

Софтвер за управљање процесима еталонирања мерила притиска

Владо Крунић

Природно-математички факултет
Бања Лука, БиХ, Република Српска
vlado.krunic@gmail.com

Ненад Четић, Момчило Крунић

РТ-РК, Институт за системе базиране на рачунарима
Нови Сад, Република Србија
nenad.cetic@rt-rk.com,
momcilo.krunic@rt-rk.com

Садржај – Овај рад описује софтвер за управљање процесима еталонирања мерила притиска развијеног у форми модула софтверског пакета који је намењен лабораторијама за еталонирање мерила различите намене. Развијени софтвер, под називом *Labsoft LIMS-EMP*, омогућује јасан и видљив прорачун мерне несигурности мерила притиска и генерисање пратеће документације неопходних за процесе акредитације лабораторије. *Labsoft LIMS-EMP* је намењен лабораторијама за испитивање и еталонирање опреме и мерила притиска у индустријским предузећима, развојним институтима и разним техничким органима. Софтвер је развијен објектно оријентисаним приступом у *Microsoft Visual Studio* и *SQL Server Express* развојним окружењима. Ефективност и ефикасност развијеног софтвера је потврђена у Лабораторији за еталонирање мерила НИС Гаспром Рафинерија нафте Нови Сад.

Кључне речи – еталонирање мерила; мерна несигурност; случајна променљива; валидација софтвера; акредитација лабораторије.

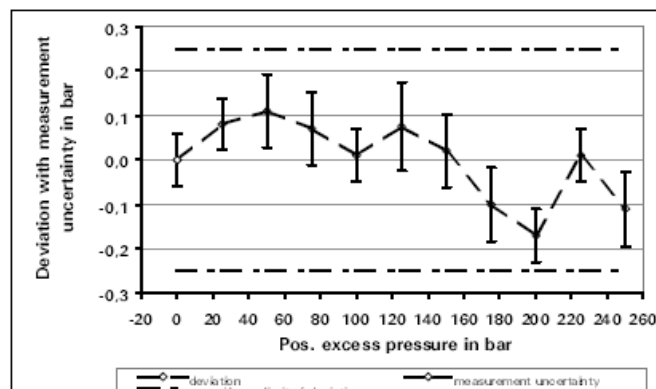
I. УВОДНА РАЗМАТРАЊА

Еталонирање је скуп поступака којима се, у одређеним условима, успоставља однос између вредности величина које показује мерило или мерни систем, или вредности које представља материјализована мера или референтни материјал, и одговарајућих вредности остварених еталонима [1].

Главне активности процеса еталонирања мерила се односе на прорачун мерне несигурности. Прорачун мерне несигурности се изводи у низу тачака равномерно распоређених по мерном опсегу. Да би се урадио комплетан прорачун потребно је у свакој тачки одредити мерну несигурност. После тога треба одредити интервал који обухвата низ утврђених интервала придружених мерним несигурностима у изабраним тачкама мерног опсега. Слика 1. представља дијаграм прорачуна мерних несигурности у низу тачака дуж мерног опсега мерила притиска које се еталонира и саставни је део *Извештаја о еталонирању*. Осим прорачуна мерне несигурности, поступци еталонирања мерила обухватају и низ других активности које морају бити су покривене одговарајућом документацијом [2].

Развијени софтвер има Клијент / Сервер архитектуру са отвореном структуром која омогућује развој нових

модула и њихову имплементацију без потребе за значајним изменама постојеће верзије софтвера. Прва развијена верзија *Labsoft LIMS* пакета је обухватала серверску апликацију (*Labsoft LIMS-S*) и клијентски апликативни модул за прорачун мерне несигурности мерила температуре (*Labsoft LIMS-EMT*). Софтверски пакет *Labsoft LIMS* ради у мрежном окружењу са комуникацијом између модула оствареном *Windows Communication Foundation (WFC)* сервисом. Софтвер је пројектован у развојном окружењу *Microsoft Visual Studio* у програмском језику *C#*. За пројектовање *SQL Server Express* базе података коришћен је *Microsoft SQL Server Management Studio*. Извештаји су генерисани коришћењем *Cristal Reports* алата.



Слика 1: Дијаграм прорачуна мерне несигурности

Одређивање мерне несигурности у процесима испитивања и еталонирања мерила је централна активност и специфична је за све врсте мерила. Специфичности прорачуна мерне несигурности за поједине врсте мерила су представљене математичким моделима на којима су засновани одговарајући клијентски модули. Мерења и израчунавање мерне несигурности у поступцима еталонирања мерила су дефинисне стандардима *ISO 10012:2007*, *EA-4/02* и *GUM*. Специфичности мерне несигурности мерила притиска исказане су у стандарду *DKD-R 6-1*.

Препоруке и захтеви наведених стандарда, као и општи модел за прорачун мерне несигурности су представљени у наставку [3], [4].

II. ЕТАЛОНИРАЊЕ МЕРИЛА ПРИТИСКА - ЗАХТЕВИ СТАНДАРДА

A. DKD Смернице

Овај водич служи да се утврде минимални захтеве за методе калибрације и процене мерне несигурности у поступцима еталонирања мерила притиска. То се односи на мерила притиска са Боурдоновом цеви, електрична мерила притиска и трансмитере притиска са електричним излазом за мерење апсолутног притиска, диференцијалног притиска и надпритиска са негативним и позитивним вредностима [5].

Стандард на коме се заснива поступак еталонирања мерила притиска *DKD-R 6-1* је публикован од стране Акредитационог тела Калибрационог сервиса Немачке (*DKD - Deutscher Kalibrierdienst*) у Националном институту за метрологију Немачке (*PTB*) у сарадањи са њиховим Техничким комитетом „Притисак и вакуум“. *DKD* покрива лабораторије за калибрацију у индустријским предузећима, истраживачким центрима, техничким органима, инспекцији и институтима за испитивање. Лабораторије које су акредитоване и надгледане од стране *DKD*, испитују и еталонирају мерне инструменате, материјалне мере, као и мерне рангове наведене у обиму акредитације. У *DKD* калибрационим сертификатима издатим од стране ових лабораторија се доказује следљивост до националних стандарда [5].

DKD смернице су примењиви документи у складу са критеријумима и процедурама предвиђеним у *ISO / IEC 17025*. Оне описују техничке и организационе процесе који служе лабораторијама за калибрацију као модел за издавање интерних процедура и прописа. *DKD* смернице подржавају равноправан третман уређаја који се еталонирају у различитим лабораторијама за еталонирање. Такође побољшавају могућности за верификацију рада лабораторија за еталонирање и не ограничавају даљи развој процедура калибрације. Нове методе и одступања су дозвољене ако су оправдани техничким аспектима.

B. Референтни и радни стандарди

Калибрација се одвија директним поређењем вредности мерења која се односе на мерило које се еталонира са одговарајућим вредностима референтних или радних стандарда. Радни и референтни стандарди су следљиви директно или индиректно уназад до националног стандарда. Референтни стандарди који се користе су манометри стабилни дуго времена, као што су уређаји са клипом и тековима или манометри са нивоом течности. Они су калибрисани у *PTB* у редовним временским интервалима. Њихови калибрациони сертификати садрже проширене мерне несигурности под референтним условима (стандардно убрзање услед гравитације, 20 °C).

Радни стандарди документовани у приручнику квалитета *DKD* лабораторије се калибришу у акредитованој лабораторији. Калибрациони сертификат који се издаје наводи проширене мерне несигурности под референтним условима. Радни стандард је предмет одобрења од стране *PTB*. Када се калибрација врши ван референтних услова, на обрачун притиска се примењује корекција. Мерне несигурности које се приписују овој корекцији утицајних величина се узимају у обзир као доприноси у буџету несигурности.

C. Калибрациона процедура

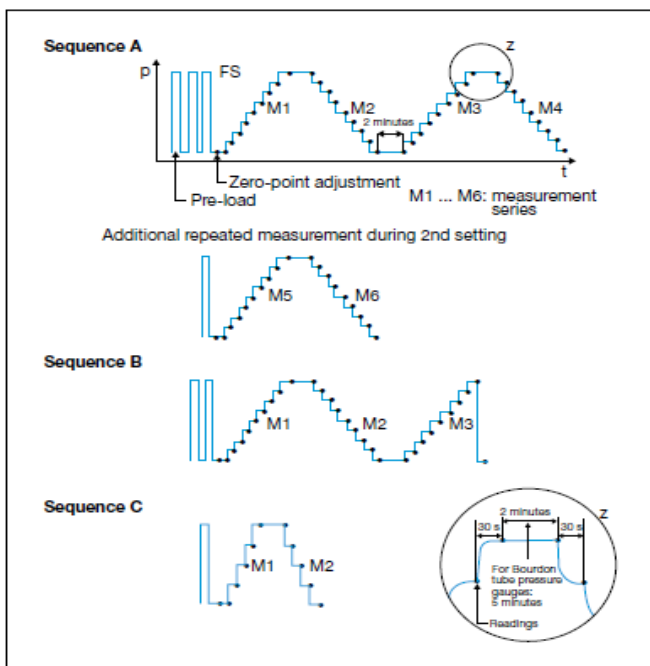
Мерило притиска које се еталонира (*UUC – Unit Under Callibration*) треба да има у радном положају температуру амбијента на којој се врши еталонирање (18-28) °C ± 1K. Вредности температуре се бележе за сва ку мерну тачку. Осим тога треба регистровати барометарски притисак и релативну влажност у лабораторији. Мерило које се еталонира (*UUC*) и референтни еталон са билансом притиска (уређај са клипом и тековима) треба да буде на истом нивоу, односно нивои њихових прикључака на радни медијум се могу разликовати до ± 2 mm. Избор референтног еталона је у складу са класом тачности (Табела I) [6].

Еталонирање се изводи у одређеном броју тачака равномерно распоређених по опсегу, прво у смеру повећања притиска, а затим у смеру смањења у једној или више серија, према класе тачности *UUC*. (Слика 2.).

TABELA I. КАЛИБРАЦИОНЕ СЕКВЕНЦЕ

Калибрациона секвенца	Процењена мерна несигурност % од мерног опсега *	Број мерних тачака са нулом пораст/ опадање	Број предоптерећења	Промена оптерећења + време чекања ** секунде	Време чекања до постизања горње границе могућег опсега *** минуте	Број серија мерења	
						пораст	опадање
A	< 0.1	9	3	> 30	2	2	2
B	0.1...0.6	9	2	> 30	2	2	1
C	> 0.6	5	1	> 30	2	1	1

(*) Референца на опсег омогућује да секвенца буде изабрана из табеле јер се спецификације тачности произвођача обично односе на мерни распон.
(**) Једно по једно оптерећење треба да сачека довољно стабилне индикације на *UUC* и референтном еталону.
(***) За мерила са Бурдоновом цеви, треба да се поштује време чекања од пет минута. За квази-статичке калибрације (принцип пиезоелектричног сензора), времена чекања се може смањити.



Слика 2. Дијаграми калибрационих секвенци

Познати притисак се генерише корак по корак од минимума до максимума опсега како је објашњено у Табели I. Тачан притисак који је улаз и који се реализује у стандардном билансу притиска (манометар са клипом и теговима), може да се израчуна из једначине (1):

$$P_e = \frac{\sum m_i g (1 - \rho_a / \rho_{m_i}) + V (\rho_f - \rho_a) g + \sigma c}{A_p [1 + (\alpha_p + \alpha_c)(t - t_r)]} \quad (1)$$

Параметри у формули (1) су:

- P_e - притисак на дну клипа уређаја са билансом притиска (еталонско мерило са клипом) Pa
- m_i - индивидуалне масе тегова постављених на клип са свим покретним елементима Kg
- G - локална гравитација m/s^2
- a - густина ваздуха kg/m^3
- f - густина мерног флуида kg/m^3
- m_i - густина сваког од тегова kg/m^3
- V - корекција запремине због притиска флуида m^3
- σ - површински напон флуида N/m
- c - обим клипа где израња од притиска течности M
- A_p - ефективна област цилиндар-клип склопа на реф. температури t_r (20 °C) и притиску P m^2

Пролазећи низ пуњења према наведеним смерницама и остварујућу познате притиске на уређају са билансом притиска, паралелно се читавају одговарајуће вредности притиска које покузује мерило које се еталонира. Остварени резултати на систему са клипом и теговима, као и резултати прочитани на *UUC* се уносе у форму за унос резултата.

У форми за унос резултата прва колона садржи вредности које су измерене референтним или радним еталоним. У колоне 2-7 уносе се резултати мерења које показује *UUC* у складу са избором калибрационе секвенце (Табела II).

TABELA II. ФОРМА ЗА УНОС РЕЗУЛТАТА МЕРЕЊА

Pressure $P_{standard}$	Value displayed p_{ind}					
	Calibration sequence A				Measurement with 2nd clamping	
	Calibration sequence B					
	Calibration sequence C					
	M1 (up)	M2 (down)	M3 (up)	M4 (down)	M5 (up)	M6 (down)
bar, Pascal, ...	bar, Pascal, A, V, mV/V, Hz, ...					
min.	min.	min.	min.	min.	min.	min.
↓	↓	↑	↓	↑	↓	↑
max.	max.	max.	max.	max.	max.	max.

D. Обрачун доприноса мерне несигурности

По завршетку свих предвиђених серија мерења, прелази се на обрачун доприноса мерне несигурности у свим тачкама мерења. Осим тога, потребно је обрачунати доприносе за утицајне величине везане за амбијенталне услове (температура околине, барометарски притисак и

релативна влажност ваздуха). На крају треба израчунати доприносе који се односе на коришћене референтне еталоне и опрему. За рачунање доприноса се користе вредности утицајних фактора који се читавају из спецификација неведених у техничкој документацији. Математички модел интегрише доприносе.

E. Математички модел

Обрачун мерне несигурности је најсложенији део поступка еталонирања мерила притиска који је заснован на *DKD* математичком моделу који следи [6].

$$\Delta P = P_{ind} - P_{std} + \Sigma \delta P_i \quad (2)$$

$$\Sigma \delta P_i = \delta P_{std} + \delta P_{res} + \delta P_{zdv} + \delta P_{rep} + \delta P_{hys} + \delta P_{\Delta h} \quad (3)$$

где су наведени параметри:

P_{ind}	- UUC очитавање	Pa
P_{std}	- стандардни притисак измерен у тачки	Pa
δP_{std}	- корекција стандардног притиска	Pa
δP_{res}	- корекција због резолуције	Pa
δP_{zdv}	- корекција због UUC очитавања нуле	Pa
δP_{rep}	- корекција због поновљивости UUC очитав.	Pa
δP_{hys}	- корекција због хистерезе UUC очитавања	Pa
$\delta P_{\Delta h}$	- корекција због позиције мерног система	Pa

Када се користи референтни уређај са билансом притиска (манометар са клипом), важи једнакост (4):

$$\delta P_{std} = \delta P_{cert} + \delta P_{temp} + \delta P_{grav} + \delta P_a \quad (4)$$

Параметри претходне формуле су:

δP_{cert}	- корекција из сертификата референтног уређаја	Pa
δP_{temp}	- корекција због темп. клипа и цилиндра	Pa
δP_{grav}	- корекција због локалног гравитационог убрзања	Pa
δP_a	- корекција због густине ваздуха у околини	Pa

Проширена мерна несигурност се коефицијентом проширења $k=2$ следи из претходних једнакости и рачуна се по формулама [6]:

$$U = k * \sqrt{u_{std}^2 + u_{res}^2 + u_{zdv}^2 + u_{rep}^2 + u_{hys}^2 + u_{\Delta h}^2} \quad (5)$$

$$u_{std}^2 = u_{cert}^2 + u_{temp}^2 + u_{grav}^2 + u_a^2 \quad (6)$$

Параметри у претходним формулама се рачунају непосредно из идентификованих доприноса претходно наведених као корекције уз формуле (2), (3) и (4).

III. СТРУКТУРА И ФУНКЦИЈА СОФТВЕРА

Софтверски пакет *Labsoft LIMS* има модуларну структуру која обухвата један серверски модул и више клијентских модула. Серверски модул *Labsoft LIMS-S* у свом саставу има базу података и серверску апликацију, равноправно расположиве за све клијентске модуле. До сада су развијени *Labsoft LIMS-EMT* - модул намењен процесима еталонирања мерила температуре и *Labsoft LIMS-EMP* - модул намењен процесима еталонирања мерила притиска. Софтвер је развијен објектно оријентисаном развојном техником познатом под називом

RUP (*Rational Unified Proces*) која је засновану на случајевима употребе. Предметна техника је примарно коришћена као подршка пројектантима софтвера у потпуном развојном животном циклусу. Развојне фазе су разложене на итерације које у комбинацији са инкременталним поступком изградње резултују серијом извршивих верзија. Свака верзија пролази кроз четири фазе које чине развојни циклус: *Концептуализација, Елаборација, Конструкција и Транзиција*.

A. База података

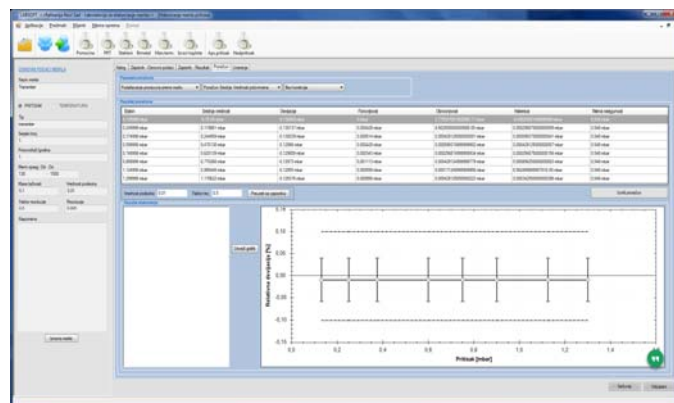
У оквиру описаног софтверског пакета *Labsoft LIMS* налази се *SQL Server Express* база података која је пројектована алатом *SQL Server Management Studio Express*. Релациони модел базе података је урађен према захтевима пословних процеса и постојеће документације. База података је постављена на серверу, а комуникација са серверским модулom и клијентским апликацијама се одвија преко *Windows Communication Foundation (WFC)* оквира.

B. Серверски модул

Софтверски модул *Labsoft LIMS-S* је задуженим за подршку општим активностима генерисања докумената, које су заједничке за све клијентске модуле:

- Пријем *Захтева за еталонирање* (за мерило која треба еталонирати).
- Издавање *Извештаја о одбијању* (ако се не прихвати услуга еталонирања).
- Израда и достављање *Понуде за еталонирање* (ако се прихвати услуга еталонирања).
- Пријем мерила који треба еталонирати, евиденција и издавање *Записника о пријему*.
- Отварање *Налoga за еталонирање* за мерило које је запримљено.
- Издавање *Уверења о еталонирању*.

Серверски модул подржава израду периодичних извештаја о стању налога за еталонирање и анализу процеса еталонирања са циљем мерења динамике и квалитета процеса. Слика 3. приказује екран серверског модула који користи руководиоца лабораторије ради ажурирање предмета и прорачун мерне несигурности [2].



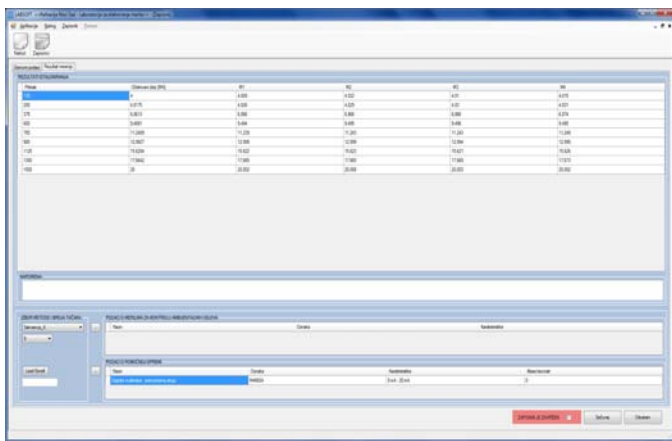
Слика 3. Почетна страна серверског модула

C. Клијентски модул

Клијентски модул (припремне активности, мерење, унос резултата, генерисање докумената) обухвата активности:

- Обрада *Захтева за еталонирање* за мерило притиска које је заprimљено (избор еталона и метода испитивања, планирање активности испитивања).
- Припрема окружења (повезивање опреме са еталонима и мерилима која се еталонирају, припрема лабораторијских уређаја и/или опреме која ће се користити у планираним процесима еталонирања).
- Контрола испуњености услова испитивања и стартовање процеса еталонирања.
- Контрола процеса испитивања, унос резултата.
- Издавање *Извештаја о испитивању*.
- Израда *Записника о отпреми*.

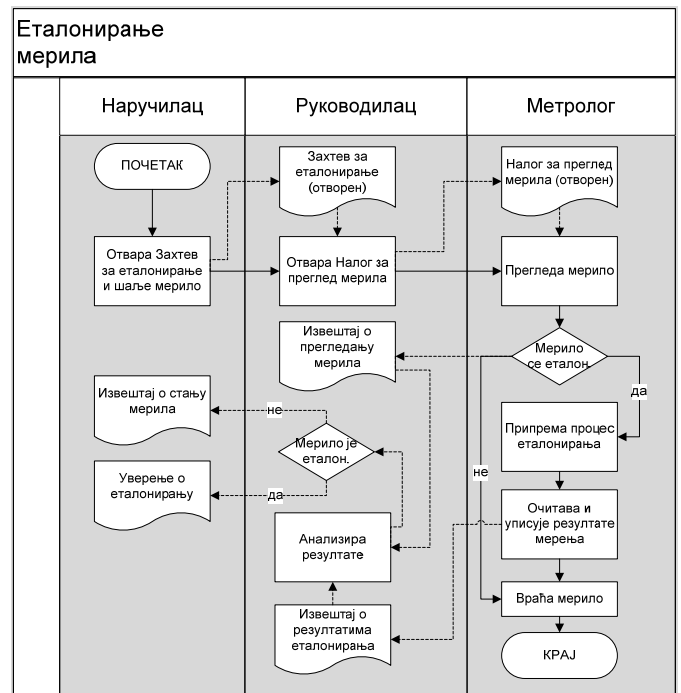
Предмети које отвара, прати и ажурира руководилац лабораторије се обрађују на клијентској страни кроз низ активности метролога. Слика 4. приказује екранску форму клијентског модула, коју користе метролози за унос резултата мерења у тачкама равномерно распоређеним у мерном опсегу мерила.



Слика 4. Почетна страна клијентског модула

Наведене опште активности подржане серверским модулом као и активности специфичне за еталонирање мерила притиска подржане клијентским модулом који је тема овог рада су верно представљене на дијаграму активности (Слика 5.).

Валидација софтвера је кључна активност у процесу акредитације лабораторија са доменом који обухвата еталонирање различитих мерила притиска применом развијеног софтвера покривајући целокупан обим акредитације. У наставку је дат опис валидације софтвера реализоване у току процеса акредитације Лабораторије за еталонирање мерила притиска.



Слика 5. Дијаграм активности процеса еталонирања

IV. ВАЛИДАЦИЈА СОФТВЕРА

Главни део развијеног софтвера *Labsoft LIMS-EMP* чини апликација за прорачун мерне несигурности мерила притиска, заснован на математичком моделу, сагласно захтевима стандарда *ISO/IEC 17025*, *DKD* и *GUM*. Прорачун је видљив према захтеву за валидацију софтвера. Видљивост прорачуна је реализована кроз могућност приказа алгоритама прорачуна у падајућем менију за сваки конкретан случају еталонирања мерила притиска.

Експерти Акредитационог тела Србије заједно са ауторима рада, руководиоцем лабораторије и метрологом за еталонирање мерила притиска су тестирали и валидовали развијени софтвер. Тестирање и валидација су реализовани парцијално и интегрално у реалним амбијенталним условима у Лабораторији за еталонирање мерила притиска. Парцијално тестирање се односило на валидацију прорачуна мерне несигурност применом клијентског модула *Labsoft LIMS-EMP*. Интегрално тестирање је обухватило комплетан процес еталонирања од пријема *Захтева за еталонирање* до издавања *Уверења о еталонирању*.

Поступак валидације обухвата поређење резултата прорачуна мерне несигурности добијених применом *Labsoft LIMS-EMP* софтвера са резултатима прорачуна добијених табеларним прорачуном у *Excel* апликацији. Идентични резултати прорачуна мерне несигурности у оба начина прорачуна са истим серијама улазних података у свим поступцима еталонирања, потврђују валидност развијеног софтвера.

Донет је закључак да је *Labsoft LIMS-EMP* акредитован за примену у процесима еталонирања мерила притиска.

V. ЗАКЉУЧАК

Анализом процеса еталонирања мерила притиска пре и после имплементације и примене развијене софтверске подршке долази се до поузданих квантитативних и квалитативних података потребних за оцену ефикасности и ефикасности примене развијеног софтверског решења.

Навешћемо пример који се односи на просечно време потребно за еталонирање једног мерила притиска. Пре примене развијеног софтвера, у току радног дана метролог и руководиоца су могли да еталонирају просечно 8 мерила, дакле једно мерило за један сат. Време потребно за припрему мерила, мерења и унос резултата је око 30 минута. Исто толико времена треба да се израчуна мерна несигурност и уради сва пратећа документација. После имплементације и примене развијеног софтвера, време потребно за еталонирање једног мерила је скраћено за око 50%. Подаци су засновани на вишегодишњем искуству метролога и руководиоца лабораторије, архивској документацији, као и анализи процеса еталонирања са применом *Labsoft LIMS-EMP* софтвера.

Наведимо и квалитативни податак који се односи на грешке приликом уноса података и прорачуна мерне несигурности. Наиме, после примене развијеног софтвера дошло је до значајног смањења грешака код уноса резултата мерења јер је престала потреба за преписивањем резултата. Пре примене *Labsoft LIMS-EMP* софтвера резултати мерења су записивани у формулар, а затим су преписивани у *Excel* табелу за потребе израчунавања мерне несигурности. После примене *Labsoft LIMS-EMP* софтвера резултати мерења се уносе у форму клијентског софтверског модула на радној станици метролога.

Наведени примери довољно говоре о значајном повећању **ефективности** и **ефикасности** процеса еталонирања после примене развијеног софтвера.

Сложени процеси мерења и еталонирања различитих мерних уређаја, који су засновани на научним методама, математичким моделима, међународним стандардима, дугогодишњем експертском искуству и вештинама, могу бити веома комплексни. Иновативно софтверско решење које је тема овог рада, покрива у потпуности поступке еталонирања мерила притиска од пријема *Захтева за еталонирање* до издавања *Уверења о еталонирању*. Главни актери у процесу еталонирања су потпуно ослобођени од мануелних активности формирања и издавања обимне пратеће документације. Осим тога, ослобођени су сложених и комплексних прорачуна мерне несигурности. Развијени софтвер има све атрибуте експертног система јер су у њега уграђена експертна знања из области савремене метрологије [7], [8].

Главна предност развијеног софтвера у односу на слична решења се огледа у модуларној структури која омогућује независан развој и имплементацију нових клијентских модула према финансијским могућностима корисника. *WinPrompt*® софтвер који је анализиран је специјално намењен *Fluke* опреми, па је потребно развити софтвер за повезивање са расположивом опремом корисника што повећава цену. *WIKI-CAL* калибрациони

софтвер покрива шири асортиман опреме различитих произвођача и располаже богатом колекцијом функција које нису неопходне кориснику што значајно утичу на цену. Такође је потребно развити додатни софтвер за актуелну опрему корисника. *Labsoft LIMS* софтвер ради тачно оно што треба кориснику па је знатно јефтинији.

Даљи развој софтверског пакета *Labsoft LIMS* је већ установљен кроз пројекат новог клијентског модула који је у фази дефинисања корисничких захтева и развоја математичког модела. Нови клијентски модул је намењен процесима баждарења резервоара.

Правци даљег унапређења *Labsoft LIMS - EMP* модула софтверског пакета се могу сагледати кроз развој универзалног клијентског модула у форми *web* апликације. Такође, корисно је развити апликацију за подршку активностима међулабораторијских поређења са онлајн разменом резултата у циљу унапређења квалитета.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] (2015, January) GUM (Guide to the Expression of the Uncertainty in Measurement). [Online]. <http://www.bipm.org/en/publications/guides/>
- [2] Крунић В., Крунић М., Четић Н. (2015.): „Софтвер за управљање процесима еталонирања мерила температуре“, INFOTEN-JAHORINA Vol. 14, стр. 521 – 526
- [3] Miodrag Lazić, (2011) „Mendžment merenjima i merna nesigurnost“, FESTIVAL KVALITETA, 38. nacionalna konferencija o kvalitetu, Kragujevac, maj 2011, ISBN 978-86-86663-69-6, str. 303-314
- [4] (2015, January) Evaluation of the Uncertainty of Measurement In Calibration. [Online]. <http://www.european-accreditation.org/publication/ea-4-02-m>
- [5] Guideline DKD-R 6-1, Kalibration of pressure Gauges, Published by DKD, Edition 01/2003,. <http://www.dkd.eu>
- [6] NIMT–CLN-SP No 601: Standard Procedure for Calibration of Pressure Measuring Instruments, Issued on January, 2004. [Online] [http://www.nimt.or.th/nimt/upload/linkfile/CalibrationProcedure/CP_No_601-Hydraulic_Type_\(pressure\)-Rev.pdf](http://www.nimt.or.th/nimt/upload/linkfile/CalibrationProcedure/CP_No_601-Hydraulic_Type_(pressure)-Rev.pdf)
- [7] G. Kostić, „Metrološki priručnik“, Symmetry, Leskovac, jun 2014.
- [8] P. Popović, V. Živković, „Osnovi standardizacije i metrologije“, Mladost Grup Loznica, Beograd, sept. 2011.

ABSTRACT

This paper describes the software for management of calibration processes for pressure gauges developed in the form of module software package that is designed for calibration laboratory of gauges with diverse purposes. Developed software, called *Labsoft LIMS-EMP*, provides clear and visible calculus of measurement uncertainty for pressure gauges and also generates related documentation necessary for the process of the laboratory accreditation. *Labsoft LIMS-EMP* is dedicated for laboratories for testing and calibration of equipment and pressure gauges in industrial enterprises, research institutes and various technical institutes. The software is developed in object-oriented manner using the Microsoft Visual Studio and SQL Server Express development environments. Effectiveness and efficiency of the developed software has been confirmed in the laboratory for gauges calibration at Gazprom NIS Oil Refinery Novi Sad.

SOFTWARE FOR MANAGEMENT OF CALIBRATION PROCESSES FOR PRESSURE GAUGES

Vlado Krunic, Nenad Cetic, Momcilo Krunic