



VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

STATYBOS FAKULTETAS

STATYBOS TECHNOLOGIJOS IR VADYBOS KATEDRA

Irma Adomavičiūtė

TECHNOLOGINIŲ VAMZDYNŲ KOKYBĖS UŽTIKRINIMO ANALIZĖ
ANALYSIS OF TECHNOLOGICAL PIPELINE QUALITY ASSURANCE

Baigiamasis magistro darbas

Statybos valdymo studijų programa, valstybinis kodas 62402T110

Statybos technologijos ir vadybos specializacija

Statybos inžinerijos mokslo kryptis

Vilnius, 2007

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS
STATYBOS FAKULTETAS
STATYBOS TECHNOLOGIJOS IR VADYBOS KATEDRA

TVIRTINU
Katedros vedėjas

(Parašas)

(Vardas, pavardė)

(Data)

Irma Adomavičiūtė

TECHNOLOGINIŲ VAMZDYNŲ KOKYBĖS UŽTIKRINIMO ANALIZĖ
ANALYSIS OF TECHNOLOGICAL PIPELINE QUALITY ASSURANCE

Baigiamasis magistro darbas

Statybos valdymo studijų programa, valstybinis kodas 62402T110

Statybos technologijos ir vadybos specializacija

Statybos inžinerijos mokslo kryptis

Vadovas doc. dr. Jonas Šaparauskas

Konsultantas _____

(Moksl. laipsnis, vardas, pavardė) (Parašas)
(Data)

Konsultantas _____

(Moksl. laipsnis, vardas, pavardė) (Parašas)
(Data)

Vilnius, 2007

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS
STATYBOS FAKULTETAS
STATYBOS TECHNOLOGIJOS IR VADYBOS KATEDRA

Technologijos mokslo sritis
Statybos inžinerijos mokslo kryptis
Statybos inžinerijos studijų kryptis

Statybos valdymo studijų programa, valstybinis kodas 62402T110
Statybos technologijos ir vadybos specializacija

TVIRTINU
Katedros vedėjas

(Parašas)

(Vardas, pavardė)

(Data)

**BAIGIAMOJO MAGISTRO DARBO
UŽDUOTIS**

.....Nr.
Vilnius

Studentei Irmai Adomavičiūtei

Baigiamojo darbo tema: „Technologinių vamzdinių kokybės užtikrinimo analizė“
patvirtinta 2007 m. 05.10 d. dekanų potvarkiu Nr. 28SF

Baigiamojo darbo užbaigimo terminas 2007 m. 06.04 d.

BAIGIAMOJO DARBO UŽDUOTIS:

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

Baigiamojo darbo rengimo konsultantai:

.....
.....
.....

(Moksl. laipsnis, vardas, pavardė)

Vadovas

.....
(Parašas)

.....
(Moksl. laipsnis, vardas, pavardė)

Užduotį gavau

.....
(Parašas)

.....
(Vardas, pavardė)

.....
(Data)

Vilniaus Gedimino technikos universitetas
Statybos fakultetas
Statybos technologijos ir vadybos katedra

ISBN ISSN
Egz. sk. 1
Data 2007-06-04

Statybos valdymo studijų programos baigiamasis magistro darbas

Pavadinimas **Technologinių vamzdynų kokybės užtikrinimo analizė**

Autorius **Irma Adomavičiūtė**

Vadovas doc. dr. **Jonas Šaparauskas**

Kalba
X

lietuvių
užsienio

Anotacija

Baigiamajame magistro darbe nagrinėjamos technologinių vamzdynų kokybės vertinimo problemos, kokybės užtikrinimo būtinumas ir priemonės tam tikslui pasiekti. Išnagrinėtas kokybės sąvokų supratimas įvairiose šalyse, pateikiami ISO serijos standartų privalumai ir minusai įmonėse, siekiančiose kokybės tobulėjimo. Išanalizuota užsienio šalių patirtis technologinių vamzdynų tiesimo bei eksploatavimo srityse. Remiantis sprendimų paramos sistemomis išanalizuotos dvi technologinių vamzdynų tiesimo alternatyvos ir parinktas racionalus variantas. Siekiant įvertinti technologinių vamzdynų kokybę, peržvelgus įvairias rekomendacijas, standartus, įstatymus, sudarytas kokybės kontrolės planas. Pateikiamos baigiamojo darbo išvados.

Darbą sudaro 7 dalys: įvadas, visuotinės kokybės ir standartizacijos samprata, technologiniai vamzdynai, įvairių medžiagų technologinių vamzdynų savybių analizė, technologinių vamzdynų gamybos ir montavimo kokybės kontrolės planas, išvados ir literatūros sąrašas.

Darbo apimtis – 90 p. teksto be priedų, 7 iliustr., 9 lent., 90 bibliografinių šaltinių.

Atskirai pridedami darbo priedai.

Prasminiai žodžiai: vamzdynai, technologiniai vamzdynai, daugiakriterė analizė, rodikliai, sprendinių paramos sistemos, kokybė, visuotinė kokybė, kokybės planas.

Vilniaus Gediminas technical university
Civil Engineering faculty
Construction Technology and Management department

ISBN ISSN
Copies No.
Date-....-....

Construction Management study programme bachelor (master) thesis.

Title: **Analysis of technological pipeline quality assurance**

Author **Irma Adomavičiūtė**

Executive dr. doc. **Jonas Šaparauskas**

Thesis language

☐

Lithuanian

☒

Foreign (English)

Annotation

Master's thesis analyzes issues of technological pipeline quality evaluation, assurance and means to achieve it. It analyzes various understandings of quality issues in several countries, provides ISO quality standard's advantages and disadvantages in companies who are seeking to improve their quality. Experience of various countries is analyzed and compared in construction and utilization of technological pipelines. Based on decision support systems two alternatives for construction of technological pipelines are analyzed and an optimum solution is chosen. During evaluation of quality of technological pipelines, various recommendations, standards and laws were evaluated. A plan of measures to control quality is suggested. Final practical implications are provided in conclusions of the thesis.

Structure of thesis (7 parts): introduction, concepts of total quality and standards, technological pipelines, evaluation of qualitative attributes of various materials in technological pipelines, quality control plan for construction of technological pipelines, conclusions and bibliography.

Thesis consists of 90 pages without appendixes, 7 illustrations, 9 tables and 90 bibliographical entries.

Appendixes included.

Keywords: pipelines, technological pipelines, multivariable analysis, measures, decision support systems, quality, total quality, quality plans.

TURINYS

TURINYS	6
PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS	8
LENTELIŲ SĄRAŠAS	9
IVADAS	10
1. VISUOTINĖS KOKYBĖS IR STANDARTIZACIJOS SAMPRATA.....	12
1.1. Kokybės sąvokų klasifikacija ir kategorijos	12
1.2. Kokybės išlaidos	15
1.3. Visuotinis dalyvavimas kokybės vadyboje.....	20
1.4. Standartizacijos pradžia pasaulyje ir Lietuvoje	22
1.5. Kokybės vadybos serijos standartai	23
2. TECHNOLOGINIAI VAMZDYNAI.....	27
2.1. Technologinių vamzdynų sąvoka	27
2.2. Technologinių vamzdynų elementai	28
2.3. Technologinių vamzdynų klasifikacija	29
2.4. Populiariausios vamzdynų medžiagos	30
3. ĮVAIRIŲ MEDŽIAGŲ TECHNOLOGINIŲ VAMZDYNŲ SAVYBIŲ ANALIZĖ	35
3.1. PVC vamzdynų savybių analizė	35
3.2. Plieninių vamzdynų savybių analizė.....	40
3.3. Daugiakriteris vertinimas.....	43
3.4. Daugiakriterių metodų taikymas.....	43
3.5. Daugiakriterių metodų klasifikacija.....	44
3.6. Rodiklių reikšmių ir reikšmingumų nustatymas	44
3.6.1. Rodiklių reikšmingumų nustatymas ekspertiniu metodu.....	45
3.6.2. Rodiklių reikšmingumų nustatymas ekspertiniu porinio lyginimo metodu.....	47
3.7. Technologinių vamzdynų daugiakriteris įvertinimas.....	50
3.7.1. DSS1 metodo modelio struktūra.....	50
3.7.2. Technologinių vamzdynų tiesimo racionalaus varianto parinkimo uždavinio formulavimas	54
4. TECHNOLOGINIŲ VAMZDYNŲ GAMYBOS IR MONTAVIMO KOKYBĖS KONTROLĖS PLANAS	59
4.1. Medžiagų priėmimas ir sandėliavimas	59
4.2. Vamzdinių mazgų gamyba	61
4.3. Neardantieji kontrolės metodai	66
4.3.1. Apžiūrimoji kontrolė.....	66
4.3.2. Radiografinė kontrolė	67
4.3.3. Metalų kietumo testas	68
4.3.4. Magnetinė kontrolė	70
4.3.5. Spalvinė kontrolė	71
4.4. Darbų pridavimas	72
4.5. Medžiagų ir vamzdžių ruošinių priėmimas ir sandėliavimas	73
4.6. Suvirinimo medžiagos	74
4.7. Vamzdyno montavimas	76
4.8. Suvirinimas	77
4.9. Darbų apžiūra ir bandymai.....	81
4.10. Neardantieji kontrolės metodai.....	82
4.10.1. Apžiūrimoji kontrolė.....	82
4.10.2. Radiografinė kontrolė	83
4.10.3. Metalų kietumo testas	84
4.10.4. Magnetinė kontrolė	85
4.10.5. Spalvinė kontrolė	86

4.11. Darbų pridavimas.....	87
IŠVADOS	89
LITERATŪRA	91
PRIEDAI.....	97

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

1 pav. Kokybės valdymo išlaidų struktūra	16
2 pav. Kokybės išlaidų pasiskirstymas įmonėse	18
3 pav. Visuotinis dalyvavimas visuotinės kokybės vadyboje	20
4 pav. Pardavimo apimtys kitimas ISO sistemas įdiegusiose smulkaus verslo įmonėse	26
5 pav. Įtempimų amplitudės ir ciklų priklausomybė	37
6 pav. Australijos nuovargio modelis; PVC-U pagal PACIA ir PVC-M adaptacija nuo PVC-U	38
7 pav. Bandinių formos	39

LENTELIŲ SĄRAŠAS

1.1 lentelė. Įvairių kokybės apibrėžimų klasifikacijų palyginimas	14
1.2 lentelė. Tipiniai išlaidų kokybei elementai	17
1.3 lentelė. Išlaidų kokybės matavimo būdų ir veiklų išlaidų apskaitos modelio palyginimas	19
2.1 lentelė. Medžiagų ir gaminių poreikis 1T plieninių technologinių vamzdynų gamybai	28
3.1 lentelė. Porinių palyginimų matrica (M1).....	47
3.2 lentelė. Antra (M2) matrica	47
3.3 lentelė. Trečia (M3) pagrindinio pertvarkymo matrica.....	48
3.4 lentelė. Technologinių vamzdynų parinkimo modelio bendra rodiklių sistema	56
3.5 lentelė. Sprendimo priėmimo matrica – technologinių vamzdynų tiesimo racionalaus projekto parinkimas	58

IVADAS

Dar senovėje žmonės patys to nežinodami susidurdavo su kokybės vertinimo problemomis. Kadangi tuo metu žmonių bendruomenių pagrindinės veiklos buvo žuvininkystė, medžioklė ir maisto rinkimas, tai norėdami sumedžioti didesnę žvėrį, greičiau pagauti žuvį, jie nuolat tobulindavo įrankius. Geresni įrankiai padėdavo žmonėms išgyventi. Taip pat vykdavo tarpusavio mainai – kuo kokybiškesni įrankiai, tuo didesnė tikimybė, jog pavyks juos išmainyti į kitus reikalingus daiktus. Viskas priklausydavo nuo paties žmogaus, nes medžiotojas būdavo ir gamintojas, ir tiekėjas, ir vartotojas.

Vėliau, vystantis civilizacijai, atsirado prekybiniai ryšiai. Žmonės negalėdavo kontroliuoti viso produkto gamybos, tiekimo proceso, jie tapo tik vartotojai. Tarp gamintojo ir vartotojo atsirado nauja grandis – tiekėjas. Štai tada ir prireikė apibrėžti kokybės sąvoką. Atsiranda pirmosios kokybės garantijos ir specifikacijos [90].

Šiais laikais kokybės sąvoka suprantama daug plačiau ir vartojama įvairesniame kontekste, nei tik prekybiniai santykiai. Kintant gyvenimo kokybei, kartu didėja ir reikalavimai, keliami paslaugų ir produktų kokybei. Vartotojai reikalauja, kad paslauga ar produktas, už kurią jie moka, atitiktų jų lūkesčius ir būtų atliekami taip, kaip numatyta. Gaminio pirkėjas ar paslaugos gavėjas tradiciškai pasikliauja kokybės tikrinimo bei vertinimo tarnybų darbu. Todėl suprantama, kad pageidaujamo lygmens produkto ar paslaugos kokybė gali būti pasiekama tik griežtai kontroliuojant visą gamybos procesą.

Kokybiškos produkcijos ar paslaugų poreikis kyla ne vien tik dėl klientų poreikio tenkinimo, tačiau vis dažniau ir atkakliau pradedama rūpintis gamtos išsaugojimu. Kokybė ir gamta – dvi tarpusavyje glaudžiai susijusios sąvokos, nors taip gali ir neatrodyti. Aplinką nuolat niokoja žmogaus ūkinė veikla, gamyklos į atmosferą išmeta tonas kenksmingų medžiagų. Norint išvengti gamtos sunaikinimo, būtina imtis atsargos priemonių, užtikrinti kokybišką darbo procesą, kokybišką, aplinkai nekenkiančią, produktų gamybą. Juk net šilumos tiekimas būstams gali tapti katastrofa aplinkai ir žmonėms, jei šiluma bus transportuojama nekokybiškomis trasomis. Taip pat nekokybiškais vamzdžiais transportuojama nafta gali išsilieti į gruntinius vandenius ir tuomet daugybė žmonių liktų be geriamojo vandens šaltinio ir būtų padaryta nepataisoma žala gamtai.

Technologiniai vamzdynai – vieni iš daugelio nepastebimų naudojamų įrenginių – vandens kolektorių, telefono linijų, naftos vamzdynų ir gamtinių dujų vamzdynų – išklotų po mūsų gatvėmis, per kaimynines šalis, sąjungas, dykumomas, miškus ar virš žemės. Tie patys vamzdynai mus aprūpina kuru, kad galėtumėm išgauti šilumą ir užsitikrinti gerovę. Vamzdynai taip pat naudojami naftos žaliavai transportuoti į naftos perdirbimo bei chemijos įmones.

Gamtinės dujos mūsų namams betarpiškai tiekiamos mažo skersmens vamzdžiais, nutiestais po gatvėmis, ar net po gazonu prie individualaus namo. Didelio skersmens vamzdynus lengva aptikti ten, kur yra tiekiamos dujos mūsų namams, pumpuojamas benzinas ar transportuojami kiti naftos produktai.

Dideliuose miestuose greta esamų kvartalų rekonstrukcijos plėtojama ir gyvenamųjų namų statyba, jai tenka skirti didelius žemės plotus naujose teritorijose. Užstatant naujas teritorijas svarbu teisingai ir kompleksiškai įvertinti visas technologines, ekologines ir technines ekonomines prielaidas, nustatyti gyvenamųjų mikrorajonų dydį ir užtikrinti visų inžinerinių komunikacijų plėtrą [37].

Technologinių vamzdynų kokybės užtikrinimas yra sudėtingas, daugiaprasmis uždavinys. Tik panaudojus šiuolaikines mokslo žinias, technologijas ir patirtį galima būtų išspręsti kokybės problematiką. Tačiau tam reikia išsamios informacijos, didelės patirties ir didelio noro.

Baigiamojo magistro darbo objektas – technologinių vamzdynų kokybės užtikrinimas.

Darbo tikslas ir uždaviniai

Pagrindinis darbo tikslas – technologinių vamzdynų kokybės užtikrinimo analizė, kurios pagrindu sudarytas technologinių vamzdynų kokybės kontrolės planas, leidžiantis užtikrinti kokybiškus vamzdynų gamybos, montavimo procesus bei padėsiantis kontroliuoti eksploataavimo priežiūrą. Šis planas padėtų ne tik rangovams kokybiškai atlikti vamzdynų tiesimo darbus, bet taip pat jis galėtų pasitarnauti ir užsakovams pasirenkant tinkamus rangovus, palyginus jų vamzdžių tiesimo kokybės užtikrinimo planus.

Siekiant darbo tikslo turi būti:

1. Išnagrinėtos kokybės, visuotinės kokybės ir vamzdynų kokybės sąvokos;
2. Nustatytos pagrindinės technologinių vamzdynų kokybės problemos;
3. Išanalizuoti vamzdynų kokybę apibūdinantys rodikliai ir jų sistemos;
4. Ištirti daugiatisliai metodai, jų taikymo galimybės ir parinktas tinkamiausias;
5. Sukurtas, aprašytas ir išbandytas kokybiškų vamzdynų tiesimo užtikrinimo modelis;
6. Sukurtas technologinių vamzdynų kokybės užtikrinimo planas.

1. VISUOTINĖS KOKYBĖS IR STANDARTIZACIJOS SAMPRATA

1.1. Kokybės sąvokų klasifikacija ir kategorijos

Kokybė ir kiekybė – dvi esminės žmogaus būties charakteristikos. Kokybė yra plati įvairiapusė sąvoka, todėl egzistuoja eilė gerai žinomų kokybės apibrėžimų:

- Japonų kompanijų senasis apibrėžimas [74]. „Atitiktis standartui laipsnis“.
- Wayne(1983) [73]. „Naudotojo pasitenkinimas“.
- Munro (1995) [70]. „Kokybė – sunkiai apibrėžiama sąvoka, egzistuojanti kaip resursų sudedamoji dalis“.
- Watson ir Korukonda (1995) [72]. „Kokybė – tai skirtingi daiktai (dalykai) skirtingiems žmonėms, atsižvelgiant į jų lūkesčius ir išsilavinimą“.
- Dalrymple ir Drew (2000) [71]. „Kokybė tai visuotinės kokybės valdymas, kokybės tobulinimo modelių kūrimas, defektinių lygių ir kokybinių savybių nustatymas, produktų ir paslaugų kokybės įvertinimas, terminų nusakymas“.
- Institute of Quality Assurance (2001) [74]. „Kokybė – tobulo laipsnis, apimantis visą tai, kas reikalinga jos tikslui“.

Kokybės apibrėžimai gali būti klasifikuojami pagal požiūrį į kokybę. Davidas Garvinas (Garvin, 1988), Wenmonth, Bryan A. [75] išskyrė 5 pagrindinius požiūrius į kokybę [19]:

1. Filosofinis (etinis [75]) požiūris;
2. Produkto kokybė;
3. Kokybė vartotojui;
4. Kokybė gamyboje;
5. Vertės požiūriu.

Filosofiniu požiūriu kokybiškas produktas yra pranašesnis už kitus produktus. Pavyzdžiui, dažnai teigiama, kad vienetinis gaminys, pagamintas rankomis, yra kokybiškesnis nei fabrikinės gamybos produktas [19, 20].

Kokybė vartotojui – tai vartotojo reikalavimų produktui atitikimo lygis. Ši vartotojo poreikiu pagrįsta kokybė susijusi su sąvokomis „tinkamumas vartoti“ arba „vartotojo patenkinimas“ [19].

Vartotoju pagrįsti apibrėžimai:

- Edwards (1968) [74]. Kokybė susideda iš gebėjimo patenkinti poreikius.
- Gilmore (1974) [74]. Kokybė yra laipsnis, kuriuo konkretus gaminys patenkina konkretaus vartotojo poreikius.

- Kuchen ir Day (1962) [74]. Gaminio kokybė priklauso nuo to, kiek gerai ji atitinka vartotojo pageidaujamą modelį.
- Juran (1988) [68]. Kokybė – tinkamumas naudojimui.
- Oakland (1996) [74]. Visuotinės kokybės šerdis – suvokti ir atitikti abiejų – vidinio ir išorinio vartotojo reikalavimus.

Produkto kokybė yra apibrėžtas, tikslus ir matuojamas dydis, o kokybės skirtumus atspindi kai kurių produkto savybių kiekybiniai skirtumai. Šiuo požiūriu geresnės kokybės produktai brangesni, nes pagaminti produktą, turintį daugiau savybių ir požymių, yra brangiau.

Kokybė gamyboje apibrėžiama kaip atitikimas iš anksto numatytų parametrų, kurie išreiškiami standartais, techninėmis sąlygomis ir kitais dokumentais. Bet koks nukrypimas nuo standartų yra defektas. Kokybė gamyboje pasiekama projektuojant procesą (patikimumo projektavimas) ir taikant statistinį proceso valdymą gamybos metu, prevenciškai pastebint nukrypimus nuo standartų ir taip išvengiant defektų [19, 20].

Gamyba ir paslauga pagrįsti apibrėžimai:

- Crosby (1979) [74]. Kokybė – atitikti reikalavimus.
- Price (1985) [74]. Daryk gerai iš pirmo karto.

Vertės požiūriu produktas yra kokybiškas, jei atitinka vartotojo keliamus reikalavimus ir pagamintas minimaliomis išlaidomis [19, 20].

Verte pagrįsti apibrėžimai:

- Broh (1982) [74]. Kokybė – tai pranašumo laipsnis, esant priimtina kainai ir kintamumo kontrolė už priimtinas sąnaudas.
- Faigenbaum (1983) [74]. Kokybė – tai konkretaus gaminio atitikimo projektui ar modeliui laipsnis.
- Novell ir Dale (1991) [74]. Kokybė turi būti pasiekta penkiose pagrindinėse srityse: žmonės, įrengimai, metodai, medžiagos ir aplinka pirkėjo poreikių atitikčiai užtikrinti.
- Kanji (1990) [74]. Kokybė – patenkinti pirkėjo reikalavimus nepertraukiamai.

Tarptautinis kokybės vadybos standartas ISO 9000:2000 kokybę apibendrintai apibrėžia taip: „Kokybė – turimųjų charakteristikų visumos atitiktis reikalavimams laipsnis“, t. y. ISO standartas kokybę apibrėžia kaip objekto (veiklos arba proceso) savybių visumą, leidžiančią jį tenkinti išreikštus ir numanomas vartotojų poreikius [2].

Taip pat kokybė apibrėžiama kaip momentinis suvokimas, kuris atsiranda, kai kažkas mūsų aplinkoje sąveikauja su mumis išankstiniame intelektualiam žinojime ir ateina prieš užvaldant racionaliai minčiai, sustatančiai viską į eilę. Šios eilės vertinimas ir yra vertinimas gera ar bloga kokybė [76].

Ruževičius [77] bei Anand [78] siūlo nepamiršti kad kokybės sąvoka yra ne statiška, o dinamiška ir jos suvokimas laikui bėgant keičiasi ir priklauso nuo sprendžiamų uždavinių specifikos bei kokybės objekto tipo. Ruževičius siūlo tokią kokybės apibrėžtį: tai visuma produkto savybių, lemiančių jo tinkamumą tenkinti išreikštus ir numanomas vartotojo poreikius nustatytomis produkto vartojimo (eksploatavimo) sąlygomis pagal to produkto paskirtį.

Dauguma mokslininkų teigia, jog kokybė turi būti orientuota į vartotoją. Tačiau Mark [79] pirmiausia kreipia dėmesį į patį gamybos procesą, į žmones, kurie gamina produkciją, teikia paslaugas ir teigia, kad kokybiška produkcija nuo konvejerių ims riedėti tik tada, kai žmonės pamils savo daromą darbą. Tokio žmogaus ne tik darbas taps kokybiškas, bet ir gyvenimas pasikeis į gerąją pusę. Kokybę autorius suvokia kaip produkcijos, paslaugos, gyvenimo stiliaus tobulumo siekimą. O kadangi tobulumas – nepasiekiamas idealas, tai siekimo procesas yra nesibaigiantis, negali būti jokio poilsio šioje srityje ir tai turi tapti manija.

Kokybė – į laiko rėmus netelpanti sąvoka, todėl stengiamasi skirtingas sąvokas sugrupuoti ir susisteminti, priskirti tam tikroms grupėms arba kategorijoms, kad būtų lengviau susiorientuoti tokioje daugybėje.

1.1 lentelė. Įvairių kokybės apibrėžimų klasifikacijų palyginimas [77]

Garvin, 1988	Dahlgaard et al., 1998	Reeves et al., 1994
Viršijanti kokybė (Transcendent quality) (absoliuti ir visuotinai pripažįstama per praeitį)	Išskirtinė kokybė (Exceptional quality) (tradicinių ir aukščiausių reikalavimų patenkinimas ar sutikimas su standartais)	Kokybė yra tobulas veikimas (Quality is excellence) (aukščiausių standartų siekimas)
Kokybė pagal produktą (Product - based quality) (dėmesys tam tikrų produkto ingredientų kiekiui ar jo savybėms)	Kokybė yra tobulumas ir pastovumas (Quality is perfection or consistency) (tikslus reikalavimų vykdymas, o ne aukštų standartų siekimas)	Kokybė yra vertė (Quality is value) (tam tikrų vartotojų reikalavimų vykdymas paisant tam tikrų kokybės ir kainos ribų)
Kokybė pagal vartotoją (User - based quality) (subjektyvi, kylanti iš individualių vartotojo polinkių ir poreikių)	Kokybė yra tinkamumas naudoti (Quality is fitness for purpose) (ryšys tarp produkto kokybės ir jo paskirties)	Kokybė yra reikalavimų atitikimas (Quality is conformance to specifications) (kiekybinių reikalavimų vykdymas)
Kokybė pagal gamybos procesą (Manufacturing - based quality) (reikalavimų ir techninių sąlygų vykdymas)	Kokybė yra vertė už pinigus (Quality is value for money) (reikalavimų įvykdymas piimtinomis sąnaudomis)	Kokybė yra vartotojų reikalavimų pasiekimas ir / ar viršijimas (Quality is meeting and / or exceeding customers' expectations) (dėmesys vidinių ir išorinių klientų poreikiams)
Kokybė pagal vertę (Value - based quality) (kokybė už tinkamą kainą)	Transformacinė kokybė (Transformative quality) (nuolatinė plėtra ir kokybės keitimas)	

Išanalizavus daugybę kokybės apibrėžčių galima išskirti tokias produkto kokybės kategorijas [20]:

- Pagrindinės produkto funkcijų charakteristikos;
- Antrinės produkto charakteristikos;
- Patikimumas;
- Ilgaamžiškumas;
- Gamintojo aptarnavimas;
- Estetiškumas.

Poreikiai dažniausia išreiškiami savybėmis su apibrėžtais rodikliais. Poreikiai apima funkcionavimo, vartojimo patogumo, patikimumo, saugos, ekologinius, ekonominius ir estetinius aspektus [2].

Nėra vienintelio bei išsamaus kokybės apibrėžimo. Autoriai vartoja įvairius kokybės apibrėžimus, išreiškiančius savitus tam autoriui svarbius kokybės požymius bei aspektus. Šie aspektai – tai atitikimas išlaidoms, tinkamumas vartoti, paskirties atitikimas, vartotojo patenkinimas ir atitikimas reikalavimams. Apibendrinant galima išskirti šiuos kokybės vertinimo aspektus [19]:

- Vartotojo išreikštų ar numanomų poreikių tenkinimas;
- Visuomenės reikalavimų tenkinimas;
- Patikimumo;
- Saugos.

1.2. Kokybės išlaidos

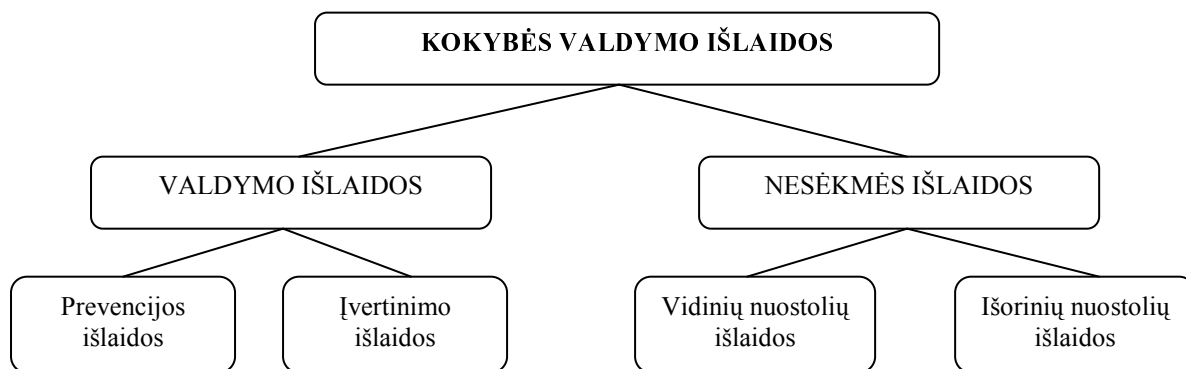
Nuomonė, kad geros prekės gali būti pagamintos tik didelių išlaidų sąskaita, taigi brangios, yra tradicinės vadybos mitas. Pažangiausia pasaulio patirtis paneigė šį mitą. Ateitis priklauso toms įmonėms ir organizacijoms, kurios sugebės patenkinti išrankiausių klientų esamus ir numatomus geros prekių arba paslaugų kokybės poreikius mažiausia kaina [20].

Taip pat pastebėta, jog įmonių pelningumas mažai tiesiogiai priklauso nuo bendrų išlaidų, jis tampa priklausomu nuo sugebėjimo pasiekti ir išlaikyti pasaulinio lygio kokybę, kurios vis dažniau reikalauja vartotojai [87].

Norint nustatyti, kiek įmonei kainuoja prasta jos veikla, išlaidas reikia skaičiuoti visose organizacijos grandyse, kadangi susijusios su kokybe veikloms palaikyti sunaudojama 20 ir daugiau procentų įmonės išteklių [87]. Norint atlikti tokią analizę visų pirma reikia suklasifikuoti išlaidas.

Kokybės išlaidos – tai priemonė, padedanti nustatyti optimalų investicijų lygį, skirtą kliento poreikiams tenkinti mažiausiomis jėgų sąnaudomis, profilaktiniam ar gamybiniam proceso vertinimui [88].

Kokybės išlaidas sudaro dvi iš principo skirtingos jų grupės: kokybės valdymo ir nesėkmės išlaidos (žr. 1 pav.) [73, 88].



1 pav. Kokybės valdymo išlaidų struktūra [73]

Prevencijos išlaidos – tai išlaidos, kurios susijusios su visuotinės kokybės vadybos sistemos kūrimu, įgyvendinimu ir priežiūra. Prevencijos išlaidos yra planuojamos ir susidaro prieš faktinį veikimą [87, 88].

Įvertinimo išlaidos – išlaidos žaliavų, procesų, tarpinių ir galutinių produktų bei paslaugų kokybės nustatymui, kad būtų garantuotas atitikimas keliamiems reikalavimams [87, 88].

Vidinių nuostolių išlaidos – tai išlaidos, kurios atsiranda kai darbo rezultatai nepasiekia planuotos kokybės ir tai nustatoma prieš pateikiant darbo rezultatą klientui [87, 88].

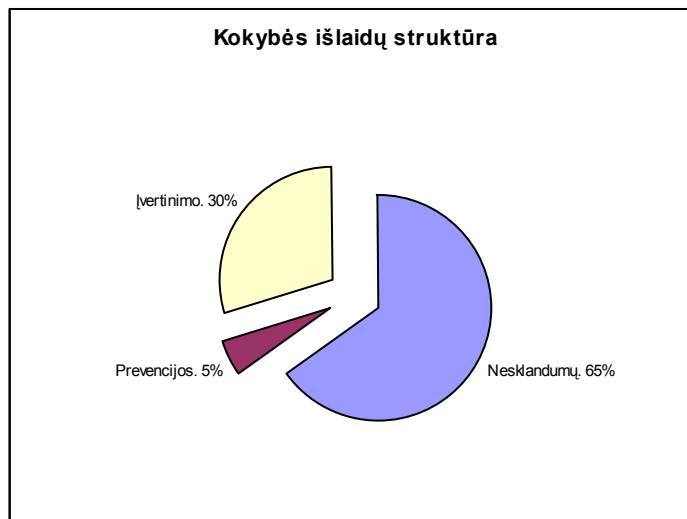
Išorinių nuostolių išlaidos – išlaidos, kurios atsiranda, kai produktai ar paslaugos nepasiekia planuotos kokybės, ir tai nėra nustatoma prieš produktų ar paslaugų pardavimą klientui [87, 88].

Norint apskaičiuoti sąnaudas kokybei, išlaidų kokybei elementai turi būti nustatomi remiantis prevencinių, įvertinimo, vidinių ir išorinių nesėkmių išlaidų kategorijomis. Keletas tipinių išlaidų kokybei elementų pateikti 1.2 lentelėje.

1.2 lentelė. Tipiniai išlaidų kokybei elementai [87]

Kategorijos	Išlaidų kokybei elementai
Prevencijos	Kokybės kontrolės ir gamybos proceso inžinerija
	Kontrolės prietaisų kūrimas ir tobulinimas
	Kokybės planavimas
	Gamybinių įrengimų priežiūra ir derinimas
	Kontrolės ir bandymų prietaisų priežiūra
	Tiekiamų žaliavų kokybės kontrolė
	Mokymai
	Valdymas, auditas, tobulinimas
Įvertinimo	Laboratorijos pripažinimas
	Kontrolė ir bandymai
	Kontrolė proceso metu (ne kontrolieriai)
	Pasiruošimas kontrolei ir bandymams
	Kontrolės ir bandymų medžiagos
	Produkcijos kokybės auditas
	Kontrolės ir bandymų duomenų analizė
	Medžiagų kokybės nustatymas
	Duomenų apdorojimas
Vidinės nesėkmės	Atliekos
	Perdarymas ir taisymas
	Gedimų šalinimas, defektų analizė
	Pakartotinė kontrolė ir bandymai
	Atliekos ir perdarymas dėl tiekėjo kaltės
	Keitimo leidimai ir nuolaidos
	Nukainavimas
Išorės nesėkmės	Klientų skundai
	Produkcijos grąžinimai
	Grąžintų medžiagų taisymas
	Garantinis aptarnavimas
	Kliento draugiškumo praradimas
	Pardavimų praradimas

Siekiant sužinoti, kokių nuostolių patiriama dėl nekokybiškos įmonės veiklos, nustatyti, kuriose įmonėse ar bet kurios kitos organizacijos grandyse susidaro didžiausių nuostolių dėl nekokybiškos veiklos, būtina apskaičiuoti ir analizuoti blogos kokybės išlaidas. Tokia analizė taip pat labai svarbi įgyvendinant kokybės vadybos projektus, norint išmatuoti veiklos kokybės tobulėjimo lygį pinigine išraiška.



2 pav. Kokybės išlaidų pasiskirstymas įmonėse [19]

Grondskis [87] atliko tyrimą, kurio metu nagrinėjo išlaidų kokybės apskaitos svarbą vadyboje. Šis tyrimas labai svarbus strategiškai, nes įmonių vadovai išlaidas naudoja pelnui nustatyti ir jam didinti. Tokia analizė labai svarbi dar ir tada, kai įgyvendinami kokybės vadybos projektai, norint pinigais išmatuoti veiklos kokybės tobulėjimo lygį, tačiau tyrimas įrodė, jog daugumai įmonių iki šiol neaišku, kas laikytina išlaidomis kokybei, kaip jas atskirti nuo kitų išlaidų, kaip jas tiksliai identifikuoti ir vesti jų apskaitą.

Straipsnyje [87] daug dėmesio buvo skirta kokybės išlaidų matavimo būdams. Atsižvelgiant į tai, pateiktos išlaidų kokybės apskaitos ir veiklos išlaidų apskaitos integracijos prielaidos ir galimybės. Didelis dėmesys skirtas apskaitos tobulinimo analizei, taikant procesinį išlaidų matavimo būdą ir veiklų išlaidų apskaitos bei veikla pagrįsto valdymo modeliui.

Kiekviena įmonė turėtų parengti kokybės valdymo išlaidų suskaičiavimo metodiką, pritaikyti ją specifinei savo veiklai. Organizacijos, norinčios kurti tokias sistemas, galėtų pasinaudoti kitų šalių patirtimi. Grondskis [87], Ball [88] pateikia kelis išlaidų kokybės matavimo būdus (1.3 lentelė).

1.3 lentelė. Išlaidų kokybės matavimo būdų ir veiklų išlaidų apskaitos modelio palyginimas [87, 88]

Palyginimo aspektai	Išlaidos kokybei		ABC modelis
	PĮN būdas (prevencijos - įvertinimo - nesėkmės)	Procesinis išlaidų būdas	
Orientacija	Orientuotas į veiklą	Orientuotas į procesą	Orientuotas į veiklą (išlaidų priskyrimo ašis) Orientuotas į procesą (proceso ašis)
Veiklų / išlaidų kategorijos	Prevenciniai Įvertinimo Vidinės nesėkmės Išorinės nesėkmės	Atitiktis Neatitiktis	Vertę pridedančios Vertės nepridedančios
Pridėtinių išlaidų traktavimas	Nėra vienodo metodo paskirstyti pridėtines išlaidas išlaidų kokybei, elementams, taikant paplitusias išlaidų kokybei matavimo sistemas ir tradicinę išlaidų apskaitą		Pridėtinės išlaidos priskiriamos veikloms išteklių nešėjų pagalba pirmajame ABC
Išlaidų priskyrimas jų susidarymo šaltiniams	Nėra tinkamo metodo priskirti išlaidas kokybei jų susidarymo šaltiniams		Veiklų išlaidos priskiriamos išlaidų objektams veiklos nešėjų pagalba antrajame ABC modelio išlaidų priskyrimo ašies etape
Tobulinimo objektai	Su išlaidomis kokybei susijusios veiklos	Procesai / veiklos	Procesai / veiklos
Priemonės tobulinimui	Kokybės rateliai, proto šturmas, priežasčių - pasekmių analizė, žuvies kaulo diagrama, jėgų lauko analizė		Proceso / veiklos vertės analizė, įvykdymo įvertinimas, lygiavimasis, išlaidų nešėjų analizė
Gaunama informacija	Išlaidų elementai pagal PĮN kategorijas. Suminės išlaidos kokybei ir išlaidos pagal PĮN kategorijas	Tiriamų procesų atitikties išlaidų ir neatitikties išlaidų elementai. Suminės proceso išlaidos, procesų atitikties išlaidos ir neatitikties išlaidos.	Veiklų ir procesų išlaidos. Vertės pridedančių ir vertės nepridedančių veiklų išlaidos. Įvairių išlaidų objektų (pvz., produktų, padalinių, klientų ir paskirstymo kanalų) tikslios išlaidos. Veiklų įvykdymo įvertinimas. Veiklų išlaidų nešėjai
Vadybos metodika	Visuotinės kokybės vadyba (VKV)		Veiklomis pagrįstas valdymas (ABC)

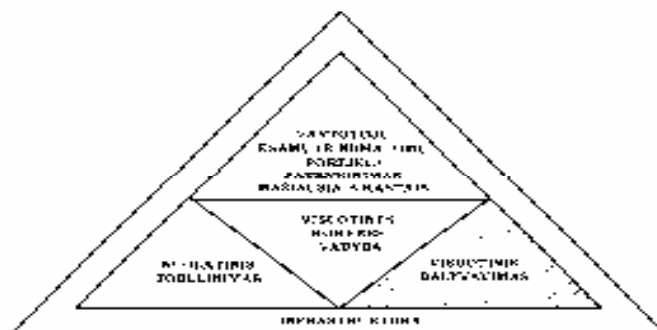
Tačiau Ball [88], išanalizavęs keturias didžiąsias užsienio įmones, pabrėžia, kad reikia ieškoti optimalaus varianto tarp kliento patenkinimo ir išlaidų kokybei. Nebūtina investuoti beproteiškai daug, jei vis tiek kliento lūkesčiai yra didesni nei kompanijos galimybės. Dažniausiai pigiau yra rasti naujų klientų nei išlaikyti senuosius. Kaip svarbiausią didžiųjų kompanijų išlaidų kokybei valdymo blogybę Ball'as pabrėžia nuolatinį investavimą į naują kokybę, pamirštant reguliuoti senąją. Nereikia pamiršti, kad labai dažnai investicijų sumažinimas vienoje gamybos grandyje padidina išlaidas kitoje grandyje. Norint išlaikyti kokybę, būtina nuolat ją kontroliuoti, nustatyti priemones kokybės išlaikymui, gerinimui, atlikti duomenų monitoringą.

Tačiau ne visada yra siūloma tik nustatinėti kokybę užtikrinančių elementų sistemą. Isaksson [89] siūlo kaip tik atvirkštinį variantą – nustatyti kokybei kenkiančių elementų, didinančių išlaidas kokybei sistemą. Šią sistemą siūlo suskirstyti į ekonominių, ekologinių ir socialinių elementų grupes, kurias sudaro tradicinės blogos kokybės išlaidos, paslėptos blogos kokybės išlaidos, prarastas pelnas, klientų praradimas ir socialinės – ekonominės išlaidos.

Savo darbe jis analizuoja, kaip galima kiekybiškai aprašyti nekokybiškos produkcijos vertę įmonės išlaidoms ir tokių išlaidų poveikį visai organizacijos veiklai. Kokybei kenkiantys, kaip ir kokybę gerinantys veiksniai, buvo pripažinti dinamiškais ir laike kintančiais elementais. Išanalizavus trijų gamyklų kokybei kenkiančių elementų sistemas, buvo padarytos išvados, jog įmonės per mažai investuoja į kokybės gerinimą, taip kenkdamos ne tik savo produkcijos vardui, bet net ir aplinkosaugai. Dauguma įmonių tiesiog nebuvo įvertinusios kokybės prevencinių priemonių tiesioginėse savo išlaidose.

1.3. Visuotinis dalyvavimas kokybės vadyboje

Visuotinis dalyvavimas nuolatinio tobulinimo procese, siekiant patenkinti vartotojų poreikius ir lūkesčius mažiausiomis išlaidomis, yra itin svarbi visuotinės kokybės vadybos dalis (3 pav.) [20].



3 pav. Visuotinis dalyvavimas visuotinės kokybės vadyboje [20]

Bet kuriame versle reikia trijų pagrindinių išteklių: kapitalo, fizinių išteklių ir žmogiškųjų išteklių. Žmogiškieji ištekliai yra vieninteliai ištekliai, kurių konkurentai negali nukopijuoti. Norint patenkinti išorinių vartotojų poreikius, pirmiausia reikia patenkinti vidinių vartotojų poreikius – darbuotojams turėtų būti sudarytos sąlygos augti, ugdyti savo asmenybę, ugdyti kūrybiškumą, deramai užsidirbti [19].

Šiais laikais esant didelei konkurencijai daugybė įmonių suprato, jog norint išlaikyti klientus bei prisivilioti naujus būtina gerinti produkcijos kokybę, taip pat mažinti savikainą ir

didinti gamybos našumą. Įmonės buvo priverstos imtis kokybės kontrolės, kuri pagrįsta matematinės statistikos metodais.

Norint rinkoje išlaikyti konkurencingumą, būtina nuolat ieškoti alternatyvių kokybės kontrolės metodų – kokybės valdymo. Pastaruoju metu visame pasaulyje paplito kokybės valdymo modeliavimas. Sudarius kokybės kontrolės modelį palengvinamas kokybės diegimo procesas pačiai įmonei, taip pat jau įdiegus kokybės valdymą, numatomos reguliavimo priemonės.

Dažniausiai kuriami modeliai vieni nuo kitų mažai kuo tesiskiria. Visi jie sudaryti iš tų pačių pagrindinių dalių, grindžiamų E. Deming, J. M. Juran, K. Ishikawa, F. Krosbio pasiūlytais kokybės valdymo modeliais, tik skiriasi jų traktavimas bei įgyvendinimo būdai [75, 80, 81].

Teck Penland [80] siūlo modelį, padėsiantį įmonėms sėkmingai integruoti kokybės valdymo sistemą į visos įmonės valdymo sistemą. Jo teigimu, norint sėkmingai įdiegti kokybės valdymo sistemą būtina turėti:

- Ilgalaikę lanksčią įmonės strategiją;
- Ryškų, motyvuotą lyderį;
- Aiškią perspektyvą;
- Palankią įmonės vidaus kultūrą.

Iš šių sąlygų autorius svarbiausiomis laiko lyderystę ir vidaus kultūrą. Nes teisingas lyderis visada atsižvelgia į pavaldinių nuomonę, bet moka parodyti jų vietą, o esant palankiai vidaus kultūrai, žmonės jaučiasi saugūs darbe, todėl gali laisviau mąstyti ir taip gimsta genialios mintys.

Dr. Halim Kazan [81] siūlo kur kas detalesnį kokybės valdymo modelį nei jo kolega, tačiau šis modelis daugiau taikytinas pramonės įmonėse nei paslaugų srityje. Procesų ir kokybės modelis (PAQM) dėka daugybės metodologijų skirtas įgyvendinti kokybės diegimo programą arba tiesiog pagerinti jau esamą.

PAQM sudarytas iš septynių modulių:

1. Identifikuoti įmonėje vykstančius procesus, technologijas ir dirbamą darbą;
2. Identifikuoti klientus ir jų reikalavimus, lūkesčius, kokybės suvokimą;
3. Apibrėžti kokybę;
4. Identifikuoti kokybės charakteristikų vienetų;
5. Įvertinti procesų eigą ir kokybės standartus;
6. Patobulinti procesus;
7. Kontroliuoti ir vykdyti monitoringą.

Paskutiniai keturi moduliai reikalingi tam, kad palengvintų nepertraukiamą tobulinimąsi ir gamybinių procesų valdymą. Visų modulių dėka modelis apima procesų identifikavimą, įvertinimą ir kontrolę.

Kuriant organizacijos veiklos kokybės gerinimo strategijas (strategija – sprendimų metodas, lemiantis ir atskleidžiantis kompanijos tikslus, politiką ir planus patenkinti vartotojų poreikius), kyla klausimas, ką reikia lygiuoti, ko reikia siekti? Yra keletas šių siekių variantų, vienas iš jų – lygiavimasis su kitų geriausių kompanijų veiklos kokybe, t. y. lygio žymėjimas, ISO 9000 2000 metų versijos kokybės vadybos šeimos standartai, šeši sigma metodologija, kokybės apdovanojimai [19].

Tačiau neužtenka vien tik įgyvendinti visuotinės kokybės valdymą įmonėje. Norint tikrai priversti šią sistemą veikti, būtina nuolat atlikti monitoringą. Kaip parodė tyrimų duomenys [82], net ir geriausia sistema neprižiūrima nustoja funkcionuoti.

Zakaria Abas [82] savo darbe analizuoja ryšį tarp visuotinės kokybės valdymo, strateginio valdymo ir organizacinio darbo. Visų pirma autorius nustato ryšį tarp visuotinės kokybės valdymo ir strateginio valdymo. Tada tyrimų žvilgsnis nukrypsta į strateginio valdymo ir organizacinio darbo santykį. Išanalizavęs ryšį tarp visuotinės kokybės valdymo ir organizacinio darbo, mokslininkas bendrai aptaria visuotinį kokybės valdymą, strateginį valdymą ir organizacinį darbą ir sudaro modelį, kuris atspindi jų tarpusavio ryšį. Šis ryšys gali kisti, o tas pokytis paaiškinamas tikimybių teorijomis. Tikimybių teorija argumentuoja valdymo sistemų planavimą ir naudojimą, kurios numatytos organizacijos ilgalaikėje strategijoje. Šis modelis bus veiksmingas tik tuomet, jeigu vykstant pokyčiams organizacijoje, valdymo sistemos sugebės prisitaikyti. Taigi Zakaria modelis įrodo, kad visuotinės kokybės valdymo sistema efektinga tik tuomet, kai vykdoma kontrolė ne tik kokybės srityje, bet visos organizacijos mastu.

1.4. Standartizacijos pradžia pasaulyje ir Lietuvoje

Standartizacija atsirado senais laikais, tik nebuvo konkrečiai įvardijama. Vartotojai reikalauja produktų, kurių charakteristikos tenkina jų poreikius ir lūkesčius. Organizacijos, norėdamos išlaikyti esamus ir prisivilioti būsimus klientus, stengėsi kurti produkciją, kuri atitiktų klientų norus. Konkuruojančios įmonės, norėdamos pervilioti klientus, gamindavo tokią pačią produkciją (atitinkančią tuos pačius reikalavimus), tik mažesnėmis kainomis. Kadangi vartotojo poreikiai bei lūkesčiai keičiasi, yra konkurencija ir tobulėja technika, organizacijos yra priverstos nuolatos gerinti savo produktus ir procesus. Dažnai klientai susidurdavo su dilema – kuris produktas yra geresnis, kurį rinktis, kad būtų patenkintas

optimalus kokybės ir kainos santykis, buvo pradėta vienodinti kokybės reikalavimus. Dabar klientas, žinodamas, kokios prekės jam reikia, gali rinktis prekes tik pagal kainą, nes produktai, atitinkantys tuos pačius standartus, atitinka ir tuos pačius kokybės reikalavimus.

Lietuvoje po Nepriklausomybės atkūrimo 1990 metų balandžio dvidešimt penktą dieną buvo įsteigtas standartizacijos departamentas, kurio pagrindinis tikslas – kurti nacionalinę standartizacijos sistemą ir atstovauti tarptautinėse organizacijose Lietuvai. Tai sudarė galimybę Europos standartus priimti kaip savus, aišku, taip pat rengti pamatinius Lietuvos standartus [20].

Lietuvos kokybės vadybos supratimas, šio vadybos metodo išmanymas yra ISO 9000 šeimos standartų lygmens. Šiuo metu Lietuvoje iš viso sertifikuota 262 įmonės pagal LST EN ISO 9001:2001, 113 įmonių pagal LST EN ISO 14001:2005 ir 2 įmonės pagal LST 1977:2005 (BSI-OHSAS 18001:1999) standartų reikalavimus [43]. ISO 9000 šeimos standartai, pradėti taikyti 2000 metais, yra tikrai svarbus tvirtas pamatas visuotinės kokybės vadybai įgyvendinti, jeigu tai daroma ne formaliai, o keičiant organizacijos kultūrą [19].

1.5. Kokybės vadybos serijos standartai

Kokybės teoretikas Kinni [69] yra pasakęs: „Jeigu ISO 9000 būtų liga, tai ji būtų epidemija“.

Kaip atsakas EMAS (aplinkosaugos vadybos ir audito sistema – tai savanoriška sistema bendrovėms, pageidaujančioms įvertinti ir pagerinti savo aplinkosaugos programą) išleisti pirmieji ISO.

ISO 9000 kokybės vadybos serijos standartus rengia Tarptautinė standartizacijos organizacija (The International Organization for Standardization – ISO).

Tarptautiniai kokybės vadybos standartai įteisinti Europos Sąjungoje. Taip pat šie standartai taikomi Japonijoje, Šiaurės ir Pietų Amerikoje, Naujojoje Zelandijoje, Australijoje – praktiškai visame pasaulyje [20].

1995 m. jie buvo išversti į lietuvių kalbą ir įteisinti Lietuvos nacionaliniais standartais – LST. Taigi Lietuvoje vartojamų kokybės vadybos tarptautinių standartų visas pavadinimas yra LST EN ISO [19, 20].

Šie tarptautiniai standartai nustato kokybės vadybos sistemos (KVS) reikalavimus ir gali būti naudojami organizacijose, siekiančiose užtikrinti kliento patenkinimą vykdant kliento ar kitus reglamentuojamus reikalavimus.

Yra šie pagrindiniai ISO 9000:2000 šeimos standartai [20]:

- ISO 9000:2000 Kokybės vadybos sistemos. Pagrindai, terminai ir apibrėžimai. Šiame standarte aprašomi kokybės vadybos sistemų pagrindai, pateikiami kokybės vadybos sistemų terminai ir apibrėžimai.

Šis tarptautinis standartas taikomas [2]:

- Organizacijoms, siekiančioms privalumų, įgyvendinant kokybės vadybos sistemą.
- Organizacijoms, siekiančioms neapvilti tiekėjų lūkesčių, kad reikalavimai produktui būtų patenkinti.
- Produktų vartotojams.
- Tiems, kurie nori suprasti terminiją, vartojamą kokybės vadyboje (pvz.: tiekėjai, vartotojai, reglamentų rengėjai).
- Tiems vidaus ir išorės subjektams, kurie vertina kokybės vadybos sistemą ar atlieka atitikties ISO 9001 reikalavimams auditą (pvz.: auditoriai, reglamentų rengėjai, sertifikavimo ar reglamentų rengimo įstaigos).
- Tiems vidaus ir išorės subjektams, kurie teikia tinkamus organizacijai patarimus ar organizuoja mokymą, susijusį su kokybės vadybos sistema.
- Susijusių standartų rengėjams.

- ISO 9001:2000 Kokybės vadybos sistemos. Reikalavimai. Šiame standarte nustatyti kokybės vadybos sistemų reikalavimai, kai organizacijai reikia parodyti savo sugebėjimus nuolat tiekti produktus, atitinkančius kliento bei atitinkamus privalomuosius reikalavimus.

- ISO 9004:2000 Kokybės vadybos sistemos. Veiklos gerinimas. Rekomendacijos. Šis standartas pateikia rekomendacijas kokybės vadybos sistemų rezultatyvumui ir efektyvumui didinti. Šio standarto paskirtis – organizacijos veiklos gerinimas ir klientų bei kitų suinteresuotų šalių patenkinimo didinimas, aprėpiant platesnę kokybės vadybos sistemos perspektyvą.

- ISO 19011 pateikia rekomendacijas kokybės ir aplinkos apsaugos auditams atlikti.

ISO 9000:2000 šeimos standartai pagrįsti šiais kokybės vadybos principais:

- Orientavimasis į vartotoją;
- Lyderystė;
- Darbuotojų įtraukimas;
- Procesinis požiūris;
- Sisteminis požiūris į vadybą;
- Nuolatinis gerinimas;
- Faktais pagrįstų sprendimų priėmimas;
- Abipusiškai naudingi ryšiai su tiekėju.

Kokybės vadybos sistemos gali padėti organizacijoms siekti, kad vartotojai būtų kuo labiau patenkinti. ISO 9000 serijos standartuose reikalavimai kokybės vadybos sistemoms atskirti nuo reikalavimų produktams.

Reikalavimai, skirti kokybės vadybos sistemoms, apibrėžti ISO 9001. Šie reikalavimai yra bendri ir tinka visų pramonės bei ekonomikos sričių organizacijoms, nesvarbu, kokia jų siūlomų produktų kategorija. ISO 9001 nenustato reikalavimų produktams.

Reikalavimus produktui gali nustatyti vartotojas arba organizacija, remdamiesi vartotojo ar reglamentų reikalavimais. Reikalavimai produktui ir kai kuriais atvejais su jais susijusiems procesams gali būti pateikti, pavyzdžiui, techninėse specifikacijose, produkto standartuose, procesų standartuose, sutartyse arba reglamentuose [2].

Visi šie standartai sudaro darnią kokybės vadybos sistemos standartų grupę, padedančią kurti savitarpio supratimą nacionalinėje ir tarptautinėje prekyboje. Yra ekonominės analizės rezultatų, kurie rodo, kad kokybės vadybos sistemų, atitinkančių ISO 9000 serijos standartų reikalavimus, įgyvendinimas padeda sumažinti savikainą iki 20 % ir padidinti gamybos apimtį, t. y. produkcijos paklausą, kartais net iki 40 % [19].

Tačiau net ir įdiegti ISO serijos standartai negarantuoja įmonės kokybiško, efektyvaus darbo. Labai dažnai įmonės ISO diegia tik norėdamos pagerinti organizacijos įvaizdį, o vadybos sistema tampa tiesiog oficialiu, nenaudojamu dokumentu. Kokybės lygis lieka toks pat kaip ir prieš ISO.

Šį teiginį puikiai iliustruoja atliktas tyrimas su Lietuvos standartizacijos departamento sertifikuotomis įmonėmis [84]. Tyrimo tikslas – ištirti Lietuvos organizacijas, įdiegusias standartizuotas vadybos sistemas, ir nustatyti, kaip jos išnaudoja ISO serijos standartų teikiamas galimybes ir palyginti su užsienio valstybių įmonėmis. Tyrimui atlikti buvo pritaikyti literatūros analizės, matematiniai – statistiniai (nuokrypių, koreliacijos skaičiavimas ir kt.) metodai.

Išanalizavus straipsnyje [84] pateiktą medžiagą galima būtų padaryti tokias išvadas:

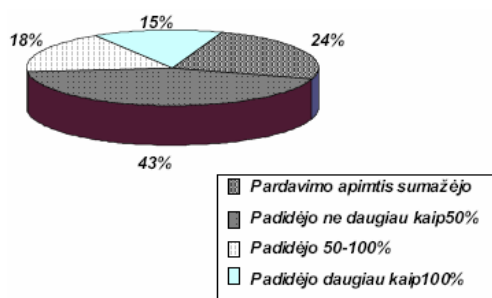
1. ISO standartai gali būti taikomi įvairiam organizacijų tipui ir jie tik patvirtina organizacijų verslo vadybos aukštą lygį, bet jokių būdų negarantuoja organizacijos sėkmės.
2. Dažniausiai ISO 9000 serijos standartai diegiami dėl vidinių (sąnaudų mažinimas, procedūrų gerinimas) bei išorinių (klientų spaudimas, įvaizdžio gerinimas ir pan.) priežasčių.
3. Palyginus tyrimo rezultatus su užsienio šalių organizacijų patirtimi pastebėta, kad net sertifikuotos Lietuvos organizacijos pasiekusios nepakankamą vadybos lygį, kad efektyviai išnaudotų visas ISO standartų teikiamas galimybes.

Labai panašias išvadas padarė ir Urbonavičius [85] atliktame tyrime. Savo straipsnyje jis analizavo ISO sistemų diegimo smulkiose ir vidutinio dydžio įmonėse tendencijas,

dėsningumus, motyvus, patirtį, naudodamas sisteminę ir lyginamąją analizę, apklausą, giluminį interviu, literatūros šaltinių analizę bei sintezę. Įvertino šiame procese pasireiškiančius veiksnius ir numatė perspektyvas.

Tyrimas buvo atliktas trijose Baltijos šalyse (Estijoje, Latvijoje, Lietuvoje) ir aprėpia 8 metų laikotarpį. Taikant dviejų interviu su kiekvienos konkrečios įmonės vadovais metodiką, atskirai analizuoti motyvai, skatinantys įdiegti ISO serijos standartus, ir jau įdiegtos sistemos nauda. Dažniausiai pasitaikantis motyvas – ISO diegiamas norint pagerinti rinkodarą. Tiek motyvai, tiek nauda, palyginti su objektyviais kiekybiniais įmonių veiklos rezultatais, parodė didelį įmonių vadovų kokybinių vertinimų neatitikimą. Taip pat labai skyrėsi vadovų motyvacijos, skatinančios diegti ISO.

Savaime persasi išvada, kad ISO sistemos diegimas yra ne tiesioginis įmonės veiklos rezultatų kitimo veiksnys, o prielaida. Tai puikiai iliustruoja 4 pav. Smulkaus verslo įmonės ISO diegiasi dažniausia tiesiog tikėdamos, jog tai užtikrins įmonės raidos stabilumą ir sušvelnins neigiamų veiksnių įtaką.



4 pav. *Pardavimo apimtys kitimas ISO sistemas įdiegusiose smulkaus verslo įmonėse* [85]

Specializuotų įmonių darbo instrukcijos yra specifinės, kadangi, norėdamos užtikrinti savo produktų ar paslaugų kokybę, jos privalo laikytis dar ir papildomų norminių dokumentų reikalavimų, kurie neprivalomi kitoms, ne tokio specifinio pobūdžio, organizacijoms. Pavyzdžiui, įmonės, atliekančios technologinių vamzdynų gamybos ir montavimo darbus, turi ypač rūpestingai prižiūrėti savo produkcijos kokybę, nes vamzdynų gedimas gali sukelti net ekologinę katastrofą (pvz., laiku nelikvidavus sprogusio naftotiekio pasekmių), todėl būtinas technologinių vamzdynų kokybės kontrolės planas.

Rengdama savo darbą autorė analizavo technologinių vamzdynų gamybos, montavimo ir eksploatavimo kokybės užtikrinimo problematiką. Šio sudėtingo proceso valdymui remdamasi norminiais standartizacijos reikalavimais ir kokybės vadybos standartais sudarė technologinių vamzdynų kokybės kontrolės planą, kuris ir atspindi pagrindinius technologinių vamzdynų kokybės valdymo principus.

2. TECHNOLOGINIAI VAMZDYNAI

Kiekvienas žino, kur yra vietinė benzino kolonėlė, kad namai gali būti šildomi naftos produktais ar dujomis. O ar mes žinome, kad šie produktai į mūsų namus atkeliauja iš labai toli, iš naftos gamyklų technologiniais magistraliniais vamzdynais?

2.1. Technologinių vamzdynų sąvoka

Šiuolaikinių miestų, taip pat didesnių pramonės įmonių požeminis ūkis yra sudėtinga sistema. Ją sudaro įvairios paskirties inžineriniai tinklai (komunikacijos) su įranga ir bendri įvairių tinklų kolektoriai. Visuose didesniuose miestuose ir gyvenvietėse yra vandentiekis, nuotakynai, centralizuotas šilumos, dujų ir elektros tiekimas, telekomunikacijos. Sparčiai plėtojantis mokslui ir technikai miestų požeminis ūkis neatpažįstamai pasikeitė [37]. Projektuoti, statyti ir eksploatuoti sudėtingą požeminių inžinerinių tinklų sistemą reikia aukštos kvalifikacijos inžinerinio techninio personalo.

Magistraliniai vamzdynai priskiriami prie potencialiai pavojingų įrenginių. Jų bendruosius projektavimo, statybos (tiesimo, montavimo) ir eksploatavimo priežiūros principus nustato LR įstatymas [21].

Vamzdynas – įrenginys, susidedantis iš glaudžiai tarpusavyje sujungtų vamzdžių, vamzdynų detalių, apsauginės – reguliuojančios aparatūros, kontroliuojančios – matuojančios aparatūros, automatikos priemonių, apsaugų ir tvirtinimų, šiluminių ir antikoroziinių detalių bei izoliacijos medžiagų. Vamzdynas skirtas kietų, skystų ir dujinių medžiagų transportavimui [21].

Technologiniams vamzdynams priskiriami vamzdžiai, esantys pramoninėse įmonėse, kurie skirti transportuoti įvairias medžiagas, t. y. įvairios agresyvios, gamybinės atliekos, reikalingos technologiniams procesams arba įrenginių eksploatacijai [21].

Technologiniams vamzdynams tenka didelės apkrovos: slėgio (nuo visiško vakuumo iki 250MPa), temperatūros (nuo -253 °C iki +700 °C ir didesnės), transportuojamų medžiagų bei pačių vamzdynų svorį, armatūros svorį, vibraciją bei vėjo apkrovas, grunto slėgį. Be to, atskiruose vamzdžio ruožuose gali atsirasti laikinosios apkrovos nuo netolygių temperatūros svyravimų bei apsauginės armatūros užsikimšimo ar trinties į jas [16].

Išanalizavus literatūros šaltinius, autorė padarė išvadas, jog vamzdynų gamybos ir montavimo sąlygos priklauso nuo: naudojamų medžiagų įvairovės, vamzdynų trasos tiesumo, vamzdžių tipo, jų diametro bei sienelių storio; transportuojamų medžiagų agresyvumo bei aplinkos sąlygų; vamzdžio tiesimo būdo (tranšėjinis, netranšėjinis, kanaluose, tuneliuose, ant atramų, estakadose, ant technologinių įrenginių, taip pat įvairiame aukštyje bei sąlygomis,

nepatogiomis gamybos darbams; sandūrų skaičiaus, vamzdynų detalių, armatūros, kompensatorių, kontroliuojančios – matuojančios konstrukcijos) [21].

Norint sumontuoti 1T plieninio vamzdyno reikia apie 22 % pagalbinių detalių nuo viso vamzdyno masės [16].

2.1 lentelė. Medžiagų ir gaminių poreikis 1T plieninių technologinių vamzdynų gamybai [16]

Pavadinimas	Vamzdyno tipas			
	Vidaus		Išorės	
	kg	vnt	kg	vnt
Vamzdžiai	810		968	
Nuovados	97	16,5	9,7	1,65
Trišakiai	5	0,8	0,5	0,05
Perėjimai	5,5	2,1	0,5	0,2
Vožtuvai	2,3	1,5	0,2	0,15
Flanšai	48	5,5	4,8	0,55
Varžtai, veržlės, smeigės	12		1,2	

Vamzdynai turi būti patikimi eksploatuojant, nes net menkiausias gedimas vamzdyne, kuris neturi atsarginės šakos, gali privesti prie avarijos ir visiško technologinių procesų sustabdymo gamybiniame objekte.

Norint užtikrinti tinkamą vamzdynų funkcionavimą, būtina:

- Projektuojant vamzdynus atsižvelgti į jo darbo sąlygas ir aplinką; išrinkti reikalingas medžiagas visoms jo dalims; apskaičiuoti vamzdynų kompensaciją ir savaiminę kompensaciją bei atitinkamai parinkti ir išdėlioti vamzdyno tvirtinimo detales visam ilgiui.
- Kokybiškai pagaminti visas vamzdyno detales, mazgus bei vamzdyno atkarpas iš medžiagos, numatytos projekte, bei įdėmiai kontroliuoti visas detales, medžiagas, atgabentas į vamzdynų gamyklą.
- Kokybiškai atlikti montavimo darbus, laikantis būtinų technologinių procesų bei techninių sąlygų.
- Užtikrinti nuolatinę bei sistemingą vamzdynų darbo priežiūrą. Darbo sąlygos negali pažeisti projekte numatytų darbo sąlygų.

2.2. Technologinių vamzdynų elementai

Gaminant ir montuojant technologinius vamzdynus vartojami tokie terminai [21].

Linija – vamzdyno dalis, kuria nuolat transportuojamos medžiagos su pastoviais darbiniais parametrais. Vamzdynų linija projekte turi atskirą savo indeksavimą.

Mazgas – vamzdyno linijos dalis, apribota transportavimo matmenimis. Mazgas susideda iš vieno arba kelių elementų ir armatūros, sujungti išardoma arba neišardoma jungtimi. Mazgas pagal projektą gali būti iš karto sumontuotas technologinėje padėtyje arba papildomai įmontuojamas į technologinių vamzdynų blokus. Mazgai gali būti plokšti – jų ašys yra vienoje projekcijoje, arba erdviniai – jų ašys yra dviejose arba daugiau plokštumose.

Elementas – vamzdyno mazgo dalis (surenkamasis vienetas), susidedantis iš tarpusavyje suvirintų vamzdžio atpjovų bei detalių.

Vamzdyno blokas – vamzdyno linija arba jos dalis, kuri susideda iš vieno ar kelių mazgų, armatūros ir vamzdžio atpjovų, surinktų išardoma arba neišardoma jungtimi. Pagal matmenis ir konfigūraciją blokas gali būti sumontuojamas projektinėje padėtyje be papildomų sutvirtinimų.

Detalė – technologinių vamzdynų linijos dalis, naudojama atskiroms atkarpoms sujungti (apsauga, varžtas, veržlė, poveržlė).

Sekcija – vamzdyno linijos dalis (surenkamasis vienetas), susidedanti iš kelių tarpusavyje suvirintų vienodo diametro vamzdžių, kurių ašys sudaro vieną tiesią liniją ir jų bendras ilgis yra transportiniuose matmenyse.

Atkarpa – vamzdyno linija ar jos dalis, susidedanti iš kelių tarpusavyje suvirintų vamzdyno sekcijų. Paprastai jos surenkamos vamzdynų teisimo vietose.

2.3. Technologinių vamzdynų klasifikacija

Technologiniai vamzdynai klasifikuojami į kategorijas ir grupes pagal transportuojamų medžiagų prigimtį, vamzdžių medžiagas, darbinis parametrus, atsparumą agresiniams produktams, klojimo vietas.

Pagal transportuojamų medžiagų prigimtį, technologiniai vamzdynai skirstomi į naftotiekus, dujotiekus, garotiekus, vandentiekus, mazuto tiekimo vamzdynus, tepalo tiekimo vamzdynus, benzino tiekimo vamzdynus, rūgščių tiekimo vamzdynus, šarmų tiekimo vamzdynus, taip pat specialiosios paskirties (tiršto ir rūgštinio sutepimo medžiagos vamzdynai, apšiltinti vamzdynai, vakuumo – vamzdynai) ir kiti.

Pagal transportuojamų medžiagų slėgį, vamzdynai skirstomi į vakuuminius, atlaikančius slėgį iki 0,1 MPa, žemo slėgio – iki 10 MPa, aukšto slėgio – virš 10 MPa ir neslėginius [16].

Pagal transportuojamų medžiagų temperatūras, technologiniai vamzdynai skirstomi į šaltuosius (temperatūra žemesnė nei 0 °C), normalius (nuo 1 iki 45 °C) ir karštuosius (nuo 46 °C ir daugiau) [16].

Pagal transportuojamų medžiagų agresyvumą, technologiniai vamzdynai klasifikuojami į skirtus neagresyvioms, mažai agresyvioms, vidutiniškai agresyvioms, agresyvioms medžiagoms.

Metalo patvarumas korozijai matuojamas korozijos greičiu – korozijos poveikio gyliu per laiko vienetą (mm/per metus). Neagresyviai ir mažai agresyviai aplinkai priskiriamos medžiagos, kurių sukeltos korozijos greitis mažesnis nei 0,1 mm/per metus, vidutiniškai agresyvioms priskiriamos medžiagos – 0,1–0,5 mm/per metus ir agresyvioms – daugiau kaip 0,5 mm/per metus [16].

Neagresyvioms ir mažai agresyvioms medžiagoms transportuoti dažniausiai naudojami anglinio plieno vamzdžiai; vidutiniškai agresyvioms medžiagoms transportuoti naudojami anglinio plieno vamzdžiai su storesnėmis sienelėmis (apskaičiavus korozijos grėsmę), vamzdžiai iš legiruoto plieno, vamzdžiai iš nemetalinių medžiagų, futeruoti; agresyvioms medžiagoms transportuoti naudojami vamzdžiai iš stipriai legiruoto plieno, iš spalvotų metalų, nemetalinių bei futuruotų [16].

Pagal tiesimo vietą vamzdynai skirstomi į cecho viduje tiesiamus, sujungiamuosius (jungiančius atskirus įrenginius tarpusavyje) ir tarpcehinius, sujungiančius atskirus technologinius įrenginius, esančius atskiruose cechuose, į vieną sistemą [16].

Statant ir įrengiant naftos perdirbimo, chemijos pramonės, metalurgijos pramonės įmones didžiąją statybos darbų dalį sudaro technologinių vamzdynų gamybos ir montavimo darbai [16].

Visoje montavimo darbų apimtyje technologinių vamzdynų montavimas sudaro 65 % naftos perdirbimo pramonėje, 40 % chemijos bei maisto pramonėje, 25 % - metalurgijos pramonėje [16].

Technologiniai vamzdynai yra veikiami įvairių ypatingų poveikių: aukšto slėgio, aukštos temperatūros, korozijos bei staigių temperatūros pokyčių. Metai iš metų sunkėja technologinių vamzdynų ir jų jungčių gamybos bei montavimo darbai dėl nuolat augančių transportuojamų medžiagų darbo parametrų, kuriems atlaikyti būtini dideli vamzdynų diametrai [16].

2.4. Populiariausios vamzdynų medžiagos

Pagal medžiagas vamzdžiai skirstomi į plieninius (iš anglinio, legiruoto bei stipriai legiruoto plieno), spalvoto metalo ir jų lydinių (variniai, žalvariniai, titaniniai, švininiai, aliumininiai), ketiniai, nemetaliniai (polietileniniai, viniplastiniai, stikliniai), guminiai, polietileniniai, emaliniai ir kiti [16].

Dėl nuolat didėjančių reikalavimų vamzdžių atsparumui technologinių vamzdynų gamybai pradėta naudoti polimerine medžiaga. Ypatingai daug polimerinių medžiagų vamzdžiai naudojami maisto bei chemijos pramonėje. Polimeriniai vamzdžiai pasižymi dideliu atsparumu korozijai, maža mase, nesudėtingu technologiniu apdirbimu bei suvirinimu, mažu šiluminiu laidumu, taip pat mažesnėmis izoliavimo sąnaudomis [16].

Polivinilchloridas yra gaminamas iš jo monomero – vinilo chlorido $CH_2 = CHCl$. Grynas polivinilchloridas yra kietas plastikas, todėl dažniausiai minkštinamas ftalatų priedais [38].

Pirmą kartą polietileną susintetino vokiečių chemikas Hans von Pechmann, kuriam 1898 metais tai pavyko atlikti atsitiktinai, kaitinant diazometaną. Kai jo kolegos Eugen Bamberger ir Friedrich Tschirner ištyrė baltą, į vašką panašią masę, kurią chemikas sukūrė, jie nustatė, kad medžiaga sudaryta iš ilgųjų - CH_2 - grandinių ir pavadino ją polietilenu [38].

Buvo vykdomi įvairūs bandymai, kol atrastas optimalus variantas, tenkinantis mokslininkus. Katalizatoriaus sistemos tipas, pagamintas metaloceno pagrindu, buvo išrastas 1976 metais mokslininkų Walter Kaminsky ir Hansjorg Sinn Vokietijoje. Nuo tada buvo įsitikinta, kad taip vadinamos Ziegler ir metaloceno katalizatorių šeimos visgi yra labai naudingos kopolimerizuojant etileną su kitais olefinais bei tapo šiandienos plataus pasirinkimo polietileno, kartu ir LDPE bei LLDPE, gamybos pagrindu. Tokius plastikus, primenančius Dyneema formos pluoštus, daugelyje didelės jėgos reikalaujančiuose procesuose po truputį (nuo 2005 metų) pradėjo pakeisti Araminai [16].

Polietilenas dažniausiai pagal savo mechanines savybes yra klasifikuojamas į keletą skirtingų kategorijų. Mechaninės polietileno savybės priklauso nuo tokių kintamų ypatybių, kaip apimtis ir molekulių išsišakojimo tipas, kristalinė struktūra ir molekulinis svoris [40].

- UHMWPE (ypač didelio molekulinio svorio polietilenas);
- HDPE (didelio tankio polietilenas);
- LDPE (žemo tankio polietilenas);
- LLDPE (linijinis žemo tankio polietilenas, kartais dar vadinamas vidutinio tankio polietilenus, MDPE).

UHMWPE yra polietilenas, kurio molekulinis svoris yra skaičiuojamas milijonais, paprastai tarp 3,1 ir 5,67 milijonų. Dėl ypač didelio molekulinio svorio į grandinę besijungdamos dalelės įgauna kristalinę struktūrą. Dėl to gaunama labai tvirta medžiaga. UHMWPE yra gaunamas atliekant metaloceno katalizatorių polimerizaciją [40].

HDPE molekulių išsišakojimo laipsnis yra žemas, todėl atsiranda stipresnė tarpmolekulinė jėga ir atsparumas tempimui. Reikiamo katalizatoriaus (pavz.: Ziegler-Natta katalizatoriai) pasirinkimas bei reakcijos sąlygos gali apsaugoti nuo per mažo išsišakojimo [40].

LDPE molekulių išsišakojimo laipsnis yra aukštas, vadinasi, kad grandinės taip pat nesusijungia į kristalinę struktūrą. Todėl čia veikia silpnesnė tarpmolekulinė jėga, nes momentinio dipolio ir indukuoto dipolio trauka yra mažesnė. Dėl to medžiaga tampa mažiau atspari tempimui bei elastingesnė. LDPE yra gaunamas atliekant laisvųjų radikalų polimerizaciją [40].

LLDPE iš esmės yra linijinis polimeras, turintis daugybę mažai šakotų molekulių, paprastai gaunamas atliekant etileno ir ilgųjų grandinių olefinų kopolimerizaciją. UHMWPE yra naudojamas gaminant aukšto modulio pluoštus bei neperšaukiamas liemenes [40].

Dažniausiai buityje vartojamo HDPE pavyzdžiai yra pieno, skystų skalbimo priemonių pakuotės ir t. t.; pakankamai dažnai buityje naudojami plastikiniai krepšiai yra gaminami iš LDPE. LLDPE pirmiausiai naudojamas lanksčių vamzdžių gamybai [40].

Pastaruoju metu daug tyrinėjimų atliekama su ilgų grandinių šakotų molekulių polietilenu. Tai iš esmės yra HDPE, bet jame yra nedidelis kiekis (maždaug 100 arba 1000 atšakų vienoje anglies grandinės makromolekulėje) labai ilgų šakų. Šios medžiagos sujungia HDPE stiprumą su LDPE apdirbimo galimybe [40].

Plastikiniai vamzdžiai labai lengvi, glotnaus paviršiaus, atsparūs korozijai bei klaidžiojančių elektros srovių poveikiui, ilgaamžiai, tačiau netinka karštam vandeniui tiekti, nes labai sumažėjus stiprumui jie greitai deformuojasi. Dažniausiai naudojami polietileniniai ir vinilplastiniai vamzdžiai. Polietileniniai slėginiai vamzdžiai atlaiko 0,25, 0,4, 0,6 ir 1,0 MPa slėgį, iki 20 °C. Vamzdžių išorinis skersmuo 75–560 mm, ilgis 4–2 m. Mažo skersmens (≤ 40 mm) didelio tankio polietileno ir (≤ 63 mm) mažo tankio polietileno vamzdžiai vyniojami į ritinius. Vinilplastiniai vamzdžiai gaminami 5–12 m ilgio, jų skersmuo 6–150 mm, darbinis slėgis 0,25, 0,6 ir 1,0 MPa [40].

Geležis yra vienas iš labiausiai paplitusių ir vienas iš svarbiausių metalų, randamų žemėje. Ji yra plačiausiai naudojamų metalų – įvairių geležies ir plieno rūšių pagrindas. Tokių platų šių metalų naudojimą lemia faktas, kad didelį jų kiekį galima pagaminti sąlyginai pigiai, be to, jų labai įvairios mechaninės savybės – pradedant nedideliu stipriu, bet puikiu elastingumu bei tįsumu ir baigiant labai dideliu stipriu ir pakankamu elastingumu.

Problema yra ta, kad neanglingasis ir mažai legiruotasis plienas yra neatsparus korozijai, todėl reikia jį dengti apsauginiu sluoksniu. Daugeliu atvejų yra nepraktiška jį galvanizuoti arba dažyti jo paviršių. Buvo paskaičiuota, kad 2000 m. Jungtinėse Amerikos Valstijose nuostoliai dėl korozijos pramonei ir vyriausybei sudarė 276 milijardus dolerių per metus [44]. Dėl to galima akivaizdžiai pripažinti korozijai atsparaus chrominio nerūdijančiojo plieno privalumus.

Plačiausiai pasaulyje paplitęs plienas yra anglinis ir legiruotasis, o brangesnis nerūdijantysis plienas užima mažą, tačiau svarbią nišą. Iš viso pasaulyje apie 2 % pagaminamo plieno sudaro nerūdijantis plienas ir jo gamyba kasmet stabiliai didėja 5–8 % [45]. Vis didėjantys reikalavimai aplinkosaugai, augantis lengvai perdirbamų medžiagų poreikis, svarstymai dėl eksploataavimo išlaidų neleidžia abejoti, kad nerūdijančio plieno panaudojimas nuolat didės.

Didelėje ir nuolatos didėjančioje nerūdijančio plieno rūšių šeimoje yra plieno rūšių, kuriose unikaliai dera atsparumas korozijai ir tokios savybės, kaip stipris, smūginis tūsumas žemoje temperatūroje, valkšnumas ir plastiškumas. Nors nerūdijančio plieno yra pagaminama gerokai mažiau, lyginant su paprastu mažaangliu plienu, tai yra ekonomiškai svarbi plieno grupė, kurios gamyba stabiliai auga ir atsiranda vis naujos pritaikymo sritys. Plienai – viena populiariausių vamzdinių medžiagų, štai kodėl autorė sudarė vamzdžių kokybės kontrolės planą būtent plieniniams vamzdžiams.

Plieniniai vamzdžiai atlaiko iki 2,5–3,0 MPa darbinį slėgį, jie lengvesni už ketinius, stiprūs, lankstūs, juos paprasta sujungti, bet neatsparūs korozijai. Sutartinis skersmuo būna 6–1600 mm, ilgis 4–12,5 m; gaminami pagal įvairius standartus. Vamzdžiai jungiami suvirinimo būdu, srieginėmis movomis, flanšais prie flanšinės armatūros [39].

Pakloti į gruntą plieniniai vamzdžiai rūdija iš vidaus ir iš išorės, nes gamykloje jie nepadengiami antikorozine izoliacija. Ketinius vamzdžius gamyklose iš vidaus ir iš išorės padengia bitumu. Plieninių vamzdžių apsaugos nuo korozijos priemonių yra įvairių. Iš išorės vamzdžiai dengiami bitumine ar polimerinių juostų antikorozine izoliacija. Norint apsaugoti nuo vandens agresyvaus poveikio, vamzdžių vidus dengiamas plonu (3–6 mm) įvairių medžiagų antikoroziniu sluoksniu. Tai pasyvi vamzdžių apsauga nuo korozijos. Taikoma ir aktyvi apsauga – nuo klaidžiojančių elektros srovių elektrocheminės korozijos (katodinė apsauga) [16].

Slėginiai ketiniai vamzdžiai pagal standartą, priklausomai nuo sienelės storio ir bandymo slėgio, gaminami dviejų markių, atlaiko iki 1,5 MPa darbinį slėgį. Vamzdžių vidinis skersmuo būna 65–1000 mm, 100–300 mm, ilgis 2–10 m, 3–6 m. Ketiniai vamzdžiai yra ilgaamžiai, nes juos mažiau negu plieninius pažeidžia korozija, tačiau jie sunkūs ir neatsparūs dinaminiam smūgiams [39].

Asbestcementiniai vamzdžiai pagal standartą gaminami 3 markių. Jie atlaiko 0,6, 0,9 ir 1,2 MPa vandens slėgį. Vamzdžių vidinis skersmuo 100–500 mm, ilgis 2,95–3,95 m. Asbestcementinių vamzdžių privalumai: mažas šilumos ir elektros laidumas, atsparumas korozijai, mažas tankis ($2,1 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$) – tai leidžia lengviau juos gabenti ir montuoti; jų

paviršiaus šiurkštumas nedidelis, lengvai pjaustomi ir aptekinami. Tačiau jie greitai dūžta nuo smūgių [39].

Betoniniai ir gelžbetoniniai vamzdžiai būna slėginiai (gelžbetoniniai) ir beslėgiai (betoniniai ir gelžbetoniniai). Pagal standartą beslėgiai gelžbetoniniai vamzdžiai gaminami sutartinio 500–2400 mm skersmens, 5 m ilgio, o betoniniai – 100–1000 mm skersmens, 1000 ir 2000 mm ilgio. Gelžbetoniniai slėginiai vamzdžiai gaminami trijų klasių, pagal darbinį slėgį. Pirmosios klasės vamzdžiai atlaiko 1,5, antrosios – 1,0, trečiosios – 0,5 MPa darbinį slėgį. Visi vamzdžiai yra vienodo 5 m ilgio. Gelžbetoniniai vamzdžiai, palyginti su metaliniais, patvaresni, nerūdija, nemažėja jų vandens pralaidumas, jiems sunaudojama nedaug metalo, tačiau jie sunkūs [39].

3. ĮVAIRIŲ MEDŽIAGŲ TECHNOLOGINIŲ VAMZDYNŲ SAVYBIŲ ANALIZĖ

3.1. PVC vamzdynų savybių analizė

Straipsnyje [24] analizuojami PVC medžiagų įvairių konfigūracijų pranašumai bei trūkumai. Labai vertinami termoplastiniai vamzdžiai tokio tipo, kaip PVC-U bei polietileniniai jau naudojami beveik 60 metų.

Dėl savo išskirtinių savybių PVC vamzdžiai naudojami net ir tokioje pramonėje kaip kalnakasyba (mineralų, anglių bei aukso gavyboje). Šios pramonės išskirtiniai bruožai – darbai vykdomi dideliame gylyje (apie 5000 m) bei esant labai aukštoms temperatūroms (apie 50 °C). Norint sudaryti palankias sąlygas darbui, būtina vėsinti orą. Tam tikslui vamzdžiais į 5 km gylį tiekiamas šaltas vanduo, vėsinant orą. Oras dideliu slėgiu taip pat paduodamas vamzdžiais. Nežiūrint į drėgmės bei korozijos grėsmę plieniniai vamzdžiai buvo dažniausiai sutinkami šioje pramonėje.

Tokiomis sąlygomis dirbantiems darbininkams keliama labai griežti saugos reikalavimai. Jokių būdų negalima leisti, kad nutruktų vandens ir deguonies padavimas į šachtas. Todėl jau nuo 1970 metų vidurio nuspręsta į kalnakasybos rinką įvesti naujas medžiagas – PVC vamzdžius.

Norint patekti į šią rinką, kurioje iki to laiko 100 % vyravo plieniniai vamzdžiai, PVC turėjo pasižymėti tokiomis savybėmis, kurių neturi kitos medžiagos. Todėl buvo pasinerta į PVC medžiagos savybių (tokių kaip temperatūrinis stabilumas, porėtumas, tankis, absorbcija) gerinimą. Atsižvelgiant į vamzdžių laikymo sąlygas bei eroziją, buvo padaryti bandymai ir nustatytos papildomos PVC modifikacijos [23].

Teisingai apdirbti PVC-U vamzdžiai net ir ilgą laiką veikiami didelių apkrovų išlieka darbingi, todėl pasaulinėje rinkoje išgarsėjo kaip patikima medžiaga, kurią galima naudoti veikiant ilgalaikiam slėgiui.

Hitch [31], Benjamin [32], Marshall [33] savo moksliniuose darbuose aprašė, kaip galima pagerinti PVC-U vamzdžių savybes, užtikrinti kokybišką jų darbą bei garantuoti ilgaamžiškumą. Šie darbai padėjo įsigilinti į polimerų savybes, gerinti medžiagos apdirbimo technologijas, bei pačių vamzdžių bandymus ir kokybės kontroliavimo procedūras.

Tokie tyrinėjimai bei gauti rezultatai padėjo patobulinti PVC-U vamzdžių savybes ir tokiu būdu sumažino saugumo koeficientą nuo 2,5 iki 2, kuris priimtas visoje Europoje ir kai kuriose kitose šalyse.

Dažnais atvejais medžiagos sutrūkinėja esant mažiems defektams, kurie veikia kaip įtempimų koncentratoriai. Nedideli įbrėžimai gali sukelti nesustabdomą medžiagos irimo procesą. Todėl stiprioms medžiagoms stiprumo atsarga vis tiek didelė, nes tokios medžiagos mažai atsparios trūkinėjimui. Tokios avarijos atsitinka dėl medžiagos negalėjimo paskirstyti įtempimų tolygiai visu vamzdžio paviršiumi per medžiagos vidinę matricą. Dėl šių priežasčių avarija gali atsitikti veikiant daug mažesniems įtempimams nei numatyta projekte [34].

2005 metų Oxfordo universiteto moksliniame leidinyje [23] buvo aptariamas PVC vamzdžių atsparumas cikliniam slėgio poveikiui. Labai svarbu projektuojant vamzdynus numatyti, kokiam slėgiui turi būti atsparios medžiagos, naudojamos PVC vamzdžiuose. Sukimo bandymų metu buvo nustatyta, kad PVC-M ir PVC-U medžiagų savybės eksploatacinėmis sąlygomis yra labai panašios. Abiejuose bandymuose kylant temperatūrai augo ir nuovargio plyšiai. Naudojantis šiuo metodu buvo nustatyta ir kritinė nuovargio riba PVC-U ir PVC-M medžiagose. Remiantis atliktais tyrimais buvo nustatyta, kad projektuojant vamzdžius iš PVC-M ir PVC-U medžiagų reikia nustatyti tuos pačius konstrukcinius reikalavimus. Projektuojant reikia įvertinti ciklinio nuovargio kritinės ribos egzistavimo grėsmę.

PVC vamzdžiai gali būti naudojami ten, kur juos veikia ciklinis slėgis. Todėl labai svarbu, kad medžiagos atsparumas būtų nustatytas kiekybiškai ir būtų įtrauktas į vamzdžių tiesimo projektą kaip privalomi (atitinkantys būtent jiems keliamus reikalavimus). Atlikus PVC-U ir PVC-M sukimo – lenkimo bandymus, buvo gauti labai panašūs duomenys apie atsparumą. Taip pat duomenys faktiškai nesiskyrė ir per kitą bandymą, kai buvo matuojamas plyšių augimas kylant temperatūrai. Sukimo bandymas buvo naudojamas ir norint nustatyti nuovargio ribą (kritinę ribą) šiame populiariame plastike [23].

Išanalizavus bandymų rezultatus galima daryti išvadas, kad projektuojant PVC-U ir PVC-M vamzdžius gali būti naudojami tie patys projektavimo principai. Be to, būtina projektuoti taip, kad nuovargio poveikis neviršytų kritinės ribos.

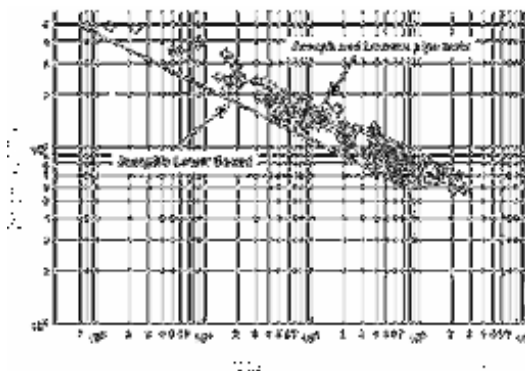
Polivinilchloridas, kaip ir daugelis kitų medžiagų, gali atlaikyti mažesnę ciklinę apkrovą nei kai bandymams naudojama statinė apkrova.

Gotham [26] teigė, kad PVC turi du atsparumus nuovargiui: vieną – statinį, o kitą – dinaminį. Tai reiškia, kad vamzdžio atsparumas ciklinei apkrovai priklauso nuo to, ar jau vamzdis buvo veikiamas statine apkrova, ar ne. Taigi vamzdį veikiant cikline apkrova į bendrą vamzdžio darbą galima įtraukti ir jo izoliaciją.

Didžiojoje Britanijoje [27] buvo atliekami slėgio bandymai, norint nustatyti priešlaikinį PVC vamzdžių suirimą. Buvo nustatytos irimo priežastys: vamzdžiai neatitiko projekcinio atsparumo ciklinei bei slėgio apkrovai, nekokybiški slėgio reguliavimo – kontroliavimo

įrenginiai ir tik retais atvejais, irimo priežastimi buvo nekokybiški vamzdžiai. Remiantis šiais duomenimis buvo koreguojamas Britanijos kodeksas. Nuspręsta apriboti žemos slėgio klasės vamzdžių naudojimą tiems projektams, kuriuos įgyvendinus vamzdžius veiktų ciklinė apkrova, bei buvo pakoreguoti kai kurie vamzdinių projektavimo principai. Pavyzdžiui, maksimalus leistinas slėgis buvo sumažintas iki nominalaus darbinio vamzdžio slėgio, o slėgio amplitudė buvo sumažinta pusė nominalaus darbinio vamzdžio slėgio. Amplitudė apibrėžta kaip skirtumas tarp maksimalios ir minimalios slėgio reikšmės.

Tuo pačiu metu, Didžiojoje Britanijoje vyko debatai apie dinaminio nuovargio poveikį priešlaikiniam vamzdinių suirimui. Joseph [27] nustatė, kokią slėgio amplitudę ir kiek ciklų gali atlaikyti PVC vamzdis iki suirimo fazės (1). Joseph ir Leever, atsižvelgę į paskelbtus rezultatus bei atlikę savus bandymus su dideliu vamzdžių bandinių kiekiu, nustatė kitą priklausomybę (5 pav.).



5 pav. Įtempimų amplitudės ir ciklų priklausomybė [27]

Joseph'o nustatyta priklausomybė tarp įtempimų amplitudės ir ciklų skaičiaus 1997 m. buvo panaudota Australijoje vamzdinių projektavimo normomis (5 pav.). Didžiausias mokslininko uždavinys buvo sunorminti gautus duomenis taip, kad šios normos būtų taikomos visų slėgio klasių vamzdiniams, todėl buvo įvesta nuovargio apkrovos faktorių sąvoka (FLF) (t. y. slėgio amplitudė padalinta iš nominalaus darbinio vamzdžio slėgio):

$$\Delta\sigma = \frac{352}{N^{\log 2}}; \quad (1)$$

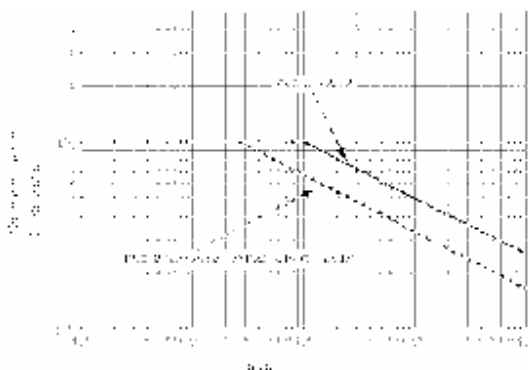
čia $\Delta\sigma$ įtempimų amplitudė; N ciklų skaičius iki suirimo.

Dėl ekonominių sumetimų bei bandymų, įrenginių netikslumo cikliniai vamzdinių bandymai buvo daromi neilgą laiką esant aukštoms amplitudėms, todėl gauti palyginti maži ciklų skaičiai. Atsižvelgdami į tai, kad realiai vamzdinius veikia mažesnės slėgio amplitudės, Joseph'o metodo duomenys naudojami Australijos normose buvo interpoliuotos žemiau ribos,

atsižvelgiant į tai, ar nuovargio įtempimai didėja, nepriklausomai nuo to, kokios mažos slėgio amplitudės. Joseph'o modelis parodo, kokiai mažai slėgio bangai esant gali įvykti vamzdžio suirimas didėjant nuovargiui.

Truss'as [29] plėtojo vamzdžių suirimo metodą, paremtą lūžio mechanika (t. y. suyra tik pasiekus nuovargio kritinę ribą), bet šis metodas nebuvo plačiai taikomas. Jis kritinę nuovargio ribą prilygino slėgio amplitudei truputį mažesnei, nei pusė nominalaus darbinio vamzdžio slėgio. Šio metodo specifinis akcentas buvo tas, kad tiriamas PVC vamzdžių elgesys esant žemai slėgio amplitudei, t. y. ribos zonoje.

Kai 1990 metų pabaigoje PVC-M vamzdžiai buvo pristatyti Australijoje, jų savybės nuovargio augimo metu buvo prilyginamas PVC-U vamzdžių elgesiui. Kadangi PVC-M vamzdžiai dirba didesniuose įtempimuose, projektas prieš dinaminį nuovargį pakeistas į mažesnį ciklų skaičių, norint gauti nuovargio apkrovos faktorių (6 pav.) [29].



6 pav. Australijos nuovargio modelis; PVC-U pagal PACIA ir PVC-M adaptacija nuo PVC-U [29]

Atkreipkite dėmesį, kad PVC-U ir PVC-M vamzdžiuose esant ciklinei apkrovai panašiai augo plyšiai, veikiant koncentruotiems tempimo įtempimams. Taip pat būtina atkreipti dėmesį, kad PVC-M Australijoje atitinka medžiagą PVC-A Didžiojoje Britanijoje.

Lawrence [30] savo moksliniame darbe tiriant temperatūros pokyčių įtaką PVC-U ir PVC-M medžiagų nuovargiui nustatė, kad PVC-M yra jautresnis temperatūros pokyčiams ir geriau reaguoja nei PVC-U, kai temperatūra $< 20\text{ }^{\circ}\text{C}$, bet blogiau, kai temperatūra yra $> 20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Atliekant sukimo bandymus (kai vamzdžiai buvo veikiami) $3\text{ Hz } 20\text{ }^{\circ}\text{C}$, buvo gauti rezultatai, patvirtinantys PVC-U ir PVC-M vamzdžių vienodą elgseną esant cikliniam nuovargiui.

Išanalizavus šių mokslininkų darbus, galima padaryti tokias išvadas:

1. PVC-U ir PVC-M vamzdžiai vienodai elgiasi esant cikliniam nuovargiui, todėl projektuojant tiek PVC-U ir PVC-M vamzdžius ciklinėms apkrovoms, galima vadovautis tais

Gauti duomenys analizuoti suskirsčius į specialias grupes: pagal bandinio medžiagą; pagal bandinių formą, pagal medžiagos stiprį, pagal veikiantį dažnį.

Buvo nustatyta, kad PE tipo vamzdžiuose nuovargio plyšių augimas priklauso ne tik nuo molekulinio morfologinio medžiagos savybių (molekulių dydžio, jų išsidėstymo, molekulinio grandinių ilgio, molekulių koncentracijos medžiagoje), kristalizacijos savybių, bet ir nuo apkrovos tipo, pobūdžio bei apkrovimo sąlygų.

Pasitelkus tiesinius tampraus lūžio mechanikos dėsnius, išankstinių nuovargio plyšių priežastimi pripažintas kinetinės energijos augimas medžiagoje.

3.2. Plieninių vamzdynų savybių analizė

Nors visos technologijos sparčiai žengia į priekį ir kasmet išrandama naujų medžiagų, bet žmonės vis dar atsargiai priima naujoves. Buityje dažnai metaliniai vamzdynai keičiami sintetinio pluošto vamzdžiais, bet technologinių vamzdynų gamybos srityje vis dar pirmauja metalo gaminiai.

Norint užtikrinti tinkamą vamzdynų kokybę, neužtenka kontroliuoti vien tik vamzdžių gamybą, transportavimą bei sandėliavimą. Viena iš vamzdynų ilgaamžiškumo sąlygų – kokybiškas, atitinkantis techninius reikalavimus suvirinimas. Jau seniai įvairiais bandymais įrodyta, kad vamzdynų avarijos įvyksta dėl suvirinimo siūlių nekokybiškumo, štai kodėl sudarinėjant technologinių vamzdynų kokybės kontrolės planą išanalizuota suvirinimo siūlių stiprumo priklausomybė nuo įvairių aplinkos bei techninių reiškinių.

Yra daug metalų suvirinimo būdų: rankinis lankinis glaistytaisiais elektrodais, lankinis automatinis po flisu arba apsauginėmis dujomis, dujinis, plazminis, lazerinis ir kt. Lazerinio automatinio suvirinimo po flisu technologija nesudėtinga, ją galima taikyti detalių paviršiams sustiprinti jas atnaujinant arba gaminant.

Darbe [60] konstrukcinis plienas buvo suvirintas lankiniu automatinio būdu po flisu pabėrus legiruojančiųjų elementų, grafito, R6M5K5 plieno miltelių mišinio ir R6M5 plieno frezavimo drožlių. Suvirinti pagal pabertų miltelių sluoksnį yra paprasčiau ir pigiau, nes nereikia gaminti miltelinės vielos, kurios gamybos technologija sudėtinga ir brangi.

Išlydytų pabertų miltelių mišinys tiekiamas 1,2 mm skersmens vielos lanku, todėl buvo gauti įvairiai legiruoti sluoksniai. Sluoksnių kietumas priklauso nuo cheminės sudėties ir terminio apdorojimo (atleidimo). Didelio kietumo sluoksnis (iki 63 HRC) buvo gautas ant apvirinamojo paviršiaus pabėrus Cr, Mo, V miltelių mišinio ir P6M5 plieno drožlių. Pakankamai legiruotų sluoksnių šiluminis patvarumas siekia 650 °C.

Kartais montuojant vamzdžius reikia užtikrinti sujungimą per visą skerspjūvį iš karto. Vienas iš jų – suvirinimas trintimi, kai besitrinantys paviršiai negiliai įkaitinami ir sujungiami plastinės deformacijos dėka. Šiuo būdu virinant, jungiamieji paviršiai įkaista negiliai ir terminio poveikio srityje gaunama smulkiagrūdė struktūra. Tačiau, keičiantis suvirinamų medžiagų cheminei sudėčiai bei virinimo technologiniams režimams, keičiasi įtempimų pobūdis ir dydis, turintis įtakos detalių kokybei. Keblas [61] ištyrė, kad didelis deformacijos greitis gali būti įtrūkimų susidarymo priežastis šilumai atspariame pliene, kai trintimi suvirinami šios cheminės sudėties plienai: vienas – 0,35 % C, o kitas – 0,25 % C, 5 % Cr, 1 % Mo.

Straipsnyje „Tig lanko dinaminė charakteristikų įtaka suvirinimo vonelės skysto metalo konvekcijai“ [62] tirtas anglinių plienų suvirinimas nelydžiu volframinio elektrodu argone. Suvirinto sujungimo kokybė, mechaninės ir eksploatacinės jo savybės priklauso nuo procesų, vykstančių išlydyto metalo vonelėje. Suvirinimo vonelėje šilumos ir medžiagos pernešimas priklauso nuo konvekcijos srautų intensyvumo ir krypties, o tai turi įtakos suvirinimo vonelės geometrijai ir cheminių reakcijų eigai. Išlydyto metalo temperatūrinis gradientas suvirinimo vonelės tūryje esti nevienodas. Atsirandantys terminiai ir elektromagnetiniai laukai veikia šilumos ir skysto metalo pernešimo procesus. Išlydyto metalo konvekciją lankinio suvirinimo metu veikia lanko stulpo slėgis ir elektromagnetinė (Lorenco) jėga.

Atlikti eksperimentiniai ir skaičiuojamieji tyrimai, kurie leidžia įvertinti išlydyto metalo konvekcijos srautų pasiskirstymą suvirinimo vonelėje. Baigtinių elementų metodu buvo modeliuojamas terminių laukų, suvirinimo srovės tankio, elektromagnetinių laukų ir elektromagnetinės (Lorenco) jėgos pasiskirstymas suvirinimo proceso metu. Sudarytas modelis iš erdvinio keturkampio, 8-ių mazgų baigtinių elementų. Įvertintas elektromagnetinių (Lorenco) jėgų poveikis į suvirinimo vonelę. Išlydyto metalo konvekcijos srautų tyrimas padeda tiksliau modeliuoti suvirinimo siūlės formavimo procesą. Skysto metalo konvekcijos valdymas svarbus siūlės kokybei ir geometriniais jos parametrais [62].

Įanglinto sluoksnio ir mažaanglės šerdies geometrinių parametrų įtaka bandinių deformacijoms grūdinant ir atleidžiant bandinius, pagamintus iš plieno markių 12XH3A ir 18X2H4BA nagrinėjama [63]. Naudojami lenkimo bandiniai 6, 8, 100 mm, įanglinti kietame karbiurizatoriuje. Grūdinant plienus, buvo tiriamos savaiminės jų deformacijos, viršminis plastiškumas.

Įanglintos detalės grūdinamos gerokai deformuojasi ir praranda savo tikslumą. Itin daug deformuojasi detalės, kurių įanglinami paviršiai yra asimetriški. Deformacijų priežastys – tai labai skirtingi tūrio pokyčiai virsmo metu mažaanglėje gaminio šerdyje ir įanglintuose paviršiuose, dideli struktūriniai ir temperatūriniai įtempimai, viršminis plieno plastiškumas.

Deformacijas sumažina grūdinimas fiksuojant gaminį specialiuose įtaisuose, kai atsiradę įtempimai relaksuoja viršminio plastiškumo sąlygomis.

Atlikti tyrimai parodė ryškų įanglintų ir neįanglintų bandinių kinetinio plastiškumo skirtumą. Neįanglinti bandiniai, kuriuose anglies koncentracija 0,12–0,18 %, linksta labai intensyviai iš karto, kadangi jų M_s temperatūra gana aukšta ir jų aušinimo greitis bei martensitinio virsmo temperatūrų intensyvumas gana didelis. Įanglintų bandinių plastinis įlinkis gerokai mažesnis.

Tyrimų rezultatai parodė, kad įanglintų plienų kinetiniam plastiškumui ir plastinės deformacijos dydžiui įtakos turi anglies kiekis ir skirtingu metu vykstantis martensitinis virsmas mažanglėje ir įanglintoje bandinio dalyje. Gautus rezultatus galima panaudoti įanglintų detalių deformacijų dydžiui prognozuoti ir mažadeformacinio grūdinimo technologijai sudaryti.

„Anglies ir atleidimo temperatūros įtaka plieno kinetiniam plastiškumui“ [64] tiriamas anglinio plieno 20 ir 13 kinetinis plastiškumas. Šio plieno bandiniai, užgrūdinti nuo optimalių grūdinimo temperatūrų, buvo atleidžiami 200–600 °C temperatūrose, lenkiant pasirinkto dydžio įlinkiu ir buvo matuojamas jų tampriai plastinio įlinkio kitimas.

Įdėjus užgrūdinto plieno bandinį į krosnį, šis pradeda sparčiai linkti, nors pasirinkti lenkimo įtempimai yra mažesni už plieno takumo ribą. Įrankinio plieno 13 bandiniai linksta kur kas daugiau negu neanglingo konstrukcinio plieno 20, nors pastarojo mechaninės savybės kur kas žemesnės nei daugiaanglio plieno tiek atkaitintos, tiek užgrūdintos būsenos. Tai rodo, kad užgrūdinto plieno plastinės savybės priklauso nuo jo mikrostruktūros metastabilumo. Kuo daugiau anglies pliene, tuo didesnis kietojo anglies tirpalo persotinimo laipsnis gaunamas jį užgrūdinus, didesnis struktūros metastabilumas ir kartu plastiškumas atleidžiant.

Atlikus eksperimentus, suformuluotos tokios išvados:

- Užgrūdintas plienas yra plastiškesnis atleidimo metu; tai susiję su struktūriniais virsmis. Jį reikėtų vadinti virsminiu, arba kinetiniu, plastiškumu.
- Virsminis plieno plastiškumas priklauso nuo anglies kiekio martensite: didėjant anglies kiekiui, plastiškumas didėja.
- Pakartotinai kaitinant, atleisto plieno plastiškumas yra nežymus.
- Dėl viršminio plastiškumo išsikreivinusius grūdinamus plieno dirbinius galima lyginti atleidimo metu.

Bogdevičius [59] savo darbe analizuoja vamzdyno ir fluideo parametrų identifikavimą charakteristikų metodu. Taikant šią metodiką galima nustatyti vamzdynų ir fluideo srauto būdingųjų parametrų reikšmes. Metodo esmė – naudojant diferencialines lygtis ir dalines išvestines, aprašius jomis fluideo tekėjimą vamzdyne, sudarius reologinius modelius bei

nustačius vamzdynų tampriąsias, klampumo, plastines savybes, metalinių ir sintetinio pluošto vamzdžių tamprumo modulį, kuris yra svarbiausia vamzdyno fizinė mechaninė charakteristika, nustatomi vamzdyno geometriniai parametrai.

Identifikavimo metodika gali būti pritaikyta naftos produktų ir dujų magistralinių vamzdynų parametrams identifikuoti. Ji leidžia nustatyti nestacionaraus, spūdaus, izoterminio ir neizoterminio fluido srauto judėjimo parametrų reikšmes ir patikslinti bedimensio trinties veiksnio reikšmes [59].

3.3. Daugiakriteris vertinimas

Įvairiose sprendimų paramos apžvalgose [47, 48, 49, 50] analizuojami projektavimo, statybos, pastato gyvavimo, pastato atnaujinimo procesų daugiakriteriai įvertinimo modeliai. Kitame profesorių darbe [51] smulkiai aprašoma efektyviausių investicinių statybos ir rekonstrukcijos projektų variantų nustatymas, taikant daugiatikslės selektonovacijos bei matematinio modeliavimo metodus, leidžiančius kompleksiskai įvertinti įvairius aspektus (ekonominius, socialinius, teisinius ir kt.).

3.4. Daugiakriterių metodų taikymas

Pasaulyje egzistuoja daugybė daugiakriterių įvertinimo metodų. Norint juos praktiškai pritaikyti savo sprendžiamam uždaviniui ir realiai įvertinti nagrinėjamas alternatyvas būtina pasirinkti sprendimo priėmimo metodą tokį, kuris kuo labiau atitiktų pateiktus reikalavimus [52, 53, 54, 55] :

- Šiuo metodu išspręstų uždavinių skaičius;
- Metodo pritaikomumas;
- Vertinamų alternatyvų galimas didžiausias skaičius;
- Kriterijų, kuriais apibūdinamos alternatyvos, didžiausias galimas skaičius;
- Metodo atsižvelgimo į sprendimą priimančių specialistų nuomonę lygis;
- Informacijos apie sprendimą priimančių specialistų nuomonę, kuri bus svarbi taikant šį metodą, lygis;
- Informacijos apie nagrinėjamus variantus išsamumas;
- Gautų rezultatų patikimumo analizės galimybė;
- Laikas, reikalingas apmokyti naudotis metodu darbuotoją, neturintį žinių apie šį metodą;

- Laikas, reikalingas atlikti daugiakriterį įvertinimą darbuotojo, mokančio taikyti šį metodą;

- Konkrečiu metodu išspręsto daugiakriterio uždavinio kaina.

Taip pat labai svarbu pasirenkant daugiakriterį įvertinimo metodą atsižvelgti į metodo skaičiavimo algoritmo sudėtingumo lygį.

3.5. Daugiakriterių metodų klasifikacija

Kadangi daugiakriteriai metodai parenkami priklausomai nuo turimos informacijos turinio, tai daugiakriteriai metodai gali būti klasifikuojami labai įvairiai. Pavyzdžiui, juos galima grupuoti į kompensacinius ir nekompensacinius [52, 54, 56, 57], į klasikinius ir technologinius [58], į nereikalaujančius papildomos informacijos apie kriterijų reikšmingumą, reikalaujančius informacijos apie kriterijų reikšmingumą, reikalaujantys informacijos apie lyginamų variantų reikšmingumą ir kiti [52].

3.6. Rodiklių reikšmių ir reikšmingumų nustatymas

Vienas svarbiausių daugiakriterės analizės etapų – alternatyvas apibūdinančių kriterijų reikšmių ir reikšmingumų nustatymas. Apskaičiavus kriterijų reikšmes ir reikšmingumus bei taikant daugiakriterės analizės metodus, nustatomi lyginamų variantų prioritetiškumas, naudingumo laipsnis ir vertė.

Rodikliai pagal aprašymo formą gali būti skirstomi į kiekybinius (tai rodikliai, išreikšti piniginiiais vienetais) ir kokybinius (rodikliai, kurių negalima išreikšti piniginiiais vienetais; paprastai tokie rodikliai išreiškiami balais) [50].

Rodikliai turi būti teisingai aprašyti, tie kurie tenkina šiuos reikalavimus:

- Turi matavimo vienetą (išreikštą pinigais arba balais).
- Turi rodiklių svorius. Rodiklio svoris reguliuoja įtaką mūsų galutiniam apsisprendimui. Tai nedimensinis dydis, išreikštas santykiu.
- Rodiklis turi pavadinimą.
- Turi būti nustatytas rodiklio pobūdis – rodiklis arba minimizuojamas arba maksimizuojamas (priklausomai nuo suinteresuotos grupės: parduodant – kainos rodiklis maksimizuojamas, o perkant – minimizuojamas).

Praktikoje taikomi trys rodiklių reikšmių ir reikšmingumų nustatymų metodai: normatyvinis, skaičiavimo ir analogijos [54]. Naudojantis rekomendacijomis, kainynais, normatyvais, žinynais, nagrinėjamais projektais, kitais informacijos šaltiniais apskaičiuojamos

kiekybinių kriterijų reikšmės – normatyvinis metodas. Skaičiavimo metodu norimi dydžiai nustatomi naudojant empirines ir teorines priklausomybes, statistinius duomenis, įvairias formules. Analogijos metodas taikomas tada, kai tiriamas objektas (jo kai kurių rodiklių reikšmės ir reikšmingumai dar nėra žinomi) lyginamas su analogu, parinktu pagal tam tikrus keliamus reikalavimus. Išnagrinėjus analogijos požymius, nustatomi perskaičiavimo koeficientai. Visas reikalingas etalono rodiklių reikšmės ir reikšmingumą padauginus iš šių perskaičiavimo koeficientų gaunamos trūkstamos tiriamo objekto rodiklių reikšmės ir reikšmingumai. Kokybinių kriterijų reikšmės dažniausia nustatomos remiantis ekspertiniu, organoleptiniu, rekomendacijų, sociologiniu, skaičiavimo ir analogijos metodais [50, 54].

Taikant ekspertinį metodą, kokybinių rodiklių reikšmės gali būti nustatomos taip:

- išrenkama konkretaus rodiklio geriausia reikšmė x_{ger} ;
- nagrinėjamo rodiklio geriausiai reikšmei suteikiama reikšmė, lygi 1 balui ($x_{ger}=1$);
- nustatoma, kiek procentų (p_i) likusios to paties rodiklio reikšmės (x_i) yra blogesnės už geriausią ($x_{ger}=1$);
- likusioms rodiklio reikšmėms suteikiamos santykinės reikšmės ($x=1-p_i \cdot 100$);
- visų kriterijų santykinės reikšmės perskaičiuojamos tokiu būdu, kad suma būtų lygi vienetui.

Panašiai nustatomi ir rodiklių reikšmingumų dydžiai. Konkretaus rodiklio reikšmingumo fizinė prasmė yra ta, kad jis parodo, kiek kartų jo naudingumas objektui kompleksiskai vertinant alternatyvas yra didesnis (mažesnis) už kito rodiklio naudingumą [50, 54].

3.6.1. Rodiklių reikšmingumų nustatymas ekspertiniu metodu

Naudojant sprendimų priėmimo sistemą svarbu nustatyti rodiklių reikšmingumus. Tai galima padaryti taikant ekspertinį metodą, be kurio sunku realiai įvertinti projektus. Ekspertinių metodų teorinio ir praktinio taikymo klausimai nagrinėti [47, 50, 51, 52, 53, 54] darbuose.

Atlikus ekspertizę, gauti t_{jk} vertinimų rinkiniai apdorojami statistiškai. Šiuo atveju vidutinė kriterijaus įvertinimo reikšmė $\bar{t}_j$ nustatoma pagal formules [47, 51]:

$$\bar{t}_j = \frac{\sum_{k=1}^r \omega_k t_{jk}}{\sum_{k=1}^r \omega_k}; \quad \text{arba} \quad \bar{t}_j = \frac{\sum_{k=1}^r t_{jk}}{r}; \quad (1)$$

čia: ω_k – k eksperto autoriteto koeficientas; t_{jk} – k eksperto atliktas j rodiklio įvertinimas; r – ekspertų skaičius.

Ekspertizės patikimumą apibūdina variacija [47, 51]:

$$\beta_j = \frac{\sigma}{t_j}; \quad (2)$$

čia σ – vidutinė kvadratinė ekspertinių įvertinimų sklaida, nustatoma pagal formulę [47, 51]:

$$\sigma^2 = \frac{1}{r-1} \sum_{k=1}^r (t_k - \bar{t}_j)^2; \quad (3)$$

čia σ^2 – ekspertinių įvertinimų dispersija.

Ekspertizės patikimumas išreiškiamas ekspertų nuomonių konkordancijos koeficientu, apibūdinančiu individualių nuomonių sutapimo laipsnį [47, 51]:

$$W = \frac{12S}{r^2(n^3 - n) - r \sum_{k=1}^r T_k}; \quad (4)$$

čia S – kiekvieno kriterijaus įvertinimo rezultatų nukrypimo kvadratų suma [47, 51]:

$$S = \sum_{j=1}^n \left(\sum_{k=1}^r t_{jk} - \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^r t_{jk} \right)^2; \quad (5)$$

$$T_k = \sum_{l=1}^{H_l} (h_l^3 - h_l); \quad (6)$$

čia T_k – k ranžiruotėje susijusių rangų rodiklis; H_l – lygių rangų grupių skaičius k ranžiruotėje; h_l – lygių rangų, l susijusių rangų grupėje skaičius, įvertinant k ekspertui; t_{jk} – k eksperto j rodikliui priskiriamas rangas; r – ekspertų skaičius; n – įvertinamų rodiklių skaičius.

Jei nėra susijusių rangų, konkordancijos koeficientas nustatomas pagal formulę [47, 51]:

$$W = \frac{12S}{r^2(n^3 - n)}. \quad (7)$$

Konkordancijos koeficientas lygus 1, jei visos ekspertų ranžiruotės vienodos; lygus 0, jei visos ranžiruotės skirtingos, t. y. visiškai nesutampa.

Konkordancijos koeficiento reikšmingumas nustatomas pagal formulę [47, 51]:

$$\chi^2 = \frac{12S}{rn(n+1) - \frac{1}{n-1} \sum_{k=1}^r T_k}. \quad (8)$$

Jei pagal (8) formulę apskaičiuota χ^2 reikšmė didesnė už χ_{lent}^2 pagal lentelę, priklausanti nuo laisvės laipsnių skaičiaus bei priimto reikšmingumo lygio, ekspertų suderintų ranžiruočių hipotezė priimama. Jei $\chi^2 < \chi_{lent}^2$, laikoma, kad ekspertų nuomonės nesuderintos ir iš esmės skiriasi.

3.6.2. Rodiklių reikšmingumų nustatymas ekspertiniu porinio lyginimo metodu

Porinio lyginimo metodo esmė – ekspertai remdamiesi savo nuomonėmis lygina rodiklius tarpusavyje po du, siekiant kiekvienoje lyginamojoje poroje nustatyti reikšmingesnį rodiklį. Statiškai apdorojant iš ekspertų gautą informaciją, būtina patikrinti, ar ji buvo suprasta vienareikšmiškai. Ekspertinis vertinimas ir skaičiavimai atliekami matricos forma. Kiekvienas ekspertas į pirmos ($M1$) matricos eilutės ir stulpelio sankirtos tašką įrašo savo įvertinimą x_{ij} . Jis gali būti 1 arba 0, priklausomai nuo to, ar i rodiklis prioritetiškesnis už j , ar jie lygūs. Porinių palyginimų matrica ($M1$) pateikta 3 lentelėje [47, 51].

Antroje ($M2$) matricoje pateikiami suminiai visų ekspertizėje dalyvavusių ekspertų atsakymų rezultatai. Joje pateikiamas procentinis santykis (dalis atvejų), kai i rodiklis yra reikšmingesnis už j pagal bendrą gautų įvertinimų skaičių. ($M2$) matricoje rezultatus patogiau pateikti $p_{ij} = \frac{x_{ij}}{k}$ išraiška (čia k – ekspertų skaičius), turint omenyje, kad $p_{ij} + p_{ji} = 1$. Antra ($M2$) matrica – dalis atvejų, kai rodiklis reikšmingesnis už rodiklio faktorių (4 lentelė) [47, 51].

3.1 lentelė. Porinių palyginimų matrica ($M1$)

i rodiklis	j rodiklis					
	1	2	...	j	...	n
1	—	x_{12}	...	x_{1j}	...	x_{1n}
2	x_{21}	—	...	x_{2j}	...	x_{2n}
...	...	...	—	...	...	...
i	x_{i1}	x_{i2}	...	—	...	x_{in}
...	...	...	...	...	—	...
n	x_{n1}	x_{n2}	...	x_{in}	...	—

3.2 lentelė. Antra ($M2$) matrica

i rodiklis	j rodiklis						Eilės suma
	1	2	...	j	...	n	
1	—	p_{12}	...	p_{1j}	...	p_{1n}	p_1
2	p_{21}	—	...	p_{2j}	...	p_{2n}	p_2
...	...	...	—	...	...	...	...
i	p_{i1}	p_{i2}	...	—	...	p_{in}	p_i
...	...	...	...	...	—	...	...
n	p_{n1}	p_{n2}	...	p_{in}	...	—	p_n

Į trečią ($M3$) matricą surašomi pagrindinio pertvarkymo pagal skales rezultatai (5 lentelė) [47, 51].

3.3 lentelė. Trečia ($M3$) pagrindinio pertvarkymo matrica

i rodiklis	j rodiklis						Iš viso	Vidutinė reikšmė
	1	2	...	j	...	n		
1	—	z_{12}	...	z_{1j}	...	z_{1n}	z_1	$\overline{z_1}$
2	z_{21}	—	...	z_{2j}	...	z_{2n}	z_2	$\overline{z_2}$
...	...	...	—	...	...	...	...	...
i	z_{i1}	z_{i2}	...	—	...	z_{in}	z_i	$\overline{z_i}$
...	...	...	...	...	—	...	...	...
n	z_{n1}	z_{n2}	...	z_{in}	...	—	z_n	$\overline{z_n}$

Jeigu k ekspertai davė n įvertinimą $R_i (i = \overline{1, n})$ požymiams $C_j, j = \overline{1, n}$ skaičių pavidalu, pagal tai, ar jie turi X savybę, tai C_j skaičiai yra R_i požymių pagal skalę įvertinimai, o tokių dviejų R_i ir R_i objektų įvertinimų skirtumas išreiškiamas skalės modeliu [47, 51]:

$$C_i - C_j = Z_{ij} \sigma_{ij}; \quad (9)$$

čia C_i, C_j – rodiklių (projektų) įvertinimai pagal skalę; Z_{ij} – normuotas nuokrypis, atitinkantis p_{ij} , parodantį dalį i rodiklio prioritetiškumo prieš rodiklį j atvejų; σ_{ij} – numanomo skirtumų tarp C_i ir C_j paskirstymo vidutinis kvadratinis nukrypimas, t. y. [47, 51]:

$$G(Z_{ij}) = p_{ij} = \int_{-\infty}^{z_{ij}} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{t^2}{2}} dt. \quad (10)$$

Paprastumo dėlei galima laikyti, kad σ_{ij} pagal (9) išraišką lygus 1, tada $C_i - C_j = Z_{ij}$.

Be to, tarkime, kad normuoto normalinio pasiskirstymo plotas po kreive (intervalu nuo -3σ iki $+3\sigma$) lygus 1. Tai (10) formulę galima užrašyti išplėstiniu būdu [47, 51]:

$$G(Z_{ij}) = p_{ij} = \int_{-\infty}^0 \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{t^2}{2}} dt + \int_0^{z_{ij}} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{t^2}{2}} dt. \quad (11)$$

Kadangi integralas nuo $-\infty$ iki 0 lygus 0.5, gauname:

$$G(Z_{ij}) = p_{ij} = \int_0^{z_{ij}} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{t^2}{2}} dt. \quad (12)$$

Tolesniuose skaičiavimuose naudojama būtent ši išraiška.

Žinoma, kad realūs vertinimai skiriasi nuo laukiamos eilės Z_{ij} , todėl uždavinio tikslas – surasti aibę įvertinimų, kuriems šis skirtumas būtų mažiausias. Todėl įvertinimų pagal skalę sudarymo procedūra – tai stebimų p_{ij} santykių ($M2$ matrica) pavertimas laukiamais Z_{ij} pagal (11) lygtį, naudojant normuoto normalinio pasiskirstymo lentelę. Šie Z_{ij} sudaro matricą su dviem įėjimais arba pagrindinio pertvarkymo matricą 3 ($M3$) su kiekvieno i rodiklio skaičių eilutėmis ir kiekvieno j rodiklio skaičių stulpeliais. Taigi $M3$ matricoje kiekvienas Z_{ij} įvertinimas – tai skirtumas tarp i ir j rodiklių standartiniuose nuokrypiuose, be to, $Z_{ij} = \sum_{i=1}^n Z_i$ – šių įvertinimų suma, o vidutinė reikšmė [47, 51]:

$$\bar{Z} = \frac{\sum_{i=1}^n Z_i}{k}; \quad (13)$$

čia k – ekspertų skaičius.

Be to, p_{ij} nagrinėjamas kaip plotas po normuoto normalinio pasiskirstymo kreive intervale nuo $-\infty$ iki Z . Tokio pasiskirstymo funkcijos reikšmė pateikta literatūroje apie statistiką.

Naudojant $M3$ matricoje pateiktus rezultatus, nesunku nustatyti rodiklio reikšmingumo reikšmes arba lyginamų projektų reikšmingumą. Tačiau grupinis įvertinimas laikomas pakankamai patikimu tik tada, kai apklausiamų specialistų atsakymai yra gerai suderinti. Todėl statistinis iš ekspertų gautos informacijos apdorojimas turi atspindėti nuomonių suderinamumo įvertinimą ir nustatyti nesutarimo priežastis [47, 51].

Akivaizdu, kad esant visiškam k ekspertų sutarimui, C^2 matricos langeliuose bus skaičius $q = k$, o likusiuose langeliuose bus nuliai. Esant minimaliam sutarimui, kiekvieno langelio reikšmė bus $q = \frac{k}{2}$, kai ekspertų skaičius lyginis, ir $q = \frac{(k \pm 1)}{2}$, jei nelyginis [47, 51].

Vadinasi, kad poriniame lyginyje konkordancijos koeficientas gali būti nustatytas pagal formulę [47, 51]:

$$W = \frac{Q}{Q_{\max}}; \quad Q = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n C_{p_{ij}}^2; \quad Q_{\max} = \frac{k(k-1)n(n-1)}{4}; \quad (14)$$

iš čia:

$$W = \frac{4}{k(k-1)} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{C_{p_{ij}}^2}{n(n-1)}.$$

Mažiausia konkordancijos koeficiento reikšmė, jei k nelyginis skaičius apskaičiuojama pagal formulę [47, 51]:

$$W = \frac{k-2}{2(K-1)}. \quad (15)$$

Jei sumuojame ne pagal visus matricos langelius, o tik pagal esančius aukščiau ar žemiau pagrindinės matricos įstrižinės, tai siekiant mažinti darbo sąnaudas, skaičiuojama pagal pertvarkytą (14) formulę [47, 51]:

$$Q = \sum_{ij} x_{ij}^2 - k \sum_{ij} x_{ij} + C_k^2 C_n^2. \quad (16)$$

Siekiant sumažinti darbo sąnaudas ir sutrumpinti ekspertinio įvertinimo uždavinius, sprendžiamo porinio lyginimo metodu, sprendimo laiką, sudaryti algoritmai ir ESM programa. Tai leido išspręsti daugelį teorinių ir praktinių uždavinių [47, 51].

3.7. Technologinių vamzdynų daugiakriteris įvertinimas

Vienas iš statybos srityje naudojamų būdų priimamų sprendimų pagrįstumui įrodyti – sprendimų paramos sistemos. Sprendimų paramos sistema, galinti remtis įvairių šaltinių duomenimis, turi leisti vartotojams transformuoti milžinišką neapdorotą duomenų kiekį į sprendžiamos problemos analizei ir sprendimo priėmimui reikalingus informacinius pranešimus [50].

Kadangi racionalaus vamzdynų tiesimo varianto parinkimo modelį sudaro keli vienu metu sprendžiami uždaviniai, kuriuos reikia apjungti į vieningą sprendimą, tai sprendimo priėmimui buvo pasirinktas daugiakriterinės sintezės metodas (DSS1) [83] ir skaičiavimams panaudota pagal šį modelį sukurta sprendimų paramos sistema taikant daugiakriterės sintezės metodus SPS_DS.

3.7.1. DSS1 metodo modelio struktūra

Sintezės sprendimas DSS1 metodu vykdomas 3 etapais, kurių kiekvienas yra suskaidomas į smulkesnius veiksmus [30].

I sprendimo etapas skirtas uždaviniui formuluoti bei paruošti darbui duomenų bazės struktūrą (DBS). Uždavinio formulavimą nulemia sprendimo pakopų $k = \overline{1, c}$ formavimas. Kiekviena pakopa yra skirta įtrauktai į nagrinėjamą uždavinį vienai iš statybos procesų ar projektus apibūdinančiai duomenų lentelei. Pakopų skaičių c nulemia nagrinėjamo uždavinio sudėtingumo lygis bei numatomų nagrinėti pakopų turimų alternatyvų skaičius. Tai yra didžiausio, puikių ekspertinių žinių reikalaujantis bei imliausias darbui etapas. Nuo to, ar tikslingai bus surinktos uždavinyje nagrinėjamų atskirų pakopų alternatyvas apibūdinančių rodiklių reikšmės, jų pagrindiniai reikšmingumai, užpildytos alternatyvas jungiančios

bendram darbui ryšio lentelės, priklauso tolesnis sprendžiamo uždavinio galutinio rezultato efektyvumas. Taigi šiuo etapu atliekami tokie veiksmai:

- Statybos procesų ir projektų sudėtinių dalių, projektų sistemotechninio įvertinimo (PSĮ) duomenų lentelių šifrų sudarymas $k = \overline{1, c}$ sprendimo pakopoms (programoje – lentelė **A**).
- Statybos procesų ir projektų sudėtinių dalių, PSĮ duomenų lenteles apibūdinančių rodiklių grupių šifrų sudarymas $k = \overline{1, c}$ sprendimo pakopoms (programoje – lentelė **B**).
- Statybos procesų ir projektų sudėtinių dalių ryšio lentelių šifrų generavimas (programoje – matrica **R**).
- Statybos procesų ir projektų sudėtinės dalis aprašančių rodiklių k-tajai pakopai sistemos sudarymas (programoje – lentelė **B_k**).
- PSĮ duomenų lenteles užpildančių alternatyvų sistemos k-tajai pakopai sudarymas (programoje – lentelė **V_k**).
- PSĮ k-tosios pakopos, pagal rodiklių sistemą **B_k** duomenų lentelės $A_k = [x_{ik,jk}] \quad \forall_{ij}; \quad i = \overline{1, m}, \quad j = \overline{1, n}$ sudarymas.
- PSĮ lentelių alternatyvų sistemų **VI** ir **Vd** ryšio matricos $R_{1,d} = [r_{i(1),h(d)}] \quad \forall_{ih}; \quad i = \overline{1, m(l)}, \quad h = \overline{1, m(d)}, \quad i \neq h$ sudarymas.

Atlikus visus išnagrinėtus veiksmus DBS yra laikoma paruošta darbui, sprendimą atliekant daugiakriterių sprendimų sintezės DSS1 metodu.

II sprendimo etapas skirtas apdoroti statybos procesus arba projektus apibūdinančias duomenų lenteles atskirai ($A_1, A_2, \dots, A_c$ PSĮ duomenų lentelės) ir paruošti jas tolesniam sprendimui. Sprendimas vykdomas pakopomis. Tarkime, vykdomė sprendimą k-tajai sprendimo pakopai $k = 1, c$, čia c yra sprendimo pakopų (duomenų lentelių) skaičius.

II sprendimo etapas susideda iš šių veiksmų:

- PSĮ k-tosios pakopos pradinį duomenų peržiūrėjimas ir sprendimų priėmimo matricos **P**, remiantis PSĮ duomenų lentele A_k , sudarymas.
- Rodiklių pradinio reikšmingumo k-tajai pakopai nustatymas, taikant ekspertinį metodą. Prioritetinei eilutei nustatyti yra taikomas artumo idealiam taškui metodas, kuriame siūloma pagal galimybę naudoti pradinius rodiklių reikšmingumus. Sintezės metode taikant artumo idealiam taškui metodą, skirtingų pakopų dalyvavimas sprendimo priėmimo procese, dėl nemažos įtakos sprendimui, sukelia būsimų rezultatų diferenciacijos būtinumą.
- Alternatyvų santykinio reikšmingumo kriterijų K_{bit} eilė k-tajai pakopai nustatoma artumo idealiam taškui metodika. Norint jungti bendram darbui tik mazgus $g_{k,e}$ paliekamų m_k

geriausių alternatyvų skaičius, reikia sudaryti pagal santykinio reikšmingumo kriterijus K_{bit} nustatytą pradinę alternatyvų prioritetų eilutę. Pažymėtina, kad šiuo etapu skaičiavimams naudojamą sprendimų priėmimo matricą P , pavertus į normalizuotą sprendimų priėmimo matricą $\bar{P}$, reikia padauginti iš rodiklių pradinio reikšmingumo vektoriaus $\bar{P}^* = [\bar{P}][q_k]$. Skaičiavimus atlikus artumo idealiam taškui metodu, rezultatas yra gaunamas santykinio reikšmingumo kriterijaus K_{bit} pavidalu.

- Pradinės prioritetų eilutės k -tajai pakopai, remiantis alternatyvų santykinio reikšmingumo K_{bit} kriterijais, sudarymas. Sudaroma santykinė alternatyvų prioritetiškumo eilė k -tajai pakopai:

$$\{\bar{a}_k\} = \{a_5 \succ a_2 \succ a_m \succ \dots \succ a_1 \succ \dots \succ a_7\}. \quad (17)$$

Taigi sudarius santykinės alternatyvų prioritetiškumo eilutes visoms $k = \overline{1, c}$ pakopoms, čia c yra sprendimo pakopų skaičius, II etapo darbas baigtas.

III sprendimo etapo metu vykdoma daugiakriterinė variantų sintezė. Sprendimas vykdomas taip pat pakopomis. Kaip papildomas sprendimo elementas, kiekviena pakopa k yra sudaroma iš tam tikro skaičiaus mazgų z_k . Kiekviename šio etapo k -tosios pakopos sprendžiamame mazge z_k paliekama vartotojo nustatytas m_k alternatyvų skaičius, tačiau, kaip jau buvo minėta anksčiau, $m_k > 1$ ir $m_k \leq m$. Vykdamas sprendimą k -tosios pakopos mazguose. Sistema remdamasi ryšių matricų $R_{l,d}$ ir anksčiau sprendimo metu nagrinėtų pakopų nuo 1 iki $k-1$ duomenimis bei sprendimo metu k -toje pakopoje paliekamų alternatyvų m_k , atlieka galimų k -toje pakopoje palikti alternatyvų analizę ir išrenka racionaliausias m_k alternatyvas tolesniam sprendimui. Kartu atliekama paliekamų alternatyvų sintezė ir yra formuojamas sprendimų medis (SM), gaunant s galimų sprendimo variantų. Galutinėje stadijoje suformuoti SM variantai $w_s, s = \overline{1, z_c}$ yra nustatomas gautų variantų priimamo sprendimo sėkmės (PSS 2) kriterijų K_{3s} reikšmės. Remiantis kriterijaus K_{3s} reikšmėmis, sintezuojami variantai yra išrikiuojami į prioritetinę eilutę.

Toliau detaliau bus apžvelgiama šiuo etapu vykdomų veiksmų ypatumai:

- Sprendimų medžio (SM), k -tos pakopos mazgo $g_{k,e} \quad \forall k; k = \overline{1, c}, \quad e = \overline{1, z_k}$ formavimas, čia z_k yra k -tos pakopos mazgų skaičius nustatomas pagal formulę:

$$z_k = (z_{k-1} * m_k); \quad \forall k, k = \overline{2, c}, z_1 = m_1. \quad (18)$$

- Bendras sprendime dalyvaujančių sudaromų mazgų skaičius z nustatomas pagal formulę:

$$z = \sum_{k=1}^c z_k . \quad (19)$$

- SM k -tosios pakopos mazgo $g_{k,e}$ variantų, iš nurodyto kiekio nagrinėjamos k -tos pakopos m_k geriausių alternatyvų, remiantis ryšių matrica $R_{l,d}$ sudarymas. Čia vyksta dviejų arba daugiau vartotojo nurodytų geriausių alternatyvų atranka. Atranka vykdoma iš l alternatyvų ($i = \overline{1, m}$), čia m yra k -tos pakopos alternatyvų skaičius, pagal j šias alternatyvas apibūdinančių kriterijų ($j = \overline{1, n}$), čia n yra k -tos pakopos alternatyvas apibūdinančių kriterijų skaičius.

- SM k -tosios pakopos mazge $g_{k,e}$ paliktų geriausių alternatyvų, absoliučių reikšmingumo kriterijų K_{bita} nustatymas, remiantis autoriaus siūlomą absoliutaus artumo idealiam taškui (TOPSIS_A) metodu.

- Atlikus papildomus perskaičiavimus ir nustačius visų SM k -tos pakopos mazge $g_{k,e}$ paliekamų alternatyvų absoliučius tarpusavio ryšius K_{bita} , yra pereinama prie kitos pakopos k , kartu sintezuojant gretimų, prieš tai nagrinėtų nuo 1 iki k pakopų mazgus. Sintezė, jungiant nagrinėjamose pakopose paliktas alternatyvas į bendrus sprendinius, atliekama naudojantis ryšio lentelėmis, atsižvelgiant į tai, kurios alternatyvos buvo išrinktos tuo tarpu, taip pat derinant prieš tai buvusių etapų, jeigu tai yra ne pirmas sprendimo etapas. Kiekvienam paliktam, mazgui (alternatyvai) generuojama sprendimų šaka per ryšių lenteles $R_{l,d}$, čia $l = \overline{1, k-1}$ ir $d = \overline{2, k}$ yra generuojami numeriai pakopų, kurioms yra konkrečiai sudaryta ryšių lentelė, automatiškai prijungiant kito etapo dvi geriausias alternatyvas arba pagal vartotojo nurodytą paliekamą geriausią alternatyvų kiekį. Tokiu būdu yra galutinai suformuojamas sprendimo medis (SM).

- Galutinės, daugiakriterių sprendimų sintezės DSS1 metodo sprendimų priėmimo matricos $W = [w_{s,k}]$, $\forall sk; s = \overline{1, z_c}, k = \overline{1, c}$, remiantis SM, formavimas. Čia pagal SM šakas $s = \overline{1, z_c}$ yra suformuojama galutinė sprendimo priėmimo matrica W . Šios matricos kiekviena eilutė s atspindi sintezės metodu į bendrą sistemą sujungtų, iš $k = \overline{1, c}$ pakopose nagrinėjamų atskirų statybos procesų ar projektų racionaliausių alternatyvų sudarytą, galutiniam sprendimui parengtą sintezės variantą.

- Kiekvienai sprendimų atšakai $s = \overline{1, z_c}$ priimamo sprendimo sėkmės (PSS2) kriterijaus K_{3s} nustatomas pagal formulę:

$$K_{3s} = \max \prod_{k=1}^c w_{s,k}, \quad \forall sk; \quad s = \overline{1, z_c}, \quad k = \overline{1, c}, \quad (20)$$

čia s – sintezuojamų viso sprendimo medžio šakų skaičius. Atliekama variantų sintezė pagal kriterijų K_{3s} , kur laukiamas rezultatas $\{w_s\} \in W$.

- SM k -tosios pakopos mazgo $g_{k,e}$ variantų nurodo skaičiaus nagrinėjamos k -tos pakopos m_k geriausių alternatyvų, remiantis ryšių matrica $R_{l,d}$, sudarymas. Čia vyksta dviejų arba daugiau, nurodytų vartotojo, geriausių alternatyvų atranka. Atliekama iš I alternatyvų atranka ($i = \overline{1, m}$, čia m yra k -tos pakopos alternatyvų skaičius, pagal j šias alternatyvas apibūdinančių kriterijų ($j = \overline{1, n}$), čia n yra k -tos pakopos alternatyvas apibūdinančių kriterijų skaičius.

- Lyginamųjų variantų s prioritetiškumo eilė $\{w_s\}$, remiantis (PSS2) kriterijumi K_{3s} , sudarymas. Remiantis sąlyga, kad geriausias variantas ($w_s, s = \overline{1, z_c}$) yra tas, kurio kriterijaus K_{3s} reikšmė yra didžiausia ir suskaičiuotomis K_{3s} reikšmėmis, yra sudaroma galutinė prioritetų eilutė:

$$\{\overline{w_s}\} = \{w_1 \succ w_2 \succ w_3 \succ \dots \succ w_s \succ \dots \succ w_{z_c}\}, \quad (21)$$

čia z_c – šakų, variantų sintezės metu, skaičius.

3.7.2. Technologinių vamzdynų tiesimo racionalaus varianto parinkimo uždavinio formulavimas

Norint pasirinkti racionaliausią technologinių vamzdynų tiesimo pasiūlymą, neišvengiamai juos reikės palyginti. Variantų paieška prasideda nuo tikslų suformulavimo konkrečioms vamzdynams. Pagrindinis reikalavimas – kokybiški, užsakovo poreikius tenkinantys vamzdžiai, tačiau pakankamai pigūs. Vamzdžių kokybė apima daug įvairių su tuo susijusių elementų, tokių kaip ilgaamžiškumas, medžiagų patikimumas ir kt. Tačiau svarbiausias iš visų yra kaina. Iš galimų variantų išskiriama nedaug, bet tinkamų alternatyvų. Kiekviena alternatyva vertinama pagal kelis požymius. Sprendimas priimamas iš alternatyvų išrenkant labiausiai atitinkančią keliamus reikalavimus – kuri yra geriausia pagal pasirinktuosius vertinimo rodiklius.

Uždavinys sprendžiamas tokiu nuoseklumu:

- Atlikus literatūros bei kitų šaltinių analizę, įvertinus specializuotų įmonių apklausos rezultatus, išskiriamos galimos vamzdynų tiesimo alternatyvos (variantai, iš kurių bus renkama);

- Apibūdinamos alternatyvos ir parenkami siūlomoms alternatyvoms rodikliai, kuriuos įvertinus bus lyginamos pasirinktos alternatyvos;

- Rodikliams suteikiamos reikšmės;
- Sudaroma sprendimų matrica;
- Sprendžiamas uždavinys DSS1 metodu;
- Analizuojami gauti rezultatai ir priimamas sprendimas.

Literatūroje [47, 50, 51, 83, 86] aprašomi įvairūs metodai racionaliui variantui parinkti. Kai skaičiavimais norima pasiekti didelio tikslumo, vieno metodo nepakanka dėl galimų skaičiavimo paklaidų. Kadangi, tikslumas nėra vienas iš pagrindinių autorės uždavinio sprendimo reikalavimų (norima tik iliustruoti, kad sprendimų paramos sistemą galima taikyti net ir vamzdynų racionaliui varianto parinkimui), uždavinys buvo spęstas vienu metodu (DSS1).

Pasirinktų alternatyvų kokybinių ir kiekybinių rodiklių reikšmės nustatomos ekspertiniu, rekomendacijų, statistiniais metodais. Rodiklių reikšmingumai nustatomi ekspertiniu metodu, remiantis valstybės rekomenduojamais darbo įkainiais. Rodiklio reikšmingumas nustatomas norint išvengti iškreiptų rezultatų, nes ne visi pasirinkti rodikliai yra vienodos svarbos. Atlikus rodiklių įvertinimą ir palyginus rezultatus, galutinį sprendimą vis tiek reikės priimti pačiam užsakovui.

Savo darbe technologinių vamzdynų tiesimo rangovams parinkti autorė numatė tokius sustambintus rodiklius:

1. **Kaina** – kiekvienas užsakovas siekia kuo daugiau sutaupyti, o rangovas – gauti kuo didesnę ekonominę naudą. Atsižvelgiant į dabartinę ekonominę padėtį Lietuvoje rodiklio reikšmingumas turėtų būti didžiausias. Jis nustatytas remiantis valstybės rekomenduojamais darbo įkainiais. Šiuo konkrečiu atveju į kainą neįtrauktos naudojamos medžiagos, tik darbo užmokestis. Transportavimas ir kitos papildomos išlaidos gali būti įvertinamos atskirai, priklausomai nuo socialinio draudimo mokesčio, įmonės pelno normos ir t. t. Rodiklis vertinamas Lt/m. Priklausomai nuo situacijos šis rodiklis gali būti maksimizuojamas arba minimizuojamas. Šiuo konkrečiu atveju autorė pasirinko užsakovo poziciją, todėl rodiklis minimizuojamas.
2. **Iлгаamžiškumas** – technologiniai vamzdynai brangiai kainuojanti įranga, todėl įmonė, ketinanti tiesti vamzdynus, nori turėti tam tikrą garantiją dėl jų ilgaamžiškumo. Brangiai kainuoja ne tik jų tiesimas, bet ir remontas, o dar brangiau kainuoja technologinių vamzdynų avarijų pasekmių likvidavimas, todėl kuo didesnis ilgaamžiškumas, tuo didesnė tikimybė, kad įmonė metams bėgant nepatirs milžiniškų nuostolių. Kiekvienai alternatyvai šis rodiklis vertinamas 1–5 balų sistemoje. Jeigu vamzdžių ilgaamžiškumas nesiekia 2

metų, tai vertinama 1 balu, o jei 10–20 metų ilgaamžiškumas, tai siūloma įvertinti 5 balais. Šis rodiklis matuojamas balais ir maksimizuojamas.

3. **Medžiagų patikimumas** – nors Lietuva ir įžengė į Europos Sąjungą, tai dar nereiškia kad visos medžiagos naudojamos statybos srityje yra Europinio standarto. Dažnai naudojamos pasenusios, techninio projekto neatitinkančios medžiagos, dėl kurių galimos didelės avarijos, tuo pačiu ir milžiniški nuostoliai. Štai kodėl medžiagų patikimumas yra vienas iš svarbiųjų rodiklių, nes nuo jo priklauso ir kitas labai svarbus rodiklis – technologinių vamzdynų ilgaamžiškumas. Medžiagų patikimumo rodiklis matuojamas balais dešimties balų sistemoje. Jei medžiagos patikimumas yra iki 2 metų, siūloma įvertinti 1 balu, o jeigu 10–20 metų patikimumas, balas turėtų būti 10. Rodiklis maksimizuojamas.
4. **Darbuotojų kvalifikacija** – labai didelę įtaką technologinių vamzdynų patikimumui turi tinkama darbuotojų kvalifikacija. Kiekviena neteisingai suvirinta siūlė gali turėti sunkiai apsakomas pasekmes. Jie turi turėti atitinkamą išsilavinimą ir šioje srityje dirbti nemažiau nei 3 metus (remiantis [1] rekomendacijomis). Darbuotojų kvalifikacijos rodiklis vertinamas balais iki 1 sistemoje. Jei darbuotojas turi ne daugiau kaip 3 metų stažą šiame darbe, tai siūlome vertinti 0, jei 10, ar daugiau nei 10 metų – rašoma 1 balas. Rodiklis maksimizuojamas.

Visų kokybinių rodiklių reikšmingumai nustatomi ekspertiniu metodu, užpildžius anketas devyniolikai nepriklausomų, ne vienerius metus vamzdynų tiesimo srityje dirbančių, ekspertų.

3.4 lentelė. Technologinių vamzdynų parinkimo modelio bendra rodiklių sistema

Eil. Nr.	Rodiklis	Žymėjimas	Mato vnt.	Min / Max	Rodiklio reikšmingumo koeficientas
1	Kaina	R1	Lt/m	-	0,4
2	Ilgaamžiškumas	R2	balai	+	0,1
3	Medžiagų patikimumas	R3	balai	+	0,25
4	Darbuotojų kvalifikacija	R4	balai	+	0,25

Igyvendinant projektą užsakovas ir kitos suinteresuotos grupės siekia įgyvendinti konkrečius poreikius, tikslus, kurie yra susiję su finansinėmis galimybėmis, išteklių ir kitais ribojimais. Todėl kiekvienu konkrečiu atveju vartotojas, siekdamas maksimaliai patenkinti

savo tikslus, gali keisti analizuojamų alternatyvų skaičių, kai kurią apibūdinančią informaciją.

Išanalizavus šiuo metu rinkoje siūlomus vamzdynų tiesimo variantus, buvo parinktos dvi labiausiai užsakovo interesus atspindinčios alternatyvos:

1. Plieninių technologinių vamzdynų tiesimo projektas;
2. Daugiasluoksnių technologinių vamzdynų tiesimo projektas.

Plieninių technologinių vamzdynų tiesimo procesas susideda iš šių darbų:

1. Vamzdžių suvirinimas į grandis;
2. Grandžių ir atskirų vamzdžių paklojimas tranšėjose;
3. Grandžių ir atskirų vamzdžių suvirinimas tranšėjose;
4. Hidraulinis išbandymas.

Daugiasluoksnių technologinių vamzdynų tiesimo procesas susideda iš šių darbų:

1. Vamzdžių galų sulyginimas;
2. Vamzdžių suvirinimas į gijas;
3. Vamzdžių gijų nuleidimas į tranšėjas ir paklojimas;
4. Hidraulinis išbandymas.

Lyginat abi alternatyvas galima pastebėti, kad vamzdžių tiesimo specifikos labai skiriasi. Nors plieninių vamzdžių tiesimas imlesnis darbo sąnaudoms (reikalingi aukštesnės kvalifikacijos specialistai), tačiau daugiasluoksnius vamzdžius kur kas sudėtingiau sujungti. Jungiant vamzdžius į gijas naudojami klįjai, kurie yra ypatingai brangūs, be to, būtina kruopščiai vamzdžių galus aptepti klįjais ir net jei klįjavimas padarytas be priekaištų, laikui bėgant vamzdžiai suyra. Kiti parodymai palankesni daugiasluoksnių vamzdžių tiesimui. Buvo pripažinta, jog daugiasluoksniai vamzdžiai pasižymi geresniu medžiagų patikimumu, ilgaamžiškumu. Didžiausias šių vamzdžių minusas – aukšta kaina. Bet kadangi užsakovui, kaip jau minėta, svarbiausias akcentas yra kaina dabartiniu momentu, o ne perspektyvos į ateitį, tai šis rodiklis turi didžiausią reikšmingumą pasirenkant racionalią alternatyvą.

3.5 lentelė. Sprendimo priėmimo matrica – technologinių vamzdynų tiesimo racionalaus projekto parinkimas

Eil. Nr.	Rodiklis	Žymėjimas	Mato vnt.	Min / Max	Rodiklio reikšmingumo koeficientas	Alternatyva Nr.1	Alternatyva Nr.2
1	Kaina	R1	Lt/m	-	0,4	15,00	25,00
2	Ilgaamžiškumas	R2	balai	+	0,1	3,7	4,5
3	Medžiagų patikimumas	R3	balai	+	0,25	5,5	8
4	Darbuotojų kvalifikacija	R4	balai	+	0,25	0,55	0,55

Pasitelkus kompiuterinę programą, buvo suvesti tokie duomenys (priedas Nr.2).

Išsprendus uždavinį daugiakriterės sintezės DSS1 metodu ir išanalizavus gautus duomenis, autorė padaro sprendimą, jog esant nustatytiems rodiklių reikšmingumams, racionalesnė yra pirmoji alternatyva – plieninių vamzdynų tiesimas, kuris yra pranašesnis už antrąją 0,2689. Šis projektas labiausiai atitinka užsakovo keliamus reikalavimus (reikalinga kokybė už priimtina kainą). Tačiau ir gavus skaičiavimo rezultatus, paskutinį ir pagrindinį sprendimą priima pats užsakovas.

4. TECHNOLOGINIŲ VAMZDYNŲ GAMYBOS IR MONTAVIMO KOKYBĖS KONTROLĖS PLANAS

Naujų technologijų dėka sumažėjo vamzdžių gamybos trukmė nemažinant gamybos apimties bei tris kartus sutrumpėjo vamzdžių montavimo trukmė statybos aikštelėse. Siekiama kuo daugiau vamzdžių montavimo darbų atlikti gamyklose (įvairių mazgų gamyba, vamzdinių ruošinių sujungimas) taip sutrumpinant montavimo darbų apimtį statybos aikštelėse.

Dėl didelio technologinių vamzdynų naudojimo masto turi būti imtasi ne tik būtinų, bet ir papildomų saugos priemonių, užtikrinančių patikimą ir ekonomišką vamzdynų funkcionavimą. Sudarius kokybės valdymo planą tai padaryti kur kas paprasčiau, nes vamzdynuose tinkamą kokybę apsprendžia gera, užtikrinta naudojamų medžiagų, suvirinimo ir eksploatavimo kontrolė. Kiekvieno, net ir menkausio proceso tinkama kokybės kontrolė garantuoja, jog galutinį rezultatą turėsime patikimą, kokybišką. Sudarius kokybės kontrolės metodikas atskiriems technologinių vamzdynų diegimo procesams, įmonėms daug lengviau kontroliuoti šiuos procesus.

Todėl autorės pagrindinis darbo tikslas – sudaryti kokybės kontrolės metodiką, kuri būtų lengvai pritaikoma net ir praktikoje kaip rekomendacinio pobūdžio.

Autorė, išanalizavusi užsienio šalių literatūrą ir Lietuvos įstatymų keliamus reikalavimus technologiniams vamzdynams, išrinko pačias, jos manymu, geriausias (aukščiausią kokybę užtikrinančias) procedūras iš įvairių šaltinių, susistemino ir sudarė technologinių vamzdynų kokybės kontrolės planą.

4.1. Medžiagų priėmimas ir sandėliavimas

Kadangi vamzdynai užima labai svarbią vietą mūsų gyvenime, būtina užtikrinti jų nepriekaištingą funkcionavimą. Beveik visi vamzdynų diegimo etapai yra griežtai kontroliuojami: nuo projektavimo stadijos iki tinkamos eksploatavimo priežiūros. Technologinių vamzdynų tiesimas, kaip ir bet kuris kitas statybos procesas, prasideda nuo medžiagų bei gaminių, atitinkančių projekto ir normatyvinių dokumentų reikalavimus, paieškos, jų priėmimo, kokybės kontrolės, sandėliavimo, tinkamo panaudojimo ir pasiruošimo gamybai.

Šios procedūros nustato bendrovėje gaminamų produktų užduočių projektavimui parengimo, projektavimo, projektų ekspertizės, produktų gamybos projektavimo ir organizavimo, produkcijos gamybos vykdymo ir kontrolės bei tikrinimo tvarką.

Šiomis procedūromis vadovaujasi visi bendrovės darbuotojai, tiesiogiai susiję su produkto ir jo gamybos projektavimu ir tobulinimu.

Neužtenka vien tik įsigyti kokybiškas, projektą bei normatyvinius dokumentus atitinkančias medžiagas. Didžioji dalis medžiagų kokybės, naudojamos statybos procesuose, priklauso nuo jų sandėliavimo, t. y., ar tinkamai, laikantis visų sertifikato reikalavimų jos yra sandėliuojamos. Dėl neteisingo medžiagų bei gaminių laikymo, pablogėja jų projekcinės savybės, kurios gali turėti lemiamą įtaką avarijai ar net griūčiai.

Todėl būtina užtikrinti tinkamą medžiagų bei gaminių priėmimo bei sandėliavimo sąlygas. Norint palengvinti šių procesų kontrolę, įmonėms patartina sudaryti medžiagų priėmimo ir sandėliavimo kokybės kontrolės metodiką.

1. Paskirtis

Ši kokybės kontrolės procedūra nusako medžiagų priėmimo ir sandėliavimo tvarką.

2. Atsakomybė

Už medžiagas, kurios reikalingos užsakymo ir kurios saugomos gamybinės grupės teritorijoje, atsakingas gamybinės grupės vadovas. Už medžiagas, kurios saugomos sandėlyje atsakingas sandėlininkas.

3. Darbų eiga

3.1 Medžiagų priėmimas

- 1) Gamybinės grupės vadovas arba jo įgaliotasis asmuo, priimdamas medžiagas į gamybinės grupės teritoriją atlieka tokius veiksmus:
 - a) patikrina serijų ir liejinio numerių atitikimą sertifikatams;
 - b) vizualiai patikrina, ar nėra matomų medžiagos pažeidimų;
 - c) patikrina linijinius matmenis;
 - d) patikrina medžiagų atitikimą projekto specifikacijoms;
 - e) patikrina medžiagų cheminės sudėties ir mechaninių savybių atitikimą standartams pagal medžiagų sertifikatus;
 - f) užpildo medžiagų priėmimo aktą, pasirašo, bei patvirtina jį pas užsakovą;
 - g) esant neatitikimams vadovautis „Neatitiktinio produkto valdymas”.

PASTABA: Pažeistos medžiagos negali būti naudojamos be specialaus leidimo.

- 2) Visa dokumentacija turi atitikti pristatymo dokumentus.
- 3) Medžiagas galima naudoti tada, kai užsakovas patvirtina medžiagų priėmimo aktą.

3.2 Sandėliavimas

- 1) Vamzdžiai sandėliuojami lauke, suskirsčius pagal cheminę sudėtį ir skersmenį:

a) Vienos plieno markės ir diametro vamzdžius sandėliuoti ant paklotų, ant kurių bus užkabinta lentelė su informacija: partijos numeris, sertifikato numeris, plieno markė, vamzdžio storis ir storis. Lentelės spalva balta.

b) Vamzdžiai, turintys 5 % ir daugiau Cr, sandėliuoti atskirai nuo vamzdžių iš juodo metalo. Ant paklotų turi būti užkabinta lentelė su informacija, kuri aprašyta aukščiau. Lentelė raudonos spalvos.

c) Austenitines klasės vamzdžiai sandėliuojami atskirai ant paklotų su užkabinta lentelė su informacija, aprašyta aukščiau. Lentelė turi būti žalios spalvos.

2) Fasonines detales laikyti sandėlyje, pasiskirsčius pagal cheminį sudėtį ir skersmenį, tipą ir t. t.

PASTABA: Nerūdijančiam ir chrominiam plienui paklotos turi būti iš medienos.

4. Dokumentai

- Medžiagų priėmimo / patikrinimo aktas;
- Medžiagų sertifikatai.

4.2. Vamzdinių mazgų gamyba

Kokybiškas plieno vamzdžių suvirinimas – perdirbimo pramonės garantas. Perdirbamajai pramonei priklauso alaus daryklos, pieno, farmacijos bei chemijos pramonės įmonės. Tai nemaža pramonės dalis, naudojanti suvirintus plieno vamzdžius (dažniausiai naudojami nerūdijančio plieno vamzdžiai).

Vamzdynamics keliama reikalavimai gali kisti, atsižvelgiant į jų panaudojimo sritį, tačiau griežti higienos ir vamzdynamics, naudojančių daugiau ar mažiau agresyvias medžiagas, vientisumo reikalavimai visada yra vienodi, todėl labai svarbu užtikrinti suvirinimo kokybę. Vamzdynamics turi užtikrinti gamybos produktyvumą, išbaigtumą ir atsparumą korozijai, derinant su procesų patikimumu ir jų reguliavimo galimybe eksploatacijos metu.

Šioje kokybės kontrolės procedūroje apibūdinami šiuos tikslus padedantys įgyvendinti būdai ir procesai. Kokybės kontrolės procedūra sudaryta atsižvelgiant į konkrečios įmonės galimybes bei vadovaujantis [1, 10, 15, 41, 42, 65, 66, 67] rekomendacijomis.

1. Paskirtis

Užtikrinti vamzdynamics mazgų gamybos atlikimą pagal ASME B31.3, bei užtikrinti gaminio kokybę, identifikavimą ir atsekamumą.

2. Atsakomybė

Gamybinės grupės vadovas atsakingas už atliekamų darbų kokybę bei savalaikį neardančiosios ir geometrinės kontrolės organizavimą. Kokybės grupės vadovas atsakingas už savalaikį kontrolės atlikimą ir rezultatų pateikimą.

3. Darbų eiga

3.1 Ruošinių paruošimas suvirinimui

a) Prieš pradėdant gaminti bet kokius vamzdžių ruošinius, turi būti raštiškai patvirtintos suvirinimo procedūros.

b) Vamzdžio mazgų surinkimą turi atlikti vadovaujantis detalizuotais darbo brėžiniais.

c) Vamzdžiai atpjaunami elektriniu pjūkle. Jeigu pjūklo techninės galimybės neleidžia atpjauti vamzdžio (virš $\varnothing 300$ mm), reikia naudoti dujinį pjoviklį (deguonis-propanas). Po dujinio pjovimo būtina pašalinti nuodegas, šlakus, aštriais briaunais, nelygumus, bei nušlifuoti pagrindinį metalą ne mažiau kaip 1,6 mm.

d) Legiruoti vamzdžiai turi būti pjaunami pjūkle arba plazma.

e) Nerūdijančio plieno ir spalvotų metalų šlifavimą ir valymą reikia atlikti tik su tokiais įrankiais, kurie baziniame metale nepalieka kenksmingų nuosėdų; reikia naudoti aliuminio oksido arba silikono karbido šlifavimo ratuką ir austenitinio nerūdijančio plieno vielos šepetį. Šie įrankiai neturi būti naudoti prieš tai niekam kitam nei medžiagos, kurios turi būti nuvalytos.

f) Briaunų ir siūlės elementų konstrukciniai matmenys turi atitikti SPA (suvirinimo procedūrų aprašas).

g) Surinktų vamzdinių mazgų linijiniai nukrypimai negali būti didesni nei nurodyta brėžiniuose.

h) Vamzdžiai surenkami centratoriais arba rankiniu būdu, jeigu tai užtikrina reikalaujamą kokybę.

i) Nesant darbo brėžiniuose specialių reikalavimų, leidžiamas linijinis briaunų nesutapimas žiedinėms siūlėms $h \leq 0,5t$ (t – metalo storis, mm), bet ne daugiau kaip 2 mm.

j) Esant didesniai negu 2mm vamzdžių nesutapimui pagal storį, 3–7 mm storiui būtinas vamzdžių nusklembimas 15° storesnio metalo.

k) Prieš suvirinimą sujungimai iš vidaus ir išorės turi būti nuvalyti iki metalinio blizgesio po 20 mm į abi puses, išskyrus austenitinius plienus.

l) Suvirinami paviršiai turi būti švarūs, be dažų, tepalų, purvo, lupenų ir kitų pašalinių, žalingų suvirinimui medžiagų, kuriuose gali būti švino, sieros ir kitų žemo lydymosi temperatūros taško elementų.

m) Prieš pradėdamas virinti, suvirintojas turi užtikrinti gerą kontaktą tarp masės kabelio ir detalės. Masės kabelis turi būti pritvirtintas prie detalės specialiais gnybtais.

3.2 Suvirinimas

a) Dirbant suvirintojas turi užtikrinti, kad darbo vieta ir suvirinimo zona būtų apsaugota nuo nepageidaujamo atmosferos poveikio. Apsaugai naudoti brezentinės palapinės ar laikinus tentus. Darbo zona turi būti sausa ir be skersvėjo.

b) Jeigu suvirintojo netenkina apsauga nuo atmosferos poveikio ir tai gali turėti įtakos suvirinimo sujungimo kokybės sumažėjimui, jis turi iškelti šią problemą meistrui ar kokybės inžinieriui. Kokybės kontrolierius gali sustabdyti suvirinimo darbus, jeigu ji netenkina apsauga nuo atmosferos poveikio.

c) Jeigu suvirinimo procedūroje nurodytos specialios techninės operacijos, tokios kaip išankstinis pakaitinimas (propano liepsna arba terminė-izoliacija), suvirintojas turi laikytis nurodymų matuojant pašildymo temperatūrą termopieštukais išilgai, skersai ir 75 mm atstumu nuo siūlės. Suvirinimo meistras ir Kokybės Inspektorius turi taip pat patikrinti reikalingą pašildymo temperatūrą.

d) Temperatūra tarp ėjimų turi būti taip pat ribojama suvirinimo procedūroje, ji gali viršyti tik kai visiškai išpjaunamas sujungimas.

e) Suvirintojas turi būti įsitikinęs kad turi termopieštukus, atitinkančius temperatūrai nustatyti, kuri yra nurodyta SPA.

f) Suvirinimo medžiagos, naudojamos suvirinimui, turi būti nurodyti SPA

g) Suvirinimo medžiagų panaudojimas ir kontrolė turi būti aprašyta SPA.

h) Suvirintojas turi pranešti apie suvirinimo medžiagų būklę, jeigu jie yra brokuoti.

i) Laikinosios suvirinimo siūlės (prikabinimai) turi būti virinami kvalifikuotais suvirintojais ir gali būti: a) neatskiriama siūlės šakinės dalimi; b) pašalinta iš sujungimo.

j) Prikabinimai turi būti atliekami su tais pačiais suvirinimo parametrais ir pašildymu, jeigu reikia, kaip nurodyta SPA.

k) Prikabinimai, kurie įėję į suvirinimo siūlę, turi turėti pradžioje ir pabaigoje sklandų perėjimą. Laikini prikabinimai turi būti pašalinti mechaniniu išpjovimu.

l) Laikini prietaisai turi būti privirinami pagal SPA ir pašalinami tik mechaniškai. Bet kokio žala, padaryta prietaiso nuėmimo metu, turi būti panaikinta šlifavimu ir pasiektas sklandus perėjimas į pagrindinį kontūrą, išlaikant nors minimalius storio reikalavimus.

m) Visų suvirinimo siūlių ėjimai turi būti griežtai atliekami pagal SPA. Kiekvienas vertikalių siūlių ėjimas turi būti visiškai užbaigtas prieš pradedant kitą ėjimą. Kad išvengtų suldydymo defektų, ypatingą dėmesį reikia skirti valymui šepčiais arba šlifavimo mašinėle tarp ėjimų. Pašildymo ir tarp ėjimų temperatūra turi būti tikrinama prieš kiekvieną suvirinimą. Reikia stengtis nenutraukinėti suvirinimo lanko. Bet kokios liekanos nuo suvirinimo lanko (elektrodo) prisilytymo (pridegimai) prie siūlės ar pagrindinio metalo paviršiaus turi būti pašalinami šlifavimu.

n) Reikia griežtai laikytis suvirinimo parametrų, nurodytų SPA.

o) Termopenalai turi būti atidaromi tiksliai imant elektrodus.

3.3 Suvirinimo nutraukimas

Suvirintojas turi stengtis užbaigti pradėtą suvirinimo siūlę. Jeigu dėl nepriklausomų nuo jo priežasčių negali užbaigti siūlės, jis turi užvirinti minimaliai 1/3 gylio suvirinimo siūlę. Jeigu suvirinimas nutraukiamas, siūlė turi būti uždengta izoliacine medžiaga ir lėtai aušinama iki aplinkos temperatūros. Anksčiau pasiektas pašildymo lygis turi būti atstatytas atliekant iš naujo ar tęsiant suvirinimo procesą.

3.4 Suvirinimo darbų baigimas

a) Pabaigus suvirinimo siūlę, suvirintojas turi vizualiai patikrinti perdengimą: ar yra įpjovos, išgaubimo profilį, sustiprinimą ir t. t., užtikrinti jog būtų pašalinti metalo prideginimai, ištaškymai, šlako liekanos ir kt.

b) Suvirintojas turi užrašyti savo identifikacijos numerį markeriu šalia suvirinimo siūlės.

3.5 Siūlių defektų taisymas

a) Kokybės Inspektoriui turi būti pranešta apie siūlės taisymą. Taisymo plotas (ilgis) turi būti nustatytas NDT kontrolės protokolu, teisingai apibrėžtas vietoje taisymo eskizas turi būti pateiktas suvirintojui, atsakingam už taisymo darbą.

b) Taisymo vieta turi būti išpjauta šlifavimu po 25 mm pusės nuo kiekvieno galo, išpjauto kraterio forma turi būti apvali.

c) Taisymo metu suvirinimo parametrai turi atitikti SPA, kurie buvo taikyti originalios siūlės suvirinimui.

d) NDT kontrolė taikoma pagal SPA.

4. Kontrolė

Vamzdžių mazgų linijinių matmenų 100 % kontrolė, tolerancijos turi atitikti Lapas I PFI standartas ES-3 MEC pateiktu izomerinių brėžinių.

a) Vadovaujantis „Kontrolė ir bandymai“ procedūros punktais, gavęs iš gamybinės grupės vadovo paraišką kontrolei, kokybės grupės vadovas organizuoja kontrolę neardančiais metodais.

b) Kontrolė atliekama pagal „Neardantieji kontrolės metodai“ procedūrą.

c) Kontrolės apimtis pagal patvirtintą „Vamzdynų kontrolės NDT matrica“.

d) Suvirinus vamzdžių ruošinius, sudaroma suvirintų vamzdynų išpildomoji schemą su tokia informacija: linijos numeris, siūlės numeris, suvirintojo įspaudo numeris.

5. Identifikavimas ir atsekamumas

a) Vadovaujamasi procedūra „Identifikavimas ir atsekamumas“.

b) Montuojant atpjovus vamzdžio ruošinį ant vieno ir kito galo surašomą sekančią informaciją: plieno markę, serijos ir liejinio numerį. Nenaudojama dalis gražinama į sklandavimo vietą.

6. Pagamintų vamzdžio mazgų žymėjimas

Kiekviena dalis turi būti pažymėta linijos ir dalies numeriu, užrašytu didelėmis raidėmis 100–150 mm nuo vieno galo (kairės). Naudojami dažai turi būti atsparūs vandeniui ir nežalingi medžiagoms, iš kurių pagamintas vamzdis.

PVZ.: 6"-HC-1113-B (Linijos Nr.)

MK-1113-IF-3 (Dalies Nr.)

7. Paruošimas pakrovimui

a) Prieš pakraunant vamzdžius iš pagaminimo vietos į darbų vietą reikia imtis toliau nurodytų apsauginių priemonių.

b) Visi flanšiniai paviršiai, srieginiai galai ir kiti mechaniniu būdu apdoroti paviršiai turi būti padengti tepaline apsauga nuo rūdžių, kuri suderinama su skysčiu, kuris bus tiekiamas vamzdžiu.

c) Visi flanšiniai paviršiai turi būti apsaugoti medine, plastikine ar metaline danga.

d) Išoriniai sriegiai turi būti uždaryti, vidiniai sriegiai – užkimšti. Ketaus kištukai nenaudojami.

e) Visi atviri galai turi būti uždaryti ir apsaugoti metalinėmis arba plastikinėmis apsaugos priemonėmis, apsaugoti nuo sugadinimo ir pašalinių medžiagų patekimo.

f) Pagaminti vamzdžiai, kurie yra mažų trišakių prijungimas turi būti atitinkamai apsaugotas nuo sugadinimo transportavimo ir pakrovimo metu.

g) Surinkimui reikalingos dalys, kurios pakraunamos atskirai, turi būti tinkamai sudėtos į dėžes, tinkamai įpakautos ar tvirtai pritvirtintos prie vamzdžio ir rūpestingai pažymėtos, kad būtų teisingai atpažintos, pristačius jas į paskirties vietą.

8. Dokumentai

- Vamzdžių mazgų išpildomoji schema;
- Geometrinių matmenų patikrinimo aktas.

4.3. Neardantieji kontrolės metodai

Net ir kruopščiai laikantis visų kontrolės kokybės nustatytų procedūrų nėra garantijos, kad gautas produktas (rezultatas) tenkins mūsų poreikius bei normatyvinius, projektinius, konstruktyvinius reikalavimus. Todėl prieš pridodant produktą plačiam vartojimui būtina atlikti patikrą. Šią patikrą atlieka speciali ministerijos sudaryta komisija, kuri ir nustato, ar galima, pvz., technologinius vamzdynus eksploatuoti, ar jie nekelia pavojaus aplinkai bei aplinkiniams.

Yra keletas kontrolės būdų, kurie taikomi visais technologinių vamzdynų pripažinimo tinkamais naudojimui, atvejais. Atliekama apžiūrimoji, radiografinė, metalo kietumo, magnetinė bei spalvinė kontrolės. Kiekvienas kontrolės būdas turi griežtai apibrėžtas taisykles, kaip ji turi būti atliekama ir kas ją turi atlikti, kokie dokumentai pildomi apžiūros metu.

4.3.1. Apžiūrimoji kontrolė

Šis kontrolės būdas pats pigiausias ir primityviausias. Jis atliekamas vizuojant, ar nėra pastebimų defektų, t. y. plyšių, neužvirintų siūlių ar kitokių lengvai pastebimų pažeidimų. Tačiau, tokią kontrolę gali atlikti tik tam tikrą kvalifikaciją turintys kontrolieriai. Visos būtinos sąlygos šiai kontrolei įvykdyti aprašytos [1, 10, 12, 13, 65, 66, 67], kuriomis ir vadovavausi sudarydama šią procedūrą.

1. Kontrolės atlikimas

Suvirinimo siūlės, terminio poveikio zonos ir pagrindinio metalo paviršiaus arba artimi paviršiui pažeidimai.

Prieš suvirinimą: briaunų paruošimas, sujungimo surinkimas.

Baigus virinti: paviršiaus defektų apžiūrimoji kontrolė – suvirinimo siūlės, terminio poveikio zona, pagrindinio metalo paviršius.

2. Personalo kvalifikacija

Visas kontroliuojantis personalas turi būti atestuotas pagal LST EN 473 VE II lygį ir turėti pagrindinių apžiūros kontrolės žinių ir patirties.

Kontrolierių sąrašas ir jų sertifikatai pateikiami užsakovui patvirtinti apžiūros kontrolės protokolą.

3. Apimtis

100 % [1].

4. Atlikimo metodai

Pagal LST EN 970.

5. Vertinimo kriterijai pagal

LST EN 25817:1997 Klasė B.

6. Prieš suvirinimą

Briaunų paruošimas ir sujungimo surinkimas suvirinimui turi būti atliktas atsižvelgiant į leistinus nuokrypius pagal patvirtintus suvirinimo procedūrų aprašus (SPA), atsižvelgiant į suvirinimo eigą.

Suvirinimą atlikti pagal patvirtintą SPA.

7. Po suvirinimo

Draudžiami prideginimai ant pagrindinio metalo. Esant šiam pažeidimui, pažeistos vietos turi būti nušlifuotos šlifavimo mašinėle taip, kad nesumažėtų pagrindinio metalo projektinis storis.

8. Atlikimo būdas

Apžiūrimoji kontrolė turi būti atliekama iš ne didesnio kaip 600 mm atstumo.

9. Apšvietimas

Turi būti ≥ 500 lx intensyvumas.

10. Paviršius

Paviršius turi būti sausas ir nuvalytas nuo rūdžių, šlako ir kt.

11. Aktai

- Apžiūros kontrolės protokolai

4.3.2. Radiografinė kontrolė

Šis kontrolės būdas yra brangus ir reikalaujantis brangios, pakankamai sudėtingos įrangos. Jis padeda surasti, pastebėti vizualiai nepastebimus defektus, t. y. plyšius, neužvirintas siūles ar kitokius sunkiai pastebimus pažeidimus. Šią kontrolę, kaip ir prieš tai aptartą, gali atlikti tik tam tikrą kvalifikaciją turintys kontrolieriai. Visos būtinos sąlygos šiai

kontrolei įvykdyti aprašytos [1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 13, 14], kuriomis ir vadovavausi sudarydama šią procedūrą.

1. Kontrolės atlikimas

Radiografinė kontrolė sandūrinių suvirinimo sujungimų.

2. Personalo kvalifikacija

Visas kontroliuojantis personalas turi būti atestuotas pagal EN 473 RT II lygį.

Kontrolierių sąrašas ir jų sertifikatai pateikiami užsakovui patvirtinti forma.

3. Apimtis

Pagal kontraktą ir vamzdžių MEC pateikta NDT kontrolės matricą.

4. Atlikimo metodai

Pagal EN 1435.

5. Įranga

Eresco 42 MF 2, 200 kV/10 mA.

6. Juostos

Naudojamos juostos klasės C4 ar geresnė pagal EN 584.

7. Jautrumas

Kad pasiektų jautrumą, naudoti metalinius ekranus.

8. Vaizdo kokybės indikatoriai

Indikatorių kokybė nusakoma pagal EN 462.

9. Juostos optinis tankis

Juostos optinis tankis ne mažiau 2.0 iki 3.6.

10. Vertinimo kriterijai

Pagal EN 25817 („B“).

11. Juostų atsekamumas

Ant kiekvienos juostos yra pažymima: vamzdyno linijos Nr.; suvirinimo siūlės Nr.; suvirintojo įspaudas; kontroliuojama vieta.

12. Dokumentai

- Radiografinės kontrolės protokolas.
- Inspektorių neardančiosios kontrolės metodais patvirtinimo aktas.

4.3.3. Metalų kietumo testas

Šis kontrolės būdas yra brangokas. Jis padeda nustatyti kaip labai suvirinimo metu buvo pažeistos plieno mechaninės stiprumo savybės ir ar nereikia imtis papildomų priemonių

plieno stiprinimui. Šią kontrolę, kaip ir prieš tai aptartą, gali atlikinėti tik tam tikrą kvalifikaciją turintys kontrolieriai.

1. Kontrolės atlikimas

Suvirinimo siūlės ir sujungimo terminės poveikio zonos metalo kietumo nustatymas.

2. Personalo kvalifikacija

Kontroliuojantis personalas turi būti atestuotas pagal EN 473 II lygį.

Kontrolierių sąrašas ir jų sertifikatai pateikiami užsakovui patvirtinti

3. Apimtis

Brunelio kietumo testą reikia atlikti kai nurodyta PWHT (terminis apdirbimas po suvirinimo) ir kada to reikalaujama pagal kodus, standartus ar pirkimo dokumentus.

4. Paviršiaus paruošimas

Paviršius turi būti švarus, lygus, be šlifavimo liekanų.

5. Įranga

Metalo kietumo matuoklis „MICRODUR – II“ (KRAUTKRÄMER)

6. Kalibravimas

Kalibravimas atliekamas ant etaloninio pagrindo su žinomu kietumu.

7. Vertinimo kriterijai

Pagal specifikaciją.

8. Darbų eiga

a) Brunelio kietumo testas atliekamas po suvirinimo siūlės terminio apdirbimo (PWHT) ir kada to reikalaujama pagal kodus, standartus ar pirkimo dokumentus.

b) Tyrimas turi apimti vieną patikrinimą suvirinimo siūlėje ir vieną – kiekvienos termiškai paveiktos zonos suvirinimo siūlės paviršiaus briaunoje.

c) Vamzdžius, kurie didesni nei 12", reikia ištirti mažiausiai vieną kartą kas 381 mm suvirinimo siūlės ilgio ir vieną kartą termiškai paveiktame plote.

d) Kietumo testo rezultatai turi būti pateikti Brunelio vienetais.

e) Atlikus suvirinimo sujungimo kietumo bandymą, pagal atlikimo pobūdį surašomi metalo kietumo nustatymo protokolas arba suvirintų sujungimų terminio apdirbimo žurnalas.

f) Kai kietumo bandymų metu viršijamas leistinas maksimalus Brunelio atsparumo numeris (BHN), šalia vietų su trūkumais reikia atlikti dar du tyrimus ir jiems abiem keliamas toks reikalavimas, kad jie būtų priimtini su maksimaliai priimtinais reikalavimais kietumui.

9. Dokumentai

- Metalo kietumo nustatymo protokolas.
- Suvirintų sujungimų terminio apdirbimo žurnalas.
- Inspektorių neardančiosios kontrolės metodais patvirtinimo aktas.

4.3.4. Magnetinė kontrolė

Šis kontrolės būdas padeda nustatyti suvirinimo sujungimų, terminio poveikio zonų ir pagrindinio metalo paviršiaus arba artimo paviršiui pažeidimus. Visos būtinos sąlygos šiai kontrolei įvykdyti aprašytos [10, 11, 16], kuriomis autorė vadovavosi sudarydama šią procedūrą.

1. Kontrolės atlikimas

Suvirinimo sujungimai, terminio poveikio zonos ir pagrindinio metalo paviršiaus arba artimi paviršiui pažeidimai.

2. Personalo kvalifikacija

Visas kontroliuojantis personalas turi būti atestuotas pagal LST EN 473 MT II lygį. Kontrolierių sąrašas ir jų sertifikatai pateikiami užsakovui patvirtinti.

3. Apimtis

Pagal užsakovo pareikalavimą.

4. Paviršius

Paviršius turi būti sausas ir nuvalytas nuo rūdžių, šlako, dažų, tepalo arba kitų priemaišų, kurios trukdytų atlikti kontrolę.

5. Atlikimo metodai

Pagal LST EN 1290.

6. Įranga

Elektromagnetas „Varipol“ su minimaliai kylančiu pajėgumu, 4.5 kg, tarpas tarp polių 75–150 mm.

7. Bandymo medžiaga

Naudojamos medžiagos: balti kontrastiniai dažai MR - 72, magnetinis rašalas MR - 76.

8. Tikrinimas

a) Magnetinio lauko stiprumas turi būti tikrinamas naudojant indikatorius: „Castrol“ siauras juosteles. Du atskiri tikrinimai atliekami kiekviename plote, su 90° skirtumu tarp linijos magnetinio tekėjimo krypties.

b) Visi tikrinimai atliekami taip, kad iš dalies užtikrintų 100 % apimtį.

c) Kai naudojame juodas dalelytes, tai baltos šviesos intensyvumas turi būti 500 lx.

d) Tikrinami plotai nėra tikrinami likusiam magnetizmui ir nėra išmagnetinami.

9. Vertinimo kriterijai

Pagal LST EN 25817 („B”).

10. Aktai

- Magnetinės kontrolės protokolas;
- Inspektorių neardančiosios kontrolės metodais patvirtinimo aktas.

4.3.5. Spalvinė kontrolė

Šis kontrolės būdas parodo suvirinimo sujungimų, terminio poveikio zonos ir pagrindinio metalo paviršiaus arba artimo paviršiui pažeidimus. Ši kontrolė atliekama tik atlikus apžiūrimąją kontrolę. Šią kontrolę, kaip ir prieš tai aptartą, gali atlikinėti tik tam tikrą kvalifikaciją turintys kontrolieriai. Visos būtinos sąlygos šiai kontrolei įvykdyti aprašytos [1, 10, 16].

1. Kontrolės atlikimas

Suvirinimo sujungimai, terminio poveikio zonos ir pagrindinio metalo paviršiaus arba artimi paviršiui pažeidimai. Ši kontrolė atliekama tik atlikus apžiūrimąją kontrolę.

2. Personalo kvalifikacija

Visas kontroliuojantis personalas turi būti atestuotas pagal LST EN 473 PT II lygį. Kontrolierių sąrašas ir jų sertifikatai pateikiami užsakovui patvirtinti inspektorių neardančiosios kontrolės metodų patvirtinimo aktas.

3. Apimtis

Pagal užsakovo pareikalavimą.

4. Paviršius

Paviršius turi būti sausas ir nuvalytas nuo rūdžių, šlako, dažų, tepalo arba kitų priemaišų, kurios trukdytų atlikti kontrolę. Nuriebalinamas valikliu MR-79.

5. Atlikimo metodai

Pagal LST EN 751. Kontrolė atliekama kai aplinkos temperatūra 5 iki 40 °C.

6. Bandymo medžiaga

Valiklis MR– 79, penetrantas MR– 68, ryškintojas MR-70, skudurai valymui (tankūs medvilniniai arba nedažyti lininiai audiniai).

Medžiagų patikrinimas atliekamas su etalonu pagamintu pagal EN ISO 3452-3.

7. Vertinimo kriterijai

Pagal LST EN 25817 („B”).

8. Aktai

- Spalvinės kontrolės protokolas;
- Inspektorių neardančiosios kontrolės metodais patvirtinimo aktas.

4.4. Darbų pridavimas

1. Paskirtis

Projekto vykdymo metu savalaikiai priduoti Užsakovui apibrėžtos apimties darbus ir techninę vykdomąją dokumentaciją.

2. Atsakomybė

Gamybinės grupės vadovas yra atsakingas už savalaikį atliktų darbų ir techninės vykdomosios dokumentacijos pridavimą užsakovui.

3. Darbų eiga

3.1 Apibrėžtos darbų dalies priėmimo metu, Gamybinės grupės vadovas arba jo įgaliotasis asmuo užpildo kvietimą apžiūrai ir perduoda jį užsakovui. Užsakovas turi patikrinti pridudamą darbą 24 val. laikotarpyje.

3.2 Priimdamas darbus užsakovas pasirašo kvietimą apžiūrai ir grąžina Rangovui.

3.3 Jeigu darbai užsakovo nepriimami, tai kvietimas apžiūrai, su surašytais pastabomis dėl ko nepriimti darbai, grąžinamas vykdytojui, kuris privalo atlikti vieną iš sekančių veiksmų:

a) atsižvelgdamas į pastabas panaikina defektus. Po šių defektų pašalinimo atlieka veiksmus nurodytus punkte 3.1. ir perduoda kvietimą apžiūrai;

b) jei nesutinka su pastabomis, tai prašo sušaukti susirinkimą pastabų aptarimui.

3.4 Kartu su užsakovui pridudamais apibrėžtos apimties darbais yra pateikiama ir techninė vykdomoji dokumentacija, į kurią įeina:

1. Įmonės atestatas;
2. Metalų sertifikatai;
3. Suvirinimo medžiagų sertifikatai;
4. Suvirintojų sąrašas ir pažymėjimų kopijos;
5. Inspektorių neardančiosios kontrolės metodais sąrašas ir sertifikatų kopijos;
6. Savaitinis suvirintojo registracijos lapas pagal neardančiosios kontrolės testo procentą;
7. Apžiūrimosios kontrolės protokolai;
8. Radiografinės kontrolės protokolai;
9. Metalų kietumo nustatymo protokolas;
10. Magnetinės kontrolės protokolas;
11. Spalvinės kontrolės protokolas;
12. Suvirintų sujungimų terminio apdirbimo žurnalas;
13. Vamzdžių mazgų išpildomoji schema;

Techninė vykdomoji dokumentacija priduodama pasirašant atliktos dokumentacijos rejeistrą.

Atlikus visus darbus numatytus sutartyje, pasirašomas objekto pridavimo – priėmimo aktas.

4. Aktai

- Kvietimas apžiūrai;
- Objekto pridavimo - priėmimo aktas;
- Atliktos dokumentacijos rejestras.

4.5. Medžiagų ir vamzdžių ruošinių priėmimas ir sandėliavimas

1. Paskirtis

Ši kokybės kontrolės procedūra nusako medžiagų bei vamzdžių ruošinių priėmimo ir sandėliavimo tvarką.

2. Atsakomybė

Už medžiagos ir vamzdžių ruošinių, kurios saugomos statybos aikštelyje atsakingas Projekto vadovas.

3. Darbų eiga

3.1 Medžiagų priėmimas

a) Projekto vadovas arba jo įgaliotasis asmuo, priimdamas medžiagas į gamybinės grupės teritoriją atlieka sekančius veiksmus:

1. Patikrina serijų ir liejinio numerių atitikimą sertifikatams.
2. Vizualiai patikrina ar nėra matomų medžiagos pažeidimų.
3. Patikrina linijinius matmenis.
4. Patikrina medžiagų atitikimą projekto specifikacijoms.
5. Patikrina medžiagų cheminės sudėties ir mechaninių savybių atitikimą standartams pagal medžiagų sertifikatus.
6. Užpildo formą medžiagų priėmimo / patikrinimo aktą, pasirašo, bei patvirtina jį pas Užsakovą.
7. Esant neatitikimams vadovautis procedūra „Neatitiktinio produkto valdymas“.

PASTABA: Pažeistos medžiagos negali būti naudojamos be specialaus leidimo.

b) Visa dokumentacija turi atitikti pristatymo dokumentus.

c) Medžiagas galima naudoti tada, kai užsakovas patvirtina medžiagų priėmimo/patikrinimo aktą.

3.2 Vamzdžių ruošinių priėmimas

a) Vamzdžių ruošinius galima priimti į statybos aikštelę tik tuomet, jeigu juos priėmė Užsakovo kokybės inspektorius ir yra pasirašęs objekto pridavimo – priėmimo aktą.

b) Priėmimo metų patikrinamas vamzdžių mazgų žymėjimas.

3.3 Sandėliavimas

a) Vamzdžiai sandėliuojami lauke, suskirsčius pagal cheminę sudėtį ir skersmenį:

- Vamzdžius vienos plieno markės ir diametro sandėliuoti ant paklotų ant kurių bus užkabinta lentelė su informacija: partijos numeris, sertifikato numeris, plieno markė, vamzdžio skersmuo ir storis. Lentelės spalva balta.

- Vamzdžiai turintys 5 % ir daugiau Cr, sandėliuoti atskirai nuo vamzdžių iš juodo metalo. Ant paklotų turi būti užkabinta lentelė su informacija, aprašyta aukščiau. Lentelė bus raudonos spalvos .

- Vamzdžiai austenitines klasės sandėliuojami atskirai ant paklotų su užkabinta lentelė su informacija, aprašyta aukščiau. Lentelė bus žalios spalvos.

b) Fasoninės detalės laikyti ant paklotų pasiskirsčius pagal cheminį sudėtį ir skersmenį, tipą ir t. t.

PASTABA: Nerūdijančiam ir chrominiam plienui paklotos turi būti iš medienos.

4. Dokumentai

- Medžiagų priėmimo / patikrinimo aktas;
- Medžiagų sertifikatai.

4.6. Suvirinimo medžiagos

1. Paskirtis

Apibrėžti suvirinimo medžiagų priėmimo, sandėliavimo, iškaitinimo ir išdavimo tvarką.

2. Atsakomybė

Projekto vadovas yra atsakingas už šios procedūros vykdymą.

3. Darbų eiga

3.1 Suvirinimo medžiagų priėmimas

a) Projekto vadovas arba jo įgaliotasis asmuo atlieka suvirinimo medžiagų įvadinę kontrolę pagal procedūrą „Kontrolė ir bandymai“. Įvadinės kontrolės atlikimo tvarka:

- Vizualiai patikrina ar nėra pažeidimų pervežimo metu;
- Patikrina ar smūginis tūsumas duotas prie (-36 °C);
- Patikrina suvirinimo medžiagų atitikimą užsakymui ir SPA;
- Patikrina suvirinimo medžiagų sertifikatus;

- Užpildo suvirinimo medžiagų gavimo/patikrinimo aktą ir pasirašo bei patvirtina pas užsakovą;

- b) Esant neatitikimams nustatytiems aukščiau išvardinta kontrolės tvarka suvirinimo medžiagos sulaikomos karantine ir vadovaujasi procedūra „Neatitiktinio produkto valdymas“.

- c) Priimdami suvirinimo medžiagas į sandelį vadovautis „Sandėliavimas“.

3.2 Sandėliavimas

- a) Visos priimtos suvirinimo medžiagos yra sandėliuojamos šiltoje patalpoje sandėlyje ir saugojamos sutinkant su gamintojo rekomendacijomis prie minimalios temperatūros +20 °C.

- b) Suvirinimo medžiagos sandėliuojamos pagal tipus ir matmenis. Suvirinimo medžiagų pakuotės dedamos ne daugiau kaip po 8 viena ant kitos, kad būtų galima išvengti suvirinimo medžiagų pažeidimo.

3.3 Elektrodo iškaitinimas

- a) Elektrodai padengti rutilo denginiu prilaiko atitinkamą kiekį drėgmės ir iškaitinimo metu jų savybės gali pablogėti, todėl iškaitinimas nereikalingas ir šie elektrodai gali būti naudojami tiesiai iš įpakavimo.

- b) Vielos ir strypelių iškaitinimas nereikalingas ir ji gali būti naudojama tiesiai iš įpakavimo.

- c) Elektrodo su pagrindiniu mažai vandenilingu denginiu iškaitinimas atliekamas sekančiai:

- elektrodai iškaitinami sutinkant su gamintojo rekomendacijomis;

- iškaitinimo metu krosnelėje elektrodai dedami ne daugiau kaip 6 sluoksniais, į vieną krosnelę dedami vieno tipo elektrodai

- d) Po išlaikymo krosnelėje elektrodai perdedami į termopenalus, kuriuose turi būti palaikoma +40...+60 °C temperatūra. Termopenaluose elektrodai gali būti laikomi 8 valandas. Po šio laiko pasibaigimo visi elektrodai grąžinami iškaitinimui.

- e) Po 8 valandų darbo ciklo elektrodai vėl iškaitinami ir išlaikomi sutinkant su punktu d) daugiausiai du ciklus.

- f) TIG suvirinimui naudojami volframiniai elektrodai su Th 2 % priedu.

3.4 Elektrodo išdavimas

- a) Prieš darbų pradžią meistras instruktuoja suvirintojus apie suvirinimo medžiagų kokybės kontrolės užtikrinimą ir reikalavimus atliekant darbą.

- b) Projekto vadovas arba jo įgaliotas asmuo išduoda elektrodus, kurių markė nurodyta projekte arba SPA, suvirintojams. Išduodamas toks elektrodo kiekis, koks reikalingas vienos pamainos darbo ciklui.

c) Pasibaigus vienos pamainos darbo ciklui visi nesunaudoti elektrodai grąžinami į sandėlį iškaitinimui.

4. Dokumentai

- Suvirinimo medžiagų gavimo/patikrinimo aktas;
- Suvirinimo medžiagų sertifikatai.

4.7. Vamzdyno montavimas

1. Paskirtis

Užtikrinti, kad visi vamzdynų montavimo darbai būtų atlikti vadovaujantis patvirtintais Kokybės Kontrolės Planu, brėžiniais, izomerijomis, SPA ir montavimo tolerancijomis.

2. Atsakomybė

a) Projekto vadovas yra atsakingas už kokybiška montavimo darbų atlikimą ir šios procedūros vykdymą.

b) Kokybės grupės inspektoriai yra atsakingi už kontrolės veiklą, susijusią su šia darbo instrukcija.

3. Darbo atlikimas

a) Projekto vadovas turi užtikrinti, kad darbo vietoje būtų visi reikalingi ir tvarkingi įrengimai, įranga ir įrankiai, kad galima įvykdyti montavimo reikalavimus, išdėstytus darbo instrukcijose.

b) Paruošiamieji darbai atliekami atsižvelgiant į montavimo darbų vadovų nurodytą darbų seką ir vėliausius revizijos brėžinius.

c) Montuotojas gavęs reikiamas medžiagas ir vamzdžių ruošinius, turi užtikrinti, kad jie atitinka nurodytus brėžinius / izomerijas.

d) Po pjovimo liepsna ir mechaninio pjovimo sujungimo briaunos turi būti paruošti šlifavimų kad įgauti nuožulnų užbaigimą, pašalinti visos nuodegų/oksidų, šerpetų, tepalo, alyvos ir t. t. žymės. Briaunų paruošimas ir sujungimo surinkimas turi būti atliktas pagal nuokrypius, nurodytus atitinkamuose brėžiniuose arba SPA.

e) Vamzdžiai turi būti sumontuoti naudojant vamzdžių spaustuvus, ir vamzdžiai turi būti tvirtai surinkti, kad išvengti deformacijos suvirinimo metu. Briaunų ašių nesutapimas, tiesumas ir vertikalumas galimi tik leistino nuokrypio ribose.

f) Montavimui turi būti naudojama įranga daranti mažiausią žalą degtiems ir dažytiems paviršiams.

4. Kontrolės veiksmai darbo metu

Darbo metu turi būti tikrinami sumontavimo matmenys su brėžiniais / izomerijomis, kad įsitikinti jog:

- Vamzdynų matmenys yra teisingi;
- Vamzdžių vieta yra tiesinga;
- Perėjimai pastatyti teisingai;
- Vamzdžių vertikalūs, horizontalūs ir tiesūs;
- Vamzdynai nėra įtempti;
- Įrengtos kanalizacijos ir ventiliacijos sklendės;
- Sklendžių rankenų kryptis teisinga;
- Varžtai teisingi;
- Tarpinių tipas/slėgio norma teisinga;
- Sumontuotos vamzdžių atramos, kreipiančiosios ir nejudančios atramos.

4.8. Suvirinimas

1. Paskirtis

Užtikrinti vamzdynų suvirinimo darbų atlikimą pagal ASME B31.3, 9333-PG-1000 ir SPA bei užtikrinti siūlės kokybę, identifikavimą ir atsekamumą.

2. Atsakomybė

Projekto vadovas atsakingas už atliekamų darbų kokybę, bei savalaikį neardančiosios ir geometrinės kontrolės organizavimą. Kokybės grupės vadovas atsakingas už savalaikį kontroles atlikimą ir rezultatų pateikimą.

3. Darbų eiga

3.1 Ruošinių paruošimas suvirinimui

a) Prieš pradėdant virinti bet kokius vamzdžių ruošinius, turi būti raštiškai patvirtintos suvirinimo procedūros.

b) Ruošinių paruošimas suvirinimui:

a) Vamzdžio mazgų surinkimą atlikti vadovaujantis detalizuotais darbo brėžiniais.

b) Vamzdžiai atpjaunami dujinių ploviklių (deguonis-propanas). Po dujinio pjovimo būtina pašalinti nuodegas, šlakus, aštriais briaunais, nelygumus, bei nušlifuoti pagrindinį metalą ne mažiau kaip 1,6 mm.

c) Legiruoti vamzdžiai turi būti pjaunami pjūkle arba plazma.

- d) Nerūdijančio plieno ir spalvotųjų metalų šlifavimą ir valymą atlikti tik su tokiais įrankiais, kurie baziniame metale nepalieka kenksmingų nuosėdų; reikia naudoti aliuminio oksido arba silikono karbido šlifavimo ratuką ir austenitinio nerūdijančio plieno vielos šepečius. Šie įrankiai neturi būti naudoti prieš tai niekam kitam nei medžiagos, kurios turi būti nuvalytos.
- e) Briaunų ir siūlės elementų konstrukciniai matmenys turi atitikti SPA.
- f) Surinktų vamzdynų mazgus, linijiniai nukrypimai negali būti didesni nei nurodyta brėžiniuose.
- g) Vamzdžiai surenkami centratorių pagalba arba rankiniu būdu, jeigu tai užtikrina reikalaujamą kokybę.
- h) Nesant darbo brėžiniuose specialių reikalavimų, leidžiamas linijinis briaunų nesutapimas žiedinėms siūlėms $h \leq 0,5t$ (t – metalo storis, mm), bet ne daugiau kaip 2 mm.
- i) Esant didesniai vamzdžių nesutapimui pagal storį negu 2 mm, storiams 3–7 mm būtinas vamzdžių nusklembimas 15° storesnio metalo.
- j) Prieš suvirinimą sujungimai iš vidaus ir išorės turi būti nuvalyti iki metalinio blizgesio po 20 mm į abi puses, išskyrus austenitinius plienus.
- k) Suvirinami paviršiai turi būti švarūs, be dažų, tepalų, purvo, lupenų ir kitų pašalinių, žalingų suvirinimui medžiagų, kuriuose gali būti švino, sieros ir kitų žemo lydymosi temperatūros taško elementų.
- l) Prieš pradėdamas virinti, suvirintojas turi užtikrinti gerą kontaktą tarp masės kabelio ir detalės. Masės kabelis turi būti pritvirtintas prie detalės specialiais gnybtais.

3.2 Suvirinimas

- a) Darbo metu suvirintojas turi užtikrinti, kad darbo vieta ir suvirinimo zona būtų apsaugota nuo nepageidaujamo atmosferos poveikio. Apsaugai naudoti brezentines palapines ar laikinus tentus. Darbo zona turi būti sausa ir be skersvėjo.
- b) Jeigu suvirintoją netenkina apsauga nuo atmosferos poveikio ir tai gali privesti prie suvirinimo sujungimo kokybės sumažėjimo, jis turi iškelti šią problemą meistrui ar inžinieriui kokybei. Kokybės kontrolierius gali sustabdyti suvirinimo darbus, jeigu ji netenkina apsauga nuo atmosferos poveikio.
- c) Jeigu suvirinimo procedūroje nurodytos techninės specialios operacijos, tokios kaip išankstinis pakaitinimas (propano liepsna arba terminė-izoliacija), suvirintojas turi laikytis nurodymų, matuojant pašildymo temperatūrą termo-pieštukais išilgai, skersais ir atstumų 75

mm nuo siūlės. Suvirinimo meistras ir kokybės inspektorius taip pat turi patikrinti reikalinga pašildymo temperatūrą.

d) Temperatūra tarp ėjimu turi būti ribojama suvirinimo procedūroje. Ją galima viršyti tik kai pilnai išpjaunamas sujungimas.

e) Suvirintojas turi būti įsitikinęs kad turi atitinkamos temperatūros termopieštukus, kurie yra nurodyti SPA.

f) Suvirinimo medžiagos, naudojamos suvirinimui turi būti nurodyti SPA.

g) Suvirinimo medžiagų panaudojimas ir kontrolė turi būti aprašyta suvirinimo medžiagų kokybės procedūroje.

h) Suvirintojas turi pranešti apie suvirinimo medžiagų būklę, jeigu dėl medžiagų kaltės gaunamas brokas.

i) Laikinosios suvirinimo siūlės (prikabinimai) turi būti virinami kvalifikuotais suvirintojais ir gali būti: a) neatskiriama siūlės šaknies dalimi; b) pašalinta iš sujungimo.

j) Prikabinimai turi būti atliekami su tais pačiais suvirinimo parametrais ir pašildymu, kaip nurodyta SPA.

k) Prikabinimai kurie yra siūlės dalimi, turi turėti pradžioje ir pabaigoje sklandų perėjimą. Laikini prikabinimai turi būti pašalinti mechaniniu išpjovimu.

l) Laikini prietaisai turi būti privirinami pagal SPA ir pašalinami tik mechaniškai. Bet kokia žala padaryta prietaiso nuėmimo metu, turi būti panaikinta šlifavimu ir pasiekti sklandų perėjimą į pagrindinį kontūrą, išlaikant nors minimalus storio reikalavimus.

m) Visos suvirinimo siūlių ėjimai turi būti griežtai atliekami pagal SPA. Vertikalių siūlių kiekvienas ėjimas turi būti pilnai užbaigtas prieš pradedant kitą ėjimą. Kad išvengtų sulydymo defektų skirti ypatinga dėmesį valymui šepčiais arba šlifavimo mašinėlė tarp ėjimų. Pašildymo ir tarp ėjimų temperatūra turi būti tikrinama prieš kiekvieno suvirinimo ėjimo pradžią. Reikia stengtis nenutraukinėti suvirinimo lanko. Bet kokios liekanos nuo suvirinimo lanko (elektrodo) prisilietimo (pridegimai) prie siūlės ar pagrindinio metalo paviršiaus turi būti pašalinamos šlifavimu.

n) Reikia griežtai laikytis suvirinimo parametrų nurodytu SPA.

o) Termo-penalai turi būti atidaromi tiksliai imant elektrodus.

3.3 Suvirinimo nutraukimas

Suvirintojas turi stengtis pilnai užbaigti pradėtą suvirinimo siūlę. Jeigu nuo nepriklausomų nuo jo priežasčių negali užbaigti siūlės, jis turi užvirinti minimaliai 1/3 gylio suvirinimo siūlės. Jeigu suvirinimas nutraukiamas, siūlė turi būti uždengta izoliacine medžiaga ir lėtai aušinama iki aplinkos temperatūros. Ankstesnis pasiektas pašildymo lygis turi būti atstatytas tad, kai suvirinimo siūlė virinama iš naujo ar tęsiant suvirinimo procesą.

3.4 Suvirinimo darbų baigimas

a) Užbaigus suvirinimo siūlę, suvirintojas turi vizualiai patikrinti perdingimą ar yra įpjovos, išgaubimo profilį, sustiprinimą ir t. t., įsitikinti kad, metalo prideginimai, ištaškymai, šlako liekanos ir t. t. yra pašalinti.

b) Suvirintojas turi užrašyti savo identifikacijos numerį markeriu šalia suvirinimo siūlės.

3.5 Siūlių defektų taisymas

a) Kokybės Inspektoriui turi būti pranešta apie siūlės taisymą. Taisymo plotas (ilgis) turi būti nustatytas NDT kontrolės protokolu, teisingai apibrėžta vietoje ir taisymo eskizas turi būti pateiktas suvirintojui atsakingam už taisymo darbą.

b) Taisymo vieta turi būti išpjauta šlifavimu daugiau, kaip 25 mm negu pats defektas į abi puses. Išpjauto kraterio forma turi būti apvali.

c) Taisymo metu suvirinimo parametrai turi atitikti SPA , kuris buvo taikytas originalios siūlės suvirinimui.

d) NDT kontrolė taikoma pagal SPA.

4. Kontrolė

a) Vamzdžių mazgų linijinių matmenų kontrolė 100 %. Tolerancijos turi atitikti pateiktus izomerinius brėžinius.

b) Vadovaujantis „Kontrolė ir bandymai“, gavęs iš gamybinės grupės vadovo paraišką kontrolei, kokybės grupės vadovas organizuoja kontrolę neardančiais metodais.

c) Kontrolė atliekama pagal „Neardantieji kontrolės metodai“.

d) Kontrolės apimtis pagal patvirtintą „Vamzdinių kontrolės NDT matrica“.

e) Suvirinus vamzdžių ruošinius, sudaroma suvirtų vamzdinių išpildomoji schemą su sekančia informacija: linijos numeris, siūlės numeris, suvirintojo išpaudo numeris.

5. Identifikavimas ir atsekamumas

a) Vadovaujamosi procedūra „Identifikavimas ir atsekamumas“.

b) Montavimo metu atpjovus vamzdžio ruošinį ant vieno ir kito galo surašomą sekančia informacija: plieno markė, serijos ir liejinio numerį. Nenaudojama dalis gražinama į sklandavimo vietą.

c) Suvirinimo siūlių žymėjimas:

- Kiekviena statybos aikštelyje montažinė suvirinimo siūle turės individualų žymėjimą FFW siūles numeris/suvirintojo numeris.
- Kiekviena gamybos bazėje gamybinė suvirinimo siūle turės individualų žymėjimą W siūles numeris/suvirintojo numeris.

6. Dokumentai

- Vamzdžių išpildomoji schema;
- Suvirinimo / NDE kontrolės suvestinė.

4.9. Darbų apžiūra ir bandymai

1. Paskirtis

Užtikrinti, kad visi suvirinimo sujungimai būtų atlikti pagal patvirtintą Suvirinimo Procedūros Aprašą, ir kad visi tikrinimai atliekami pagal MEC 9333-PG-1000, 9333-PG-2001 ir Kokybės Kontrolės Planą.

2. Atsakomybė

Projekto vadovas ir kokybės inspektorius atsakingi už apžiūrą ir bandymai.

3. Procedūra

3.1 Kokybės kontrolės skyrius veda suvirinimo / NDE kontrolės suvestinė. Visi sandūriniai, atšakos ir moviniai suvirinimai bus identifikuoti numeriais į suvirinimo / NDE kontrolės suvestinė. Vamzdžių atramų ir kitų suvirinimo siūlių patikros rezultatai turi būti įrašyti į suvirinimo siūlių vizualinio apžiūrėjimo aktą.

3.2 Visų sandūrinių, atšakų ir movinių suvirinimų siūlių numeriai turi būti pažymėti vamzdžių išpildomojoje schemoje.

3.3 Visi patikrinimo įrašai turi būti įtraukti į suvirinimo / NDE kontrolės suvestinė.

4. Darbų patikrinimas ir bandymai

a) Kokybės kontrolės grupės skyrius turi užtikrinti, kad visi patikrinimai būtų pagal Kokybės Kontrolės Planą ir būtų atlikti pagal anksčiau minėtas specifikacijas, tačiau turi būti sekantis duomenys:

- Medžiagų identifikavimas;
- Vamzdžių paruošiamieji darbai;
- Vamzdžių parošimas suvirinimui;
- Patikrinti suvirinimo medžiagų tinkamą panaudojimą;
- Suvirinimo parametrų ir išankstinio pašildymo temperatūros matavimas;

- Suvirinimo eigos kontrolė;
- Vizualinė apžiūra suvirinimo siūlės;
- Markiravimas suvirinimo siūlių;
- Specialių procesų bei NDE kontrolės vykdymas.

b) Jeigu bet kurio darbo metu išaiškės, kad darbas nepriimtinas Kokybės grupės vadovas arba narys bei Darbų vadovas turi surašyti Neatitikčių nagrinėjimo aktas.

5. Kontrolės priemonės

Kokybės grupės inspektorius turi turėti sekančias kontrolės priemones:

- Suvirinimo siūlių matavimo priemonę;
- Žibintuvėlį;
- Veidrodį;
- Ruletę.

6. Dokumentai

- Neardančiųjų kokybės metodų (NDT) dokumentai;
- Vamzdžių bandymo išpildomoji schema;
- Testavimo duomenų paketo titulinis lapas;
- Identifikuota testavimo sistema pažymėta P&ID;
- Izometrinių brėžinių sąrašas;
- Sumontuotų laikinų detalių sąrašas, (kurios po testo bus nuimtos);
- Neužbaigtų darbų ir defektų sąrašas;
- Vamzdyno slėgio testo ataskaita;
- Vamzdyno užbaigimo kontrolės ataskaita (patikrinimo sąrašas prieš testą);
- Vamzdyno užbaigimo kontrolės ataskaita (vamzdyno darbo atstatymo patikrinimo sąrašas).

4.10. Neardantieji kontrolės metodai

4.10.1. Apžiūrimoji kontrolė

1. Kontrolės atlikimas

Suvirinimo siūlės, terminio poveikio zonos ir pagrindinio metalo paviršiaus arba artimi paviršiui pažeidimai.

Prieš suvirinimą: briaunų paruošimas, sujungimo surinkimas.

Baigus virinti: paviršiaus defektų apžiūrimoji kontrolė: suvirinimo siūlės, terminio poveikio zona, pagrindinio metalo paviršius.

2. Personalo kvalifikacija

Visas kontroliuojantis personalas turi būti atestuotas pagal LST EN 473 VE II lygį ir turėti pagrindinių apžiūros kontrolės žinių ir patirties.

Kontrolierių sąrašas ir jų sertifikatai pateikiami užsakovui patvirtintą inspektorių neardančiosios kontrolės metodais patvirtintą aktą.

3. Apimtis

100 %.

4. Atlikimo metodai

Pagal LST EN 970.

5. Vertinimo kriterijai pagal

LST EN 25817:1997 Klasė B.

6. Prieš suvirinimą

Briaunų paruošimas ir sujungimo surinkimas suvirinimui turi būti atliktas atsižvelgiant į leistinus nuokrypius pagal patvirtintus suvirinimo procedūrų aprašus (SPA), atsižvelgiant į suvirinimo eigą.

Suvirinimą atlikti pagal patvirtintą SPA.

7. Po suvirinimo

Draudžiami prideginimai ant pagrindinio metalo. Esant šiam pažeidimui, pažeistos vietos turi būti nušlifotos šlifavimo mašinėle taip, kad nesumažėtų pagrindinio metalo projektinis storis.

8. Atlikimo būdas

Apžiūrimoji kontrolė turi būti atliekama iš ne didesnio kaip 600 mm atstumo.

9. Apšvietimas

Turi būti ≥ 500 lx intensyvumas.

10. Paviršius

Paviršius turi būti sausas ir nuvalytas nuo rūdžių, šlako ir kt.

11. Aktai

- Apžiūros kontrolės protokolas.

4.10.2. Radiografinė kontrolė

1. Kontrolės atlikimas

Radiografinė kontrolė sandūrinių suvirinimo sujungimų.

2. Personalo kvalifikacija

Visas kontroliuojantis personalas turi būti atestuotas pagal EN 473 RT II lygį. Kontrolierių sąrašas ir jų sertifikatai pateikiami užsakovui patvirtinti inspektorių neardančiosios kontrolės metodais patvirtintą aktą.

3. Apimtis

Pagal kontraktą ir vamzdžių MEC pateikta NDT kontrolės matricą.

4. Atlikimo metodai

Pagal EN 1435.

5. Įranga

Eresco 42 MF 2, 200 kV/10 mA; naudojamos juostos klasės C4 ar geresnė pagal EN 584-1.

6. Jautrumas

Kad pasiekti jautrumą naudoti metalinius ekranus.

7. Vaizdo kokybės indikatoriai

Indikatorių kokybė nusakoma pagal EN 462-1.

8. Juostos optinis tankis

Juostos optinis tankis ne mažiau 2.0 iki 3.6.

9. Vertinimo kriterijai

Pagal EN 25817 („B”).

10. Juostų atsekamumas

Ant kiekvienos juostos yra pažymima: vamzdyno linijos Nr.; suvirinimo siūlės Nr.; suvirintojo įspaudas; kontroliuojama vieta.

11. Dokumentai

- Radiografinės kontrolės protokolas;
- Inspektorių neardančiosios kontrolės metodais patvirtinimo aktas.

4.10.3. Metalų kietumo testas

1. Kontrolės atlikimas

Suvirinimo siūlės ir sujungimo terminės poveikio zonos metalo kietumo nustatymas.

2. Personalo kvalifikacija

Kontroliuojantis personalas turi būti atestuotas pagal EN 473 II lygį.

Kontrolierių sąrašas ir jų sertifikatai pateikiami Užsakovui patvirtinti patvirtintą inspektorių neardančiosios kontrolės metodais patvirtintą aktą.

3. Apimtis

Brunelio kietumo testą reikia atlikti kai nurodyta PWHT (terminis apdirbimas po suvirinimo) ir kada to reikalaujama pagal kodus, standartus ar pirkimo dokumentus.

4. Paviršiaus paruošimas

Paviršius turi būti švarus, lygus, be šlifavimo liekanų.

5. Įranga

Metalo kietumo matuoklis „MICRODUR – II” (KRAUTKRÄMER).

6. Kalibravimas

Kalibravimas atliekamas ant etaloninio pagrindo su žinomu kietumu.

7. Vertinimo kriterijai

Pagal specifikaciją NO.: 9333-PG-1000 paragrafas 8.0.

8. Darbų eiga

a) Brinelio kietumo testas atliekamas po suvirinimo siūlės terminio apdirbimo (PWHT) ir kada to reikalaujama pagal kodus, standartus ar pirkimo dokumentus.

b) Tyrimas turi apimti vieną patikrinimą suvirinimo siūlėje ir vieną – kiekvienos termiškai paveiktos zonos suvirinimo siūlės paviršiaus briaunoje.

c) Vamzdžius, kurie didesni nei 12”, reikia ištirti mažiausiai vieną kartą kas 381 mm suvirinimo siūlės ilgio ir vieną kartą termiškai paveiktame plote.

d) Kietumo testo rezultatai turi būti pateikti Brunelio vienetais.

e) Atlikus suvirinimo sujungimo kietumo bandymą, pagal atlikimo pobūdį surašomi protokolai.

f) Kai kietumo bandymų metu viršijamas leidžiamas maksimalus Brunelio atsparumo numeris (BHN), šalia vietų su trūkumais reikia atlikti dar du tyrimus ir jiems abiem keliamas toks reikalavimas, kad jie būtų priimtini su maksimaliai priimtinais reikalavimais kietumui.

9. Dokumentai

- Metalo kietumo nustatymo protokolas;
- Suvirintų sujungimų terminio apdirbimo žurnalas;
- Inspektorių neardančiosios kontrolės metodais patvirtinimo aktas.

4.10.4. Magnetinė kontrolė

1. Kontrolės atlikimas

Suvirinimo sujungimai, terminio poveikio zonos ir pagrindinio metalo paviršiaus arba artimi paviršiui pažeidimai.

2. Personalo kvalifikacija

Visas kontroliuojantis personalas turi būti atestuotas pagal LST EN 473 MT II lygį.

3. Apimtis

Pagal užsakovo pareikalavimą.

4. Paviršius

Paviršius turi būti sausas ir nuvalytas nuo rūdžių, šlako, dažų, tepalo arba kitų priemaišų, kurios trukdytų atlikti kontrolę.

5. Atlikimo metodai

Pagal LST EN 1290.

6. Įranga

Elektromagnetas „Varipol“ su minimaliai kylančiu pajėgumu, 4.5 kg, tarpas tarp polių 75–50 mm.

7. Bandymo medžiaga

Naudojamos medžiagos: balti kontrastiniai dažai MR - 72, magnetinis rašalas MR - 76.

8. Tikrinimas

a) Magnetinio lauko stiprumas turi būti tikrinamas naudojant indikatorius: Castrol siauras juostelės. Du atskiri tikrinimai atliekami kiekviename plote, su 90° skirtumu tarp linijos magnetinio tekėjimo krypčių.

b) Visi tikrinimai atliekami taip, kad iš dalies užtikrintų 100 % apimtį.

c) Kai naudojame juodas dalelytes, tai baltos šviesos intensyvumas turi būti 500 lx.

d) Tikrinami plotai nėra tikrinami likusiam magnetizmui ir nėra išmagnetinami.

9. Vertinimo kriterijai

Pagal LST EN 25817 („B“).

10. Aktai

- Magnetinės kontrolės protokolas;
- Inspektorių neardančiosios kontrolės metodais patvirtinimo aktas.

4.10.5. Spalvinė kontrolė

1. Kontrolės atlikimas

Suvirinimo sujungimai, terminio poveikio zonos ir pagrindinio metalo paviršiaus arba artimi paviršiui pažeidimai. Ši kontrolė atliekama tik atlikus apžiūrinimąją kontrolę.

2. Personalo kvalifikacija

Visas kontroliuojantis personalas turi būti atestuotas pagal LST EN 473 PT II lygį.

3. Apimtis

Pagal užsakovo pareikalavimą.

4. Paviršius

Paviršius turi būti sausas ir nuvalytas nuo rūdžių, šlako, dažų, tepalo arba kitų priemaišų, kurios trukdytų atlikti kontrolę. Nuriebalinamas valikliu MR-79.

5. Atlikimo metodai

Pagal LST EN 751. Kontrolė atliekama kai aplinkos temperatūra 5 iki 40 °C.

6. Bandymo medžiaga

Valiklis MR-79, penetrantas MR-68, ryškintojas MR-70, skudurai valymui (tankūs medvilniniai arba nedažyti lininiai audiniai). Medžiagų patikrinimas atliekamas su etalonu pagamintu pagal EN ISO 3452-3.

7. Vertinimo kriterijai

Pagal LST EN 25817 („B“).

8. Aktai

- Spalvinės kontrolės protokolas;
- Inspektorių neardančiosios kontrolės metodais patvirtinimo aktas.

4.11. Darbų pridavimas

1. Paskirtis

Projekto vykdymo metu savalaikiai priduoti užsakovui apibrėžtos apimties darbus ir techninę vykdomąją dokumentaciją.

2. Atsakomybė

Projekto vadovas yra atsakingas už savalaikį atliktų darbų ir techninės vykdomosios dokumentacijos pridavimą Užsakovui.

3. Darbų eiga

3.1 Apibrėžtos darbų dalies priėmimo metu, Projekto vadovas arba jo įgaliotasis asmuo užpildo kvietimą apžiūrai ir perduoda jį Užsakovui. Užsakovas turi patikrinti pridudamą darbą 24 val. laikotarpyje.

3.2 Priimdamas darbus Užsakovas pasirašo kvietimą apžiūrai ir grąžina Rangovui.

3.3 Jeigu darbai Užsakovo nepriimami, tai kvietimas apžiūrai, su surašytomis pastabomis dėl ko nepriimti darbai, grąžinamas vykdytojui, kuris privalo atlikti vieną iš sekančių veiksmų:

a) atsižvelgdamas į pastabas panaikina defektus. Po šių defektų pašalinimo atlieka veiksmus nurodytus punkte 3.1. ir perduoda kvietimą apžiūrai;

b) jei nesutinka su pastabomis, tai prašo sušaukti susirinkimą pastabų aptarimui.

3.4 Kartu su Užsakovui priduodamais apibrėžtos apimties darbais yra pateikiama ir techninė vykdomoji dokumentacija, į kurią įeina:

- Įmonės atestatas;
- Metalų sertifikatai;
- Suvirinimo medžiagų sertifikatai;
- Suvirintojų sąrašas ir pažymėjimų kopijos;
- Inspektorių neardančiosios kontrolės metodais sąrašas ir sertifikatų kopijos;
- Savaitinis suvirintojo registracijos lapas pagal neardančios kontrolės testo procesą.
- Suvirinimo /NDE kontrolės suvestinė;
- Apžiūrimosios kontrolės protokolai;
- Radiografinės kontrolės protokolai;
- Metalų kietumo nustatymo protokolai;
- Magnetinės kontrolės protokolai;
- Spalvinės kontrolės protokolai;
- Testavimo duomenų paketo titulinis lapas;
- Identifikuota testavimo sistema pažymėta P&ID;
- Izometrinių brėžinių sąrašas;
- Sumontuotų laikinų detalių sąrašas, kurios po testo bus nuimtos;
- Neužbaigtų darbų ir defektų sąrašas;
- Vamzdyno slėgio testo ataskaita;
- Vamzdyno užbaigimo kontrolės ataskaita (patikrinimo sąrašas prieš testą);
- Vamzdyno užbaigimo kontrolės ataskaita (vamzdyno darbo atstatymo patikrinimo sąrašas);
- Vamzdyno montavimo kokybės pažyma;
- Suvirintų sujungimų terminio apdirbimo žurnalas;
- Vamzdžių išpildomoji schema;
- Vamzdžių bandymo išpildomoji schema;

3.5 Techninė vykdomoji dokumentacija priduodama pasirašant atliktos dokumentacijos rejeistrą.

3.6 Atlikus visus darbus numatytus sutartyje, pasirašomas objekto pridavimo - priėmimo aktas.

4. Aktai

o Kvietimas apžiūrai; objekto pridavimo - priėmimo aktas; atliktos dokumentacijos rejeistras.

IŠVADOS

1. Nustatyta, kad technologinių vamzdynų kokybė labai priklauso nuo įmonės kokybės politikos, t. y. kokius standartus ji įsidiegusi, ar tie standartai funkcionuoja, ar įmonė pasirengusi nuolatiniam tobulėjimui ir investavimui į perspektyvas.
2. Remiantis literatūros analize galima teigti, kad kokybė yra kintanti sąvoka ir kiekviena suinteresuota grupė supranta ją individualiai, priklausomai nuo savo poreikių.
3. Užsienio ir lietuvių literatūros apžvalga parodė, jog technologinių vamzdynų kokybei skiriama per mažai dėmesio ir jaučiama informacijos stoka šia tema.
4. Nustatyta, kad technologinių vamzdynų racionalaus projekto parinkimui galima taikyti sprendimų paramos sistemos metodus. Uždaviniui spręsti buvo naudojamas DSS1 daugiakriterės sintezės metodas.
5. Technologinių vamzdynų įvertinimui turi būti parinktas toks rodiklių skaičius ir derinys, kuris geriausiai atspindi suinteresuotų grupių (užsakovų, rangovų) interesus. Pasiūlyta vamzdynų kokybės nustatymo rodiklių sistema, sudaryta iš keturių pagrindinių rodiklių: kainos, ilgaamžiškumo, medžiagų patikimumo ir darbuotojų kvalifikacijos.
6. Pritaikius rodiklių sistemą buvo lyginamos dvi alternatyvos: plieninių ir daugiasluoksnių technologinių vamzdžių tiesimas. Atlikus skaičiavimus geresne pripažinta pirmoji alternatyva – plieninių technologinių vamzdynų tiesimas. Atlikta analizė leidžia teigti, kad vamzdynų tiesimo kaina yra vienas iš pagrindinių kriterijų įtakančių užsakovų pasirinkimą.
7. Nustatyta, jog vamzdynų tiesimo alternatyvų parinkimo galutiniai rezultatai yra kintamas dydis ir priklauso nuo penkių pagrindinių veiksnių: a) lyginamųjų alternatyvų parinkimo ar suformulavimo korektiškumo; b) rodiklių sistemos išsamumo; c) rodiklių reikšmių tikslumo; d) priimtų prielaidų teisingumo; e) reikšmingumų nustatymo objektyvumo. Dėl šių veiksnių sunku iš pirmo karto gauti objektyvius sprendinius. Tik skaičiavimas priartėjimo būdu užtikrina visų suinteresuotų grupių poreikių patenkinimą.
8. Įrodyta, jog produkto kokybės valdyme pagrindinę vietą užima ne tik įmonė, kuri tikslingai laikosi kokybės valdymo principų, bet ir patys žmonės, atsakingi už kokybiškų paslaugų ar produktų pateikimą visuomenei.
9. Ištirta, jog technologinių vamzdynų kokybė suprantama kaip tinkamas medžiagų, pusgaminių priėmimas, sandėliavimas, mazgų montavimas, suvirinimas, vamzdyno montavimas, darbų pridavimas ir nuolatinė neardančioji kontrolė.

10. Remiantis nustatytais vamzdynų kokybės rodikliais ir išanalizuota literatūra, sudarytas rekomendacinio pobūdžio technologinių vamzdynų kokybės planas, kurį galima naudoti kaip rekomendacinę medžiagą rangovų parinkimui.

LITERATŪRA

1. ASTM – Amerikos bandymų ir medžiagų asociacija (ASTM) standartai.
2. Kokybės vadybos sistemos. Pagrindai, terminai ir apibrėžimai (ISO 9000:2000). Vilnius: Lietuvos standartizacijos departamentas, 2001 .p.42.
3. LST EN 462-1:2001 Neardantieji bandymai. Rentgenogramų vaizdo nustatymas. 1 dalis. Vaizdo kokybės indikatoriai (vielos būdas). Vaizdo kokybės nustatymas. Vilnius: Lietuvos standartizacijos departamentas, 2001 .p.8.
4. LST EN 462-2:2001 Neardantieji bandymai. Rentgenogramų vaizdo kokybė. 2 dalis. Vaizdo kokybės indikatoriai (pakopos arba siūlės būdas). Vaizdo kokybės nustatymas. Vilnius: Lietuvos standartizacijos departamentas, 2001 .p.8.
5. LST EN 462-3:2001 Neardantieji bandymai. Rentgenogramų vaizdo kokybė. 3 dalis. Juodųjų metalų gaminių vaizdo kokybės klasės. Vilnius: Lietuvos standartizacijos departamentas, 2001 .p.12.
6. LST EN 462-4:2001 Neardantieji bandymai. Rentgenogramų vaizdo kokybė. 4 dalis. Eksperimentinis vaizdo kokybės vertinimas ir vaizdo kokybės lentelės. Vilnius: Lietuvos standartizacijos departamentas, 2001 .p.5.
7. LST EN 462-5:2001 Neardantieji bandymai. Rentgenogramų vaizdo kokybė. 5 dalis. Vaizdo kokybės indikatoriai (dviejų vielų būdas), vaizdo ryškumo nustatymas. Vilnius: Lietuvos standartizacijos departamentas, 2001 .p.3.
8. LST EN 584-1:2001 Neardantieji bandymai. Pramoninė rentgenografinė juosta. 1 dalis. Pramoninės rentgenografijos juostų klasifikavimo sistemos. Vilnius: Lietuvos standartizacijos departamentas, 2001 .p.8.
9. LST EN 584-2:2001 Neardantieji bandymai. Pramoninė rentgenografinė juosta. 2 dalis. Juostos apdirbimo kontrolė taikant etaloninius rodiklius. Vilnius: Lietuvos standartizacijos departamentas, 2001 .p.8.
10. LST EN 25817:1997* Plieno lankinio suvirinimo sujungimai. Defektų kokybės lygmenų vadovas (ISO 5817:1992). Vilnius: Lietuvos standartizacijos departamentas, 1997 .p.13.
11. LST EN 1290:1998/A2:2004 Virintinių siūlių neardomoji kontrolė. Suvirintųjų sujungimų kontrolė magnetinėmis dalelėmis. Vilnius: Lietuvos standartizacijos departamentas, 2004 .p.4.
12. LST EN 970:2004 Virintinių siūlių neardomoji kontrolė. Apžiūrimoji kontrolė. Vilnius: Lietuvos standartizacijos departamentas, 2004 .p.13.

13. LST EN 473:2000/A:2006 Neardomieji bandymai. Neardomųjų bandymų personalo atestavimas ir sertifikatų išdavimas. Bendrieji principai. Vilnius: Lietuvos standartizacijos departamentas, 2006 .p.5.
14. LST EN 1435:1998/A2:2004 Virintinių siūlių neardomoji kontrolė. Suvirintųjų sujungimų radiografinė kontrolė. Vilnius: Lietuvos standartizacijos departamentas, 2004 .p.4.
15. Statybos taisyklės. Statinių inžinerinių sistemų (vandentiekio, nuotėkų šalinimo, šildymo, vėdinimo ir oro kondicionavimo, dujotiekio ir dujinių įrenginių, elektros, ryšių ir priešgaisrinės signalizacijos) įrengimo; inžinerinių tinklų (vandentiekio, nuotėkų šalinimo, šilumos ir garso) montavimo; elektros energijos perdavimo linijų tiesimo, skirstyklų ir elektros įrenginių montavimo; relinės apsaugos ir automatikos įrengimo; šilumos įrenginių automatikos ir kontrolės matavimo priemonių, technologinių įrenginių ir vamzdinių, slėginių indų, rezervuarų montavimo; šilumos punktų ir katilinių įrengimo; metalo konstrukcijų antikorozinės apsaugos darbai ST 1001939.01:2001.
16. Energy pipeline information. [žiūrėta 2006.02.20]. Prieiga per internetą <http://www.pipeline101.com/> .
17. Lietuvos standartizacijos departamentas. [žiūrėta 2006.02.20]. Prieiga per internetą <http://www.lsd.lt/> .
18. Lietuvos Respublikos seimas. [žiūrėta 2006.02.20]. Prieiga per internetą http://www.lrs.lt/dokpaieska/forma_1.htm.
19. Vanagas P.. Visuotinės kokybės vadyba. Kaunas: „Technologija“, 2004. p.17.
20. Jurkauskas A. Visuotinės kokybės vadyba. Kaunas: „Technologija“, 2003.p.33.
21. LR potencialiai pavojingų įrenginių priežiūros įstatymas, 2000.10.03, Nr.VIII-1972]. [Dujų sistema. Magistraliniai dujotiekiai. Projektavimas, medžiagos ir statyba. Taisyklės.
22. Prieiga per internetą. [žiūrėta 2007.01.20]. http://www.logipolija.lt/lt/main/idomi_info/polimerai.
23. Whittle A.J., Teo A. Resistance of PVC-U and PVC-M to cyclic fatigue. *Plastics, Rubbers and Composites*, Vol 34, Issue 1, February 2005.
24. Osry M.A. Modern developments and design criteria for unmodified, modified and oriented PVC pipes. *Plastics, Rubbers and Composites*, Vol 35, Issue , January 2006.
25. Pinter G., Haager M., Balika W., Lang R.W. Fatigue crack growth in PE-HD pipe grades. *Plastics, Rubbers and Composites*, Vol 37, Issue , March 2002.
26. Gotham K.V. *Plastics, Polymer*, 2005.

27. Manual for PVC pressure pipe systems. Swindon, UK, Water Research Centre, 1989.
28. Joseph S.H. Plastics, Rubbers and Composites. Vol 20, Issue. April 1985.
29. Truss R.W. Plastics, Rubbers and Composites. Vol 29. April 1988.
30. Lawrence C., Teo S. Potter R. Proc. Conf. Plastics Pipes X, Gothenburg, Sweden, September 1998, Institute of Materials, London, UK.
31. Gotham K.V., Hitch M.J. Br.Polym. J., 1998.
32. Benjamin P. Plast.Rubber Mater.Appl., 1996.
33. Marshall G.P. Plast. Rubber Process. Appl., 2000.
34. Holloway L.R.. Proc. Conf. Plastics Pipes VIII, 1992.
35. Plastics – Determination of environmental stress cracking (ESC) of polyethylene (PE), ISO 16770. 2004.
36. Алексеев М.И. и др. Городские инженерные сети и коллекторы: Учеб. для вузов. Л.:Стройиздат, Ленингр. отд-ние, 1990. p.384.
37. Prieiga per internetą. [žiūrėta 2007.01.20].
<http://lt.wikipedia.org/wiki/Polivinilchloridas>.
38. Burinskienė M., Jakovlevas–Mateckis K., Adomavičius V., Juškevičius V.P., Klibavičius A., Paliulis G., Rimkus A., Narbutis B., Šliogeris J. Miestotvarka (miesto inžineriniai tinklai). Vilnius: „Technika“. 2000. p.453.
39. Prieiga per internetą. [žiūrėta 2007.01.20].
<http://www.logipolija.lt>.
40. Gunaraj V., Murugan N. Prediction and comparison of the area of the heat-affected zone for the bead-on-plate and bead-on-joint in submerged arc welding of pipes. Faculty of Mechanical Engineering, Kumaraguru College of Technology, Coimbatore, TN641006, India, 1998.
41. Weman Klas. OK AUTROD 12.50 ir 12.63 ECOMIG MIG/MAG suvirinimo technologinė naujovė. „Suvirinimas“. 2001. p.4–6.
42. Lars Cederqvist. Siūlė, tarnaujanti 100 000 metų. „Suvirinimas“. 2007. p.6–7.
43. UAB „TUV UOLEKTIS“. [žiūrėta 2007.04.02]. Prieiga per internetą
<http://www.tuvuolektis.lt/imonas.htm>.
44. Prieiga per internetą. [žiūrėta 2006.05.14].
<http://www.corrosioncost.com>.
45. Prieiga per internetą. [žiūrėta 2006.05.14].
<http://jernkontoret.se>.
46. Prieiga per internetą. [žiūrėta 2007.03.21].
<http://lt.wikipedia.org/wiki/Korozija>.

47. Zavadskas E.K., Kaklauskas A., Banaitienė N. Pastato gyvavimo proceso daugiakriterinė analizė. Vilnius: „Technika“, 2001. p.151-344.
48. Ruokolainen A. A decision support system for investing in owner-occupied dwelling. Ph.D. Thesis, Tampere University of Technology, Publications 256. Tampere, 1999. 83 p.
49. Zavadskas E. K., Peldschus F., Kaklauskas A. Multiple criteria evaluation of projects in construction.–Vilnius: Technika, 1994. 226 p. ISBN 9986-05-046-4.
50. Zavadskas, E.K., Simanaukas, L., Kaklauskas A. Sprendimų paramos sistemos statyboje. Vilnius : „Technika“, 1999. p.396.
51. Ustinovičius L., Zavadskas E.K. Statybos investicijų efektyvumo sistemotechninis įvertinimas. Vilnius: „Technika“, 2004. p.219.
52. Zavadskas E.K., Kaklauskas A., Banaitienė N. Pastato gyvavimo proceso daugiakriterinė analizė. Vilnius: „Technika“, 2001. p.379.
53. Ozerney V. M. A framework for choosing the most appropriate discrete alternative multiple criteria decision making method in decision support systems and expert systems, Toward interactive and intelligent decision support systems. Proceedings of the seventh international conference on multiple criteria decision making, Vol. 2. Held at Kyoto, Japan (August 1986), p. 56–64.
54. Zavadskas E. K., Kaklauskas, A. Pastatų sistemotechninis įvertinimas. Vilnius: Technika, 1996. 280 p.
55. Zavadskas E., Kaklauskas A., Bejder E., Motekūnas T. Pastato statybos ir eksploatacijos daugiakriterinė selektonovacija. Vilnius: Technika, 1992. 84 p.
56. Завадскас Э. К. Многоцелевая селектоновация технологических решений строительного производства: Автореф. Дис... д-ра тех. н. (05.23.08) / Моск. Инж.–строит. ин-т им. В. В. Куйбышева. Москва: МИСИ, 1987. 48 с.
57. Hwang C. L., Yoon K. Multiple (Attribute) Decision Making. Methods and Applications, Berlin, Heidelberg, New York, 1981. 259 p.
58. Zimmermann H. J., Gutsche L. Multi-Criteria-Analyse. Berlin: Heidelberg u. a., 1991.
59. Bogdevičius M. Vamzdyno ir fluído identifikavimas charakteristikų metodu. ISSN 1392–1533, Transport engineering, 2000, XV t., No.3. p.150–152.
60. Ambroza P., Kavaliauskienė L. Microstructure and Properties of the Steel Subjected to Overlaying Welding Mater. Sci. (Medžiagotyra) 2005, Vol. 11, No. 1. p.14–18.
61. Keblas L., Ščekaturovienė D. Suvirinimo trintimi tyrimas. ISSN 1392–1320, Medžiagotyra. 2006, No.3.

62. Černašėjus O., Valiulis A.V. Tig lanko dinaminių charakteristikų įtaka suvirinimo vonelės skysto metalo konvekcijai. ISSN 1392 – 1320, Medžiagotyra. 2006, No.3.
63. Lenkauskaitė R., Žvinys J. Plienų su heterogeniška mikrostruktūra deformacijos terminio apdirbimo metu. ISSN 1392–1320, Medžiagotyra. 2006, No.3.
64. Žvinys J., Kandrotaitė – Janutienė R. Anglies ir atleidimo temperatūros įtaka plieno kinetiniam plastiškumui. ISSN 1392–1320, Medžiagotyra. 2006, No.3.
65. Vagn Hansen J. Reference colour charts for purity of purging gas in stainless steel tubes. Force Institute, Division for materials and maintenance, Copehagen, Denmark, 1994, ISBN No. 87 – 7784 – 076 – 3.
66. Anderson Poul, Wiktorowicz Richard. Stainless pipe welding – optimum purging for economy with efficiency. TWI Bulletin, Sept. / Oct. 1996. p.95–97.
67. Cederqvist Lars. Siūlė, tarnaujanti 100 000 metų. „Suvirinimas“ ISSN 1648–2611, No.1(7). 2007.
68. Juran J. Strategic Quality Planning. EOQC Quality. April. 1988.p.4–9.
69. Kinni T.B. If ISO 9000 were a disease, it would quality as an epidemic. Industry Week, 1994, Vol. 243, No. 6. p.15.
70. Munro R. Governing in the new province of quality: autonomy, accounting and the dissemination of accountability. Making Quality critical: new perspectives on organisational change. London, Routledge. 1995, p.127–155.
71. Dalrymple J., Drew E. Quality: on the threshold or the brink?“. Total Quality Management, July. 2000.
72. Watson J.G., Korukonda A.R. The TQM jungle: a dialectical analysis. International journal of Quality & Reliability Management. 1995. Vol. 12, No. 9. p.100–109.
73. Dikavičius V., Stoškus S. Visuotinė kokybės vadyba. Kaunas: „Technologija“, 2003. p.129.
74. Howard G.S. Evaluating management standards: empirical research into the Scottish Quality Management System. Department of Management and Organisation University of Stirling, Scotland. May. 2006. p. 308.
75. Wenmonth B. A. Quality systems and environmental management. Juornal of Environmental Health. Nov. 1994. Vol. 57, Issue 4. p.15–21.
76. Verslo studijų centras. Kokybės vadyba. Seminaro medžiaga. Vilnius. 2006.
77. Ruževičius J. Kokybės vadybos ir žinių vadybos sąsajų tyrimas. Informacijos mokslai. ISSN 1392–0561. 2005. p.47-58.
78. Anand K. N. Quality: An evolving concept. Total Quality Management & Business Excellence. 1997. Vol. 8, No. 4. p. 195–200.

79. Mark A. The secret to Quality. Modern machine shop. Mar. 2006. Vol. 78, Issue 10. p. 10-11.
80. Penland T. A model to create „Organizational Readiness“ for the Successful Implementation of Quality Management Systems. International Journal for Quality in Health Care. 1997. Vol. 9, No. 1. p. 69–72.
81. Kazan H. Process and Quality Model for the Production Planning and Control. The Journal of American Academy of Business, Cambridge. Sept. 2006. Vol. 10, No. 1. p. 290–297.
82. Abas Z. Exploring the Relationships between Total Quality Management (TQM), Strategic Control Systems (SCS) and Organizational Performance (OP) Using a SEM Framework. The Journal of American Academy of Business, Cambridge. Sept. 2006. Vol. 9, No. 2. p. 161–166.
83. Šarka V., Zavadskas E. K., Ustinovičius L. Projektų daugiakriterių sprendimų sintezės, remiantis priimamo sprendimo sėkmės kriterijumi, metodas. Statyba. Vilnius: „Technika“. 2000. VI t., Nr. 3. p. 193–201.
84. Bertašius D. Pramonės įmonių vadybos sistemų efektyvumo vertinimas. Technological and economic development of economy. Febr. 2007. Vol. XIII, No. 1. p. 3–9.
85. Urbonavičius S. Kokybės standartų specifika smulkiuose ir vidutinio dydžio įmonėse – vadybos ir marketingo aspektų reikšmė. Organizacijų vadyba: sisteminiai tyrimai. 2004. Nr. 32. ISSN 1392 – 1142. p. 207–220.
86. Zavadskas E. K., Ustinovičius L., Turskis Z., Ambrasas G., Kutut V. Daugiabučių gyvenamųjų namų išorės sienų sprendinių efektyvumo vertinimas daugiakriterinės analizės metodais. Technological and economic development of economy. 2005. Vol. XI, No. 14. ISSN 1392 – 8619. p. 59–68.
87. Grondskis G. Išlaidų kokybei ir veiklų išlaidų apskaitos integracija. Organizacijų vadyba: sisteminiai tyrimai. 2004. Nr. 30. ISSN 1392–1142. p. 93–102.
88. Ball S. Making cost of quality. The Journal of Strategic finance. July. 2006. p. 34–41.
89. Isaksson R. Economic sustainability and the cost of poor quality. Wiley InterScience Corporate Social Responsibility and Environmental Management. June. 2005. p. 197–209.
90. Maguad B. A. The Modern Quality Movement: Origins, Development and Trends. Total Quality Management. March. 2006. Vol. 17, No. 2. p. 179–203.

PRIEDAI

1. priedas

Anketa

Šios anketos tikslas – nustatyti technologinių vamzdynų tiesimo darbus apibūdinančių rodiklių reikšmingumus. Surinkti duomenys bus panaudoti technologinių vamzdynų variantų palyginimui.

Prašome užpildyti lentelę įrašydami atitinkamus įvertinimus remiantis savo asmenine patirtimi.

Siūloma įvertinimo skalė nuo 0 iki 1:

- 0,2 – nereikšmingas rodiklis,
- 0,4 – mažai reikšmingas rodiklis,
- 0,6 – vidutiniškai reikšmingas rodiklis,
- 0,8 – reikšmingas rodiklis,
- 1 – labai reikšmingas rodiklis

Siūloma įvertinimo skalė nuo 1 iki 5:

- 1 – nereikšmingas rodiklis,
- 2 – mažai reikšmingas rodiklis,
- 3 – vidutiniškai reikšmingas rodiklis,
- 4 – reikšmingas rodiklis,
- 5 – labai reikšmingas rodiklis.

Siūloma įvertinimo skalė nuo 1 iki 10:

- 1, 2 – nereikšmingas rodiklis,
- 3, 4 – mažai reikšmingas rodiklis,
- 5, 6 – vidutiniškai reikšmingas rodiklis,
- 7, 8 – reikšmingas rodiklis,
- 9, 10 – labai reikšmingas rodiklis.

Rodiklio pavadinimas	Šį rodiklį reikia		Jūsų įvertinimas (nuo 1 iki 5)	Jūsų įvertinimas (nuo 1 iki 10)	Jūsų įvertinimas (nuo 0 iki 1)
	maksimizuoti	minimizuoti			
1. Ilgaamžiškumas					
2. Medžiagų patikimumas					
3. Darbuotojų kvalifikacija					

2. priedas

Duomenys kompiuterinei analizei, parenkant technologinių vamzdynų racionaliausią variantą.

Naudojami rodikliai

Tema: Baigti

Uždavinys:

Lentelė:

Rodikliai	Pinigai	Mato vienetas	Min. Max.	Pradinis reikšmingumas	Minimumas	Maksimumas
+ Kaina	+	Lt/m	-	0,40000	0,0001	10,0000
+ Ilgaamžiškumas	-	Balai	+	0,10000	0,0001	10,0000
+ Medžiagų patikimumas	-	Balai	+	0,25000	0,0001	10,0000
+ Darbuotojų kvalifikacijos	-	Balai	+	0,25000	0,0001	10,0000

[jungti]
[išjungti]
Visi +
Visi -
Pradinis reikšmingumas
0,40000
Koreguoti
Spausdinti
Žinynas

Duomenų įvedimas

Tema: Rodikliai Grafika Spausdinti Baigti

Uždavinys: Variantai

Lentelė:

	Pinigai	Mato vnt.	Min. / Max.	Reikšm.	Plieninių vamzdynų tiesimas	Daugiasluok vamzdžiai
Kaina	+	Lt/m	-	0,40000	15,0000	25,0000
Ilgaamžiškumas	-	Balai	+	0,10000	3,7000	4,5000
Medžiagų patikimumas	-	Balai	+	0,25000	5,5000	8,0000
Darbuotojų kvalifikacijos	-	Balai	+	0,25000	0,5500	0,5500

Daugiakriterinės sintezės DSS1 metodas

Tema: Analizė Pradėti Spausdinti Išsaugoti į diską Atsisakyti

Uždavinys: Ryšio lentelės ☐ Griežtas Excel ☒ Normalizuoti duomenis

Pradiniai duomenys

☐ 01 <2> Technologinių vamzdynų racionalaus varianto

Skaičiavimo eiliškumo keitimas

Paliekamų alternatyvų skaičius

Galutiniai rezultatai

DuomVar

	Pini- gai	Mat. vnt.	Min Max	Reikšm.	Nr.1 Plieninių vamzdynų tiesimas	Nr.2 Daugias vamzdynų tiesimas
Kaina	\$	Lt/m	-	0,40	0,2058	0,343
Ilgamžiškumas	-	Balai	+	0,10	0,0635	0,0772
Medžiagų patikimumas	-	Balai	+	0,25	0,1416	0,206
Darbuotojų kvalifikacija	-	Balai	+	0,25	0,1768	0,1768

Daugiakriterinės sintezės DSS1 metodas

Tema: Analizė Pradėti Spausdinti Išsaugoti į diską Atsisakyti

Uždavinys: Ryšio lentelės ☐ Griežtas Excel ☐ Normalizuoti duomenis

Pradiniai duomenys

☐ 01 <2> Technologinių vamzdynų racionalaus varianto

Skaičiavimo eiliškumo keitimas

Paliekamų alternatyvų skaičius

Galutiniai rezultatai

DuomVar

	Technolog- vamzdynų	Reikšmin- gumas
1	1 (1,000)	1,0000
2	2 (0,731)	0,7311

20:14 | 2006.05.22 | Duomenų bazė : (Irmute) | Tema : Statyba | Uždavinys : Technologinių vamzdynų racionalaus varianto

Kokybės kontrolės plano struktūra**SUTRUMPINIMAI**

H - Sustabdymas

M - Monitoringas

R - Dokumentų peržiūrėjimas

A1 - Rangovas atlieka 100 % faktinę kontrolę

A2 - Rangovas atlieka dalinai pasirinktų vietų kontrolę

W1 – MN - 100% Kontrolė Turner / MN

W2 - MN - dalinai pasirinktų vietų Kontrolė

KKP – Kokybės kontrolės planas

SPA - Suvirinimo Procedūrų Aprašas

VE - Apžiūrimoji kontrolė

RT - Radiografinė kontrolė

MT - Magnetinė kontrolė

PT - Spalvinė kontrolė

PWHT - Terminis apdirbimas po suvirinimo

HT - Metallo kietumo testas

TA 01.1. - suvirintų sujungimų terminio apdirbimo žurnalas

FO 05.02.1. - apžiūrimosios kontrolės protokolas

FO 05.08.1. - kvietimas apžiūrai (darbų pridavimas)

FO 05.10.1. - geometrinių matmenų patikrinimo aktas
inspektorių neardančiosios kontrolės metodaisFO 05.11.1. - patvmo aktas (kontrolierių sąrašas ir jų
sertifikatai)

FO 05.12.1. - objekto pridavimo - priėmimo aktas

FO 13.01.1. - atliktos dokumentacijos rejestras

FO 17.02.1. - apžiūrimosios kontrolės protokolas

FO 17.03.1. - radiografinės kontrolės protokolas

FO 17.05.1. - magnetinės kontrolės protokolas

FO 17.06.1. - spalvinės kontrolės protokolas

FO 17.07.1. - metalo kietumo nustatymo protokolas

FO 17.14.1. - medžiagų priėmimo / patikrinimo aktas
suvirinimo medžiagų gaminimo / patikrinimo

FO 17.15.1. - aktas

- PR 10 - Identifikavimas ir atsekamumas
- PR 11 - Sandėliavimas
- PR 17 - Kontrolė ir bandymai
- PR 19 - Neatitiktinio produkto valdymas

- KP 01 - medžiagų priėmimas ir sandėliavimas

- KP 02 - suvirinimo medžiagos
vamzdinių mazgų gamyba (suvirinimo darbų
- KP 03 - atlikimas)
darbų apžiūra ir bandymai (neardantieji
- KP 04 - kontrolės metodai)

- KP 05 - geometrinė kontrolė (darbų pridavimas)

- KP 06 - vamzdyno montavimas

VAMZDŽIŲ GAMYBOS KOKYBĖS KONTROLĖS PLANO STRUKTŪRA

Eil. Nr.	Proceso aprašymas	Kokybės kontrolės veiksmai	Pagal ką tikrinti	Kontrolinis dokumentas. Priėmimo kriterijai	Patvirtinantis dokumentas	Kas tikrina	
1	2	3	4	5	6	7	9
1.0	Kokybės garantija						
1.1	Kokybės kontrolės plano pateikimas patvirtinimui	Kontrakto darbo dokumentacija	KKP pirminis variantas FO.05.01.1	Kontraktas	Suderinimas su užsakovu	H/R	H/R
1.2	Kokybės kontrolės procedūrų pateikimas patvirtinimui	Kontrakto darbo dokumentacija	Einamasis KKP	Kontraktas	Suderinimas su užsakovu	H/R	H/R
1.3	Izometrinių brėžinių patikrinimas	Užtikrinti teisingų brėžinių panaudojimą	Vėliausias izometrinių brėžinių sąrašas	Teisingai patikrinti darbo izometriniai brėžiniai	Paskutinis izometrinių brėžinių registras	H/R	H/R
2.0	Medžiagų kontrolė ir sandėliavimas						
2.1	Medžiagų priėmimas ir sandėliavimas	Patikrinti ar medžiagos atitinka užsakymą ir jų sandėliavimo sąlygas	KP 01 KP 02	Kontraktas	FO.17.14.1 FO.17.15.1 Medžiagų sertifikatai	A1/R	M

Eil. Nr.	Proceso aprašymas	Kokybės kontrolės veiksmai	Pagal ką tikrinti	Kontrolinis dokumentas. Priėmimo kriterijai	Patvirtinantis dokumentas	Kas tikrina	
1	2	3	4	5	6	7	9
3.0	Suvirinimas						
3.1.	Pateikti suvirinimo procedūrų aprašus patvirtinimui	Patikrinti SPA	KP03	LST EN 288	SPA suderinamas su užsakovu	H/R	H/R
3.2.	Suvirintojų atestavimas	Patikrinti suvirintojų kvalifikaciją prieš suvirinimą	NE	Suvirintojų atestavimo taisyklės pagal LST EN 287 ir MN patikra	Užsakovo patvirtinti suvirintojų sertifikatai	H/R	H/R
3.3.	Suvirinimo medžiagos	Kontrakto brėžiniai, specifikacijos	KP 02	Kontraktas	Kokybės sertifikatai	A1/R	M/R
4.0.	Darbų atlikimas						
4.1.	Vamzdžių mazgų gamyba	Užtikrinti taisyklingą medžiagų ir suvirinimo medžiagų panaudojimą	KP 03	ASME 31.3 9333-PG-2000	Vamzdžių mazgų išpildomoji schema	A1	M

Eil. Nr.	Proceso aprašymas	Kokybės kontrolės veiksmas	Pagal ką tikrinti	Kontrolinis dokumentas. Priėmimo kriterijai	Patvirtinantis dokumentas	Kas tikrina	
1	2	3	4	5	6	7	9
5.0.	Kontrolė						
5.1.	Geometrinė kontrolė	Geometriniai matmenys	KP 03	pateikti izometriniai brėžiniai	FO.05.10.1	A1/R	M/R
5.2.	Prieš atliekant neardančiąją kontrolę	Patikrinti defektoskopininkų kvalifikaciją	KP 04	LST EN 473	FO.05.11.1	H/R	H/R
5.3.	Apžiūrimoji kontrolė	Užtikrinti kad VE būtų atliekama pagal projekto specifikaciją	KP 04	LST EN 970 LST EN 25817-B	FO.17.02.1	A1/R	M/R
5.4.	Radiografinė kontrolė /X-ray Examination	Užtikrinti kad RT būtų atliekama pagal projekto specifikaciją	KP 04	LST EN 1435 LST EN 25817-B	FO.17.03.1	A1/R	M/R

5.5.	Magnetinė kontrolė	Užtikrinti kad MT būtų atliekama pagal projekto specifikaciją	KP 04	LST EN 1290 LST EN 25817-B 9333-PG-2000	FO.17.05.1	A1/R	M/R
5.6.	Spalvinė kontrolė	Užtikrinti kad PT būtų atliekama pagal projekto specifikaciją	KP 04	LST EN 571 LST EN 25817-B 9333-PG-2000	FO.17.06.1	A1/R	M/R
5.7.	Metalo kietumo testas	Užtikrinti HT būtų atliekama pagal projekto specifikaciją	KP 04	9333-PG-1000	FO.17.07.1 AR TA01.1	A1/R	M/R
5.8.	Terminis apdirbimas po suvirinimo	Užtikrinti PWHT būtų atliekama pagal projekto specifikaciją	NO	9333-PG-1000	TA01.1	A1/R	M/R

Eil. Nr.	Proceso aprašymas	Kokybės kontrolės veiksmai	Pagal ką tikrinti	Kontrolinis dokumentas. Priėmimo kriterijai	Patvirtinantis dokumentas	Kas tikrina	
1	2	3	4	5	6	7	9
6.0.	Identifikacija						
6.1.	Pagamintų mazgų žymėjimas	Patikrinti teisingą mazgų žymėjimą	KP 03 PR 10	9333-PG-2000	FO.05.10.1	A1/R	A1/R
7.0.	Pakrovimas						
7.1.	Paruošimas pakrovimui	Vizualiai patikrinti	KP 03	9333-PG-2000	Pristatymo sąrašas	A1	M
8.0.	Dokumentacija						
8.1.	Visos techninės vykdomosios dokumentacijos pridavimas	Patikrinti kokybės kontrolės dokumentaciją	KP05	Kontraktas	FO.05.12.1 FO.13.01.1	H/R	H/R