

RĪGAS TEHNISKĀ UNIVERSITĀTE

Būvniecības fakultāte

Siltuma, gāzes un ūdens tehnoloģiju institūts

Ināra LAUBE

Doktora studiju programmas “Siltuma, gāzes un ūdens tehnoloģija” doktorante

**GĀZES SADALES SISTĒMU PARAMETRU
APRĒĶINU METODOLOĢIJA**

Promocijas darba kopsavilkums

Zinātniskais vadītājs

Dr. sc.ing., docents

I. PLATAIS

RTU Izdevniecība

Rīga 2013

UDK 66276+692.2](043.2)
La 821 g

Laube I. Gāzes sadales sistēmu parametru
aprēķinu metodoloģija
Promocijas darba kopsavilkums.-R.:RTU,
2013. - 20 lpp.

Iespiests saskaņā ar SGŪT institūta 2013. gada
8. februāra sēdes lēmumu, protokols Nr.P 12-2



Šis darbs izstrādāts ar Eiropas Sociālā fonda atbalstu Nacionālās programmas Atbalsts doktorantūras programmu īstenošanai” projekta “Atbalsts RTU doktora studiju īstenošanai” ietvaros.

ISBN 978-9934-10-422-0

**PROMOCIJAS DARBS IZVIRZĪTS INŽENIERZINĀTŅU
DOKTORA GRĀDA IEGŪŠANAI
RĪGAS TEHNISKAJĀ UNIVERSITĀTĒ**

Promocijas darbs inženierzinātņu doktora grāda iegūšanai tiek publiski aizstāvēts 2013. gada 7. jūnijā, plkst. 16:00, Rīgas Tehniskās universitātes Būvniecības fakultātes 250. auditorijā, Āzenes ielā 16/20.

OFICIĀLIE RECENZENTI

Profesors, Dr. hab. sc. ing. Egīls Dzelzītis
Rīgas Tehniskā universitāte

Dr. sc. ing. Andra Ješinska
Akciju sabiedrība „Latvijas Gāze”

Dr. sc. ing. Ivars Kudreņickis
Fizikālās enerģētikas institūts

APSTIPRINĀJUMS

Apstiprinu, ka esmu izstrādājusi doto promocijas darbu, kas iesniegts izskatīšanai Rīgas Tehniskajā universitātē inženierzinātņu doktora grāda iegūšanai. Promocijas darbs nav iesniegts nevienā citā universitātē zinātniskā grāda iegūšanai.

Ināra Laube.....(Paraksts)

Datums:

Promocijas darbs ir uzrakstīts latviešu valodā, kopā 94 lappuses, satur ievadu, 5 nodaļas, secinājumus, literatūras sarakstu ar 85 nosaukumiem.

ANOTĀCIJA

Promocijas darba mērķis - izstrādāt metodoloģiju pamatotu dabasgāzes patēriņu, un optimālu sadales gāzapgādes sistēmu parametru aprēķināšanai.

Lai nodrošinātu tehniski un ekonomiski pamatotu sistēmu būvniecību, nepieciešams izstrādāt gāzapgādes plānojumus – tehniskos risinājumus, piemērojot pamatotus dabasgāzes patēriņus gāzapgādes sistēmu parametru (diametru, materiālu, spiediena zudumu) aplēsēs.

Darbā veikti dabasgāzes patēriņu un sadales gāzapgādes sistēmu aprēķināšanas metožu pētījumi Latvijas, Lietuvas, Vācijas un Krievijas gāzes saimniecībās, analizēti iemesli faktiskai gāzapgādes sistēmas noslodzei Latvijas Republikā, īpašu vērību pievēršot dabasgāzes patēriņu ietekmējošo faktoru analīzei. Konstatēts, ka laika periodā līdz deviņdesmito gadu beigām Latvijas pilsētās izbūvēto augstā un vidējā spiediena sadales gāzesvadu (pamatnoslodzes cauruļvadu) diametri ir par 20 - 30 % lielāki nekā nepieciešams pašreizējai esošajai dabasgāzes slodzei – maksimālajam stundas patēriņam (m^3/h). Pierādīts, ka aprēķinos piemēroti paaugstināti maksimālie stundas patēriņi, nav ņemta vērā dabasgāzes lietotāju iekārtu vienlaicīgā darbība, sezonālais princips. Sadales gāzesvadu diametri aprēķināti ar minimāliem spiediena zudumiem, kas būtiski palielina gāzesvadu diametrus.

Secināts, ka, paaugstinoties iekārtu lietderības koeficientiem un energoefektivitātei, kā arī elektroenerģijas patēriņa pieprasījumam (20 gados palielinājies par 180%), dabasgāzes gada patēriņi rūpniecībā un lauksaimniecībā samazinās, tajā skaitā māsaimniecībās - 16%.

Darbā izstrādāta dabasgāzes sadales sistēmu parametru aprēķināšanas metodoloģija. Uzlabota tehniski ekonomisko aprēķinu veikšanas kārtība, izmantojot ģeogrāfiskās informācijas sistēmu (GIS), vienkāršota maksimālā klientu skaita aprēķināšana dzīvojamo māju teritorijās. Sagatavoti priekšlikumi gāzapgādes sistēmu aprēķinu modeļu vienkāršošanai, spiediena zudumu optimizēšanai, uzlaboti cauruļvada hidrauliskās aplēses pamatprincipi ar iespēju samazināt augstā spiediena gāzesvadu aprēķinu diametrus no 7 līdz 10%, ekonomējot būvniecības izmaksas jaunu sadales gāzesvadu sistēmu izbūvei līdz 15%.

Promocijas rezultāti ir izmantoti divu standartu jaunajās redakcijās - Latvijas Valsts standartā LVS 417:2011 "Gāzes sadales un lietotāju sistēmas. Ārējie gāzesvadi un regulēšanas iekārtas. Projektēšana" un nozares standartā LV NS GS 26:2012 „Perspektīvās gāzapgādes plānojumu izstrāde”, kā arī inženieru un maģistru studijās RTU Siltuma, gāzes un ūdens tehnoloģijas programmas priekšmetā – Gāzapgāde.

Darba rezultāti ziņoti 8 starptautiskās konferencēs un tie atspoguļoti 10 publikācijās.

SATURA RĀDĪTĀJS

Ievads	5
1. Dabaszgāzes sadales sistēmu plānošana	7
2. Dabaszgāzes patēriņu noteikšana gāzapgādes sistēmu projektēšanā	9
3. Sadales gāzesvadu sistēmu parametru optimizācija	12
4. Ieteikumi jaunbūvējamo gāzapgādes sistēmu izmaksu samazinājumam	16
Secinājumi	19
Publikācijas	20

IEVADS

Jaunu dabaszgāzes lietotāju pieslēgšana, kas saistīta ar dabaszgāzes sadales sistēmas paplašināšanu un jaunu gāzes cauruļvadu būvniecību, ir investīciju ietilpīgi projekti.

Energoresursu lietderīgu izmantošanu, dabaszgāzes sistēmas attīstības iespējas, tā patēriņa apjoma pieaugu, ietekmi uz projektējamām sistēmām pētījuši A. Krēsliņš, E. Dzelzītis, A. Dāvis, N. Zeltiņš, V. Zēbergs, A. Ješinska, I. Kudreņickis, I. Platais, A. Joņins, J. Karpjuks. Tomēr trūkst metodoloģijas jaunu sadales sistēmu projektēšanai un izbūvei - pamatotu dabaszgāzes patēriņu aprēķināšanai un optimālu sadales gāzesvadu parametru noteikšanai.

Promocijas darba mērķis - izstrādāt metodoloģiju pamatotu dabaszgāzes patēriņu, un optimālu sadales gāzapgādes sistēmu parametru aprēķināšanai.

Darba uzdevumi:

1. izvērtēt dabaszgāzes patēriņa dinamiku, aprēķināšanas metodes, normatīvos dokumentus dabaszgāzes patēriņa aprēķināšanai,
2. veikt pētījumus faktisko dabaszgāzes patēriņu noteikšanai,
3. sagatavot priekšlikumus gāzapgādes sistēmu darbības stabilitātes paaugstināšanai un būvniecības izmaksu samazināšanai,
4. sagatavot priekšlikumus valsts standartā LVS 417:2011 "Gāzes sadales un lietotāju sistēmas. Ārējie gāzesvadi un regulēšanas iekārtas. Projektēšana" dabaszgāzes patēriņu aprēķinu korekcijai.
5. sagatavot priekšlikumus nozares standarta izstrādei LV NS GS 26:2012 „Perspektīvās gāzapgādes plānojumu izstrāde”.

Gāzapgādes sistēmu parametru (cauruļvadu diametru, materiāla, spiediena zudumu) aprēķinu rezultāti ir atkarīgi no maksimālā gāzes patēriņa stundā (m^3/h). Tehniski ekonomiskajos pamatojumos - investīciju atmaksāšanās aplēsēs ievērtē kapitālieguldījumu apjomu konkrētās gāzapgādes sistēmas izbūvei, lietotāju pieslēgumu skaitu aprēķina periodā katrā konkrētā gadā, iespējamās kopējās dabasgāzes gada patēriņus (m^3/a), kurus aprēķina izmantojot dabasgāzes lietotāja objekta siltuma patēriņa slodzi, piemērojot koeficientus pārejai uz dabasgāzi.

Pētījumu metodika un līdzekļi

Pētījumā izmantoti akciju sabiedrības „Latvijas Gāze” informāciju sistēmu dati - klientu datu bāze (LOGS) un norēķinu datu bāze (PUNS) – par esošajiem lietotājiem, uzstādītajām iekārtām, norēķiniem, ģeogrāfiskās informācijas sistēma (GIS) – par esošo pārvades un sadales gāzesvadu sistēmu parametriem. Pamatojoties uz iegūtajiem datiem, izmantojot matemātiskās statistikas metodes tika aprēķināts vidējais statistiskais dabasgāzes gada patēriņš vienam dzīvoklim, kas tika salīdzināts Latvijas dažādās teritorijās. Salīdzinātas maksimālā stundas patēriņu aprēķināšanas metodes, izmantojot stundas maksimuma koeficientu un iekārtu vienlaicīgas darbības koeficientu. Gāzesvadu hidrauliskās aplēses veiktas ar licencētu datorprogrammu „OptiPlan”, modelētas dažādu noslogojumu un spiedienu kategoriju sistēmas. Izvērtētas katra varianta tehniskās un ekonomiskās priekšrocības. Aprēķinos pielietots statistiskais vienlaicīguma princips dabasgāzes patērētāju grupām, kas uzrāda vienādu darbības režīmu. Tehniski ekonomiskie pamatojumi veikti izmantojot Microsoft Excel programmu nodrošinājumu, aprēķinot investīciju atmaksāšanās laiku.

Darba zinātniskā novitāte un galvenie rezultāti

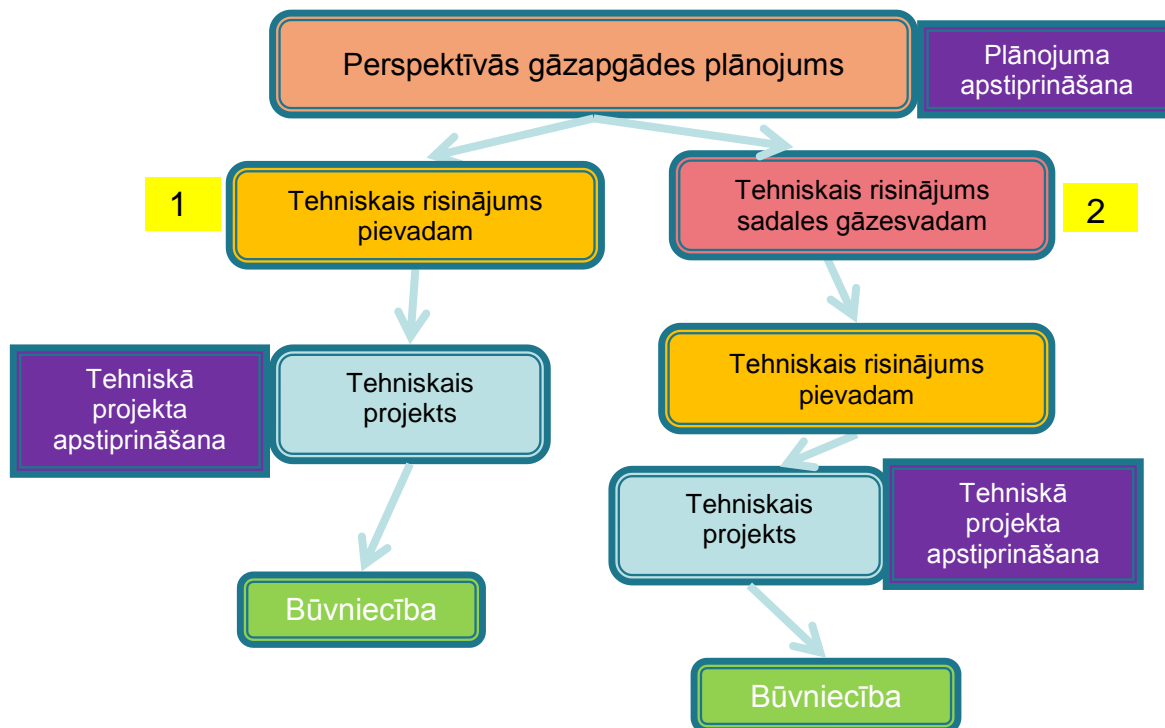
Lai samazinātu būvniecības izmaksas turpmākai gāzapgādes sistēmu izbūvei, darbā izstrādāta metodoloģija sadales sistēmu parametru optimizēšanai - pamatoti dabasgāzes patēriņu aprēķināšanai, ņemot vērā iekārtu vienlaicīgu darbību, sezonālo nevienmērību, lietderības koeficientus, energoefektivitāti. Izmantojot cauruļu tehnoloģiskās īpašības, kas samazina cauruļu iekšējo raupjumu, sistēmas modelētas datorprogrammā OptiPlan, noteikta dabasgāzes spiediena zudumu paaugstināšanas robeža. Palielinoties dabasgāzes caurplūdei aprēķinu posmā, iespēja samazināt gāzesvadu diametrus, atbilstoši arī būvniecības izmaksas.

Darba praktiskais pielietojums

Izstrādāto dabasgāzes patēriņu un sadales sistēmu parametru aprēķināšanas modeli var izmantot gāzapgādes sistēmu projektētāji optimālai tehniski un ekonomiski pamatotai gāzapgādes infrastruktūras izbūvei, ar iespēju samazināt būvniecības izmaksas.

1. DABASGĀZES SADALES SISTĒMU PLĀNOŠANA

Perspektīvās gāzapgādes plānojuma – shēmas izstrādes mērķis ir nodrošināt korektu tehnisko risinājumu perspektīvai gāzapgādes sistēmu izbūvei. Pieslēguma nodrošināšanas process uzrādīts 1.1. attēlā (pieslēgums esošai sistēmai -1, sadales sistēmas jaunbūvei -2). Perspektīvās gāzapgādes plānojumu izstrādi veic perspektīvai - 20 gadiem, ievērojot savstarpēji saskaņotus teritorijas plānojumus nacionālajā, reģionālajā un vietējās pašvaldības līmeņos, ņemot vērā esošo sadales un pārvades gāzapgādes sistēmu attiecīgajā pašvaldībā. Teritorijas plānošanas uzdevums ir veicināt infrastruktūras, tajā skaitā gāzapgādes sistēmas pakalpojumu pieejamību. Izstrādājot gāzapgādes plānojumu jāņem vērā pašvaldību atļautās apbūves teritorija (zonējums) un tās blīvums, jāaprēķina dabasgāzes patēriņi katrai lietotāju grupai atbilstošajā teritorijā.

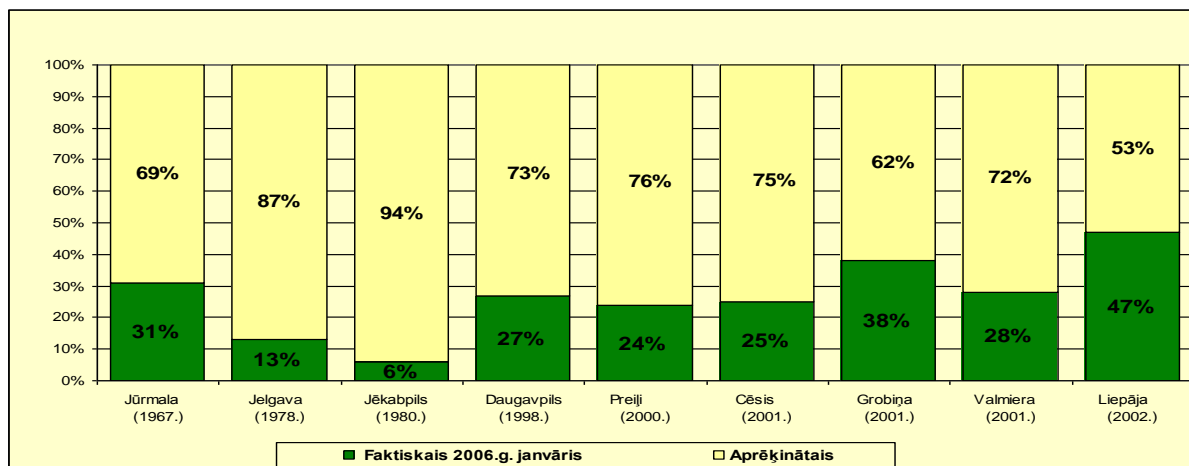


1.1.att. Dabasgāzes lietotāju gāzapgādes procesa shēma

Latvijas lielo pilsētu perspektīvās gāzapgādes shēmas tika izstrādātas pamatojoties uz ilgtermiņa plānošanas dokumentiem - teritoriju apbūvei, intensīvai rūpniecības attīstībai un stabilam iedzīvotāju pieaugumam. Dabasgāzes gada patēriņu aprēķini tika veikti pamatojoties uz tajā laikā spēkā esošajām celtniecības normām un noteikumiem, kas tika izstrādātas sešdesmitajos gados un tika piemērotas visā bijušajā Padomju Savienībā, maksimālie stundas

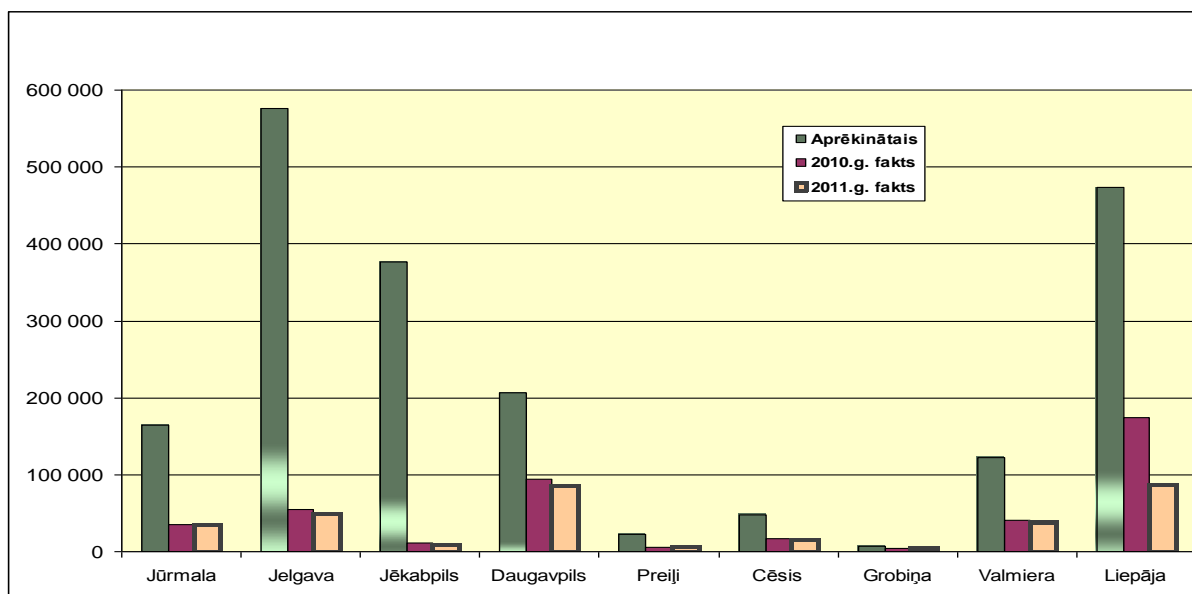
patēriņi tika aprēķināti, piemērojot stundas maksimuma koeficientu atbilstoši ilgtermiņā plānotajam iedzīvotāju skaitam.

Darbā analizētas laika periodā no 1967. gada līdz 2002.gadam dažādu projektēšanas organizāciju izstrādātās gāzapgādes shēmas, tajās aprēķinātie patēriņi (m^3/h , m^3/a) aprēķināšanas metodēm. Shēmās aprēķinātais dabasgāzes maksimālais stundas patēriņš (m^3/h) salīdzināts ar pēdējo piecu gadu laikā faktisko maksimālo stundas patēriņu, kas fiksēts izmantojot attālinātās nolasīšanas sistēmas (SCADA) datus, pētījuma dati apkopoti 1.2. attēlā.



1.2. att. Gāzapgādes shēmās aprēķinātā un faktiskā stundas patēriņa (m^3/h) salīdzinājums (%)

Jūrmalas, Jelgavas, Jēkabpils, Daugavpils, Preiļu, Cēsu, Grobiņas, Valmieras un Liepājas dabasgāzes lietotāju kopējo faktisko dabasgāzes 2010. un 2011. gadu patēriņu (m^3/a) salīdzinājums ar gāzapgādes shēmās aprēķinātajiem patēriņiem atspoguļots 1.3. attēlā.



1.3. att. Gāzapgādes shēmās aprēķinātā un faktiskā gada patēriņa (m^3/a) salīdzinājums

Analizējot iegūtos rezultātus secināts, ka sešdesmitajos deviņdesmitajos gados izbūvētās augstā un vidējā spiediena sadales gāzesvadu sistēmas (pamatnoslodzes cauruļvadu tīklu) diametri ir par 20 % - 30 % liekākā nekā nepieciešams pašreizējai esošajai dabasgāzes slodzei – maksimālajam stundas patēriņam (m^3/h). Tā kā nebija izstrādāta dabasgāzes patēriņu aprēķināšanas metodoloģija, tika aprēķināti nesamērīgi lieli dabasgāzes patēriņi. Piemērojot paaugstinātus dabasgāzes maksimālos stundas patēriņus gāzesvadu hidrauliskajās aplēsēs, rezultātā tika aprēķināti palielināti cauruļvadu diametri. Gāzesvadu sistēmas tika aprēķinātas ar minimāliem spiediena zudumiem, konstatēts, ka vēsturiski izbūvētās sistēmas nav noslogotas, izveidojies tērauda cauruļvadu materiālu pārtēriņš.

2. DABASGĀZES PATĒRIŅU NOTEIKŠANA GĀZAPGĀDES SISTĒMU PROJEKTĒŠANAI

Dabasgāzes patēriņu raksturo izmantošanai pievadītais gāzes daudzums laika vienībā. Lai nodrošinātu tehniski un ekonomiski pamatotu gāzapgādes sistēmu izbūvi, nepieciešams aprēķināt korektus dabasgāzes patēriņus. Aprēķinos tiek piemēroti šādi dabasgāzes patēriņi - gada patēriņš - Q_a (m^3/a), mēneša patēriņš - $Q_{mēn}$ ($m^3/mēn$), diennakts patēriņš - Q_{dn} (m^3/dn), maksimālais stundas patēriņš - Q_h (m^3/h). Dabasgāzes patēriņa lielumu ietekmē dabasgāzes izmantošanas veidi, ekonomiskā situācija, politiskie lēmumi un dokumenti, ārējais temperatūra, sadzīves vajadzības un ieradumi. Dabasgāzes patēriņu aplēses veic - perspektīvās gāzapgādes sistēmas plānojumu izstrādei, pārvades, sadales un lietotāju gāzesvadu un iekārtu projektēšanai, gāzesvadu sistēmu un iekārtu izbūvei, pārbūvei un nomaiņai. Dabasgāzes gada - Q_a (m^3/a) un mēneša - $Q_{mēn}$ ($m^3/mēn$) patēriņus aprēķina un piemēro pilsētu vai apdzīvotu vietu plānotās gāzapgādes sistēmas iespējamo investīciju aprēķinam un būvobjekta rentabilitātes noteikšanai. Lai aprēķinātu tehniski un ekonomiski pamatotas sadales gāzapgādes sistēmas, izvēloties optimālus gāzesvadu diametrus, nepieciešams aprēķināt maksimālos stundas patēriņus - Q_h (m^3/h) dabasgāzes lietotājiem:

- mājāsaimniecībām sadzīves vajadzībām, apkurei, karstā ūdens sagatavošanai,
- komercuzņēmumiem (sadzīves un sabiedriskās ēdināšanas) apkurei, ventilācijai, karstā ūdens sagatavošanai, aukstumapgādei, tehnoloģijai, elektroenerģijas ražošanai,
- rūpnieciskajiem un lauksaimniecības uzņēmumiem apkurei, ventilācijai, karstā ūdens sagatavošanai, aukstumapgādei, tehnoloģijai, elektroenerģijas ražošanai,

Līdz 2011. gadam Latvijas standartā LVS 417:2011 mājsaimniecību un komercuzņēmumu maksimālā stundas patēriņa (m^3/h) aprēķināšanai tika izmantotas divas metodes.

1. metode - izmantojot stundas patēriņa maksimuma koeficientu, ko piemēroja pārejai no gada patēriņa (m^3/a) uz gāzes maksimālo stundas patēriņu (m^3/h), atkarībā no iedzīvotāju skaita;

$$Q_d^h = K_{\max}^h \times Q_a, \quad (2.1)$$

kur K_{\max}^h - stundas maksimuma koeficients,

Q_a - gāzes patēriņš gadā, m^3/a .

2. metode - izmantojot iekārtu vienlaicīgas darbības koeficientu gāzes patēriņu stundā Q_d^h (m^3/h) nosaka pēc formulas (2.2), summējot nominālo gāzes patēriņu, ko patērē gāzes aparāti, un ņemot vērā to darbības vienlaicīguma koeficientu:

$$Q_d^h = \sum_{i=1}^m K_{sim} \times q_{nom} \times n_i, \quad (2.2)$$

kur $Q_d^h = \sum_{i=1}^m$ - lielumu $K_{sim} q_{nom} n_i$ reizinājumu summa no i līdz m ;

K_{sim} - vienlaicīguma koeficients, dzīvojamām mājām;

q_{nom} - aparāta vai aparātu grupas nominālais gāzes patēriņš, m^3/h ;

n_i - vienāda tipa aparātu vai aparātu grupu skaits, gab;

m - aparātu vai aparātu grupu tipu skaits, gab.

Pamatojoties uz promocijas darbā veiktajiem pētījumiem tika pierādīts, ka turpmāk dabasgāzes maksimālie stundas patēriņi aprēķināmi pēc formulas (2.2), summējot nominālo gāzes patēriņu, ko patērē gāzes aparāti, ņemot vērā to darbības vienlaicīguma koeficientu.

Deviņdesmito gadu beigās Latvijas Zinātņu akadēmijas Fizikālās enerģētikas institūta kolektīvs N.Zeltiņa, V.Zēberga un I.Kudreņicka vadībā veicis pētījumu par siltuma patēriņa normu un attiecīgu gāzes patēriņa normu pielietojumu gāzes tīklu aprēķiniem. Rezultātā tika secināts, ka faktiskie dabasgāzes patēriņi ir par 20% līdz 40% zemāki kā normatīvajos dokumentos. Pētījumu rezultāti netika ievērtēti standarta LVS 417:2002 sagatavošanā.

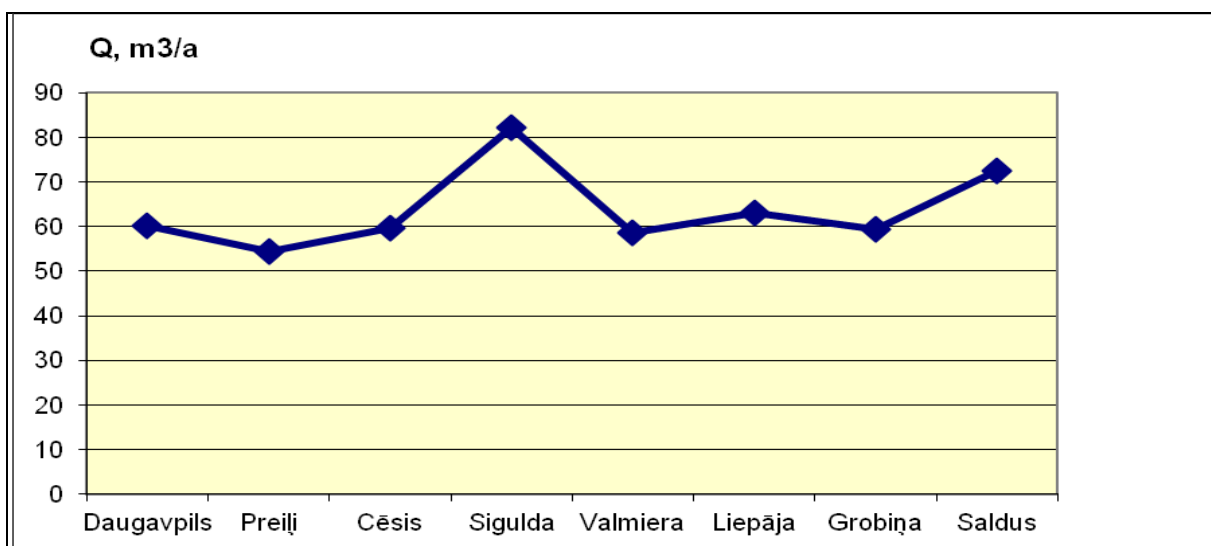
Promocijas darbā izmantoti informācijas sistēmas (PUNS) 2010. gadā uzkrātie statistiskie dati par kopējiem dabasgāzes patēriņiem mājsaimniecībām. Izmantojot matemātiskās statistikas metodi, aprēķināti vidējie dabasgāzes patēriņi lietotāju grupām, analizēta patēriņa dinamika dažādās pilsētās. Pētījuma dati par vidējo faktisko dabasgāzes gada patēriņu

mājsaimniecībām daudzdzīvokļu dzīvojamās mājās Latvijā, kas dabasgāzi izmanto sadzīves vajadzībām, apkopoti 2.1. tabulā un atspoguļoti 2.1. attēlā.

2.1 tabula

Dabasgāzes gada patēriņš (m^3/h) Daugavpils, Cēsu un Liepājas iecirkņu darbības zonās

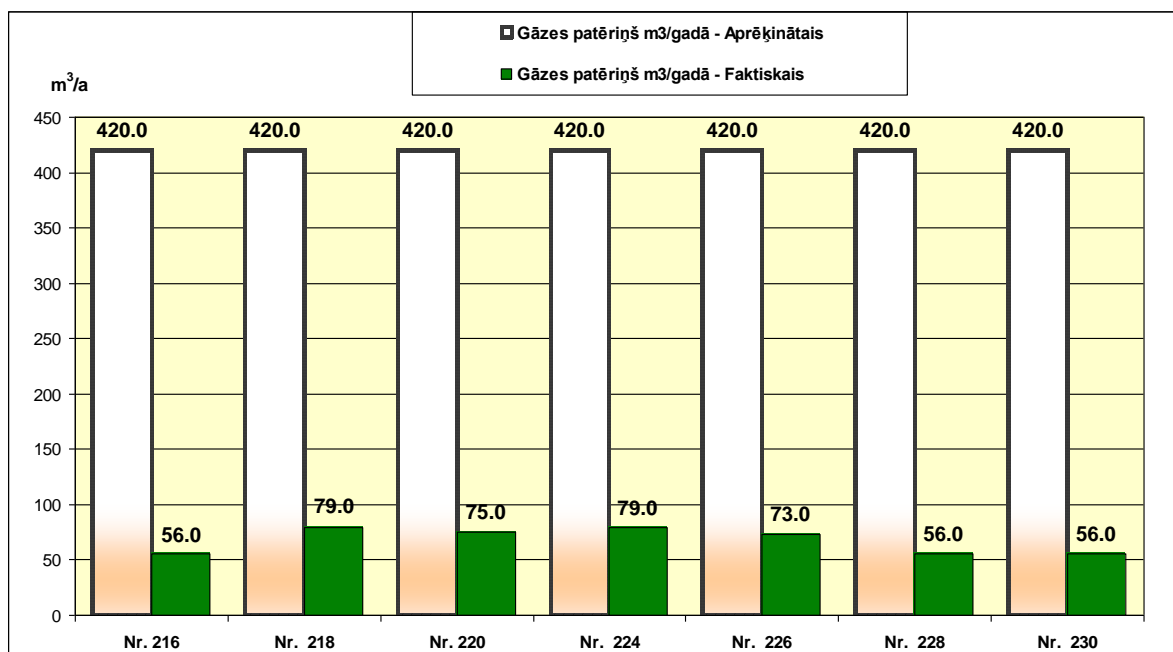
Dabasgāzes lietotāji (pavardi dzīvokļos)	Pavardu skaits gab.	Gada patēriņš tūkst. m^3/a	Vidējais patēriņš tūkst. M^3/h
Daugavpils iecirknis			
Daugavpils pilsēta	27 907	1 677 326	60,10
Preiļu pilsēta	2 380	129 814	54, 54
Kopā Daugavpils iecirknī	30 287	1 807 140	59,67
Cēsu iecirknis			
Cēsu pilsēta, Cēsu, Priekuļu, Līgatnes, Amatas novadi	3971	237 070	59, 70
Siguldas pilsēta, Siguldas novads	3857	316 920	82,16
Valmieras pilsēta, Valmieras, Burtnieku, Kocēnu, Smiltenes novadi	5986	350 251	58,51
Kopā Cēsu iecirknī	13 814	904 241	65, 46
Liepājas iecirknis			
Liepājas pilsēta, Liepājas novads	24219	1 530 745	63, 20
Grobiņas pilsēta	882	52 304	59,30
Saldus pilsēta, Saldus novads	2087	151 485	72,59
Kopā Liepājas iecirknī	27 188	1 734 534	63,80



2.1. att. Vidējais dabasgāzes gada patēriņš (m^3/a) dabasgāzes lietotājiem dzīvokļos Latvijā

Lai noteiktu pamatotu dabasgāzes patēriņu aprēķināšanas metodoloģiju turpmākajiem sadales sistēmu parametru aprēķiniem, promocijas darbā tika veikti dabasgāzes patēriņu pētījumi dažādās Latvijas teritorijās – Liepājas, Cēsu, Daugavpils, Rīgas rajonos.

Palielinoties mājāsaimniecībās sadzīves iekārtu skaitam, kas darbojas ar elektrību, būtiski samazinājies dabasgāzes patēriņš daudzdzīvokļu dzīvojamās mājās. Izmantojot statistikas datus par patērēto dabasgāzi, mēnesī, gadā, tika aprēķināti faktiskie dabasgāzes mēneša un gada patēriņi vienam dzīvoklim, pieņemot, ka katrā dzīvoklī dzīvo trīs iedzīvotāji (vidējais pēc Centrālās statistikas pārvaldes datiem). Faktiskais un gāzapgādes shēmās aprēķinātais gada patēriņa salīdzinājums atspoguļots 2.2. attēlā.



2.2. att. Faktiskais un aprēķinātais dabasgāzes gada patēriņu salīdzinājums dzīvoklim dzīvojamās mājās Rīgā, Biķernieku ielā Nr.216, 218, 220, 224, 226, 228, 230

Pēdējos piecos gados veiktā statistiskā analīze rāda, ka, paaugstinoties iekārtu lietderības koeficientiem un energoefektivitātei, kā arī elektroenerģijas pieprasījumam, dabasgāzes gada patēriņi rūpniecībā un lauksaimniecībā samazinās, tajā skaitā mājāsaimniecībās par 16%. Latvijā vidējais faktiskais gada patēriņš mājāsaimniecībām ir - daudzdzīvokļu mājās, kur dabasgāzi izmanto sadzīves vajadzībām - 70 m³/a, individuālās mājās, kur dabasgāzi izmanto apkurei, karstā ūdens sildīšanai– 2700 m³/a.

3. SADALES GĀZESVADU SISTĒMU PARAMETRU OPTIMIZĀCIJA

Lai nodrošinātu visu dabasgāzes lietotāju nepārtrauktu gāzapgādi, pie maksimālā gāzes patēriņa stundā (m³/h), jāaprēķina optimālie gāzesvadu sistēmu parametri, (diametri, spiediena zudumi, dabasgāzes plūsmas ātrums). Promocijas darbā izvērtēti un

salīdzināti Latvijas, Vācijas, Lietuvas, Igaunijas, bijušās PSRS un Krievijas Federācijas normatīvajos dokumentos noteiktie gāzapgādes sistēmu aprēķināšanas principi. Spiediena zudumus vidējā un augstā spiediena tīkliem aprēķina pēc formulas:

$$P_s^2 - P_b^2 = \frac{P_0}{81 \times \pi^2} \times \lambda \times \frac{Q_0^2}{d^5} \times \rho_0 \times l = 1,2687 \times 10^{-4} \times \lambda \times \frac{Q_0^2}{d^5} \times \rho_0 \times l, \quad (3.1.)$$

zemā spiediena tīkliem pēc formulas:

$$P_s^2 - P_b^2 = \frac{10^6}{162 \times \pi^2} \times \lambda \times \frac{Q_0^2}{d^5} \times \rho_0 \times l = 626,1 \times 10^{-4} \times \lambda \times \frac{Q_0^2}{d^5} \times \rho_0 \times l, \quad (3.2.)$$

- kur P_s - absolūtais spiediens gāzesvada sākumā, MPa;
 P_b - absolūtais spiediens gāzesvada beigās, MPa;
 P_0 - =0,101325 (MPa);
 λ - hidrauliskās berzes koeficients;
 l - gāzesvada garums ar nemainīgu diametru, m;
 d - gāzesvada iekšējais diametrs, cm;
 ρ_0 - gāzes blīvums standarta apstākļos, kg/m³;
 Q_0 - gāzes patēriņš standarta apstākļos m³/h.

Hidrauliskās berzes koeficientu λ nosaka atkarībā no plūsmas režīma (lamināra, turbulenta), kādā gāzes pārvietojās pa gāzesvadu, to raksturo Reinoldsa skaitlis (Re):

$$\text{Re} = \frac{Q_0}{9 \times \pi \times d \times \nu} = 0,0354 \frac{Q_0}{d \times \nu}, \quad (3.3.)$$

$$\text{Re} \left(\frac{n}{d} \right) < 23, \quad (3.4.)$$

- kur ν - gāzes kinemātiskās viskozitātes koeficients standarta apstākļos;
 d - gāzesvada iekšējais diametrs, cm;

Q_0 - gāzes patēriņš standarta apstākļos m^3/h ;

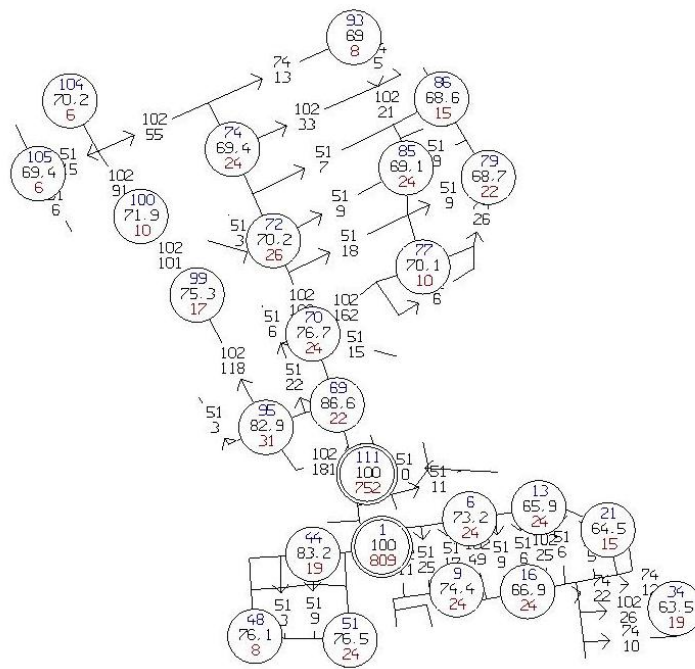
n - caurules sienīgas iekšpusē ekvivalentais absolūtais raupjums,

Gāzesvadu hidrauliskos aprēķinus veic pēc formulām (3.1-3.4.). Pēdējos 20 gados ir būtiski mainījušās cauruļvadu tīklu aprēķināšanas metodes, tiek izmantotas datorprogrammas - Caddy, OptiPlan. Gāzapgādes sistēmu aprēķina modeļi arī plāni tiek sagatavoti digitāli, koordinātu sistēmās, izmantojot ģeogrāfiskās informācijas sistēmu (ĢIS), kurā uzkrāti dati par cauruļvadu sistēmas parametriem – projektēto un darba spiedienu, cauruļvada materiālu (tērauds, polietilēns), garumu, gāzes plūsmas spiedienu. Lai uzsāktu cauruļvadu tīkla aprēķināšanu ar datorprogrammu nepieciešams izstrādāt matemātiskā tīkla modeli, kas ir matemātisks un iespējami reāls gāzapgādes sistēmas atveidojums. Programmas lietošana ir elastīga, iespējams eksportēt šos datus Microsoft Access programmā. 3.1.attēlā uzrādīts aprēķinu modeļa piemērs datorprogrammā OptiPlan

Parameter	Line	Node	Feed point
From node	71		
to node	72	71	457
Network name	1	1	2
locked	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
Status	0		P
Start pressure bar	23.64		14.00
End pressure bar	23.64		
Diameter mm	704		
Length m	20.0		
Roughness mm	0.02		
Flow rate m^3/h	116356.1		1132.4
Velocity m/s	3.1		
Gr. cal. value kWh/m^3	10.400		
Offtake kWh/h		0	
Temp. dependence %/°C		0.0	
Pressure bar		23.64	
Gr. cal. value kWh/m^3		10.400	
Min pressure bar		20.0	
Geod. elevation m+NN		0.0	
Coordinate X		-400	
Coordinate Y		1900	

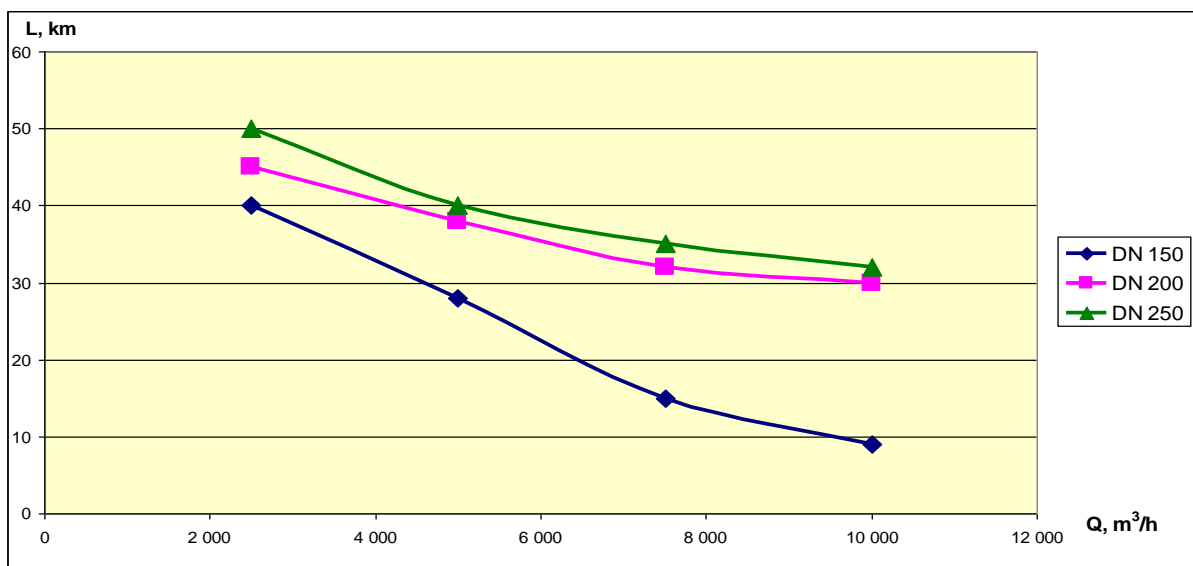
3.1.att. Parametru tabulas (līnijai, mezgla punktam, gāzes padeves punktam) OptiPlan

Lai samazinātu kļūdu iespējamību ievadot aprēķinātos dabasgāzes patēriņus (m^3/h) gāzesvadu aprēķinu modeļa tīkla slodžu punktos, promocijas darba izstrādes laikā tika analizēta iespēja izmantot datu bāzē PUNS, uzkrātos esošo dabasgāzes lietotāju uzstādīto iekārtu datus (kW) un sagatavoti priekšlikumi šo datu turpmākai savietošanai ar aprēķinu modeli datorprogrammā OptiPlan. Veicot gāzesvadu hidrauliskās aplēses ar datorprogrammu, aprēķinātos gāzesvadu parametrus (gāzesvadu diametru, materiālu, posma garumu) importē uz Access datu bāzi un ar Excel programmatūras palīdzību iespējams sagatavot būvniecības apjomus.

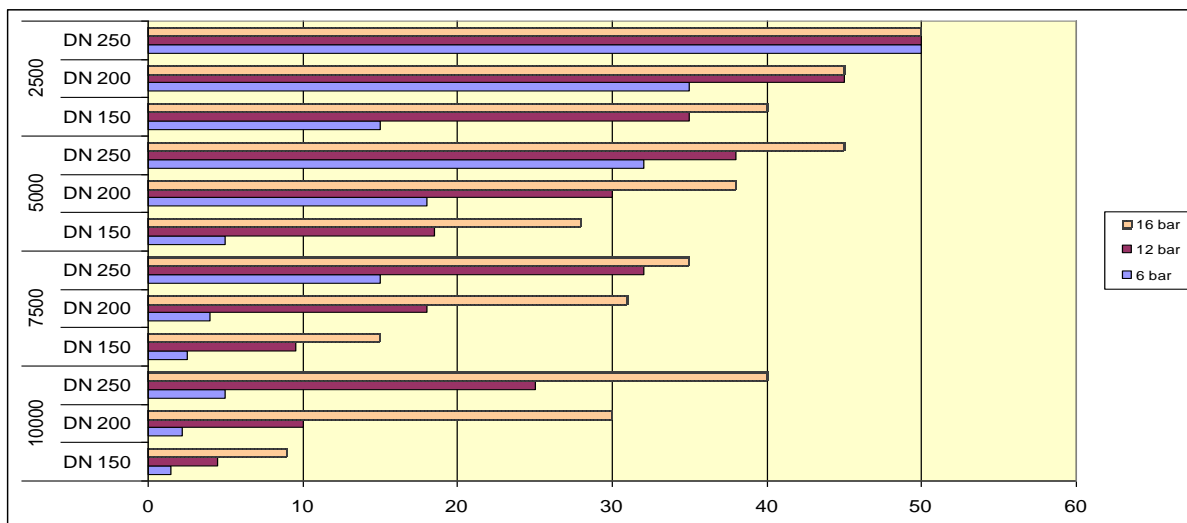


3.2.att. Aprēķinu modeļa piemērs

Lai izvērtētu un salīdzinātu aprēķinu rezultātus, veikta hidraulisko aprēķinu metožu analīze - manuālās un datorprogrammu OptiPlan un Caddy pielietojumam. Darbā veiktas gāzesvadu aplēses augstā spiediena gāzapgādes sistēmām $PN \leq 0,6$ MPa, $PN \leq 1,2$ MPa, $PN \leq 1,6$ MPa, aprēķināti gāzapgādes sistēmu optimālie darbības attālumi (rādiusi) konkrētiem iespējamajiem gāzes patēriņiem Q ($2500 \text{ m}^3/\text{h}$, $5000 \text{ m}^3/\text{h}$, $7500 \text{ m}^3/\text{h}$, $10\,000 \text{ m}^3/\text{h}$), skatīt 3.3 un 3.4 attēlus.



3.3.att. Augstā spiediena $PN \leq 1,6$ MPa sadales gāzapgādes sistēmas darbības attālums, km



3.4.att. Augstā spiediena sadales gāzes apgādes sistēmu (DN 150, 200, 250 mm) darbības attāluma (km) salīdzinājums (dabāsgāzes patēriņam 2500, 5000, 7500, 10 000 m³/h)

Līdz 2011. gadam tika noteikti šādi pieļaujamie dabāsgāzes spiediena zudumi - augstā spiediena gāzesvados no 0,15 līdz 0,2 MPa, vidējā spiediena gāzesvados - līdz 0,1 MPa virs vidējā spiediena kategorijas apakšējās robežas. Pilnveidotā cauruļvadu ražošanas tehnoloģija būtiski samazina polietilēna un metāla cauruļvadu iekšējo raupjumu, samazinās berzes koeficients. Uzlaboti gāzes regulēšanas iekārtu darbības tehniskie rādītāji, nav nepieciešama ieejošā un izejošā gāzes spiediena starpība lielāka par 0,05 MPa. Iespējams palielināt caurplūdes apjomu aprēķinu posmā, samazināt darba spiedienu pirms gāzes regulēšanas iekārtas. Darbā veiktas gāzesvadu hidrauliskās aplēses augstā spiediena $P < 0,6$ MPa gāzapgādes sistēmai, modelējot dažādas noslodzes - 2000 (m³/h), 4000 (m³/h), 6000 (m³/h), 8000 (m³/h), ar datorprogrammu OptiPlan aprēķināti gāzesvadu diametri, spiediena zudumi (ΔP), izvērtēti optimālie tehniskie risinājumi, modelēti sistēmu parametri, aprēķinu rezultātā var samazināt augstā spiediena gāzesvadu diametrus no 7 līdz 10%.

4. IETEIKUMI JAUNBUVĒJAMO GĀZAPGĀDES SISTĒMU IZMAKSU SAMAZINĀJUMAM

Lai nodrošinātu katra perspektīvā dabāsgāzes lietotāja gāzapgādi un veidotu drošu un stabilu gāzapgādes sistēmu ir noteikta konkrēta gazifikācijas kārtība – gāzapgādes plānojums

(shēma) – tehniskais risinājums – tehniskais projekts – būvniecība – nodošana ekspluatācijā. Gāzesvadu būvniecības finansiālie nosacījumi tiek noteikti, ņemot vērā tarifu struktūru un dabasgāzes piegādātāja aprēķinātos kapitālieguldījumu efektivitātes rādītājus. Jauno gāzesvadu būvniecības ekonomiskos aprēķinus veic, pielietojot tipveida algoritmus un noteiktās formas, kurās atspoguļo plānoto/faktisko izmaksu struktūru – topogrāfijas, projektēšanas un būvniecības izmaksas, izmaksas, kas saistītas ar kompensāciju par zemi un pārējās izmaksas. Projekta atmaksāšanās periods tiek noteikts kā paredzamais gadu skaits, kas nepieciešams pilnīgai investīciju izmaksu kompensācijai. Iekšējā ienesīguma norma (IRR) ir diskonta likme, kuru pielietojot, projekta nākotnes ieguvumi un izmaksas ir vienādas ar sākotnējām investīcijām. Rentabilitātes indekss (RI) ir projekta diskontētās vērtības attiecība pret ieguldījumu summu. Projekta peļņas norma dod iespēju salīdzināt investīciju projektus, kuri atšķiras ar izmaksu un ienākumu plūsmām. Optimālā projekta izvēle ir balstīta uz izmaksas vienības efektivitātes novērtējumu jeb rentabilitāti, ko aprēķina pēc formulas (4.1):

$$RI = \frac{NPV}{PC} \times 100\% \quad , \quad (4.1)$$

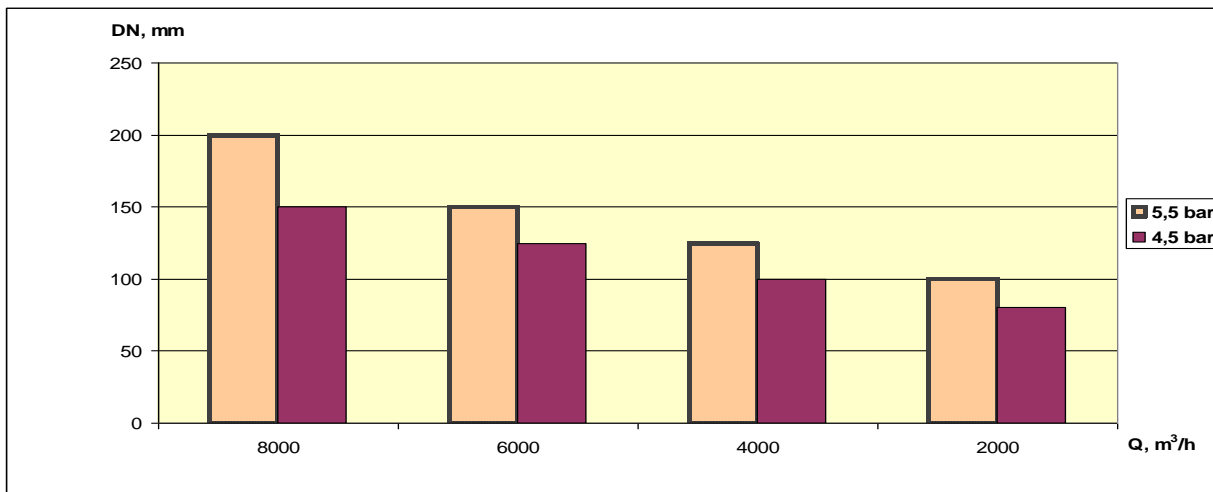
kur, RI – rentabilitātes indekss,
 NPV – naudas ieņēmumi (LVL),
 PC – investīciju apjoms (LVL).

Atsaucoties uz veiktajiem pētījumiem par esošās gāzapgādes sistēmas faktisko noslodzi un ieguldīto investīciju atmaksāšanās nosacījumiem, promocijas darbā tiek rekomendēti prognozētie dabasgāzes patēriņu apjomi sistēmas lietotājiem, kuriem paredzēts pieslēgums pie jaunbūvējamā gāzesvada. Darbā aprēķinātas būvniecības izmaksas augstā spiediena 1000 m gāzesvadu posmu diametriem - DN 80 mm, DN 100 mm, DN 125 mm, DN 150 mm, DN 200 mm. Izmaksu salīdzinājums veikts, pamatojoties uz vidējām 2011. gada būvniecības izmaksām, tērauda caurulēm bez asfalta seguma atjaunošanas, dati apkopoti 4.1. tabulā un atspoguļoti 4.1. attēlā.

4.1. tabula

Cauruļvadu izmaksu samazinājuma kopsavilkums

Dabasgāzes spiediena starpība (bar)	Dabasgāzes patēriņš (m ³ /h)	Diametru samazinājums (mm)	Izmaksu samazinājums (LVL/1000 m)
5,5 / 4,5	2000	100 / 80	8 7300
5,5 / 4,5	4000	125 / 100	1 6900
5,5 / 4,5	6000	150 / 125	9 0900
5,5 / 4,5	8000	200 / 150	16 5800



4.1.att. Cauruļvadu diametru (mm) samazinājums modelētajām gāzes spiediena robežām

Pamatojoties uz darbā veiktajiem pētījumiem:

- pamatotu dabasgāzes patēriņu aprēķināšanai,
- optimālu gāzapgādes sistēmu parametru (diametrs, materiāls, spiediens, plūsmas apjoms) izvēlei,

secināts, ka iespējams ekonomēt būvniecības izmaksas jaunu sadales sistēmu izbūvei 15% apmērā.

Lai uzlabotu gāzapgādes plānojumu izstrādes, tehniski ekonomisko aprēķinu veikšanas kārtību, kā arī optimizētu būvobjektu gazifikācijas procesu sagatavoti šādi priekšlikumi sadales gāzapgādes sistēmu projektu sagatavošanai:

- noteikt dabasgāzes lietotāju grupas, pamatojoties uz pašvaldību teritorijas plānojumos noteikto atļauto izmantošanu - mazstāvu, daudzstāvu, jauktas, rūpniecības apbūvei,
- izmantojot ģeogrāfiskā informācijas sistēmu (GIS), kurā atspoguļota plānotā gāzapgādes sistēma, kā arī esošā kadastra informācija, ar poligonu palīdzību vienkāršot maksimālā klientu skaita aprēķināšanu individuālo dzīvojamo māju rajonos, konkrētā būvobjekta robežās,
- aprēķināt pamatotus dabasgāzes maksimālos stundas un gada patēriņus,
- izmantojot hidraulisko aprēķinu datorprogrammu OptiPlan modelēt optimālas gāzapgādes sistēmas, izvērtējot spiediena zudumus,
- gāzesvadu hidrauliskajās aplēsēs aprēķinātos sadales gāzesvadu parametrus (cauruļvadu diametru, materiālu, posma garumu)eksportēt uz Access datu bāzi un ar Excel programmas palīdzību sagatavot būvniecības izmaksu apjomus,
- veikt tehniski ekonomiskos aprēķinus, investīciju rentabilitātes noteikšanai.

SECINĀJUMI

1. Konstatēts, ka laika periodā līdz deviņdesmito gadu beigām Latvijas pilsētās izbūvēto augstā un vidējā spiediena sadales gāzesvadu (tranzīta un pamatnoslodzes cauruļvadu) diametri ir par 20% - 30 % liekāk nekā nepieciešams pašreizējai esošajai dabasgāzes slodzei – maksimālajam dabasgāzes stundas patēriņam (m^3/h):
 - pierādīts, ka aprēķinos piemēroti paaugstināti maksimālie stundas patēriņi, nav ņemta vērā dabasgāzes lietotāju iekārtu vienlaicīgā darbība, sezonālais princips,
 - sadales gāzesvadu diametri aprēķināti ar minimāliem spiediena zudumiem, kas būtiski palielina gāzesvadu diametrus.
2. Pēdējos piecos gados veiktā statistiskā analīze rāda, ka, paaugstinoties iekārtu lietderības koeficientiem un energoefektivitātei, kā arī papildus elektroenerģijas pieprasījumam, dabasgāzes gada patēriņi rūpniecībā un lauksaimniecībā samazinās, tajā skaitā mājāsaimniecībās par 16%.
3. Vidējais faktiskais gada patēriņš mājāsaimniecībām Latvijā ir - daudzdzīvokļu mājās - $65 m^3/a$, individuālās mājās - $2700 m^3/a$.
4. Darbā izstrādāta dabasgāzes sadales sistēmu parametru aprēķināšanas metodoloģija, uzlabota tehniski ekonomisko aprēķinu veikšanas kārtība:
 - izmantojot ģeogrāfiskās informācijas sistēmu (GIS), iespēja vienkāršot maksimālā klientu skaita aprēķināšanu dzīvojamo māju teritorijās,
 - veicot gāzesvadu aplēses ar datorprogrammu OptiPlan, aprēķinātos gāzesvadu parametru datus importēt uz Access datu bāzi un sagatavot būvniecības apjomus.
5. Pilnveidoto cauruļvadu ražošanas tehnoloģiju rezultātā, kas samazina polietilēna un metāla cauruļvadu iekšējo raupjumu un uzlabo gāzes regulēšanas iekārtu darbības tehniskos rādītājus, iespējams samazināt gāzes regulēšanas iekārtās ieejošā un izejošā gāzes spiediena starpību līdz 0,005 MPa, palielināt dabasgāzes caurplūdes apjomu, augstā spiediena gāzesvadu aprēķinu diametrus var samazināt no 7 līdz 10%,
6. Pamatotu dabasgāzes patēriņu aprēķināšanas un optimālu gāzapgādes sistēmu parametru (diametrs, materiāls, spiediens, plūsmas apjoms) izvēles rezultātā, iespējams ekonomēt būvniecības izmaksas jaunu sadales sistēmu izbūvei 15% apmērā.
7. Promocijas darba rezultāti izmantoti divu standartu grozījumu izstrādē - Latvijas Valsts standartā LVS 417:2011 "Gāzes sadales un lietotāju sistēmas. Ārējie gāzesvadi un regulēšanas iekārtas. Projektēšana", nozares standartā LV NS GS 26:2012 „Perspektīvās gāzapgādes plānojumu izstrāde”.

PUBLIKĀCIJAS

1. Laube I., Platais I. Experimental research of natural gas consumption// Proc. 5th annual conference of young scientists on energy issues „CYSENI 2008”, Kaunas, Lithuania, 29.05.2008. - 6. p. CD
2. Батраков А.Е., Лаубе И.С. Анализ коррозионных дефектов на магистральном газопроводе с пленочным покрытием// Тр. II-я Международная научная заочная конференция Российская Федерация, „Актуальные вопросы современной технологии”, Липецк, 02.10.2010. - с. 85-87.
3. Лаубе И.С., Батраков А.Е. Экспериментальное изучение стандартных потребления природного газа в Латвийской республике// Тр. II-я Международная научная заочная конференция Российская Федерация, „Актуальные вопросы современной технологии”, Липецк, 02.10.2010. - с. 278-284.
4. Батраков А.Е., Лаубе И.С. Расчет коррозионного повреждения на магистральном газопроводе с учетом анализа данных внутритрубной диагностики// Тр. II-я Международная научная заочная конференция Российская Федерация, „Актуальные вопросы современной технологии”, Липецк, 02.10.2010. - с. 87-90.
5. Лаубе И.С., Батраков А.Е. Инновационные технологии в энергоснабжении домашних хозяйств// Тр. III-я Международная научная заочная конференция „Актуальные вопросы современной технологии”, Липецк, 29.01.2011. - с. 51-56.
6. Davis A., Laube I., Bode I. Use of natural gas cogeneration at households// Proc. WEC Central & Eastern Europe Energy Forum “FOREN 2012”, Bucharest, 17. - 21.06.2012. - 10 p. CD
7. Bode I., Laube I., Platais I. Assessment of the technical condition of the system of distribution gas pipelines// Scientific Journal of RTU. 2 series., Būvzinātne, 2013.- 6 p. [Pieņemts publicēšanai]
8. Laube I. Bode I. Platais I. Energy efficient use of natural gas in cogeneration in households// Scientific Journal of RTU. 2 series., Būvzinātne, 2013. - 7 p. [Pieņemts publicēšanai]
9. Laube I. Bode I. Platais I. Methodology of Calculation Natural Gas Consumption// Scientific Journal of RTU. 2 series., Būvzinātne, 2013. - 10 p. [Pieņemts publicēšanai]
10. Dravnieks D., Preimate I., Laube I., u.c. Informatīvais ziņojums “Dabas gāzes piegādes infrastruktūras pieejamības paaugstināšanas iespējas Latvijas teritorijā”// Latvijas Republikas Ekonomikas ministrija, Rīga, 2007. - 8 lpp.
<http://195.244.155.183/lv/mk/tap/?pid=30336317>