

Софтвер за управљање процесима еталонирања мерила температуре

Владо Крунић

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

Момчило Крунић, Ненад Четић

Факултет техничких наука
Нови Сад, Република Србија
krunicm@gmail.com, nenad.cetic@gmail.com

Садржај – Овај рад описује Labsoft LIMS софтверски пакет за управљање процесима еталонирања мерила температуре. Развијени софтвер омогућује аутоматски прорачун мерне несигурности који је транспарентан. Транспарентност прорачуна је потребан услов за процес верификације и валидације софтвера у поступку акредитације лабораторија. Софтвер се може применити у лабораторијама за еталонирање које имају различите обиме акредитације уз ажурирање базе података информацијама о новим еталонима и/или опреми. Софтверски пакет је развијен објектно оријентисаним приступом у развојним окружењима Microsoft Visual Studio и SQL Server Express management studio. Ефективност и ефикасност Labsoft LIMS софтвера је потврђена у Лабораторији за еталонирање мерила инвеститора НИС Гаспром - Рафинерија нафте Нови Сад.

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

I. Увод

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 референти материјал, и одговарајућих вредности остварених еталонима [1]. Еталонирање мерила температуре је веома захтеван поступак, који обухвата низ активности у складу са стандардима DKD, NIST, ITS-90. Кључне активности процеса еталонирања су логички груписане у корисничким функцијама, Сл. 2.

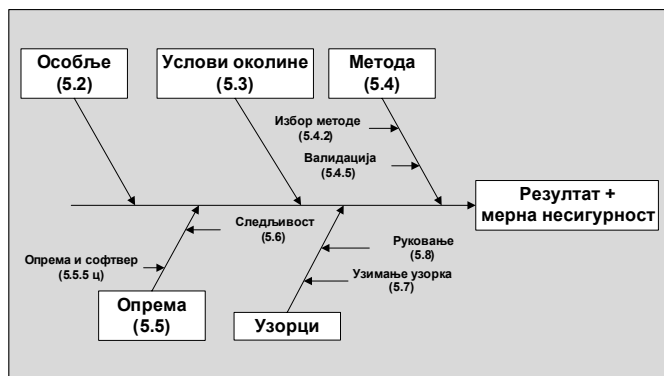
Централне активности процеса еталонирања мерила се односе на прорачун мерне несигурности (MN) и њихово извођење без софтверске подршке би било изузетно тешко. Осим тога, развијени софтвер омогућује транспарентан прорачун свих релевантних доприноса у процесу израчунавања мерне несигурности мерила и пружа доказе о поновљивости и следљивости прорачуна, што се захтева у поступку акредитације лабораторије за еталонирање.

Управљање документацијом која се захтева од стране националног акредитационог тела у поступцима акредитације лабораторије за еталонирање, би било веома сложено без електронске форме, посебно ако се услуге еталонирања раде за велики број клијената. Сложеност поступака еталонирања мерила температуре се може

сагледати кроз опис модела прорачуна различитих доприноса мерне несигурности, који следи.

II. МЕРНА НЕСИГУРНОСТ

Појам мерне несигурности (*Uncertainty in Measurement*) је уведен са циљем стандардизације у области истраживања мерних резултата. Основа упутства за изражавање мерне несигурности је GUM стандард [1]. Фактори који доприносе мерној несигурности и њихова веза са техничким захтевима стандарда ISO/IEC 17025, представљени су на Сл. 1.



Слика 1. Извори мерне несигурности, ISO/IEC 17025

Мерна несигурност је параметар који се придружује резултату мерења и који одражава расипање измерених вредности. Сви фактори који утичу на резултат мерења представљају потенцијалне изворе мерне несигурности. Идентификацијом тих фактора и проценом њихових утицаја могуће је унапредити процедуру мерења и смањити мерну несигурност. Основни извори који могу да допринесу мерној несигурности су:

- Коришћени еталони и материјали.
- Примењене методе.
- Опрема која се користи.
- Услови околине.
- Особине и стања узорка.
- Извршиоци.

Мерна несигурност, у општем случају садржи више компоненти и сврставају се у два типа, по методама за њихово израчунавање, тип А и тип В.

Стандардна мерна несигурност типа А (ознака u_A) је статистичким методама израчуната стандардна девијација добре процене мерене величине, са датим степеном слободe (ознака ν_A). Најчешће се подразумева да процена мерене величине има нормалну расподелу. Добра процена мерене величине се најчешће израчунава као стандардна девијација аритметичке средине (1), коригована за значајне систематске грешке [2].

$$u_A = s(\bar{x}) = \frac{s(x)}{\sqrt{n}}, \quad s(x) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (x_j - \bar{x})^2}, \quad \nu_A = n-1 \quad (1)$$

Стандардна мерна несигурност типа В (ознака u_B) је нестатистичким методама одређена добра процена стандардне девијације добре процене мерене величине. За ову несигурност се увек даје степен слободe (ознака ν_B). Ако није другачије наведено подразумева се да процена има нормалну расподелу. Процене расподеле, девијације и степена слободe девијације се обављају на основу научно заснованих података који могу бити из различитих извора као што су [3]:

- Ранији резултати мерења.
- Искуство или опште знање о својствима материјала и инструмената.
- Подаци произвођача материјала и инструмената.
- Извештаји о еталонирању или друга уверења.
- Приручник са наведеним несигурностима података.

Комбинована мерна несигурност се рачуна као квадратни корен збира квадрата стандардних несигурности компоненти, (2).

$$u_C = \sqrt{u_A^2 + u_B^2} \quad (2)$$

Проширена мерна несигурност је једнака производу комбиноване мерне несигурности и коефицијента проширења k , (3). Комбинована мерна несигурност се множи коефицијентом проширења како би мерна величина била у интервалу, са предвиђеном вероватноћом, [4]. Интервал у коме се са захтеваном вероватноћом налази мерена величина, назива се интервал поверења, а поменута вероватноћа се назива ниво поверења.

Коефицијент проширења је најчешће у опсегу од 2 до 3, што у случају нормалне расподеле одговара нивоу поверења од 95,5 % до 99,7 %.

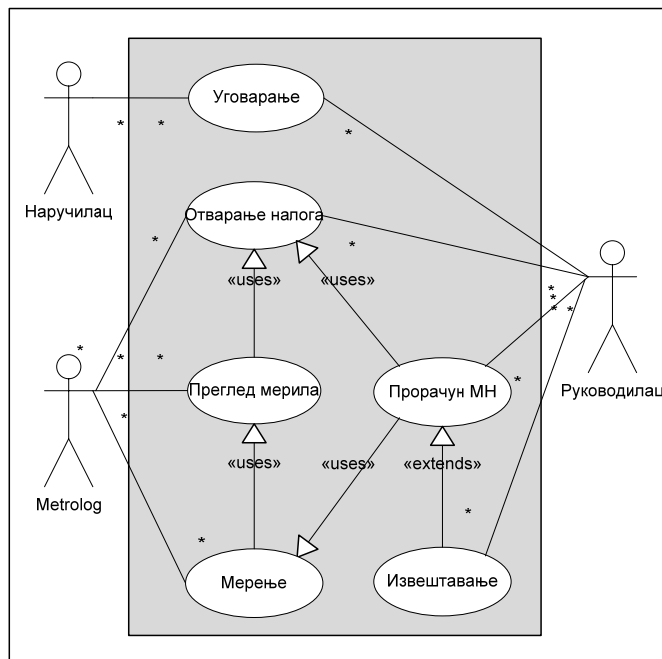
$$U = k \cdot u_C = k \cdot \sqrt{u_A^2 + u_B^2} \quad (3)$$

Поступак процене мерне несигурности представљен у GUM стандарду обухвата следеће кораке:

- Дефинисати мерне величине и развити математички модел који описује мерење.
- Идентификовати све могуће изворе, односно компоненте мерне несигурности.
- Израчунати стандардну мерну несигурност сваке компоненте мерне несигурности.
- Израчунати комбиновану мерну несигурност.
- Израчунати проширену мерну несигурност.
- Изразити резултат мерења у облику $Y = y \pm U$.

III. КОРИСНИЧКИ ЗАХТЕВИ

Софтверски систем за подршку процесима еталонирања мерила температуре треба да обухвати два модула (серверски и клијентски) развијена објектно оријентисаним приступом. Развијени софтвер треба да омогући аутоматски упис резултата еталонирања у базу података. За ту намену потребно развити одговарајуће интерфејсе, односно комуникационе драјвере у складу са перформансама одговарајуће опреме. Где то није могуће, унос резултата испитивања у базу података треба реализовати уписом у одговарајућа поља пројектованих екранских форми. Могућност ручног уноса података треба предвидети као алтернативну варијанту.



Слика 2. Корисничке функције процеса еталонирања

Главни део развијеног софтвера треба да чини апликација за прорачун мерне несигурности мерила температуре, заснован на математичком моделу (систематизован скуп алгоритама за различите мерне уређаје), сагласних захтевима стандарда ISO/IEC 17025, DKD, NIST, ITS 90 и GUM. Прорачун треба да буде транспарентан ради валидације софтверске подршке.

Транспарентност прорачуна треба да буде реализована кроз могућност приказа алгоритма прорачуна у падајућем менију за сваки конкретан случају еталонирања мерила температуре. Развијени софтверски систем треба валидовати према захтевима ISO/IEC 17025 стандарда.

Софтверски систем треба да има Клијент/Сервер архитектуру, као и опцију приступа преко Интернета. Пројектовано решење је потребно повезати са софтверским окружењем за подршку свим релевантним пословним функцијама. Активности функција развијеног софтвера треба да буду синхронизоване и равномерно распоређене по модулима:

1) *Серверски модул треба да обухвата опште активности:*

- a) *Пријем Захтева за еталонирање и његову обраду.*
- b) *Издавање Извештаја о одбијању (ако се одбије услуга еталонирања).*
- c) *Израда и достављање Понуде за еталонирање мерила (ако се прихвати услуга еталонирања).*
- d) *Пријем мерила који треба еталонирати, евиденција и издавање Записника о пријему мерила.*
- e) *Отварање Налога за еталонирање за примљеног мерила.*
- f) *Издавање Уверења о еталонирању.*

Серверски модул треба да подржава и анализу еталонирања мерила и израду периодичних извештаја о стању Налога за еталонирање у циљу мерења динамике и квалитета еталонирања мерила, Сл. 2.

2) *Клијентски модул (мерење и унос резултата) обухвата активности:*

- a) *Обрада Захтева за еталонирање за примљеног мерила температуре (избор еталона и методе испитивања, планирање активности испитивања).*
- b) *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).*
- c) *Контрола испуњености услова испитивања и стартовање процеса еталонирања.*
- d) *Контрола процеса испитивања, унос резултата.*
- e) *Издавање Извештаја о испитивању.*
- f) *Израда Записника о отпреми мерила.*

Детаљна спецификација прорачуна мерне несигурности је описана у документацији Лабораторије за еталонирање мерила коју чине *Поступци и Упутства* ISO 9000:2008. Захтеви који се односе на прорачун мерне несигурности мерила температуре су дефинисани документом *Процена мерне несигурности* Лабораторије за еталонирање мерила, који су засновани међународним стандардима (ISO 17025, DKD, NIST, GUM, ITS 90). У циљу сагледавања комплексности прорачуна мерне несигурности наводимо пример захтева стандарда DKD - R 5-1:2003 Calibration of Resistance Thermometers, који дефинише прорачун мерне

несигурности отпорног термометра поређењем са платинским отпорним термометром (PRT). Мерило које се еталонира је отпорни термометар, док се за мерења отпора користи омметар Hart Scientific-Fulke, тип 1521 (мерење температуре применом стандардних таблица ITS 90).

Стандардом DKD - R5-1:2003 се захтева утврђивање минимално пет мерних тачака равномерно распоређених у мерном опсегу мерила које се еталонира. Да би се извршио прорачун мерне несигурности методом поређења, треба узети у обзир две групе утицајних фактора придружених поступцима које наводимо:

- *Одређивање температуре објекта еталонирања.*
- *Еталонирање отпорног термометра омметром.*

Температура на којој се еталонира отпорни термометар (објекат еталонирања) је температура мерног медијума контролисана платинским отпорним термометром Hart Scientific, тип 5618B и дата је према формули:

$$t_x = t_N + \delta t_{kal} + \delta t_{Drift} + \delta R_{dm} + \delta t_{WaN} + \delta t_{EWN} + \delta t_{WAP} + \delta t_{Hom} + \delta t_{Stab}$$

t_x - температура мерног медијума (купке) према ITS-90,

t_N - средња вредност температуре еталона (PRT),

δt_{kal} - корекција због МН еталонирања PRT,

δt_{Drift} - корекција због дрифта PRT,

δR_{dm} - корекција због мерне несигурности омметра,

δt_{WaN} - корекција због могућег одвођења топлоте PRT,

δt_{EWN} - корекција сопственог загревања PRT,

δt_{WAP} - корекција због могућег одвођења топлоте опреме за еталонирање,

δt_{Hom} - корекција због нехомогености термостатског купатила.

Наведени параметри формуле чине једну групу утицајних фактора код израчунавања мерне несигурности.

Еталонирање отпорног термометра PT-100 (објекта еталонирања) се изводи мерењем отпорности прецизним омметром Hart-Scientific-Fulke, тип 1521, који има сопствену мерну несигурност исказану у *Уверењу о еталонирању*. Модел овог мерења је изражен формулом:

$$R(t_x) = R_w + \delta R_{Ohm} + \delta R_{Drift} + \delta R_{Auf} + \delta R_{Par} + c_t * \delta T + \delta R_{His}$$

R_w - показивање омметра,

δR_{Ohm} - корекција због мерне несигурности омметра,

δR_{Drift} - корекција због дрифта омметра,

δR_{Auf} - корекција због ограничене резолуције омметра,

δR_{Par} - корекција због паразитних термонапона,

δT - корекција због мерне несигурности температуре објекта еталонирања,

c_t - осетљивост термометра, овде износи 0,4 Ω/K ,

δR_{His} - корекција због хистерезних ефеката.

Наведени параметри формуле за мерење отпорности чине другу групу утицајних фактора код израчунавања мерне несигурности.

Доприноси који су засновани на наведеним групама утицајних фактора дати су у табелама у наставку:

1) Табела I даје шему прорачуна мерне несигурности температуре остварене у извору топлоте

2) Табела II представља шему прорачуна мерне несигурности излазног сигнала омметра.

Комбинована и проширена мерна несигурност се рачунају према формулама наведеним у стандардима [1] и [2]. Аналогно се рачунају мерне несигурности у свим осталим тачкама које су равномерно распоређене у мерном опсегу мерила.

TABELA I. МЕРНА НЕСИГУРНОСТ ТЕМПЕРАТУРЕ

компонента	процењена вредност	MH - мерна несигурност	јединица	расподела	количник	стандардна MH	осетљивост		компонента MN	вријанса
X_i	x_i	$s(x_i)$				$u(x_i)$	c_i	јединица	$u_i(y)$ [K]	$u_i^2(y)$
δt_{kal}	180.000	1.8E-02	K	normalna	2.00	9.0E-03	1.0		9.00E-03	8.10E-05
δt_{WatN}	0.000	1.2E-03	K	pravougaona	1.73	6.9E-04	1.0		6.93E-04	4.80E-07
t_N	0.000	1.0E-03	K	pravougaona	1.73	5.8E-04	1.0		5.77E-04	3.33E-07
δt_{Drift}	0.000	6.0E-02	K	pravougaona	1.73	3.47E-02	1.0		3.47E-02	1.20E-03
δR_{Ohm}	0.000	4.0E-03	Ω	normalna	2.00	2.0E-03	2.6	K/ Ω	5.20E-03	2.70E-05
δR_{Auf}	0.000	1.0E-04	Ω	pravougaona	1.73	5.8E-05	2.6	K/ Ω	1.52E-04	2.32E-08
δR_{Drift}	0.000	2.5E-03	Ω	pravougaona	1.73	1.4E-03	2.6	K/ Ω	3.81E-03	1.45E-05
δt_{Stab}	0.000	6.0E-03	K	pravougaona	1.73	3.5E-03	1.0		3.5E-03	1.22E-05
$d \delta t_{Hom}$	0.000	2.0E-01	K	pravougaona	1.73	1.2E-01	1.0		1.15E-01	1.33E-02
Комбинована мерна несигурност температуре остварене у извору топлоте износи 0.1204							ΣS_{y^2} [K ²]			0.0145
							$d t_x (= S_y)$ [K]			0.1204

TABELA II. МЕРНА НЕСИГУРНОСТ ИЗЛАЗНОГ СИГНАЛА

компонента	процењена вредност	MH - мерна несигурност	јединица	расподела	количник	стандардна MH	осетљивост		компонента MN	вријанса
X_i	x_i	$s(x_i)$				$u(x_i)$	c_i	јединица	$u_i(y)$ [K]	$u_i^2(y)$
δR_{Ohm}	169.810	4.0E-03	Ω	normalna	2.00	2.00E-03	1.00		2.00E-03	4.00E-06
δR_{Auf}	0.000	1.0E-04	Ω	pravougaona	1.73	5.77E-05	1.00		5.77E-05	3.33E-09
δR_{Drift}	0.000	2.3E-02	Ω	pravougaona	1.73	1.33E-02	1.00		1.33E-02	1.77E-04
dT	0.000	1.2E-01	K	normalna	1.00	1.21E-01	0.37	Ω/K	4.47E-02	2.00E-03
dR_{His}	0.000	1.1E-02	Ω	pravougaona	1.73	6.40E-03	1.00		6.40E-03	4.10E-05
R_w	0.000	2.0E-03	K	pravougaona	1.73	1.16E-04	0.37	Ω/K	4.28E-04	1.83E-07
Отпорност на температури од 180,000°C износи 168,43 Ω . Мерна несигурност износи 0,094 Ω . Ово одговара несигурности мерења температуре 0,252 °C.							ΣS_{y^2} [Ω^2]			2.215E-03
							S_y [Ω]			4.70E-02
							$S_y * k (k = 2)$ [Ω]			0.094
							$S_y * k (k = 2)$ [K]			0.252

Минимални хардверски захтеви обухватају локалну рачунарску мрежу са два РС рачунара, намењених руководиоцу лабораторије и метрологу за еталонирање мерила температуре. Осим тога, потребне су и хардверске компоненте за комуникацију РС рачунара метролога са лабораторијским уређајима и опремом за испитивање, ради софистициране контроле испитивања и уписа резултата у базу података.

Послове анализе, дизајна, еволуције, имплементације и тестирања софтверског система треба да планира, интегрише и реализује развојни тим у сарадњи са руководиоцем лабораторије, метрологом и експертима за процесе еталонирања мерила температуре Лабораторије за еталонирање.

IV. СТРУКТУРА И ФУНКЦИЈА СОФТВЕРА

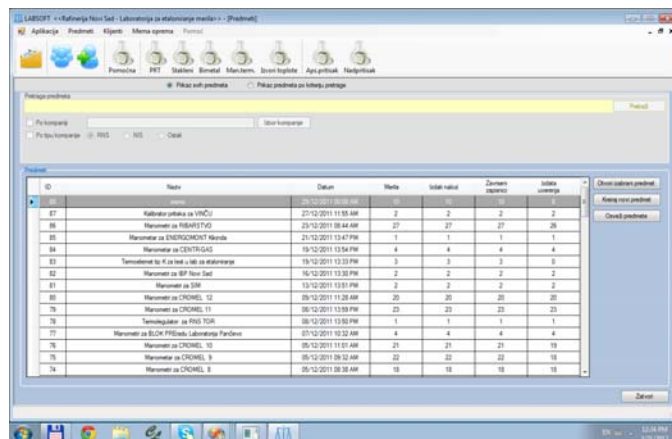
A. Глобални поглед

Универзално програмско решење Labsoft LIMS је намењено лабораторијама за еталонирање мерила температуре које имају различите методе акредитације. Основна намена овог програмског решења је аутоматско израчунавање и документовање мерне несигурности мерила. Обрачун мерне несигурности је заснован на међународним стандардима (DKD, NIST, ITS-90). Програмско решење има Клијент/Сервер архитектуру. Клијентске модуле користе метролози, док Серверски модул користи руководиоца лабораторије. Модули су повезани путем локалне мреже (LAN). Комуникација

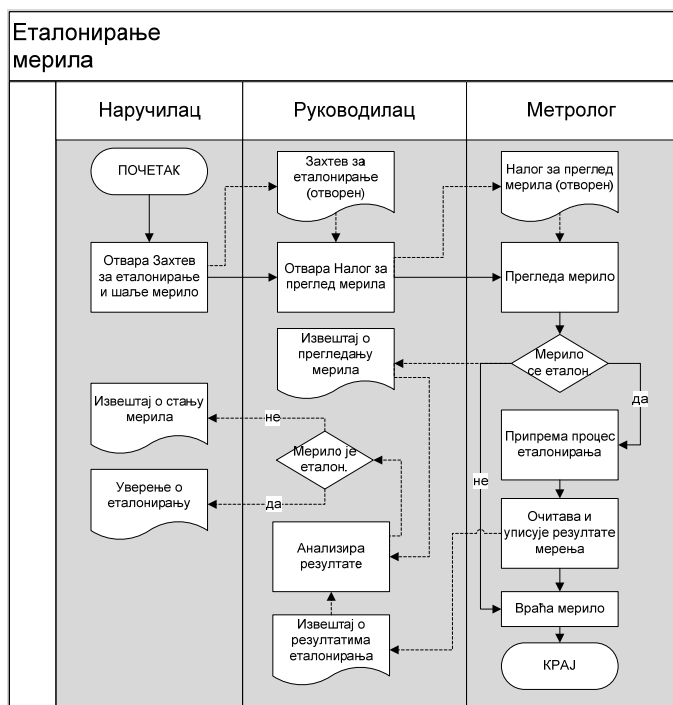
између модула је реализована коришћењем *Windows Communication Foundation (WCF)* сервиса [5].

SQL Server Express [6] база података је коришћена за чување матичних података и пословне документације. Наведена база података је изабрана из разлога што задовољава све критеријуме које намеће *Labsoft LIMS* програмско решење, а при том је и бесплатна. *Microsoft SQL Server Management Studio Express* [7] представља бесплатно графичко развојно окружење које је коришћено приликом пројектовања базе.

Развој клијентских и серверског модула је реализовано коришћењем *Microsoft Visual Studio* развојног окружења у програмском језику *C#* [8]. Генерисање извештаја је реализовано коришћењем *Cristal Reports* алата.



Слика 4. Почетна страна серверског модула



Слика 3. Дијаграм активности процеса еталонирања

В. Серверски модул

На Сл. 4 је приказан главни мени серверског модула, намењеног руководиоцу лабораторије ради ажурирање предмета и унос информација о мерилима и поступцима за еталонирање.

Ажурирање предмета подразумева:

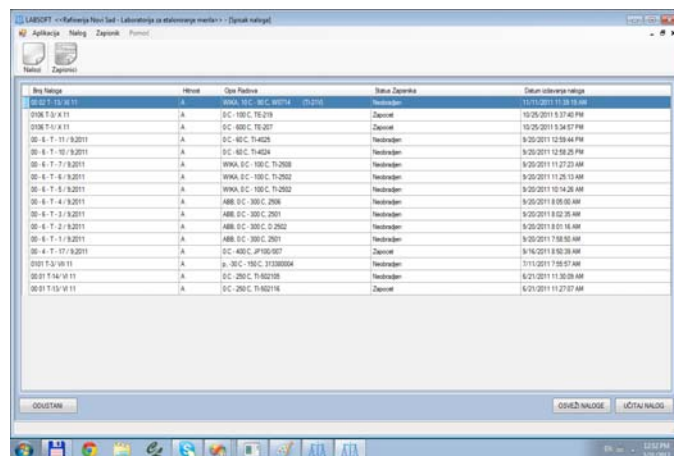
- Евидентирање документа *Захтев за еталонирање упућеног од стране корисника услуге.*
- Отварање *Налога за еталонирање.*
- Издавање *Записника о стању мерила, ако је мерило неисправно.*
- Формирање *Записника о еталонирању.*
- Издавање *Уверења о еталонирању, који представља кључни документ у поступку еталонирања.*

С. Клијентски модул

На Сл. 5 је приказан изглед главног менија клијентског модула, које користе метролози приликом обраде предмета. Предмети које отвара, прати и ажурира руководиоц лабораторије се обрађују на клијентској страни кроз низ активности метролога.

Низ активности обухвата:

- *Евидентирање и преглед мерила.*
- *Издавање Извештаја о стању мерила, ако је мерило неисправно.*
- *Отварање Захтева за еталонирање.*
- *Припрема мерила које се еталонира.*
- *Избор и припрема еталонског мерила и пратеће опреме.*
- *Стартовање процеса мерења и упис резултата мерења. Верификовање резултата мерења.*
- *Затварање Захтева за еталонирање.*



Слика 5. Почетна страна клијентског модула

Затворен *Захтев за еталонирање* је основа за формирање *Записника о еталонирању* и издавање *Уверења*

о еталонирању, који се реализују као завршне активности процеса еталонирања у надлежности руководиоца лабораторије.

V. ВЕРИФИКАЦИЈА И ВАЛИДАЦИЈА СОФТВЕРА

Верификација софтверског пакета LabsoftLIMS је реализована кроз све фазе животног циклуса са посебним акцентом на функцији прорачуна мерне несигурности. Верификацију прорачуна мерне несигурности су реализовали чланови развојног тима у сарадњи са метрологом и руководиоцем лабораторије према спецификованим захтевима. Захтеви за прорачун мерне несигурности мерила температуре су дефинисани документом *Процена мерне несигурности* Лабораторије за еталонирање мерила. Потврђено је да су резултати свих фаза животног циклуса у складу за дефинисаним захтевима.

Валидација софтверског пакета LabsoftLIMS је реализована у реалним амбијенталним условима Лабораторије за еталонирање уз присуство чланова развојног тима и проверача из Акредитационог тела Србије у оквиру поступка акредитације Лабораторије за еталонирање. Валидациони поступак је обухватио еталонирање различитих мерила температуре који покривају обим акредитације уз примену LabsoftLIMS софтвера. Кључне активности валидационог поступка се односе на поређење резултата прорачуна мерне несигурности добијених применом LabsoftLIMS софтвера са резултатима прорачуна добијених табеларним прорачуном у Excel апликацији у којој су алгоритми прорачуна прузети из *Захтева корисника*. С обзиром да су код оба начина прорачуна мерне несигурности (са истим серијама улазних тест података) добијени идентични резултати у свим поступцима еталонирања, донет је закључак да је LabsoftLIMS валидан софтвер.

VI. ЗАКЉУЧАК

Софтверски пакет Labsoft LIMS је развијен за потребе Лабораторије за метрологију, НИС Гаспром и представља оригиналан приступ процесима еталонирања. Иновативно решење покрива у потпуности поступке еталонирања мерила од *Захтева за еталонирање* до издавања *Уверења о еталонирању*. Учесници у процесу еталонирања су потпуно ослобођени од мануелних активности формирања и издавања обимне документације која прати поступке еталонирања, као и од сложених и комплексних прорачуна мерне несигурности. Софтверски пакет Labsoft LIMS ради у мрежном окружењу са имплементираним правима приступа и дефинисаним одговорностима.

Софтвер је развијен објектно оријентисаним методама у развојном окружењу *Microsoft Visual Studio* са *SQL Server Express* базом података уз активно учешће експерата за

прорачуне мерне несигурности. У софтверски пакет су уграђена експертна знања тако да поседује све атрибуте експертног система у области савремене термометрије. Развијени софтверски пакет има модуларну структуру која омогућује флексибилност по питању измена и дораде.

Правци даљег унапређења софтвера Labsoft LIMS пакета се могу сагледати кроз развој универзалног Клијентског модула у форми web апликација, као и апликације за подршку финансијској пословној функцији. Такође, корисно би било развити апликацију за подршку активностима међулабораторијских поређења, са онлајн разменом резултата.

LITERATURA

- [1] (2015, January) GUM (Guide to the Expression of the Uncertainty in Measurement). [Online]. <http://www.bipm.org/en/publications/guides/>
- [2] (2015, January) Evaluation of the Uncertainty of Measurement In Calibration. [Online]. <http://www.european-accreditation.org/publication/ea-4-02-m>
- [3] G. Kostić, „Metrološki priručnik“, Symmetry, Leskovac, jun 2014.
- [4] P. Popović, V. Živković, „Osnovi standardizacije i metrologije“, Mladost Grup Loznica, Beograd, sept. 2011.
- [5] (2015, January) WCF. [Online]. [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/ms731082\(v=vs.110\).aspx](http://msdn.microsoft.com/en-us/library/ms731082(v=vs.110).aspx)
- [6] (2015, January) SQL Server Express. [Online]. <http://www.microsoft.com/web/platform/database.aspx>
- [7] (2015, January) SQL Microsoft SQL Server Management Studio Express. [Online]. <http://www.microsoft.com/en-us/download/details.aspx?id=8961>
- [8] (2015, January) Microsoft Visual Studio. [Online]. <http://www.visualstudio.com/>

ABSTRACT

This paper describes Labsoft LIMS software package for process management of temperature calibration measure. The developed software enables automatic calculation of measurement uncertainty that is transparent. Budget transparency is a necessary condition for the process of verification and validation of software in the process of accreditation of laboratories. Updating the database with information on new standards and/or equipment the software can be used in calibration laboratories that have different scopes of accreditation. The software package have been developed using object-oriented approach. Microsoft Visual Studio and SQL Server Express management studio were used for the software development. Effectiveness and efficiency of Labsoft LIMS software has been confirmed in the laboratory for calibration criteria, investor NIS Gazprom - Oil Refinery Novi Sad.

SOFTWARE FOR PROCESS MANAGEMENT OF TEMPERATURE CALIBRATION MEASURE

Vlado Krunic, Momcilo Krunic, Nenad Cetic