha_E (T_E - T_O)) \quad (31)$$

Од релациите 17,18,19,20 следи

$$N_E = K_E L_E = K_{EO} L_{EO} = N_{EO} \quad (32)$$

Ова е показател дека критериумот за прецизност за калибраторот треба да се постигне преку бројот на импулси кои се одредени пред отпочнување на методот на водени капки (waterdraw) и изборот на бројот на импулси нема да зависи од тоа дали во текот на процедурата (waterdraw) преовладуваат референтни услови или нереферентни услови.

Калибрационата константа определена со (waterdraw) процедурата на водени капки се претпоставува дека е независна од брзината на клипот и својствата на флуидот. Во случај оваа претпоставка да не може да се усвои тогаш треба да се превземаат мерки за подобрување на клипот во смисол менување на заптивачот.

Треба да се нотира дека во предходно наведената процедура, техниката на вентили и техниката на броење на импулси не смее да внесе неистинити (лажни) ефекти. Лажните импулси од бројачот на импулси може да се појават како резултат на ударите при старт и

стоп на флуидот. Ако постои таков ефект треба да се елиминира или да се оцени зафатнината која одговара на лажните импулси. Соодветни вредности за константите на материјалите: коефициенти на термална експанзија $\alpha_E, \alpha_F, \alpha_C$, модулите на еластичност на материјалот од кој е изработен цилиндерот на калибраторот E_C и на флуидот E_F и значајните димензии на цилиндерот се внесуваат во горенаведените равенки. Еднаш пресметаната константа за K_{CO} во текот на мерењето се сведува на нереферентните услови во кои се врши калибрација на тестирачките мерила за проток од повисока класа.

6.3 Дефинирање на К-факторот на OT1500 преку методот на водени капки (Water draw)

Константата на калибраторот се одредува како следи

$$K = \frac{N_E}{V_W}$$

Каде : N_E Број на импулси на линеарниот енкодер
 V_W Зафатнина на вода истиснат од клипот при актуелни услови на (water draw)

Со цел пресметка на V_W , вистинската маса M_W на водата собрана за време на секој циклус на методот на водени капки (waterdraw) мора да се пресмета со корекција за потисок како следи

$$M_w = K_N \cdot \left\{ \frac{W_W}{\left[1 - \left(\frac{\rho_a}{\rho_w} \right) \right]} \right\}$$

Каде: W_W Индикацијата на скалата на вагата од собраната вода за секој циклус на методот на водени капки (waterdraw) (маса на водата)
 ρ_a Густина на амбиентниот воздух (g/L)
 ρ_w Густина на водата собрана во собирниот танк од секој циклус на методот на водени капки (waterdraw) (g/L)
 K_N Корекција за потисокот од еталонските тегови кои се користат за калибрација на скалата

Потоа

$$K_N = \left\{ \frac{M_N \cdot \left[1 - \left(\frac{\rho_a}{\rho_w} \right) \right]}{W_s} \right\}$$

Каде: M_N Вистинска вредност на маса на еталонските тегови сертифицирани од UME, Турскиот метролошки институт

ρ_a	Густина на амбиентниот воздух (g/l)
ρ_N	Густина на тегови (сертифицирани од UME , приближно 8000 kg/m3)
W_s	Индикација на скалата за теговите по нејзината калибрација.

Од погорното добиваме:

$$M_W = M_N \cdot \left(\frac{W_W}{W_S} \right) \cdot \left\{ \left[\frac{\rho_W \cdot (\rho_N - \rho_a)}{\rho_N \cdot (\rho_W - \rho_a)} \right] \right\}$$

Кога

$$V_W = \frac{M_W}{\rho_t}$$

Каде ρ_t Густина на водата во цилиндерот

и

$$V_W = \left(\frac{M_N}{\rho_N} \right) \cdot \left(\frac{W_W}{W_S} \right) \cdot \left\{ \left[\frac{\rho_W \cdot (\rho_N - \rho_a)}{\rho_t \cdot (\rho_W - \rho_a)} \right] \right\} \quad (1)$$

И константата на калибраторот станува:

$$K = \frac{N \cdot E}{V_W}$$

K е константа изведена под актуелни услови на секој циклус на методот на водени капки (waterdraw). Оваа константа мора да се сведе во нормални услови од 20 °C и 1 bar со соодветни корекции. Системот равенки кои ја дефинираат константата на калибраторот под нормални услови може да се претстави како следи:

$$K_C = \left(\frac{N \cdot E}{V_W} \right) \cdot \left(\frac{C_E}{C_T} \cdot C_P \cdot C_C \right) \quad (2)$$

Каде

$C_E = [1 + (T_E - 20) \cdot CE_E]$ Корекција за термална експанзија на линеарниот енкодер

$C_T = [1 - (T_t - 20) \cdot CE_t]$ Корекција за термална експанзија на цилиндерот на калибраторот

$C_p = [1 - (\Delta P) \cdot CE_p]$ Корекција за експанзија поради притисокот на цилиндерот на калибраторот

$C_c = [1 - (\Delta P) \cdot CE_c]$ Корекција поради компресибилност на водата во цилиндерот
 T_E Температура на линеарниот енкодер за време на секој циклус на методот на водени капки (waterdraw)

T_t Температура на водата во цилиндерот за време на секој циклус на методот на водени капки (waterdraw)

ΔP Диференцијален притисок=(Притисок во цилиндер)- (атмосферски притисок)

CE_E Термален коефициент на линеарна експанзија на линеарна експанзија (публикуван од производителот, $1.1 \cdot 10^{-5} 1/^\circ C$ за Mitutoyo AT11N)

CE_t	Површински коефициент на термална експанзија на цилиндерот (3.46·10 ⁻⁵ 1/°C за 316 нерѓосувачки челик)
CE_p	Површински коефициент на експанзија на цилиндерот поради внатрешниот притисок. За OT 15000 ова е 5.3·10 ⁻⁹ 1/mbar
CE_c	Коефициент поради корекција за компресибилност на водата, 4.7·10 ⁻⁸ 1/mbar

Густините на водата и воздухот се пресметуваат користејќи релации со користење на температура, релативна влажност и притисок на потребните локации.

6.4 Неодреденост на константата на OT1500 определена со методот на водени капки (WATER DRAW) [L.P.04-VOL-4] калибрациона процедура за проток

Анализата на неодреденоста во овој елаборат се базира на OT 1500 мерен систем со линеарен енкодер кој генерира 50 импулси на *mm*. Зафатнина од приближно 8 L беше собрана за време на мерењата, резултирајќи во приближно 5.000 импулси и придвижување на клипот од околу 100*mm*.

Користејќи го системот релации (2) изведен во претходната секција:

$$K_C = \left(\frac{N_E}{V_W} \right) \cdot \left(\frac{C_E}{C_T} \cdot C_P \cdot C_c \right)$$

Листата и описот на придружните неодредености е зададена подолу.

K_c - Константа на мерниот систем во импулси по единица зафатнина

N_E - Вкупен број на импулси генерирани од линеарниот енкодер. Неодреденоста во ова мерење се состои од две компоненти: Неодреденост од импулсите и неодреденост од ширината на импулсот генериран од линеарниот енкодер.

N_{EC} - Неодреденост на бројачот на импулси
±1 /5000 или ±0.02%

N_{EL} - Неодреденост по единица должина на линеарниот енкодер

Енкодерот кој се користи во системот опишан погоре е Mitutoyo AT11FN или AT2FN. Според публикуваните документи од производителот, оваа неодреденост е опишана со следната релација:

$$\text{Неодреденост} = \pm (3+3L/1000) \cdot 10^{-6} m$$

Каде, L=должина на енкодеровиот дел кој се користел по примерок.

За секој циклус на методот на водени капки (waterdraw), L=100*mm* по примерок. Потоа:

$$\text{Неодреденост} = \pm (3+3 \cdot 100/1000) \cdot 10^{-3} mm = \pm 0.0033 mm = \pm 0.0066\%$$

V_W - Зафатнина на вода собрана според релација (1) :

$$V_W = \left(\frac{M_N}{\rho_N} \right) \cdot \left(\frac{W_W}{W_S} \right) \cdot \left[\frac{\rho_W \cdot (\rho_N - \rho_a)}{\rho_t \cdot (\rho_W - \rho_a)} \right]$$

Каде:

M_N - Маса на еталонски тегови. Неодреденост од Е1 класа еталони е $\pm 0.000006\%$

W_W - Маса на собраната вода. Неодреденост од тип А

Случајна неодреденост, одредена според методот на водени капки (waterdraw) актуелни тестови .

Тестот се повторува вдолж должината на корисниот од на клипот (заради проверка на к-факторот вдолж целата должина на цилиндерот), и податоците за : масата на собраната вода, температурата на водата и воздухот, релативната влажност и притисокот на воздухот како и бројот на импулси отчитани од бројачот се внесуваат во релацијата за пресметка на к-

факторот на еталонот $K = \frac{N_E}{V_W}$ Истовремено се пресметува и средната вредност и

стандардната девијација на извршените мерења. Резултатите се покажани во табела .

Мерења	Кс-фактор на еталонот	
1	657,3937364	[pul/L]
2	657,2783708	[pul/L]
3	657,3609434	[pul/L]
4	657,3220588	[pul/L]
5	657,4604966	[pul/L]
6	657,2673586	[pul/L]
7	657,229987	[pul/L]
8	657,2067161	[pul/L]
9	657,4334995	[pul/L]
10	657,3567003	[pul/L]
11	657,4954399	[pul/L]
Средна вредност	657,345937	[pul/L]
Стандардна девијација	0,09481814	[pul/L] 0,014%

W_s - Индикација од еталонските тегови. Неодреденоста е од тип А и изнесува $\pm 0.0.014 \%$.

ρ_w - Густина на водата собрана во контејнер. Температурата на водата се мери со неодреденоста од $u_t = \pm 0.05 \text{ } ^\circ\text{C}$ ($k=2$)

(термометар –живин). Густината се изведува од релацијата . $\rho_W = \frac{\sum_{i=0}^5 a_i \cdot t_w^i}{1 + b \cdot t_w}$ со

неодреденост од $\pm 0.000631\%$.

ρ_t - Густина на водата во цилиндерот е еднаква со густината на водата во собирниот контејнер $\pm 0.000631\%$.

ρ_p - Густина на еталонски тегови. Сертифицирани од УМЕ , Националниот метролошки институт на Турција, неодреденост тип Б и е еднаква на $\pm 0.072\%$.

ра- Густина на воздухот за време на мерењето е функција од температура на воздухот и амбиентниот притисок и релативната влажност, се покажани подолу.

$$\rho_a = \frac{0,348444 \cdot p - h \cdot (0,00252 \cdot T - 0,020582)}{273,15 + T}$$

$$\frac{\partial \rho_a}{\partial p} = \frac{0,348444}{273,15 + T} ; \quad u_p = 0,2 \quad (k=2)$$

$$\frac{\partial \rho_a}{\partial h} = \frac{0,00252 \cdot T - 0,020582}{273,15 + T} ; \quad u_h = 0,6 \quad (k=2)$$

$$\frac{\partial \rho_a}{\partial T} = \frac{\rho_a + 0,00252 \cdot h}{273,15 + T} ; \quad u_t = 0,3 \quad (k=2)$$

U_T- Неодреденост од температурата на амбиентниот воздух за време на мерењето. Неодреденоста е $u_t = \pm 0,3 \text{ } ^\circ\text{C}$ (k=2) според калибрациониот сертификат на УМЕ (за инструмент TESTO за мерење на амбиентните услови температура, притисок и релативна влажност). Ова резултира во $0,15 \cdot 100 / 24,5 \text{ } ^\circ\text{C} = 0,6122\%$

U_p- Неодреденост од притисокот на амбиентниот воздух за време на мерењето. $u_p = 0,2$ (k=2) Ова резултира во $0,1 \cdot 100 / 989,8 \text{ hPa} = 0,010136\%$

U_h- Неодреденост од релативната влажност на амбиентот за време на мерењето. $u_h = 0,6$ (k=2) Ова резултира во $0,3 \cdot 100 / 44\% = 0,6818\%$

C_E- Термална експанзија на стаклото на енкодерот [1+(амбиентна температура - основна температура)·(енкодер C_E)] = корекција за промена на должината на линеарниот енкодер со температурата. Неодреденоста е поради грешките во мерењата на амбиентната температура за кои се претпоставува дека се исти со температурата на флуидот. Коефициентот на експанзија на енкодерот е $1,1 \cdot 10^{-5}$ по степен Целзиусов според публикуваните податоци. Применета е корекција, според тоа се минимизира грешката. Со $\pm 0,2 \text{ } ^\circ\text{C}$ вкупна неодреденост во мерењата на температурата оваа неодреденост е $\pm 0,00022\%$.

C_T- Термална експанзија на цилиндерот [1-(темп. на флуидот - основна темп.)·(површина на цилиндер C_E)] = корекција за промена на површината на цилиндерот со температурата. Неодреденоста е поради грешки во мерењето на температурата и претпоставката дека температурата на калибраторот е иста со температурата на мерило за протокот. Коефициентот за површинска експанзија за тип на нерѓосувачки челик 316 SSt е $3,46 \cdot 10^{-5}$ по степен Целзиусов. Корекција е применета според тоа грешката е минимизирана. Со $\pm 0,025 \text{ } ^\circ\text{C}$ вкупна неодреденост во мерењата на температурата (живин термометар) оваа неодреденост е $\pm 0,00009\%$.

C_p- Експанзија на цилиндерот поради притисокот [1-(притисок на флуидот – атмосферски притисок)·(притисок C_E)] = корекција заради промената на површината на цилиндерот со притисокот. Неодреденост поради грешка во мерењето на притисокот кој се подесува мануелно на $2,5 \text{ bar}$ надпритисок (*gauge*) и се претпоставува дека не се менува. Коефициентот за површинската експанзија поради притисокот зависно од материјалот и геометријата е $5,3 \cdot 10^{-9} / \text{mbar}$. Корекцијата се применува според тоа се минимизира грешката. Под претпоставка дека притисокот се поставува однапред со точност од $\pm 100 \text{ mbar}$ и може да варира околу нагодената

вредност за други $\pm 100 \text{ mbar}$, вкупната неодреденост во зафатнината ќе биде $\pm 0,00010\%$.

Сс- Комп्रेसибилност на водата
 $[1-(\text{надпритисок на флуидот}) \cdot (\text{компресибиленост } CE)] = \text{корекција}$ заради зголемување на зафатнината на водата бидејќи е ослободена од средина под притисок во цилиндерот во собирен контејнер за (waterdraw) кој е отворен на атмосферски притисок. Коефициент за компресибиленост на водата е $4,7 \cdot 19 \cdot 10^{-5} / \text{bar g}$. Методот на водени капки (Water draw) се извршува со поставување на притисокот на $2,5 \text{ bar}$ надпритисок (gauge). Под претпоставка од $\pm 100 \text{ mbar}$ во подесување и променливост од исто така $\pm 100 \text{ mbar}$ за време на методот на водени капки (waterdraw), вкупната компресибиленост ќе биде $\pm 0,00094\%$.

6.5 Компоненти на неодреденоста на методот на водени капки (Water draw)

Неодреденоста може да се пресмета како Корен Сума Квадрат (RSS, квадратен корен од сумата на квадратите) вредност од различни компоненти на неодреденоста. Во Табелата се презентирани компонентите на неодреденоста со осетливоста (индицирајќи го ефектот од 1% промена во номиналната вредност на компонентите врз равенката) и вкупниот придонес во неодреденоста.

Метод на водени капки (Waterdraw) Импулси на енкодерот-Ne

Симбол	Извор на неодреденост	Вредност \pm Импулси	Дистрибуција на веројатноста	Делител	Сензитивни коефициенти c_i	Принос кон неодреденост $\pm u_i(y)$
Nec	Бројач на импулси Ширина на импулси	1	Правоаголна	1.73	1	0.578
Nel		0.66	Нормална	2	1	0.33
u_N	Combined Uncertainty		Нормална		Импулси %	0.6655 0.0133

Метод на водени капки (Waterdraw) Зафатнина –Vw

Симбол	Извор на неодреденост	Вредност $\pm\%$	Дистрибуција на веројатноста	Делител	Сензитивни коефициенти c_i	Принос кон неодреденост $\pm u_i(y)$
M_N	Маса на теговите	0.000006	Нормална	2	1	0.000003
W_w	Маса на собраната вода	0.014	Нормална (тип A)	1	1	0.014
W_s	Маса на теговите	0.014	Нормална (тип A)	1	1	0.014
ρ_w	Густина на вода	0.000631	Правоаголна	1.73	0.00119	0.000000434
ρ_t	Густина на	0.000631	Правоаголна	1.73	1	0.000000434

	водата во цилиндерот					
ρ_s	Густина на теговите	0,072	Нормална	2	0.00015	0,000005
ρ_{ap}	Густина на воздухот, P влијание	0.010136	Нормална	2	0.001171	0.0000059
ρ_{at}	Густина на воздухот, T влијание	0.6122	Нормална	2	0.004247	0.0013001
ρ_{ah}	Густина на воздухот, h влијание	0.6818	Нормална	2	0.000138	0.000047
C_E	T експанзија, линеарен енкодер	0.00022	Нормална	2	1	0.00011
C_t	T експанзија, на цилиндерот	0.00009	Нормална	2	1	0.000045
C_p	P експанзија, на цилиндерот	0.0001	Правоаголна	1.73	1	0.00006
C_c	Компресибилност на водата	0.0009	Правоаголна	1.73	1	0.00054
u_w	Комбинирана неодреденост		Нормална		%	0.0200

6.6 Вкупна неодреденост на методот на водени капки WATER DRAW

Вкупната неодреденост на методата на водени капки (water draw) може потоа да се пресмета како сума на две компоненти на релативна неодреденост :

$$u \text{ вкупна стандардна неодреденост} = [u_N^2 + u_w^2]^{1/2} = [(0,0133)^2 + (0,0200)^2]^{1/2} = \pm 0,02\%$$

Резултатот изразен како експандирана неодреденост од мерењето добиена со множење на стандардната неодреденост со факторот на покриеност $k = 2$. За нормална дистрибуција тоа одговара на веројатност на покриенот од приближно 95% изнесува:

$$U = k \times u = \pm 0,04\%$$

7 ЧОВЕЧКИ РЕСУРСИ

Во Лабораторијата за зафатнина и проток одговорни лица за калибрација со мерниот систем OT1500 се:

1. Анастасија Шаревска, дипл.ел.инг.
2. Јован Атанасовски, дипл.физичар

Во Прилог 1 согласно Системот за квалитет се наведени обуките што се поминати во изминативе години формулар LF02-1-VOL Training record.

8 МЕЃУНАРОДНИ ИНТЕРКОМПАРАЦИИ

Со цел оцена на резултатите од мерниот систем OT1500 и споредба на мерните способности на лабораторијата, лабораторијата за зафатнина и проток учествуваше 2008 година во проект бр.1046 Еурамет организиран со пилот лабораторијата на Чешкиот метролошки институт - СМi во техничкиот комитет за проток ТС-F со работен наслов “Интеркомпарација на електромагнетни мерачи на проток“. Кругна интеркомпарација се изведуваше со два патувачки електромагнетни мерачи произведени од KROHNE претходно карактеризирани од пилот лабораторијата. Лабораториите учеснички (да се наведат) во по извршените мерења според доставениот протокол (во прилог) требаше да ги достават извештаите од изведените мерења и оцена на резултатите од мерењата



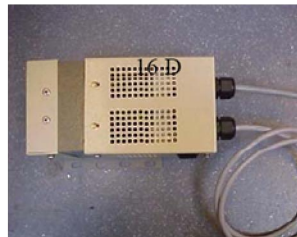
Test procedure

- Проток
- Мерни точки (1, 2.5, 5, 7.5, 10) m³/h
- Температура на водата (20 ± 5)°C
- Секој институт користи своја вообичаена калибрациона процедура
- Два мерачи на протокод исти тип се користа а процедурата се повторува за секој мерач посебно при исти мерни услови



Transfer standards

- Два електромагнетни мерачи на проток KROHNE IFM 5080 K
 - DN 25
 - Пулсен излез
 - Мерачите се позајмени од BEV(Аустрија) и беа користени во поранешна интеркомпарација-Euromet No. 669–пилотирана од BEV

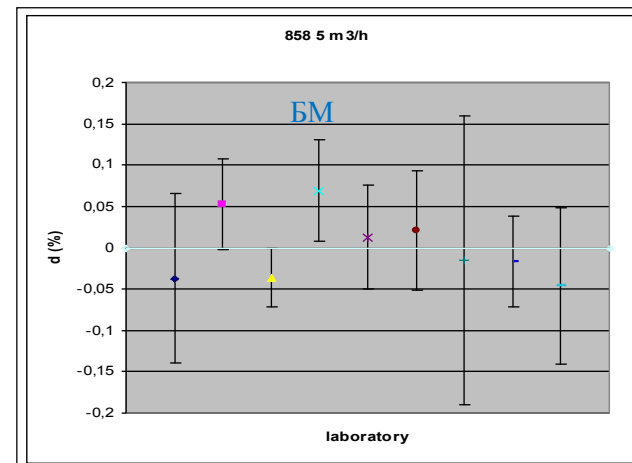
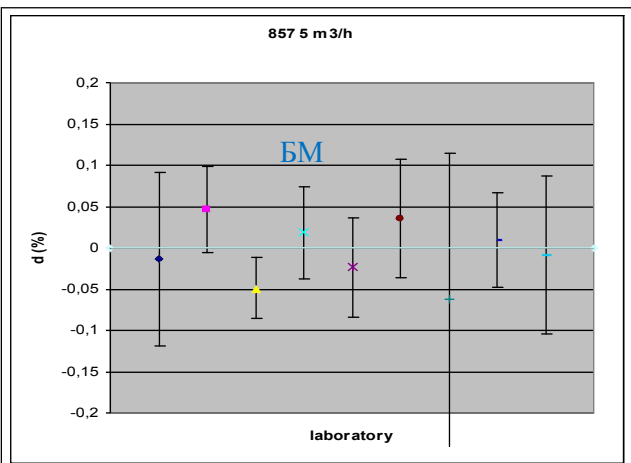
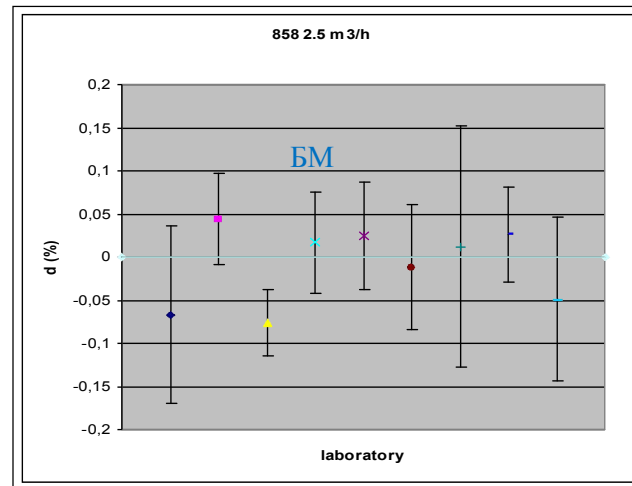
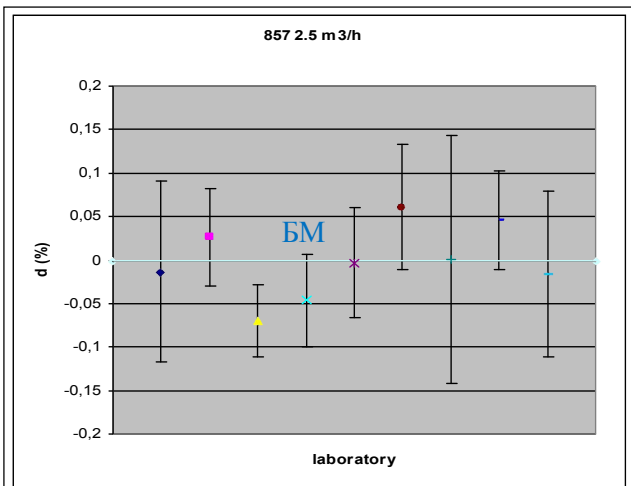
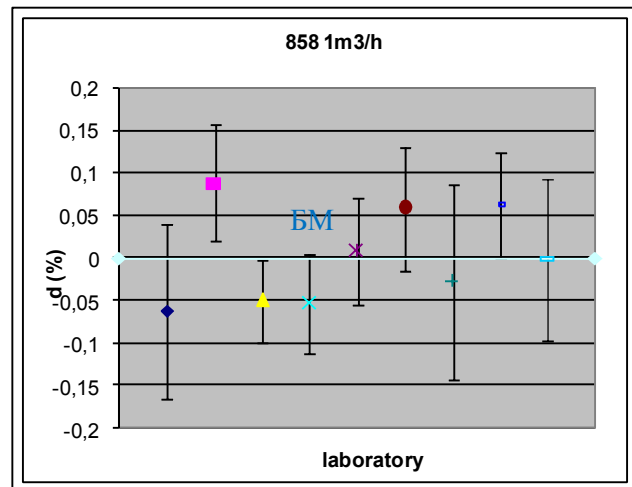
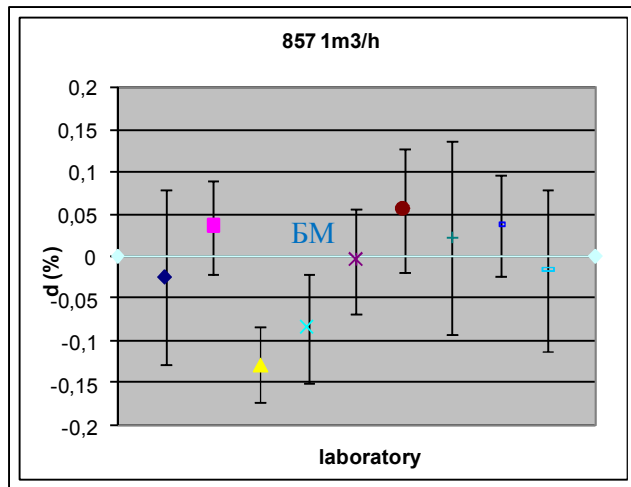


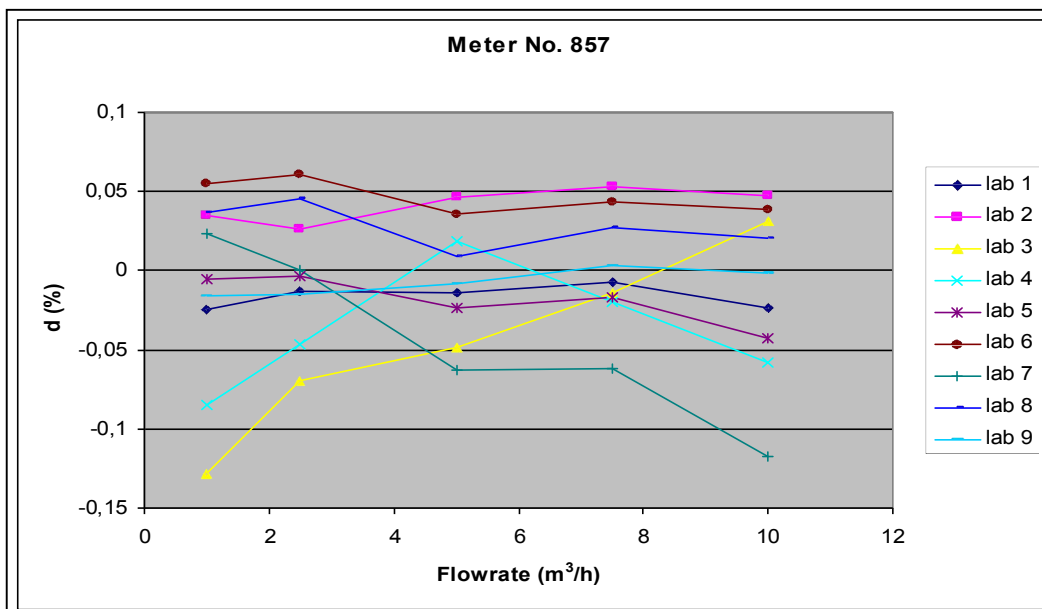
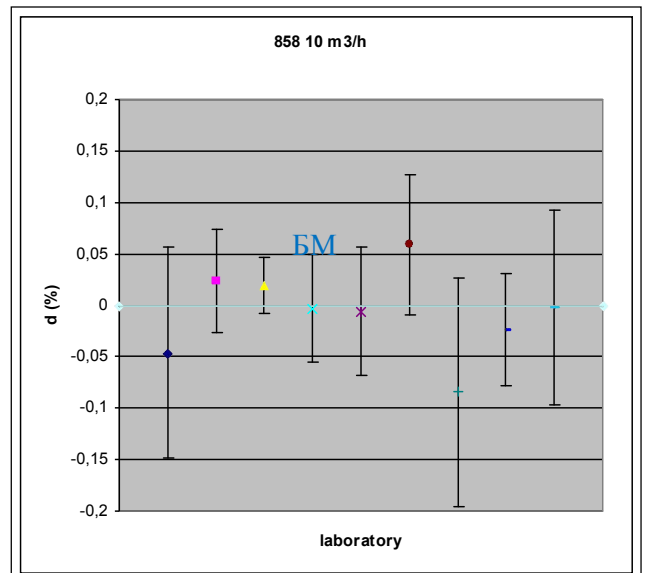
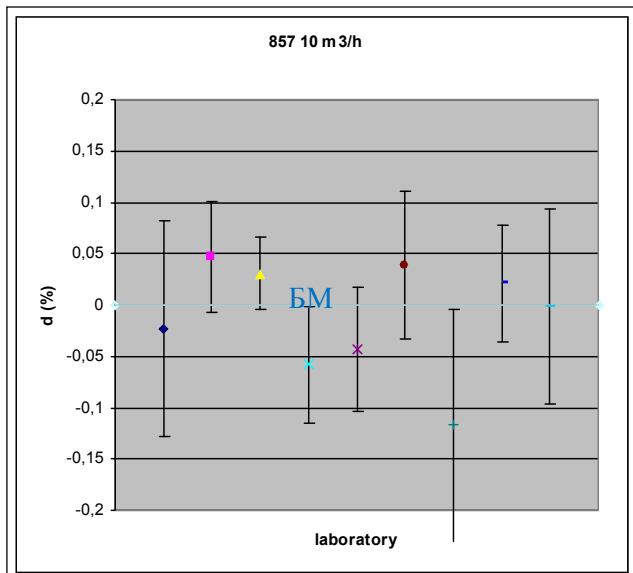
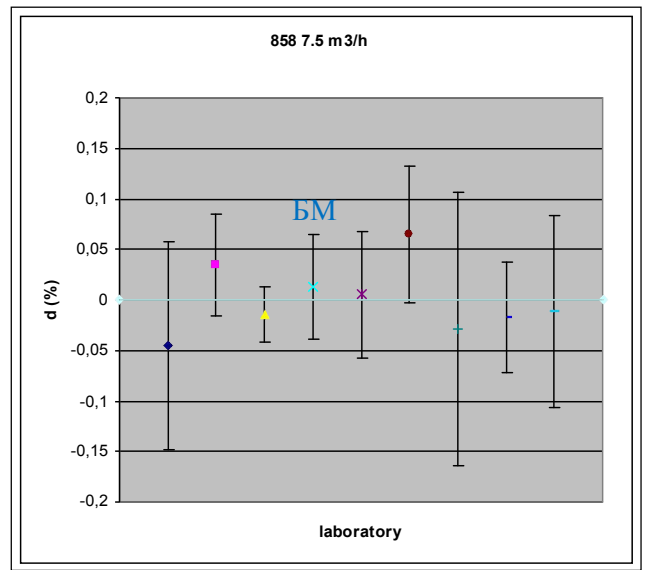
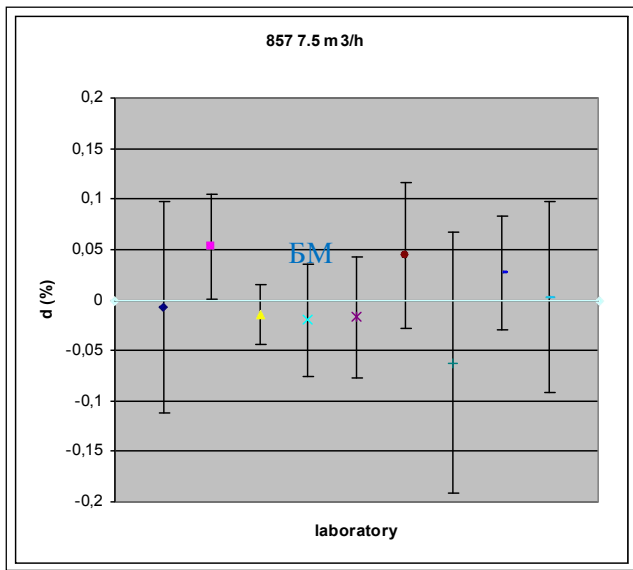
Лабораторијата за зафатнина и проток постигна резултати кои влегуваат во референтната зона дефинирана според методот на Соx [Оценка на податоците во клучна компарација М. G.

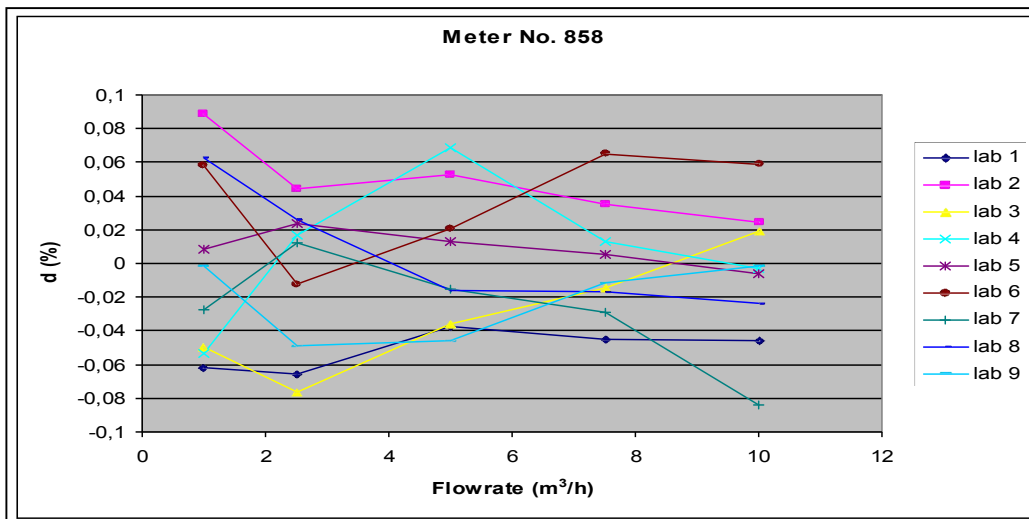
Сох], при што беа земени предвид резултатите од мерењата на 12 Национални метролошки институти во Европа (Австрија, Босна и Херцеговина, Чешка, Франција, Грција, Унгарија, Латвија, Литванија, Македонија, Норвешка, Словачка, Швајцарија). Резултатите под ред број 4 (зелена боја) одговараат на БМ- Лабораторија за зафатнина и проток. Достигнатите резултати беа презентирани на техничкиот комитет за проток во Копенхаген.



Some preliminary results







9. НАЦИОНАЛНИ ИНТЕРКОМПАРАЦИИ И ОДРЖУВАЊЕ НА СЛЕДЛИВОСТА

Во Р.Македонија во моментов функционираат 15 - баждарници кои вршат верификација на водомери за домаќинствата и индустријата. Тестирачките секции во кои се приклучуваат и тестираат водомерите како примарен еталон користат волуметриски казан со нивопокажувачка скала или вага. Овие лаборатории декларираат експандирана мерна неодреденост од 0,1% . Од овие причини целта на Националниот еталон е постигнување на експандирана неодреденост од 0,05%. Ова беше потврдено на Еурамет интеркомпарацијата каде деклариравме мерна неодреденост согласно точка 6.6 од овој елаборат. По примерот на Еурамет интеркомпарацијата Бирото за метрологија планира да организира Национална интеркомпарација во која би зеле учество сите “баждарници за водомери” со цел потврда на нивната компетентност и одредување на мерната неодреденост (best measurement capability) како барање од на стандардот 17020 и отпочнување нивно акредитирање од Институтот за акредитација.

10. СТРАТЕГИЈА ЗА РАЗВОЈ И ИДНИ ПРОЕКТИ

Лабораторијата за зафатнина и проток зеде активно учество во ТС-F техничкиот комитет за проток на EURAMET како придружна членка. Во изминативе три години учествувавме во три EURAMET проекти. Плановите на оваа лабораторија се со активно учество во EURAMET проектите да се добие статут на полноправна членка. Следливоста на Националниот еталон лабораторијата за зафатнина и проток ќе ја одржува преку националната лабораторија за маса и националната лабораторија за време и фреквенција, а со активно учество на интеркомпарации и натаму ќе ја докажува компетентноста и експертизата во одделните области од метрологијата за проток и зафатнина (статичен проток).

Националниот еталон за проток планираме да го надградиме со примена на мерни ќелии поставени на резервоарот за истисната вода, со кои ќе бидеме во можност да мериме и масен проток на истиот принцип како и моменталниот волуметриски проток. Главна цел покрај физичкото остварување на овој проект, ќе биде одредувањето на неодреденоста и докажувањето на компетентноста во рамки на проект за интеркомпарација.

11. ОДРЖУВАЊЕ И ЧУВАЊЕ НА НАЦИОНАЛНИОТ ЕТАЛОН ЗА ПРОТОК

Во рамките на проектот BERIS на Светска Банка во оваа лабораторија се планирана нова опрема со цел надградба на ИТ опремата составен дел на мерниот систем OT1500. Персоналот од оваа лабораторија ќе ги следи тренинзите кои на годишно ниво се организираат од производителот TrigasFI GmbH со цел усовршување на персоналот и запознавање со производството и калибрацијата на новите типови на мерила за проток со овој тип на примарен еталон.

Чување на Националниот еталон

Со цел чување и заштита на Националниот еталон за проток во оваа лабораторија е инсталирана софистицирана опрема за мониторинг со камери со инфрацрвено зрачење и персонал кои врши обиколка и надзор во определен временски интервал. Во оваа лабораторија посетите се дозволени само во присуство на персоналот кој е задолжен за еталонот или во случај кога клиентот изразува желба да присуствува на калибрацијата.

12. ЗАКЛУЧОЦИ

Презентиран е елаборат за Национален еталон за проток кој претставува мерен систем составен од уред тип OT1500 произведен од TrigasFi GmbH, Германија со дополнителна опрема и ИТ поддршка. Дадени се докажаните метролошки карактеристики на мерниот систем. Мерниот систем е од највисока класа на точност во земјата, со мерна неодреденост успешно споредена со други лаборатории. Даден е пресек на воспоставениот систем за квалитет. Амбиентните климатски услови во лабораторијата ги задоволуваат барањата од меѓународните стандарди. Презентирана е опременоста и следливоста на лабораторијата за зафатнина и проток со другите лаборатории во БМ. Човечките ресурси ги исполнуваат критериумите според меѓународниот стандард МКС ISO 17025 во однос на обученоста и усвоените процедури и техники. Резултатите од извршените меѓународни интеркомпарации влегуваат во референтната зона на интеркомпарацијата. Лабораторијата има зацртан правец на развој за натамошна поддршка на националната метролошка инфраструктура а со тоа и националната инфраструктура за квалитет. Сметаме дека се исполнети сите критериуми за прогласување на Национален еталон за проток на Република Македонија.

Благодарност

Освен персоналот кој е директно вклучен во управувањето со Националниот еталон при прогласувањето на Националниот еталон за проток активно учествуваа:

- Метролошкиот совет на Бирото за метрологија - стручното тело за оценка на приоритетите и потребата за остварување на национален еталон за мерна единица за зафатнински проток и единица за маса
- Димитар Парнарџиев, дипл.маш.инг-Директор на Бирото за метрологија
- Данчо Пендовски, М-р-Раководител на сектор за калибрација
- Лазар Деспотовски, дипл.ел.инг- Раководител на одделение за верификација на механички мерила
- Мухамед Зулбеари, дипл.инг.металург-Лаборант во лабораторија за маса
- Армин Мирто, М-р – Советник систем инженер за ИТ поддршка и проверка на софтвер на мерила.

БИРО ЗА МЕТРОЛОГИЈА	LD-06-V-1
ЛАБОРАТОРИЈА ЗА ЗАФАТНИНА И ПРОТОК	Страна 28 од 1
ШЕМА НА СЛЕДЛИВОСТ НА МЕРЕЊЕ	Издадено: 1 – Nov.2007

