

Софтвер за управљање процесима испитивања и контролисања справа за мерење ТНГ

Владо Крунић
Природно-математички факултет
Бања Лука, БиХ, Република Српска
vlado.kronic@gmail.com

Предраг Ранитовић
Висока пословна школа струковних студија
Нови Сад, Република Србија
predrag.ranitovic@gmail.com

Момчило Крунић
Факултет техничких наука,
Универзитет у Новом Саду, Република Србија
momcilo.kronic@uns.ac.rs

Љиља Шикман
Технолошки факултет
Бања Лука, БиХ, Република Српска
ljilja.sikman@unibl.rs

Садржај – У раду је представљен софтвер за управљање процесима испитивања и контролисања справа за мерење запремине течног нафтног гаса (ТНГ). Резултати испитивања и контролисања треба да дају одговор на питање метролошке и техничке усаглашености справа за мерење са одговарајућим међународним стандардима и државним законима. Тачност справа за мерење се процењује на основу резултата мерења и одговарајуће вредности коју показује еталон мерило, где се као радни флуид користи ТНГ. Развијени софтверски модул *Labsoft LIMS-LPG* покрива све релевантне активности које укључују пријем *Захтева за контролисање*, отварање *Налоза за испитивање*, као и издавање *Уверења о испитивању и контролисању*. Кључно место заузимају активности серије мерења и израда *Табеле са резултатима мерења*. Софтвер је развијен у *Microsoft Visual Studio* и *SQL Server Express* развојним окружењима. Развијени софтвер *Labsoft LIMS-LPG* је део пакета *Labsoft LIMS* развијеног за потребе Лабораторије за метрологију НИС Гаспром Нови Сад.

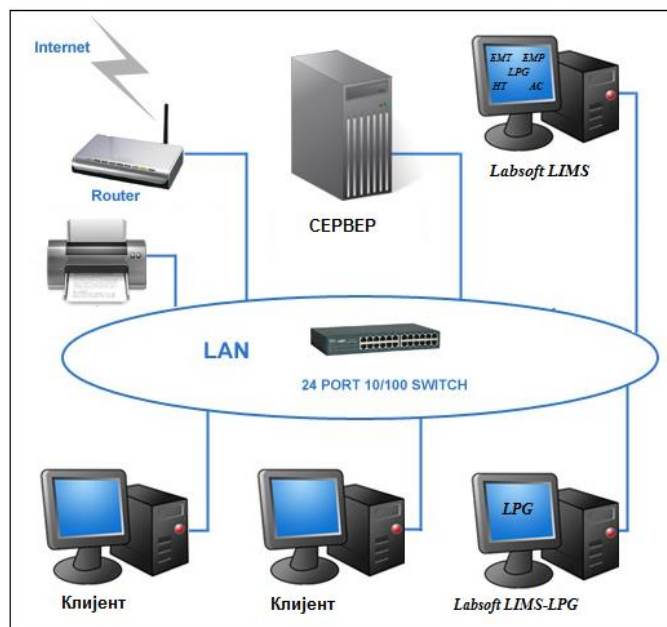
Кључне речи: – *Лабораторија; Тестирање; Софтвер; Стандард; Мерење; Резултати; Уверење.*

I. УВОД

Пакет *Labsoft LIMS* са Клијент/Сервер архитектуром је намењен за управљање процесима Лабораторије за метрологију. Модуларна структура развијеног софтвера је омогућила независан развој више клијентских модула који покривају различите аутономне процесе. Последњи развијени модул *Labsoft LIMS-LPG*, покрива процесе испитивања и контролисања справа за мерење запремине течног нафтног гаса (ТНГ). Централна апликација *Labsoft LIMS-S*, која је прошла развојни пут кроз низ верзија са мањим изменама у складу са динамичким развојем нових модула, представља заједнички део софтвера за развијене клијентске модуле.

Сукцесивни чланови низа верзија *Labsoft LIMS* пакета су проширавани новим клијентским модулима који су покривали одговарајуће процесе еталонирања мерила и мерних система (инсталације, склопови, справа за мерење). Прва верзија је обухватала серверску апликацију *Labsoft LIMS-S* и клијентски модул за управљање процесима еталонирања мерила температуре, *Labsoft LIMS-EMT* [1].

Следе редом верзије *Labsoft LIMS* пакета: Друга развојна верзија је проширена модулom за еталонирање мерила притиска (*Labsoft LIMS-EMP*) [2], трећа верзија развијеног софтвера је проширена модулom за управљање процесима калибрације аутоцистерни (*Labsoft LIMS-AC*) [3], четврта верзија је обухватила клијентски модул *Labsoft LIMS-HT*, који се односи на управљање процесима баждарења положених цилиндричних резервоара [4].



Слика 1: LAN Лабораторије за метрологију

Софтверски модул *Labsoft LIMS-LPG*, који је централна тема овог рада, представља део проширења четврте верзије *Labsoft LIMS* пакета. Део проширења се односи на јединствену базу података серверског модула *Labsoft LIMS-S*. Проширење базе података се односи на табеле са подацима који су неопходни за функционисање клијентског софтвера *Labsoft LIMS-LPG*.

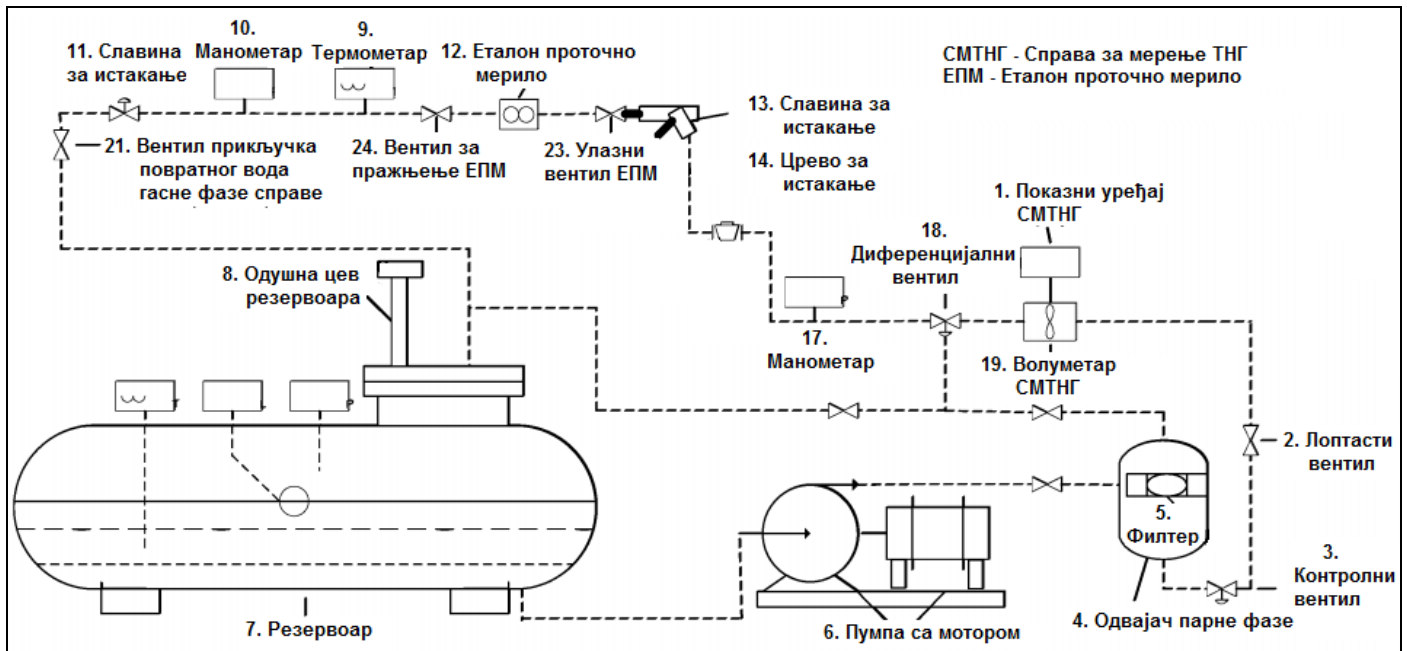
Labsoft LIMS софтверски пакет ради у локалној рачунарској мрежи (LAN), која је повезана са Интернетом. Комуникација између модула у мрежном окружењу је

остварена Windows Communication Foundation (WCF) сервисом. Интернет сервер Лабораторије за метрологију омогућује директну комуникацију са клијентима и другим метролошким лабораторијама чиме је значајно олакшана пословна комуникација, Слика 1.

II. ЗАХТЕВИ

A. Основни појмови и термини

Основни појмови које се користе у раду су дефиниције, ознаке и скраћенице дате у стандардима SRPS ISO 9000:2001 Системи менаџмента квалитетом - Основе и речник и SRPS ISO/IEC 17020: 2012 [5]. Осим тога, стручни термини које се користе у раду различитих врста тела која обављају испитивање и контролisaње справа за мерење ТНГ, могу се наћи у документу [6]. Издавајмо:



Слика 2: Шема еталонске проточне инсталације са ЕПМ

B. Опрема за еталонирање

За преглед справа за мерење запремине ТНГ еталон проточним мерилем (ЕПМ) користи се следећа мерна и помоћна опрема:

а) Еталон проточно мерило са непосредним или посредним мерењем запремине максималног протока 50 l/min, класе тачности $\pm 0.2\%$. ЕПМ мора бити у склопу еталонске мерне инсталације која садржи цевоводе, арматуру и остале помоћне уређаје и опрему (вентиле разних намена, мерила температуре, мерила притиска у мерној инсталацији и друго), која мора бити у складу са важечим прописима. Слика 2.

б) Термометар за мерење температуре ТНГ који се користи у процесу прегледа справа са вредношћу подеока не већим од $0.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ и са мерним опсегом од 0°C до $+40^{\circ}\text{C}$.

в) Манометар за мерење притиска ТНГ у еталонској мерној инсталацији опсега од 0бар до 25 бар, класе тачности 1.

д) Секундометар са вредношћу подеока 1/10 s.

Мерна опрема која се користи при прегледу справа за мерење ТНГ мора бити верификована у складу са важећим метролошким прописима и израђена у складу важећих прописа заштите на раду, заштите од пожара и противексплозивне заштите. Еталонска мерна инсталације са еталон проточним мерилем је представљена на слици х.

C. Поступак прегледа справа

Преглед справа за мерење запремине ТНГ обухвата четири дела који претходе финалној фази која подразумева проверу тачности или еталонирање. Термин еталонирање се овде користи у ужем смислу с обзиром

Верификација мерила је низ поступака којима се утврђује испуњеност прописаних метролошких захтева (катрактеристика) конкретного мерила и потврђује његова усаглашеност са тим захтевима. Верификација обухвата: преглед (контролisaње), жигосање и издавање Уверења о верификацији мјерила.

Справа за мерење течностног нафтног гаса је мерни систем који се састоји од мерне, радне, погонске, контролне и додатне групе склопова и делова повезаних у непокретну целину уграђену у заједнички рам. Мерни систем је заснован на раду проточног мерила запремине, чији радни делови захватају одређену количину ТНГ и преко показног уређаја (бројила) показују је у јединицама запремине, (Слика 2).

да се ради само провера да ли је грешка мерења у дозвољеним границама. Еталонирање у ширем смислу подразумева калибрацију уређаја и придруживање мерне несигурности самом уређају што захтева сложен поступак извођења серије мерења и статистичку обраду, [9], [10].

Испитивање и контролисање (прегледање) справе за мерење запремине ТНГ обухвата:

- 1) Припрема справе и опреме за преглед;
- 2) Спољашњи преглед справе;
- 3) Испитивање непропустљивости справе;
- 4) Провера исправности појединих склопова справе;
- 5) Еталонирање справе;

Свих пет наведених активности процеса испитивања и контролисања справа за мерење ТНГ су детаљно описане у документу [4] Лабораторије за метрологију. Наведене активности нећемо посебно представљати, осим последње која представља кључни захтев на коме је заснован развој софтверског пакета *Labsoft LIMS- LPG*.

D. Еталонирање справе за мерење ТНГ

С обзиром да је коефицијент температурног ширења течне фазе ТНГ 0.3% по 1°C, промјена температуре ТНГ у мјерној инсталацији за вријеме прегледа не сме бити већа од 2°C. Грешка справе одређује се запреминском методом тј. непосредним упоређивањем запремине горива источене справом, чија је вриједност очитана на показивачу запремине, са стварном (правом) вриједношћу запремине која је измјерена еталон посудом или одговарајућим еталон проточном мјерилом. Разлика ове две запремине представља грешку справе. За грешку справе се узима највећа вриједност грешке која је добијена при мерењу.

1) *Еталонирање справе ЕПМ:* За ову запреминску методу еталонирања справе користи се еталон проточно мјерило. Шема еталонске мерне инсталације са радним еталон проточним мерилом представља Слика х. Прикључивање еталон проточног мјерила са мјерном секцијом на инсталацију врши се према наведеној шеми. Прво се провери да ли су сви вентили у систему затворени, а затим се славина за истакање (13) прикључи на улазни вентил проточног мјерила (23), потом се славина за истакање мјерне секције еталон проточног мјерила (11) прикључи са вентилом прикључка на повратни вод у резервоар (21).

2) *Припрема еталон проточног мјерила за еталонирање справе:* Прије почетка еталонирања справа еталон проточно мјерило и инсталација се морају припремити за еталонирање. То се постиже истакањем 10 литара ТНГ из справе преко еталон проточног мјерила (12) и повратног вода назад у резервоар (7). Прије истакања ТНГ отвори се улазни вентил еталон проточног мјерила (23) и вентил прикључка повратног вода гасне фазе справе (21), а затим се укључи пумпа справе (6).

3) *Испитивање тачности:* Одређивање тачности справе се врши истакањем 20 литара ТНГ, очитаног на показивачу запремине показног уређаја справе, преко еталон проточног мерила, мјерне секције и повратног вода, у резервоар и упоређивањем вредности те запремине са запремином ТНГ измереном еталоним.

Прије почетка истакања показивач запремине показног уређаја справа мора имати приказ нула. Број истакања за минимални, средњи и максимални проток справа представља ТАБЕЛА I:

ТАБЕЛА I. БРОЈ ИСТАКАЊА ЗА РАЗЛИЧИТЕ ПРОТОКЕ

ПОДАЦИ ЗАСПРАВУ ЗА ТНГ		БРОЈ ИСТАКАЊА ПРИ ПРОТОКУ			ГРАНИЦЕ ДОЗВОЉЕНЕ ГРЕШКЕ СПРАВЕ (ml)	
МАКСИМАЛНИ ПРОТОК СПРАВЕ Q (l/min)	КОНТРОЛИСАНА ЗАПРЕМИНА ОЧИТАНА НА ПОКАЗИВАЧУ СПРАВЕ (1)	Q _{min} (≈10%Q)	Q _{sr} (≈50%Q)	Q _{max} (≈100%Q)	ПРВИ ПРЕГЛЕД (±)	ПЕРИОДИЧНИ ПРЕГЛЕД (±)
50	20	2x	2x	2x	120	200

Испитивање тачности справа за мерење запремине ТНГ подразумева испитивање тачности показивања неконвертоване запремине источеног ТНГ-а као и конвертоване запремине ТНГ при 15°C. Када справа за мерење ТНГ испоручује конвертовану запремину ТНГ-а при 15°C за њу се каже да ради у моду компензоване температуре, а када справа за мерење ТНГ испоручује неконвертовану запремину, за њу се каже да ради у моду некомпензоване температуре.

Код већине мерних система за ТНГ, за исту испоруку ТНГ-а, систем је у стању да у исто време на дисплеју приказује источену запремину ТНГ-а и у моду компензоване и у моду некомпензоване температуре. Код већине справа за мерење запремине ТНГ, за исту испоруку ТНГ, систем је у стању да у исто време на дисплеју приказује источену запремину ТНГ и у моду компензоване и у моду некомпензоване температуре.

Да би се одредио Конверзиони фактор температуре, за ефекат температуре ТНГ на показивање справе за мерење запремине ТНГ и ефекат температуре ТНГ на показивање еталон проточног мерила, користе се вредности густине ТНГ на 15°C из документа [7]. За израчунавање Конверзиониог фактора притиска за ефекат притиска ТНГ на показивање еталон проточног мерила и Фактор компресибилности користе се вредности из документа [8].

4) *Поступак после еталонирања:* Након еталонирања справе искључи се пумпа справе (6) и затворе сви вентили мјерне инсталације. Због могућег засталога ТНГ у еталонској инсталацији и скидање еталон проточног мерила и мерне секције са славине за истакање (13) и вентила повратног вода у резервоар (21) мора се извршити пажљиво.

5) *Резултати и критеријум прихватљивости:* Највећа дозвољена грешка (НДГ) за гасомер који показује запремину при мерним условима или масу дата је у Табели II (6).

ТАБЕЛА II. НАЈВЕЋА ДОЗВОЉЕНА ГРЕШКА

Класа	1,5	1,0
$Q_{\min} \leq Q < Q_t$	3%	2%
$Q_t \leq Q \leq Q_{\max}$	1,5%	1%

За гасомер са температурном конверзијом, који показује само конвертовану запремину, НДГ гасомера повећава се за 0,5% у распону од 30°C који се симетрично протеже око температуре коју је назначио произвођач, а која је између 15°C и 25°C. Ван тог опсега, дозвољено је додатно повећање од 0,5% у сваком интервалу од 10°C (6).

III. СОФТВЕРСКА ПОДРШКА

Софтверски модул *Labsoft LIMS-LPG* представља софтверску подршку процесу прегледа справа за мерење ТНГ и покрива све кључне активности од оперативног до управљачког нивоа. Саставни је део софтверског пакета *Labsoft LIMS* који има све атрибуте Управљачког информационог система. *Labsoft LIMS*. Серверски модул (*Labsoft LIMS-S*) који у свом саставу има базу података и серверску апликацију равноправно је расположиву за све клијентске модуле [4]. Дијаграм активности који је направљен у фази дизајна софтвера *Labsoft LIMS-S* верно приказује процесе испитивања и контролисања справе за мерење ТНГ, Слика 5. Дијаграми активности који се односе на остале клијентске модуле су врло слични, што доводи до закључка да је развој нових клијентских модула значајно заснован на поновном коришћењу софтвера (software reuse).

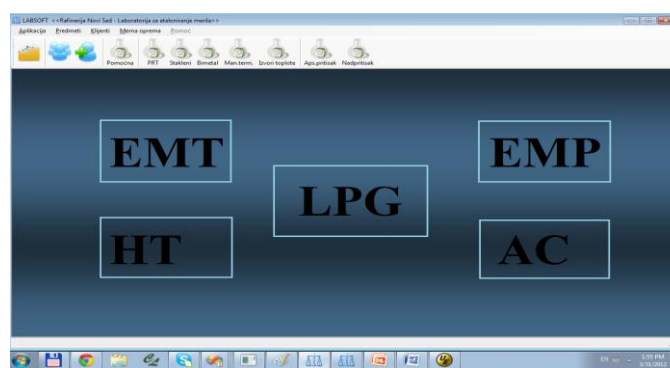
Labsoft LIMS-LPG је један од пет клијентских модула, развијених за потреба Лабораторије за метрологију НИС Гаспром Нови Сад. Софтверски модул *Labsoft LIMS-LPG* је, као и остали клијентски модули и серверски модул *Labsoft LIMS-S*, развијен објектно оријентисаном

методологијом *RUP (Rational Unified Proces)*. Наведени приступ развоју софтвера је омогућио независно и одложено моделовање наведених модула сваки пут пролазећи кроз матрицу активности итеративно и инкрементално док се не реализују сви захтеви.

Софтверски пакет *Labsoft LIMS* обухвата и *SQL Server Express* базу података која је пројектована алатом *SQL Server Management Studio Express*. Метролошки и технички захтеви као и Захтеви стандарда представљају кључне изворе информација на којима је заснован развој Управљачког информационог система и базе података као његовог интегралног дела. Пословни процеси, ентитети и релације идентификовани на основу наведених извора представљају кључне елементи релационог модел развијене базе података.

Проширење претходне верзије базе података (нове таблице, релације и трансакције) се односи на домен управљања процесима испитивања и контролисања усаглашености справа за мерење ТНГ са стандардима и прописима. Проширени део базе података је интегрисан са софтвером *Labsoft LIMS-LPG* који га ажурира.

Технички руководиоца лабораторије је одговоран за базу података као и за серверски софтверски модул који су расположиви на његовом рачунару. Главна екранска форме серверског модула је кључни део интерфејса који омогућава Техничком руководиоцу да обавља управљачку функцију у Лабораторији за метрологију, Слика 3. Комуникација базе података са серверским модулом и клијентским апликацијама се одвија преко *Windows Communication Foundation (WFC)* оквира. Осим тога, са серверским рачунаром је повезан и ивични Интернет рутер, преко кога локална мрежа Лабораторије за метрологију приступа Интернету чиме је омогућена директна комуникација са пословним партнерима који желе метролошке услуге.



Слика 3: Главни екран серверског модула

A. Серверски модул

Главна функција серверски модул *Labsoft LIMS-S* се односи на процесе генерисања и ажурирања докумената, који су универзални за све клијентске модуле, као и периодично архивирање пословне документације.

Основне активности за које је задужен серверски модул *Labsoft LIMS-S* и које се односе на процес испитивања и контролисања справа за мерење запремине ТНГ су:

- Пријем *Захтева за контролисање* за уређај коме истиче период важења;
- Издавање *Извештаја о одбијању* (ако се не прихвати услуга из оправданих разлога);
- Израда и достављање *Понуде за еталонирање* (ако се прихвати захтевана услуга);
- Евидентирање прегледа уређаја и издавање *Записника о прегледу* који треба контролисати.
- Отварање *Налоза за еталонирање* за уређај који је прегледан и припремљен.
- Затварање *Налоза за еталонирање* после завршетка мерења и прорачуна.
- Издавање *Уверења о испитивању и контролисању*.

Серверски модул има опцију приказивања стања налога за еталонирање и израду извештаја, као и анализу процеса испитивања и контролисања са циљем мерења динамике и квалитета процеса рада. Екран серверског модула, који користи Технички руководиоца, приказује налоге за еталонирање који могу имати више различитих стања: отворен, активан, сторниран или затворен. Технички руководиоца манипулише налозима према потреби и/или стеченим условима.

V. Клијентски модул

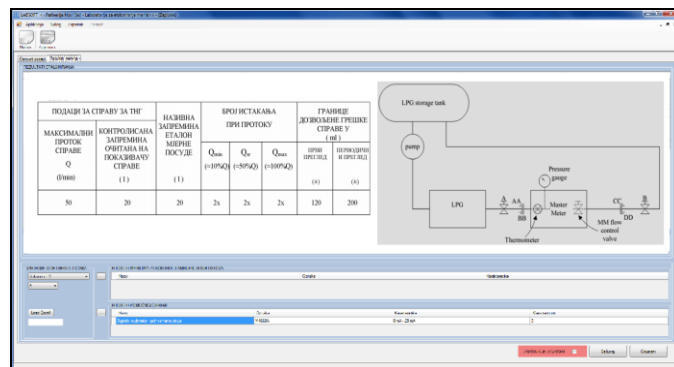
Софтверски модул *Labsoft LIMS-LPG* покрива низ оперативних активности које су обухваћене процесом еталонирања: припрема уређаја и инсталације, контрола испуњености услова еталонирања, стартовање справе за мерење запремине, мерење и унос резултата, генерисање докумената.

Активности су синхронизоване и интегрисане са одговарајућим активностима које покрива серверски модул. Глобални део су интеракције између клијента *Labsoft LIMS-LPG* и сервера *Labsoft LIMS-S* прате оперативне активности:

- Обрада примљеног *Захтева за испитивање* за конкретну справу за мерење запремине ТНГ;
- Прегледање справе за мерење и инсталације;
- Припрема окружења (повезивање еталонске опреме са справом за мерење која се еталонира и резервоаром са којим је справа повезана).
- Контрола испуњености услова и стартовање процеса мерења.
- Контрола процеса мерења и унос резултата.
- Издавање *Записника о испитивању*.

Екранска форма клијентског модула (Слика 4), коју користе метролози за унос низа резултата мерења у тачкама из мерног опсега, представља интерфејс за ажурирање отворених налога за испитивање.

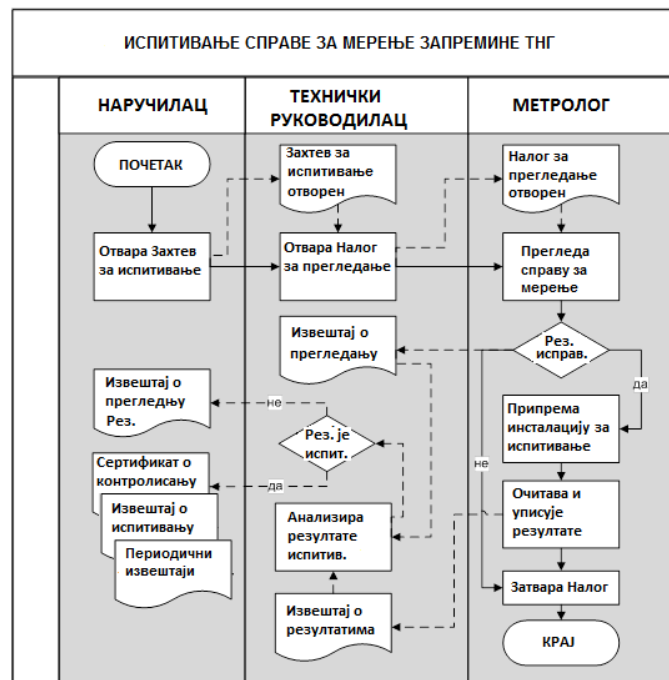
У бази података се ажурира табела са резултатима Извештаја о испитивању и контролисању, који садржи и све друге релевантне податке које захтевају стандарди, упутства, поступци и правилници.



Слика 4. Форма за унос резултата прегледа справе

Дијаграм активности на коме се могу уочити кључни документи (захтеви, налози, записници, извештаји) у процесу испитивања и контролисања од иницирања захтева до издавања сертификата, као и њихови извори и одредишта, даје јасну слику структуре и функције развијеног софтвера, Слика 5.

У наставку је дат закључак који се односи на софтверски пакет *Labsoft LIMS* у целини. Закључак се односи на све клијентске модуле појединачно, па је универзалан у том погледу.



Слика 5. Дијаграм активности

IV. ЗАКЉУЧАК

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. Комерцијални софтверски пакети различитих произвођача сличне намене покривају шири асортиман поступака испитивања и контролисања различитих уређаја и располажу богатом колекцијом функција које значајно утичу на цену, али нису неопходне кориснику. Развијени софтвер *Labsoft LIMS* ради тачно оно што треба кориснику па је знатно јефтинији [4].

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Крунић В., Крунић М., Четић Н. (2015.): „Софтвер за управљање процесима еталонирања мерила температуре“, INFOTEN-JAHORINA Vol. 14, стр. 521 – 526
- [2] Крунић В., Четић Н. Крунић М., (2016.): „Софтвер за управљање процесима еталонирања мерила притиска“, INFOTEN-JAHORINA Vol. 15, стр. 551 – 556
- [3] Крунић В., Крунић М. (2017.): „Софтвер за управљање процесима испитивања и контролисања аутоцистерни“, INFOTEN-JAHORINA Vol. 16, стр. 500 – 505.
- [4] Крунић В., Крунић М., Лончар С., Шикман Лј.(2018): „Софтвер за управљање процесима калибрације положених цилиндричних резервоара“, INFOTEN-JAHORINA, 17th International Symposium INFOTEN-JAHORINA, ISBN 978-99976-710-1-1, стр. 335 – 341.
- [5] ISO/IEC 17020: 2012 - *Conformity assessment - Requirements for the operation of various types of bodies performing inspection*
- [6] PRAVILNIK O MERILIMA ("Sl. glasnik RS", br.3/2018).
- [7] ASTM-IP-API Petroleum Measurement Tables for Liquid Hydrocarbon Liquids-Density, Table 54
- [8] API Manuel of Petroleum Measurement Stanadrds Chaptet 11.2.2M
- [9] OIML, R 117-1 (2007.) Dynamic measuring systems for liquids other than water. Part 1: Metrological and technical requirements
- [10] OIML, R 117-2 (2014) Dynamic measuring systems for liquids other than water. Part 2: Metrological controls and performance

ABSTRACT

Contents - The software for managing the processes of testing and controlling the device for measuring the volume of liquid petroleum gas (LPG) is presented in this paper. The results of testing and control should provide an answer to the issue of metrological and technical compliance of measuring devices with relevant international standards and national laws. The accuracy of the measuring device is estimated based on the measurement results and the corresponding value indicated by the standard device, where the operating fluid is used as a working fluid. The developed software module Labsoft LIMS-LPG covers all relevant activities that include the receipt of the Control Request, the opening of the Testing Order, as well as the issuance of Testing and Controlling Certificates. The activities of the series of measurements and the production of the Tables with the results of measurements take the key role. The software was developed in Microsoft Visual Studio and SQL Server Express development environments. Developed software Labsoft LIMS-LPG is part of the Labsoft LIMS package developed for the needs of the NIS Gasprom Novi Sad Metrology Laboratory.

SOFTWARE FOR MANAGING THE PROCESSES OF TESTING AND INSPECTION OF THE DEVICE FOR MEASURING LPG

Vlado Krunic, Momcilo Krunic, Predrag Ranitovic, Ljilja Sikman