

**ŠIAULIŲ UNIVERSITETAS
TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS
MECHANIKOS INŽINERIJOS KATEDRA**

Dirk Zwick

**GAMINIO KOKYBĖS IR PATIKIMUMO UŽTIKRINIMAS
MAŽIAUSIOMIS SAŃAUDOMIS**

Magistro baigiamasis darbas

Šiauliai, 2010

**ŠIAULIŲ UNIVERSITETAS
TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS
MECHANIKOS INŽINERIJOS KATEDRA**

**GAMINIO KOKYBĖS IR PATIKIMUMO UŽTIKRINIMAS
MAŽIAUSIOMIS SAŃAUDOMIS**

Magistro baigiamasis darbas

Autorius – Dirk Zwick (MM-8 gr.)

Vadovas – doc. dr. D.Čikotienė

Recenzentas – doc. dr. A. Sabaliauskas

Katedros vedėjas – doc. dr. A. Sabaliauskas

Šiauliai, 2010

TURINYS

SIMBOLIŲ, VIENETŲ IR SANTRUMPŲ SĄRAŠAS.....	5
LENTELĖS	6
PAVEIKSLAI.....	7
ĮVADAS	8
1. PAGRINDINIAI VEIKSNIAI, LEMIANTYS GAMINIO PAKLAUSĄ ŠIUOLAIKINĖJE RINKOJE	9
1.1. Vartotojo – gamintojo sąveika ir bendradarbiavimo metodai	9
1.2. Vartotojų reikalavimų valdymas	12
1.3. Vartotojų reikalavimų klasifikavimas	14
1.4. Aprūpinimo gamybai reikalingomis medžiagomis bei detalėmis strategija.....	18
1.5. Saugos, patikimumo ir saugumo užtikrinimo standartai	19
1.6. Reikalavimų gaminio kokybės parametrų formulavimas	19
2. GAMINIO KOKYBĖS VERTINIMAS IR KOKYBĖS SIEKIMO SĄNAUDŲ NUSTATYMO METODIKA.....	21
2.1. Kokybės sąnaudų grupės	21
2.2. Gaminio kokybės tyrimo metodika	23
2.3. Dviračių stabdžių konstrukcijos bei stabdžių kokybės vertinimo metodika	24
2.3.1. <i>Ratlinkinės stabdžių konstrukcijos</i>	24
2.3.2. <i>Diskinės stabdžių konstrukcijos</i>	25
2.3.3. <i>Būgninės stabdžių konstrukcijos</i>	26
2.4. Stabdžių tikrinimo normos	26
2.4.1. <i>Adhezinė deformacinė jėga</i>	27
2.4.2. <i>Histerezinė trinties dedamoji</i>	27
2.5. Gaminio kokybės siekimo sąnaudų skaičiavimas	28
3. EKSPERIMENTINIS TYRIMAS	31
3.1. Gaminio, gaminamų Lietuvos gamybos įmonėse, klasifikavimas	31
3.2. Dviračių gamybos įmonėje taikomi kokybės užtikrinimo metodai.....	33
3.3. Kokybės užtikrinimas įmonės viduje	34
3.4. Dviračių stabdžių bandymai	35
3.5. Dviračių stabdžių eksperimentinio tyrimo rezultatų analizė	38
3.5. Išoriniai kokybės nuostoliai.....	42
3.6. Gaminio kokybės užtikrinimas.....	42
3.8. Įmonės veiklos pokyčiai, kurie padėtų užtikrinti kokybės nuostolių mažinimą bei vartotojų reikalavimų įgyvendinimo lygį.....	45
PUBLIKACIJOS BEI DALYVAVIMAS KONFERENCIJOJE	46
IŠVADOS	47
LITERATŪRA	48
1 PRIEDAS. Dviračių bandymų standai	50
2 PRIEDAS. Dviračio stabdžių bandymas	52
3 PRIEDAS. Adhezinės ir histerezinės deformacinių dedamųjų atsiradimas	53

**ŠIAULIŲ UNIVERSITETAS
TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS
MECHANIKOS INŽINERIJOS KATEDRA**

Dirk Zwick. **GAMINIO KOKYBĖS IR PATIKIMUMO UŽTIKRINIMAS MAŽIAUSIOMIS SĄNAUDOMIS.** Magistranto baigiamasis darbas / vadovė doc.dr. Dalia Čikotienė.

SANTRAUKA

Gaminio paklausa šiuolaikinėje rinkoje apibrėžiama optimaliu gaminio kokybės ir kainos santykiu. Gaminys turi atitikti standartuose apibrėžtus bei vartotojo suformuluotus reikalavimus saugumui, tikslumui, patikimumui, o reikiama gaminio kokybė turi būti užtikrinama kuo mažesnėmis sąnaudomis. Darbe išskiriami pagrindiniai vartotojų reikalavimai gaminiui, analizuojamas kokybės užtikrinimo sąnaudų bei nuostolių dėl netinkamos gaminio kokybės pasiskirstymas. Atlikta kokybės užtikrinimo įmonėje analizė. Atlikti dviračių stabdžių bandymai bei eksperimentiniai tyrimai, nustatant netinkamos gaminio kokybės priežastis. Atlikta eksperimentinio tyrimo rezultatų analizė bei suformuluotos rekomendacijos kokybės pagerinimui. Atliktas gaminio kokybės siekimo sąnaudų vertinimas bei prognozavimas. Nustatyta, kad didinant gaminio kokybės prevencijos ir įvertinimo sąnaudas, mažėja vidiniai bei išoriniai nuostoliai.

Reikšminiai žodžiai: kokybė, dviračių stabdžiai, vartotojo reikalavimai, kokybės prevencija, kokybės sąnaudos

**ŠIAULIAI UNIVERSITY
FACULTY OF TECHNOLOGY
DEPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING**

Dirk Zwick. **ENSURING THE QUALITY AND RELIABILITY OF THE PRODUCT AT THE LOWEST COSTS.** Master final work / research advisor Assoc. Prof. Dr. Dalia Čikotienė.

SUMMARY

Demand of products in the modern market is described by optimal ratio between product quality and price. The product must satisfy requirements for safety, precision and reliability that are defined in the standards and formulated by customers. Proper quality of the product must be warranted with lowest possible cost. There are excluded main customer requirements for the product in the work. Analysis of quality cost, defining quality prevention cost and failure cost is made. Analysis of quality seeking in the enterprise is made. Tests of bicycle brakes and experimental investigation are made to determine reasons of non-quality product. Analysis of experimental researches is fulfilled and recommendations for quality improvement are formulated. Product quality cost evaluating and forecasting is fulfilled. It was stated, that when prevention and appraisal costs are increasing then failure costs are going down.

Keywords: quality, brakes of bicycle, customer requirements, quality prevention, quality cost

SIMBOLIŲ, VIENETŲ IR SANTRUMPŲ SĄRAŠAS

JIT (just in time) – reikiamu laiku;
TQM (total quality management) – visiškas kokybės užtikrinimas;
Design for – projektuoti kam;
Design with – projektuoti su kuo;
Design by – projektuoti greta;
DFX (design for excellence) – konstravimas siekiant idealumo;
V-Brake – svirtinių stabdžių konstrukcijos tipas;
 Q_k – gaminio kokybės sąnaudos;
 H – visos gaminio sąnaudos;
 Q_1 – kokybės prevencijos sąnaudos;
 Q_2 – kokybės įvertinimo sąnaudos;
 Q_3 – vidiniai nuostoliai;
 Q_4 – išoriniai nuostoliai;
 a – stabdžių delsimo vertė;
 F_{Br} – stabdymo jėga;
 m – masė;
 D – trosas išsitempimas;
 F – jėga nuo stabdžio rankenos;
 F_S – normalinė jėga į ratą;
 N – detalių skaičius mechanizme;
 K – svirčių perdavimo santykis;
 F_{tr} – trinties jėga.

LENTELĖS

1.1 lentelė. Vartotojo reikalavimų užtikrinimas	15
3.1 lentelė. Gaminių klasifikavimas	31
3.2 lentelė. Pagrindiniai vartotojų reikalavimai (veiksniai)	31
3.3 lentelė. Kokybės užtikrinimo sąnaudų bei nuostolių dėl netinkamos kokybės pasiskirstymas	33
3.4 lentelė. Dviračių detalių bei mazgų bandymų sąrašas	34
3.5 lentelė. Stabdžių delsimo vertės	35
3.6 lentelė. Sąnaudų pasiskirstymas dviračių gamyboje	43
3.7 lentelė. Kokybės siekimo sąnaudų prognozavimo rezultatai	43

PAVEIKSLAI

1.1 pav. Žingsniai iki gaminio kūrimo pradžios – užsakovo tikslų ir planų nustatymas	10
1.2 pav. Gaminio modelio kūrimas pagal vartotojo reikalavimus	12
1.3 pav. Gaminio specifikacijos tobulinimo procesas	13
1.4 pav. Vartotojų reikalavimų skirstymas į atskirus lygius	14
1.5 pav. Projektavimo sistemos, orientuotos į rinką, funkcionalumas	16
1.6 pav. Vartotojo pageidavimų pavertimas produkto modeliu	17
2.1 pav. Kokybės siekimo sąnaudų grupės	21
2.2 pav. Lundvall-Juran kokybės sąnaudų kitimo modelis	22
2.3 pav. „V“ stabdžių nuotrauka	25
2.4 pav. Diskinis stabdis su hidrauline pavara	25
3.1 pav. Vartotojų reikalavimų skirstymo modelis	31
3.2 pav. Vartotojų reikalavimų pasiskirstymas Lietuvos įmonėse	33
3.3 pav. Vartotojų reikalavimų pasiskirstymas dviračių bei jų detalių gamybos įmonėse	33
3.4 pav. Sauso stabdžių bandymo rezultatai	37
3.5 pav. Šlapio stabdžių bandymo rezultatai	37
3.6 pav. Svirtinių stabdžių konstrukcijos	38
3.7 pav. Stabdymo jėgos priklausomybė nuo greičio	42
3.8 pav. Ryšiai tarp tiekėjo – gamintojo – vartotojo	43

IVADAS

Magistro baigiamojo darbo tyrimo tikslas yra sukurti metodiką gaminio kokybės ir patikimumo užtikrinimui mažiausiomis sąnaudomis. Šiam tikslui pasiekti suformulavome tokius uždavinius:

1. Apžvelgti standartuose numatytus ir vartotojo suformuluotus reikalavimus gaminio kokybei.
2. Ištirti gaminio kokybės sąnaudas dviračių gamybos įmonėje.
3. Nustatyti kokybės užtikrinimo metodus, naudojamus dviračių gamybos įmonėje.
4. Nustatyti nekokybiškų gaminių priežastis dviračių gamybos įmonėje.
5. Pasiūlyti kokybės užtikrinimo mažiausiomis sąnaudomis metodus.

Darbo aktualumas. Kadangi svarbiausias kriterijus užtikrinant naujai kuriamo gaminio paklausą yra kokybės ir kainos santykis, darbo tema yra labai aktuali norint konkuruoti šiuolaikinėje rinkoje. Svarbu ne tik pagaminti kokybišką gaminį, atitinkantį standartuose numatytus kriterijus, bet ir užtikrinti, kad gaminys atitiks vartotojo lūkesčius ir tenkins jų keliamus reikalavimus.

Darbo struktūra. Magistro baigiamasis darbas sudarytas iš keturių skyrių. Pirmajame skyriuje apžvelgti pagrindiniai veiksniai, lemiantys gaminio paklausą šiuolaikinėje rinkoje, vartotojo-gamintojo sąveika kuriant gaminį, vartotojų reikalavimų klasifikavimas bei valdymas, saugos, patikimumo bei saugumo užtikrinimo standartų reikalavimai bei suformuluoti reikalavimai gaminio kokybės parametrų.

Antrajame skyriuje aprašyta gaminio kokybės vertinimo bei kokybės siekimo sąnaudų nustatymo metodika. Išskirtos kokybės sąnaudų grupės, aprašyta dviračių stabdžių konstrukcijos bei stabdžių kokybės vertinimo metodika bei stabdžių tikrinimo normos, aprašyta gaminio kokybės siekimo sąnaudų skaičiavimo metodika.

Trečiajame skyriuje aprašyti eksperimentiniai tyrimai. Suklasifikuoti gaminiai, gaminami Lietuvos gamybos įmonėse, nustatytas vartotojų reikalavimų pasiskirstymas dviračių bei jų detalių gamybos įmonėse, išskirti dviračių gamybos įmonėje taikomi kokybės užtikrinimo metodai, nustatytas kokybės užtikrinimo sąnaudų bei nuostolių dėl netinkamos kokybės pasiskirstymas. Atlikta eilė dviračių detalių bei mazgų bandymų bei nustatyti kokybės neatitikimai. Atlikti dviračio stabdžių bandymai, stabdžių ilgalaikio stabilumo tikrinimas, stabdžių trosų tikrinimas. Taip pat nustatyti išoriniai kokybės nuotoliai, atsirandantys dėl netinkamos gaminio kokybės, kai nekokybiškas dviratis patenka pas vartotoją.

1. PAGRINDINIAI VEIKSNIAI, LEMIANTYS GAMINIO PAKLAUSĄ ŠIUOLAIKINĖJE RINKOJE

Naujai kuriamas gaminys bus paklausus, jei bus užtikrinti pagrindiniai reikalavimai:

- Gaminys atitinka vartotojo keliamus reikalavimus.
- Gaminys atitinka standartuose apibrėžtus tikslumo, saugumo, patikimumo reikalavimus.
- Gaminio kokybė užtikrinama mažiausiomis sąnaudomis, tuo pačiu gaminio kaina atitinka vartotojo lūkesčius.

Kompanijos naudoja skirtingas gamybos strategijas ir veiklos programas. Yra dvi veiklos filosofijos, padedančios įmonėms išlikti konkurencinėje rinkoje: produkcijos pristatymas reikiamu laiku (just in time, JIT) ir visiškas kokybės užtikrinimas (total quality management, TQM).

Kompanijos tikslas yra minimizuoti įvairios veiklos operacijų laiką (perduoti idėjas, medžiagas, užsakymus kaip įmanoma greičiau). Trumpesnis operacijų laikas įgalina kompaniją greičiau reaguoti į užsakovų poreikių pasikeitimus. Užsakovas greičiau gauna reikiamą gaminį, kompanija greičiau gauna užmokestį už parduotą produkciją.

Išsiaiškinti vartotojo poreikius galima keliais būdais: nuo kasdieninio neoficialaus bendravimo su užsakovais, anketų apie vartotojų poreikius, taip pat reaguojant į vartotojų skundus, iki oficialaus užsakovo įtraukimo į pažangesnių gaminių kūrimo procesus.

Gaminant gaminį pagal užsakovo poreikius, turi būti užtikrinamas gaminio patikimumas, saugumas, atsparumas įvairiems veiksniams. Šios sąlygos yra apibrėžtos standartuose, kurie reglamentuoja tam tikriems gaminiams keliamus saugumo, patikimumo ir kitus reikalavimus.

Labai svarbus veiksnys vartotojui renkantis gaminį yra ne tik jo kokybė, bet ir kaina. Taigi, gaminio paklausa rinkoje apibrėžiama optimaliu gaminio kokybės ir kainos santykiu. Reikiama kokybė turi būti užtikrinama minimaliomis sąnaudomis, kad gaminys būtų paklausus ir galėtų konkuruoti šiuolaikinėje rinkoje.

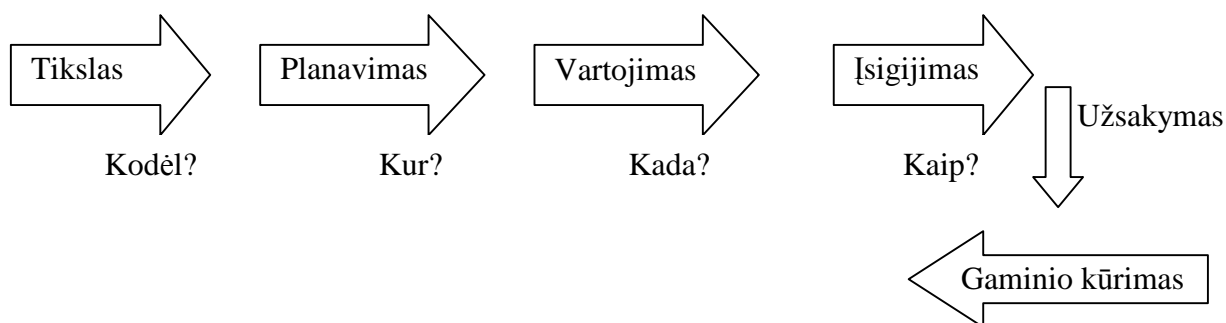
1.1. Vartotojo – gamintojo sąveika ir bendradarbiavimo metodai

Pagrindinis gamybinės organizacijos veiklos tikslas yra suprasti užsakovo esamus ir būsimus pageidavimus bei norus, kadangi tai ypač svarbu naujai kuriamo gaminio sėkmei. Įvairios mokslinės-techninės studijos ir tyrinėjimai parodė, kad užsakovo reikmių supratimas yra labai svarbus veiksnys, kuris apibrėžia skirtumą tarp sėkmingai kuriančių naujus produktus įmonių ir tų kompanijų, kurios sužlunga neatlaikiusios konkurencijos. Užsakovo reikmių įgyvendinimą, kaip reikšmingą ir pažangų procesą, pripažino ir kiti ekspertai [19,24].

Orientuota į klientą informacinė sistema gali padėti sukurti glaudesnę ryšį tarp produkto atnaujinimo ir kliento dalyvavimo kūrimo procese. Tai padeda pagerinti kūrimo efektyvumą, sumažinti projektavimo ir gamybos laiką bei išlaidas. Tam, kad pasiektų konkurencingumą pasaulyje, gamintojai turi sumažinti naujo produkto kūrimo ir vystymo laiką, išlaidas, reikalingas produktui sukurti ir kreipti didelį dėmesį į užsakovo reikalavimus.

Kaip pateikti vartotojui jo lūkesčius atitinkantį pasiūlymą ir tuo pačiu išlikti konkurencinga įmone keičiantis rinkos poreikiams? Vien kurti konkurencingus produktus ir aprūpinti jais vidutinį vartotoją neužtenka. Gaminys turi būti kuriamas individualiam vartotojui [13]. Kad ši sąlyga būtų įgyvendinta, gamyba turi būti neatskiriama nuo rinkos tyrimo, marketingo ir prekybos. Šiuolaikinės gamybos tikslas yra aprūpinti klientą reikiamu gaminiu ir užtikrinti atitinkamą servisą.

Kad būtų glaudus ryšys su vartotoju, gamintojas turi suprasti vartotojo tikslus: kodėl vartotojui reikalingas naujai kuriamas gaminys? Ar užsakovas iš anksto nusprendė, kur jis naudos sukurtą gaminį? Kada vartotojas priima galutinį sprendimą dėl būsimo produkto užsakymo? Kaip bus panaudojamas būsimas gaminys? Į kiekvieną iš šių klausimų gamintojas turėtų rasti atsakymą prieš pradėdamas kurti naują gaminį (1.1 pav.) [13].



1.1 pav. Žingsniai iki gaminio kūrimo pradžios – užsakovo tikslų ir planų nustatymas

Efektyviai bendradarbiauti su vartotoju galima sutelkiant dėmesį į vartotojo reikalavimų grandinę ir palaipsniui vystant kiekvieną reikalavimo etapą.

Kaip jau buvo minėta anksčiau, įvairiose mokslinėse-techninėse publikacijose paskelbta daug darbų, skirtų efektyvesniam gamintojo – vartotojo bendradarbiavimui.

Susisteminius paskelbtas publikacijas, išskyrėme keletą svarbiausių metodų, kaip sukurti glaudų bendradarbiavimą tarp gamintojo ir užsakovo:

- Gamintojas turi rasti ir gerai pažinti pagrindinius pirkėjus, su kuriais siekia užmegzti bendradarbiavimą.
- Nustatyti, ko pageidauja pagrindiniai klientai ir patikrinti, ar įmonės galimybės leidžia įgyvendinti jų lūkesčius.

- Organizuoti visą informaciją apie įmonę ir gaminamą produkciją taip, kad ji optimaliai tiktų potencialiam klientui, kuris renkasi jam reikalingą produkciją.
- Sukurti dinamišką, pagrįstą taisyklėmis kainų nustatymą visoms produktų grupėms taip, kad kompanija galėtų pristatyti savo produkciją potencialiam klientui tiksliai, kruopščiai ir tinkamai, tuo pačiu kad kaina nebūtų nuostolinga įmonei.

Kompanijos turi suprasti tikruosius klientų reikalavimus ir greitai reaguoti į poreikių pasikeitimus, kad galėtų išlikti šiuolaikinėje konkurencinėje rinkoje. Įmonės, žinančios savo klientus, jų poreikius ir glaudžiai bendradarbiaujančios su jais, turi daugiau galimybių, kad investuotojai jomis susidomės, negu tos, kurios nežino savo užsakovų. Įmonės turėtų žinoti, kiek pagrindinių užsakovų jos turi, kas jie tokie, kaip auga įmonės pelnas nuo kiekvieno užsakovo, kokie pagrindinių klientų poreikiai, ar jie yra patenkinti įmonės veikla ir gaminama produkcija.

Svarbiausias aspekto veiklos pradžioje yra žinoti užsakovų pageidavimus. Tačiau, jei keletas kompanijų žino užsakovų reikalavimus ir siekia juos atlikti, tampa svarbu ne tik juos įgyvendinti, bet konkuruoti gamybos sistemos galimybėmis. Pagrindiniai skirtumai tarp nugalėtojo ir pralaimėjusio kovoje dėl užsakovų yra tai, kad nugalėtojai sugeba tiekti gaminius ir paslaugas kokybiškai (geriau), pigiau, reikiamu laiku (greičiau) ir lanksčiau.

Bendradarbiavimas su vartotoju ar užsakovu tapo svarbiu veiksmu diegiant naujoves įmonės. Kartais vartotojų rolė naujo gaminio kūrimo procese yra lemiamą. Vartotojas, kuris aptinka technines problemas gaminio kūrimo pradžioje ir padeda rasti sprendimą jų išvengti, gali suvaidinti labai svarbų vaidmenį naujovių diegimo procese. Artimas bendradarbiavimas su vartotojais leidžia įmonėms ankstyvoje gaminio kūrimo stadijoje rasti naujas gamybos kryptis.

Renkant žinias apie užsakovų reikmes, reikia apklausti vartotojus, kokie yra jų pageidavimai, tirti rinkos plėtros pokyčius ir stebėti konkurentų veiklą. Tačiau būsimi vartotojų norai kartais gali būti sunkiai suprantami, kadangi jie patys tiksliai neapmąsto ir nesuformuluoja poreikių, todėl kartais gali būti sunku apibūdinti gaminį, kuris patenkintų užsakovo pageidavimus, kurie dažnai būna labai prieštaringi.

Kompanijose, kuriose daugiau dėmesio kreipiamą į užsakovų dalyvavimą naujų gaminio idėjų kūrimo, gaunamas trumpesnis naujo gaminio kūrimo laikas, negu tose įmonėse, kur didžiausias dėmesys skiriamas naujų gaminių idėjų ieškojimui, pagrįstam tyrimais. Pastaruoju metu konsultantai, specialistai ir teoretikai pabrėžia naujų gaminių, orientuotų į užsakovą, kūrimą. Vis daugiau įmonių taiko šią metodiką ir sėkmingai konkuruoja rinkoje.

Tačiau vien suprasti užsakovo norus neužtenka, norint tapti rinkos lyderiais. Nuo užsakymo priėmimo iki atitinkamų veiksmų jį įgyvendinant atsiranda didelis skirtumas, nes yra nemažas prieštaravimas tarp to, kaip žmonės galvoja, ir kaip jie veikia: sugalvojama vienaip, o daroma kitaip [24]. Taigi, vartotojų norų žinojimas ir jų įgyvendinimas yra skirtingi dalykai.

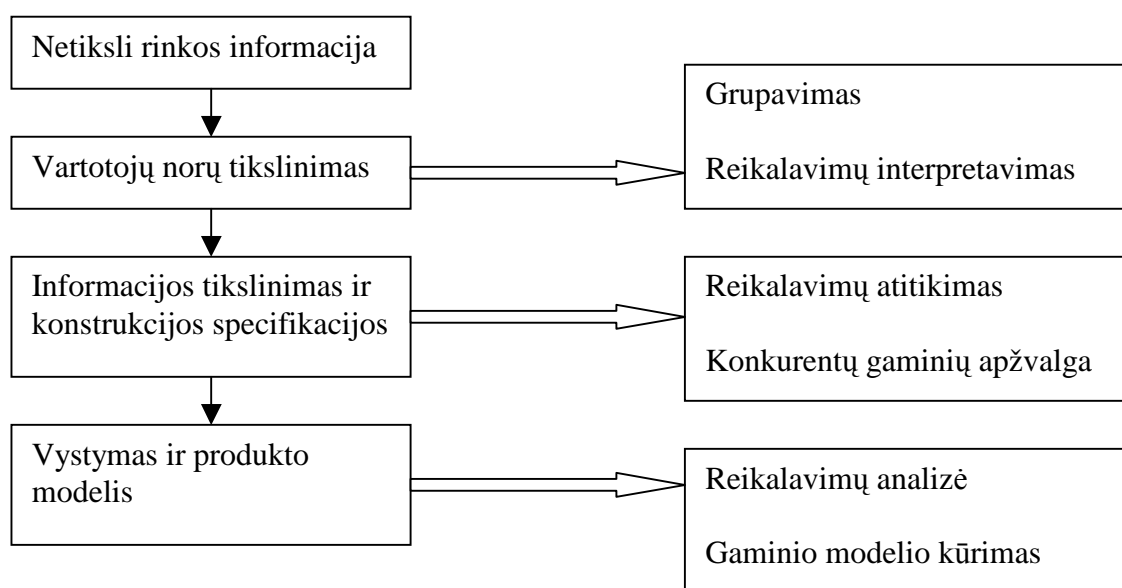
Pirmiausia vartotojo reikalavimai gaminiui turėtų būti pasverti ir įvertinti. Jie turėtų atitikti įmonės poreikius. Kitas žingsnis būtų pradinis produkto vertės nustatymas. Tada procesai, susiję su produkto verte gali būti apibūdinami gaminio ypatybių svarba, ypač gaminio kainos, kuri tiktų klientui, nustatymu, technologija ir produkto funkcijomis, kitais gaminį liečiančiais aspektais. Turi būti nustatytos pagrindinės parametų grupės – laikas, kaina, funkcijos ir kokybė.

1.2. Vartotojų reikalavimų valdymas

Svarbu visapusiškai suprasti užsakovo reikalavimus ir juos paversti pageidaujamu produktu su visomis reikalingomis ir užsakovo pageidaujamomis savybėmis. Šie reikalavimai turi būti nustatyti ir patikslinti pačioje konstravimo pradžioje, kad rezultatas kuo geriau atitiktų kliento lūkesčius ir vėliau, gamybos proceso eigoje, būtų galima išvengti gaminio konstrukcijos ir jo gamybos technologijos keitimų.

Efektyviai rinkti ir suprasti klientų reikalavimus ir juos paversti konstravimo specifikacijomis yra vienas iš svarbiausių tikslų įmonei, siekiančiai sėkmingai konstruoti naują produktą ir užsitikrinti vietą šiuolaikinėje konkurencinėje rinkoje.

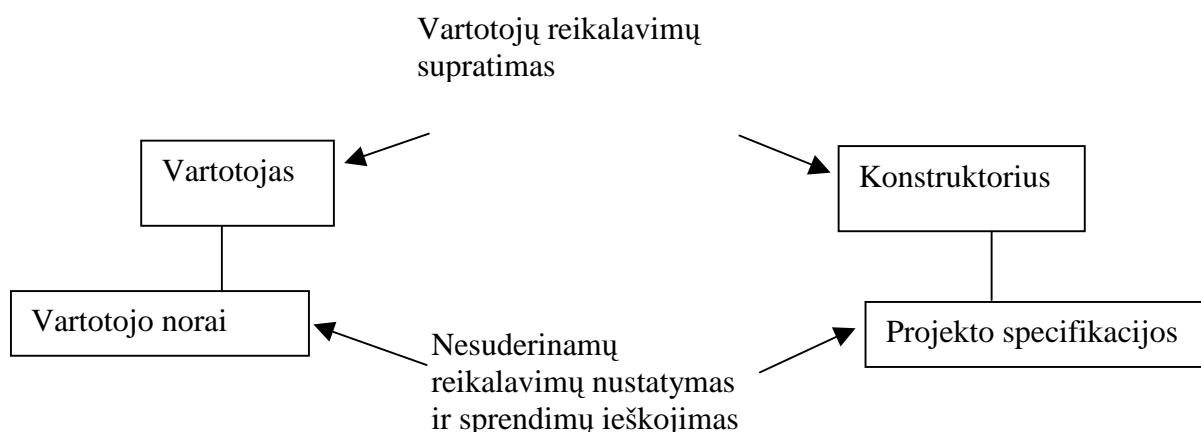
Vartotojų reikalavimai dažnai būna išreikšti kasdienėje kalboje. Jie nėra tiksliai apibrėžti ir turi būti transformuojami į tikslus terminus. Informacija, gauta iš užsakovų, turi būti renkama ir klasifikuojama, kad būtų tiksliai nustatomi jų reikalavimai, norai ir nepageidaujamos užsakomo gaminio savybės, struktūrizuojant informaciją, kad ją būtų galima lengvai naudoti, išsaugoti duomenų bazių sistemoje (1.2 pav.) [11].



1.2 pav. Gaminio modelio kūrimas pagal vartotojo reikalavimus

Netikslios rinkos informacijos interpretavimas, kad gamintojas galėtų tiksliai išivaizduoti užsakovo reikalavimus ir juos įgyvendinti yra sunkus ir daug laiko reikalaujantis darbas. Labai svarbu yra netikslią informaciją paversti į gaminio specifikacijas, kad jomis galėtų naudotis visi, darbuotojai, susiję su gaminio projektavimu ir gamyba. Ankstyvoje projektavimo stadijoje kiekvienas komandos narys turi savitą reikalaujamo gaminio viziją. Todėl labai svarbu, kad reikalingi duomenys apie naujo gaminio konstrukcijos ypatumus būtų prieinami kiekvienam gaminio kūrimo proceso dalyviui ir užsakovas bei konstruktorius dalintųsi informacija apie konstrukcijos reikalavimus ir tikslus (1.3 pav.). Kliento užsakymas ir konstrukcijos techninės sąlygos, kurių įgyvendinimas galėtų atitikti kliento reikalavimus, yra svarbūs informacijos apie projektą elementai.

Tik dalijantis reikalinga informacija gali būti suprojektuotas ir pagamintas gaminys, atitinkantis užsakovo viziją [12].



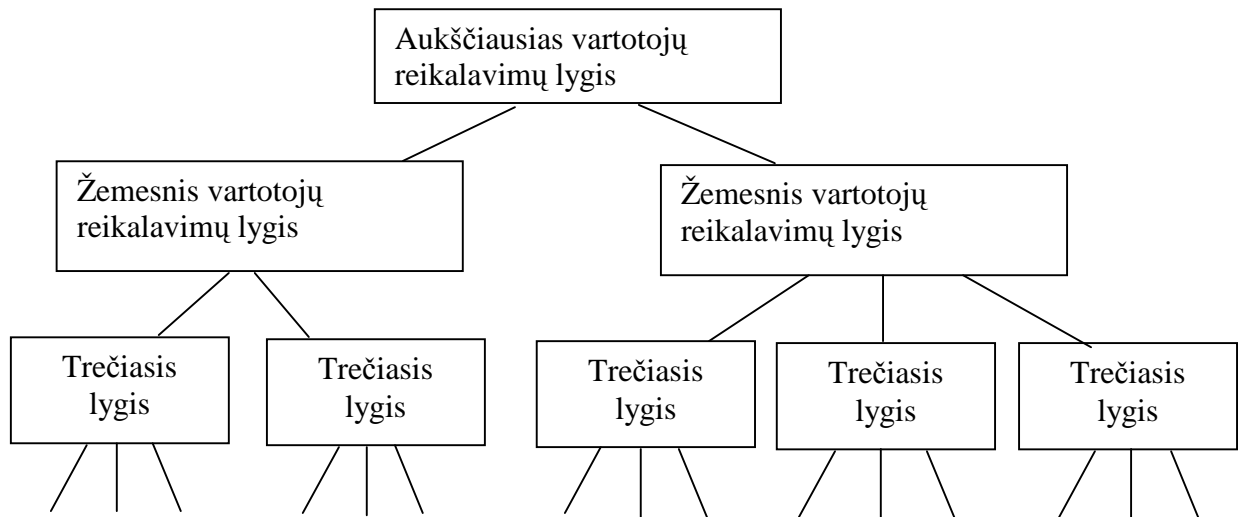
1.3 pav. Gaminio specifikacijos tobulinimo procesas

Kad konstruktorius teisingai ir tiksliai suprastų užsakovo reikalavimus, jis turi turėti tiesioginį kontaktą su vartotoju. Kartais konstruktoriams gali tekti naudoti panašių gaminių prototipus ar panašius gaminius, kad būtų įmanoma suprasti užsakovo lūkesčius, tačiau tai brangu ir reikalauja daug laiko. Vartotojai gali nesutikti mokėti brangiau, ar ilgiau laukti užsakymo išpildymo. Kartais gali tekti priimti kompromisą – pateikiamas gaminys neatitiks šimtu procentu vartotojo vizijos, tačiau bus ne toks brangus ir daug laiko reikalaujantis, arba gamintojas sukurs ne tokį paklausų gaminį, kuris atitiks konkretaus užsakovo norus [12, 23]. Norint išsiaiškinti ir patikslinti vartotojo lūkesčius, galima naudoti aiškinamuosius šablonus, arba sukurti tam tikrus modelius, kuriais naudojantis reikalavimai būtų sisteminami ir konkretizuojami. Deja, šiuo metu jaučiamas didžiulis stygius priemonių, kurios padėtų naujo gaminio kūrėjui geriau suprasti vartotojo pageidavimus ir norus. Be to, tokia priemonė turėtų taupyti gaminio kūrėjo laiką, greičiau suprantant bei nuspėjant vartotojo lūkesčius.

1.3. Vartotojų reikalavimų klasifikavimas

Vartotojo reikalavimai gali būti skiriami į strategiškus, kurie susiję su funkcionalumu ir serviso sistemos savybėmis ir naudojimo reikalavimus, kurie susiję su produkto dizainu ir konstrukcija.

Vartotojų reikalavimai gali skirtis atskirose vartotojų kategorijose (skirtis atskirose vartotojų amžiaus grupėse, interesų grupėse ir pan.). Produktų klasifikavimas gali būti atliekamas pagal atskiras produktų grupes arba pagal vartotojų grupes. Užsakovų reikalavimai gali būti suskirstomi į grupes ir išdėstomi skirtinguose lygiuose pagal svarbą. Viršutiniame ir pagrindiniame lygyje išdėstomi pagrindiniai ir bendriausi reikalavimai, žemesniuose – detalesnė informacija apie reikiamą gaminį (1.4 pav.) Kuriamai ekspertinei sistemai buvo panaudotas vartotojo reikalavimų skirstymo ir klasifikavimo metodas.



1.4 pav. Vartotojų reikalavimų skirstymas į atskirus lygius

Užsakovų reikalavimai grupuojami pagal jų įtaką projektavimui ir pagal svarbą. Taip pat svarbu rinkti informaciją apie konkurentų gaminamą produkciją ir kaip ji atitinka užsakovų keliamus pageidavimus. Vartotojų reikalavimai gali būti išreikiami skaitiniais ir neskaitiniais dydžiais.

Atskirų naujai kuriamo gaminio charakteristikų svarba sąlygoja konstruktorių ir inžinierių darbą. Jie ruošia specifikacijas, kuriose atsispindi, kaip naujame gaminyje bus išpildyti užsakovo pageidavimai. Pagrindinis veiksnys, lemiantis naujos konstrukcijos sėkmę, yra konstrukcijos planas atskiroms gaminio charakteristikoms. Konstruktorius pagal savo patirtį įvertina atskiras gaminio charakteristikas. Kad įvairios projektuojamo gaminio charakteristikos būtų įvertintos teisingai ir

naujas gaminys būtų pagamintas tiksliai pagal užsakovo reikalavimus, konstruktorius turi turėti tiesioginį kontaktą su vartotoju.

Dažnai vartotojas negali aiškiai suformuluoti savo norų ir reikalavimų naujam gaminiui, ypač tada, kai tie gaminiai sudėtingi. Pradžioje vartotojų reikalavimai sugrupuojami pagal akivaizdžiai panašias savybes. Tikslus reikalavimų skirstymas kol kas nėra galimas. Reikalavimų skirstymas galės būti tikslinamas ir konkretizuojamas, kai bus sukonkretinta ir aiškiai apibrėžta informacija, gauta iš vartotojų, apie naujam gaminiui keliamus reikalavimus [14].

Vartotojų reikalavimai gaminiui bei jų įgyvendinimo būdai pateikti *1.1 lentelėje*.

1.1 lentelė. Vartotojo reikalavimų užtikrinimas

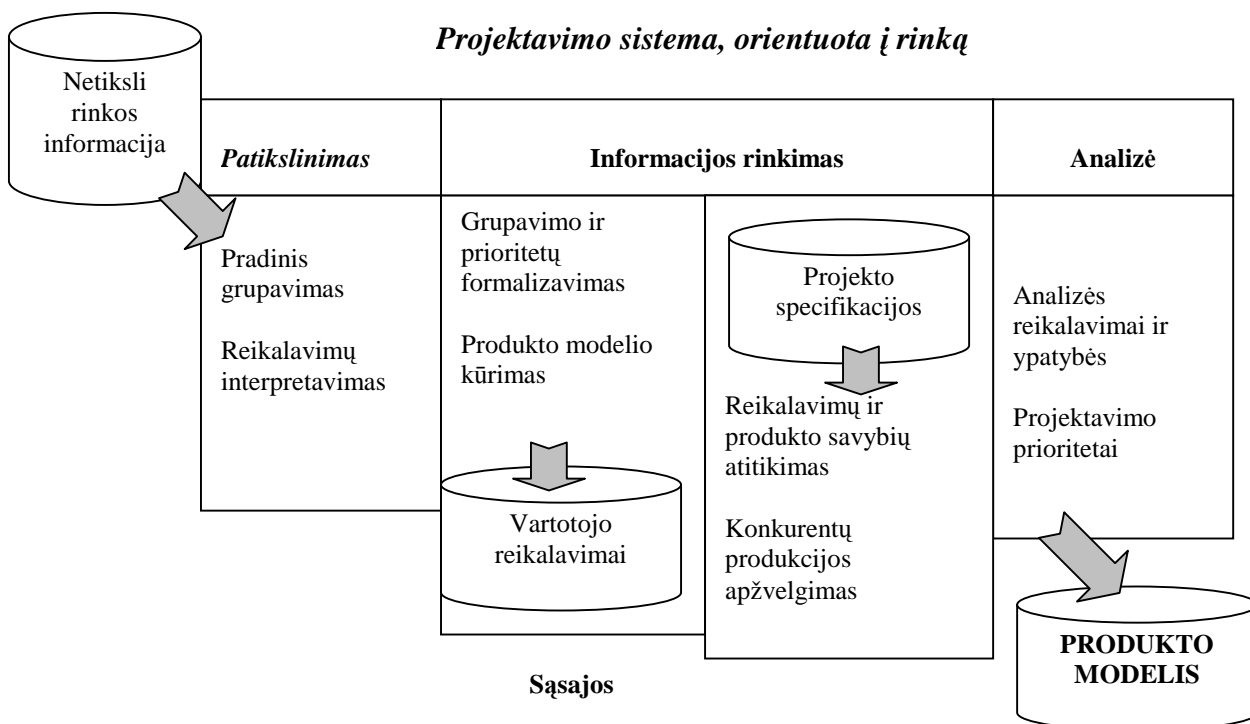
Vartotojo reikalavimas gaminiui	Reikalavimo užtikrinimo būdai
Saugumas: gamintojo patikimumas, serviso garantijos	Tyrimas, konstravimas ir vystymas, vartotojo aptarnavimas
Atlikimas: pasirinkimo galimybės, kokybė, kaina, veikimo patikimumas	Efektyvus reagavimas į vartotojo užsakymus
Estetiškumas: stilius, dizainas, atitikimas reikalavimams	Gamybos ir techninio aprūpinimo galimybės užtikrinti vartotojo reikalavimus kokybei, pasirinkimo galimybės,
Patogumas: vieta, kur galima užsakyti gaminį, gamybos ir pristatymo trukmė	užsakymo tvarkymui, pristatymo trukmei ir patikimumui. Tiekimo valdymas: bendradarbiavimas ir atlikimas.
Ekonomiškumas: tinkama kaina lyginant su kitų gamintojų kaina ir pagal gaminio vertę	Ryšio su vartotojais užtikrinimas, tinkamos kainos nustatymas
Patikimumas: savybių atitikimas, naudos ir kainos suderinamumas	Tinkamų gaminio savybių užtikrinimas, išlaikant optimalią gaminio kainą

Visiems šiems reikalavimams įgyvendinti reikalinga tiksli informacija apie užsakovų poreikius, gaunama tinkamu laiku ir tinkamai suprantama.

Galima sukurti projektavimo sistemą, orientuotą į rinką, kuri rinktų informaciją ir padėtų užsakovams tiksliau apibrėžti savo norus ir tai, ko jie tikisi iš gaminio. Tokia sistema apdoroja gaunamą iš vartotojų informaciją, kad ją būtų galima lengvai išrinkti ir pataisyti ir saugoti duomenų bazių sistemoje. Nustačius užsakovo reikmes ir paskirstant jas sisteminiu formatu, žinios apie vartotojo poreikius gali būti paverstos į projekto specifikacijas. Vartotojų reikmės turėtų būti sistemintos ir paskirstomos taip, kad būtų rasti panašumai bei skirtumai ir žinias galima būtų paskirstyti į grupes ir padalinti lygiais – pirmame lygyje būtų dažniausiai išreiškiami norai, o sekančiuose lygiuose detalesnis pageidavimų apibūdinimas. Tikslus vartotojo reikalavimų

nustatymas yra svarbi informacija projektavimui ir yra produkto modelio dalis. Projektavimo sistema, orientuota į rinkos poreikius, pavaizduota 1.5 paveiksle [14].

Tikslūs, išdėstyti pagal svarbą užsakovo poreikiai yra svarbi informacija gaminio konstravimo procese, todėl ši informacija turi būti prieinama visiems konstruktoriams ir gamybininkams, susijusiems su gaminio kūrimu.



1.5 pav. Projektavimo sistemos, orientuotos į rinką, funkcionalumas

Vartotojų reikalavimai gali būti suskirstomi į grupes ir paskirstomi į skirtingus lygius: aukščiausias lygis skirtas pagrindinėms ir bendriausioms reikmėms, antras ir trečias lygiai skirti detalesnei informacijai apie reikiamą gaminį ir jo savybes. Taip pat vartotojų norus galima skirstyti ir grupuoti pagal jų įtaką, pagal svarbą žiūrint iš vartotojo pozicijų.

Kai vartotojo pageidavimai nustatomi, galima pradėti projektavimą ir reikia nustatyti projekto charakteristikas, kurios patenkina užsakovo poreikius. Taip pat svarbu žinoti, kaip individualios gaminio charakteristikos atitiks konkrečius gaminiui keliamus reikalavimus, ir ši informacija turi būti saugoma kaip dalis informacijos, skirtos gaminio modelio kūrimui. Turi būti nustatyta informacija apie planuojamą konstrukcijos charakteristikų vertę, ją būtina nurodyti specifikacijoje ir pridėti prie gaminio modelio. Taip pat nurodoma ir įvertinama informacija apie konkurentų gaminius, ir kaip jie atitinka vartotojo norus.

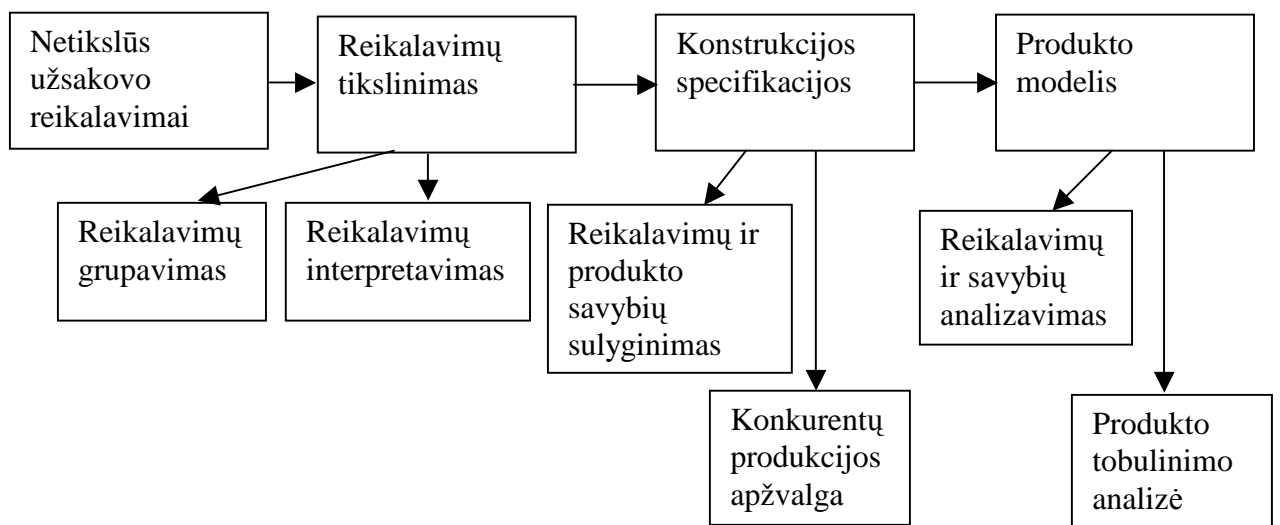
Gamybos sistemos, kai vartotojai padeda įmonei projektuoti naujus gaminius, tikslai yra suprasti klientų poreikius, jų norus ir stengtis kuo geriau ir greičiau juos įgyvendinti. Galima išskirti tokias užsakovų įtraukimo į kompanijos darbą kategorijas [12]:

- Projektuoti kam (design for). Nustato produkto kūrimo būdą, kuris atitiktų kliento reikalavimus. Projektavimo duomenų bazė – tai duomenys apie užsakovus, jų pageidavimus, užsakovų elgesio modelius, specifinės klientų elgesio studijos.
- Projektuoti su kuo (design with). Nustato produkto kūrimo būdą pagal kliento reikalavimus, taip pat parodo skirtingus sprendimus ir koncepcijas, tuo būdu užsakovas gali reaguoti į skirtingus siūlomus konstravimo metodus.
- Projektuoti greta (design by). Šioje kategorijoje užsakovai yra įtraukiami ir tiesiogiai dalyvauja projektavimo procese.

Naujas gaminy s gali būti kuriamas naudojantis jau esančiais projektais, kuriuos turi įmonė, įtraukiant specifinius užsakovo reikalavimus. Užsakovo pageidavimai išreiškiami kaip eilė funkcinų reikalavimų, kurie kontroliuoja tolesnius konstravimo darbus. Šie funkciniai reikalavimai turi didelę įtaką nustatant ir suderinant reikalavimus naujam gaminiui, žvelgiant iš konstruktoriaus ir vartotojo pozicijų.

Atliekant tyrimus, išnagrinėti vienetinų gaminių, kurių pageidauja vartotojai, kūrimo palengvinimo ir pagreitinimo metodai. Konstruojant naują gaminį, vartotojas tiesiogiai dalyvauja kūrimo procese – jo pageidavimai fiksuojami ir jais remiantis projektuojamas reikiamas gaminy s.

Dažnai vartotojo reikalavimai yra netikslūs, pateikti ne techninėje, o kasdieninėje kalboje. Šie reikalavimai turi būti paversti specifikacijomis ir tikslia konstravimui bei gamybos procesui reikalinga informacija, kuri gali būti naudojama ir gerai suprantama konstruktoriams, gamybos inžinieriams ir kitiems gaminio gyvybingumo cikle dalyvaujantiems žmonėms. Šiam tikslui pasiūlėme schemą nuosekliam vartotojo reikalavimų tikslinimui (1.6 pav.).



1.6 pav. Vartotojo pageidavimų pavertimas produkto modeliu

Pirmiausia renkami pirminiai užsakovo reikalavimai, kurie nėra tiksliai apibrėžti ir kol kas negali būti naudojami gaminio konstravimui. Toliau šie reikalavimai tikslinami, aprašomi techniniais terminais, suprantamais konstruktoriui, ir grupuojami. Kai užsakovo reikalavimai yra sukonkretinti ir patikslinti, kuriamos konstrukcijos specifikacijos, sulyginami užsakovo reikalavimai ir gaminamo produkto savybės, taip pat apžvelgiami konkurentų gaminiai. Galiausiai kuriamas naujo gaminio modelis, analizuojant pageidavimus ir naujo gaminio savybes bei analizuojant gaminio tobulinimo galimybes.

1.4. Aprūpinimo gamybai reikalingomis medžiagomis bei detalėmis strategija

Kadangi daugelis Lietuvos gamintojų bent dalį galutiniam gaminiui reikalingų detalių bei medžiagų perka iš kitų tiekėjų, labai svarbu užtikrinti tinkamą bendradarbiavimą su tiekėjais, tuo pačiu užtikrinant, kad pagamintas bei surinktas gaminys atitiks vartotojo reikalavimus bei bus paklausus šiuolaikinėje rinkoje. Pagrindiniai kriterijai, pagal kuriuos vertinamas medžiagų bei detalių, reikalingų gamybai, tiekimas, yra:

1. Pristatymo laikas. Tai lako tarpas, tarp momento, kada vartotojas užsakė gaminį ir jo pristatymo. Naudojant JIT filosofiją stengiamasi sumažinti pristatymo laiką iki minimumo, užtikrinant ryšius su tiekėju ir vartotoju.
2. Pristatymo kompleksiskumas. Tai užsakymo dalis, kuri pristatoma vienu kartu. Kartais užsakymas pristatomas dalimis, kadangi tiekėjas neturi pakankamai resursų, galimybių arba transporto viskas reikiamas detales pristatyti laiku.
3. Pristatymo patikimumas. Tai yra gaminių pristatymas laiku. Šis kriterijus yra labai svarbus, kadangi pavėluotas pristatymas gaisins gamintoją, o per anksti pristatytas užsakymas turės būti sandėliuojamas.
4. Kokybė. Gaminys turi tiksliai atitikti specifikacijose išdėstytus reikalavimus. Tai ypač svarbu, kai detalė bus naudojama kompleksiniuose gaminiuose.
5. Kaina. Atsargų sandėliavimo bei pristatymo maršruto optimizavimas leidžia sumažinti kainą.
6. Lankstumas. Užsakymas turi būti pristatomas lanksčiai – tiekėjas turi turėti galimybę pristatyti didelius užsakymus vienu kartu, bei mažus užsakymus – ekonomiškai. Tai reikalauja transporto priemonių bei pristatymo grafiko lankstumo.
7. Pritaikymas individualiam vartotojui. Tai galimybė patikrinti detalių ar medžiagų keliavimo maršrutą ir sužinoti tikslų reikiamų produktų pristatymo laiką.

1.5. Saugos, patikimumo ir saugumo užtikrinimo standartai

Standartas apibrėžiamas kaip norma, pavyzdys, kokius kriterijus turi atitikti vienas ar kitas gaminys. Tai gali būti sutartas, nustatytas matas, pagrindas:

1. Standartizacijos dokumentas, nustatantis normas, taisykles ir reikalavimus produkcijai, metodams, sąvokoms, simboliams arba kitiems objektams.

2. Tipinis gaminys, atitinkantis tam tikras kokybės, cheminės sudėties, fizikinių savybių, mato, masės ir kitas sąlygas.

Standartas taip pat gali būti suprantamas kaip sutarimu parengtas (jeigu valstybinis – pripažintos standartizacijos institucijos priimtas) dokumentas, kuris nustato bendram ir daugkartiniam naudojimui tinkančias taisykles, bendruosius principus ar charakteristikas ir yra skirtas įvesti optimalią tvarką tam tikroje srityje.

Lietuvos įmonės dažniausiai naudoja Lietuvos standartizacijos departamento patvirtintus standartus.

Kiekvienas naujai kuriamas gaminys turi atitikti standartuose apibrėžtus reikalavimus. Prieš patekdamas į rinką, gaminys yra bandomas pagal standartuose aprašytą metodiką. Jei gaminys neatitinka standarte nurodytų reikalavimų, gamyba negali būti tęsiama, gaminio konstrukcija turi būti koreguojama.

1.6. Reikalavimų gaminio kokybės parametrams formulavimas

Gaminio kokybė yra esminis veiksnys, lemiantis sėkmę konkurencinėje kovoje dėl vietos rinkoje [19, 24]. Visos gamybos įmonės žino kokybės svarbą, tačiau ne visose kokybės užtikrinimo ir jos gerinimo programa veikia efektyviai. Daug kokybės užtikrinimo programų gamybos įmonėse nėra efektyvios, kadangi gamintojai tik apytiksliai vertina, kiek atliekų, neatitikimų ir broko pagaminta įmonėje per trumpą laikotarpį, tačiau tokių duomenų nepakanka, kad kokybė būtų užtikrinama kiekviename gaminio kūrimo žingsnyje [18].

Gaminio kokybė vertinama pagal tai, kaip gaminys atitinka specifikacijas, brėžinius ir techninius reikalavimus. Pagamintas gaminys turi atitikti projektą, būti tinkamas naudoti pagal paskirtį.

Gaminių kokybės užtikrinimo nauda [13, 11]:

- vartotojų pasitenkinimas, kuris sąlygoja vartotojų pasitikėjimą ir pakartotinius gaminių užsakymus;
- mažesnės gamybos sąnaudos ir aukštesnis produktyvumas;
- investicijų susigrąžinimas;
- galimybė nustatyti aukštesnę gaminio pardavimo kainą;

- mažesnis garantinio aptarnavimo poreikis.

Čia išvardintų sąlygų įvykdymas užtikrina pakankamą rinkos dalį bei didesnę pelną.

Šiuo metu pasaulyje vyrauja viena laikės inžinerijos metodologija. Tai reiškia, kad gaminys bei jo gamybos technologija projektuojami tuo pačiu metu, projektavimas ir gamyba vyksta vienu metu [2, 14]. Taip sutrumpėja laikas nuo gaminio projektavimo pradžios iki jo patekimo į rinką. Svarbu, kad sutrumpėjus laikui, nenukentėtų gaminio kokybė. Vienalaikės inžinerijos tikslas – siekti integracijos tarp gaminio konstravimo ir technologijos projektavimo, tuo pačiu užtikrinant mažiausias gaminio kokybės siekimo sąnaudas.

Norint pagaminti kokybišką gaminį šiandienos konkurencingai rinkai, defektų kiekis gaminiuose turi būti artimas nuliui [20]. Nekokybiškas gaminys nuostolingas visiems: ir vartotojui, kuris jį įsigijo ir negali tinkamai naudotis, ir gamintojui, kuris turi prastą gaminį koreguoti arba netgi perdaryti jį iš naujo [22, 23]. Nuostolingiausi yra gaminiai su defektais, kurie patenka vartotojui. Šiuo atveju įmonė turi ne tik pašalinti defektą, bet ir kompensuoti vartotojui patirtus nuostolius. Antroje vietoje pagal nuostolingumą yra gaminiai su defektais, kuriuos aptinka pats gamintojas. Apie paties gamintojo rastus defektus vartotojas nežino, todėl gamintojas nepraranda užsakovų. Mažiausiai nuostolių patiria įmonės, kuriose užtikrinama defektų prevencija ir visų kokybės sąnaudų įvertinimas [5].

Nustatant kokybiško gaminio apibrėžimą vienai ar kitai gaminio klasei, labai svarbu įvertinti vartotojo reikalavimus tos klasės gaminiams – ko jis tikisi iš gaminio, kokias savybes gaminys turi turėti [15, 25].

Pagrindinis ir paprasčiausias reikalavimas kokybiškam gaminiui yra, kad gaminys būtų be defektų. Tai taip pat būtina sąlyga, kad gaminys būtų paklausus. Gaminys, kuriame bus likusių defektų, neatitiks savo pagrindinės paskirties – atitikti funkcinius reikalavimus. Šis reikalavimas paprastai išreiškiamas dviem būdais: defektų procentu ir patikimumu. Norint pagaminti kokybišką gaminį kuo mažesne savikaina, didelis dėmesys turi būti skiriamas proceso optimizavimui, gerinant gamybą ir mažinant proceso nepastovumo priežastis [15].

Nauji gaminiai turi būti projektuojami visų pirma atsižvelgiant į vartotojo pageidavimus gaminio funkcijoms, techniniams parametrų, formai, patikimumui, pristatymo trukmei ir žinoma kokybei bei gamybos sąnaudoms. Kuo aukštesni vartotojo reikalavimai, tuo labiau išauga gaminio gamybos technologijos ir kokybės užtikrinimo sąnaudos. Kokybiškos produkcijos gamyba visų pirma pasižymi tuo, kad mažėja gamybos atliekų, produkcijos perdirbimų ir auga rinkos dalis, kurioje įmonė dalyvauja. Kad gauti kokybišką galutinį produktą, kokybė turi būti užtikrinama kiekviename gaminio gyvybingumo ciklo stadijoje.

2. GAMINIO KOKYBĖS VERTINIMAS IR KOKYBĖS SIEKIMO SĄNAUDŲ NUSTATYMO METODIKA

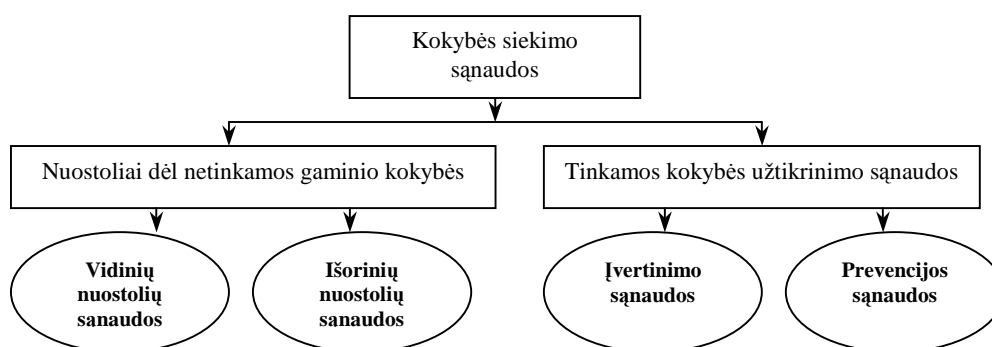
2.1. Kokybės sąnaudų grupės

Kokybės siekimo sąnaudos yra esminė kokybės gerinimo programos išraiška, nes jos apima kokybės programas ir veiklą, susijusią su kokybės gerinimu visiems suprantamu pavidalu – pinigine išraiška. [10]

Pastovaus gamybos tobulinimo pagrindinis tikslas yra pasiekti, kad gaminys atitiktų vartotojo reikalavimus ir būtų sukurtas mažiausiomis sąnaudomis, kurios gali būti sumažintos, kai gaminių nereikia perdirbti ir jie nebrotuojami.

Kokybės siekimo sąnaudos gali būti skirstomos į keturias pagrindines sąnaudų grupes [6, 24]. Kokybės siekimo sąnaudos apibrėžiamos kaip išlaidos, kurias patiria gamintojas, vartotojas ir visuomenė, susijusios su gaminio ar aptarnavimo kokybe. Jos gali būti apibrėžiamos kaip sąnaudos, atsirandančios užkertant kelią defektams atsirasti bei jas įvertinant, taip pat praradimai, susiję su vidinėmis ir išorinėmis nesėkmėmis. Taip pat kokybės sąnaudos apibrėžiamos kaip sąnaudos, užtikrinančios pakankamą gaminio kokybę, bei nuostoliai, atsirandantys, kai gaminio kokybė nėra patenkinama.

Sąnaudos kokybės prevencijai ir įvertinimui užtikrina aukštą gaminio kokybę (tai yra atitikimo sąnaudos), o vidiniai bei išoriniai nuostoliai įvertina gaminio kokybės netinkamumą (neatitikimo sąnaudos) (2.1 pav.) [6]:



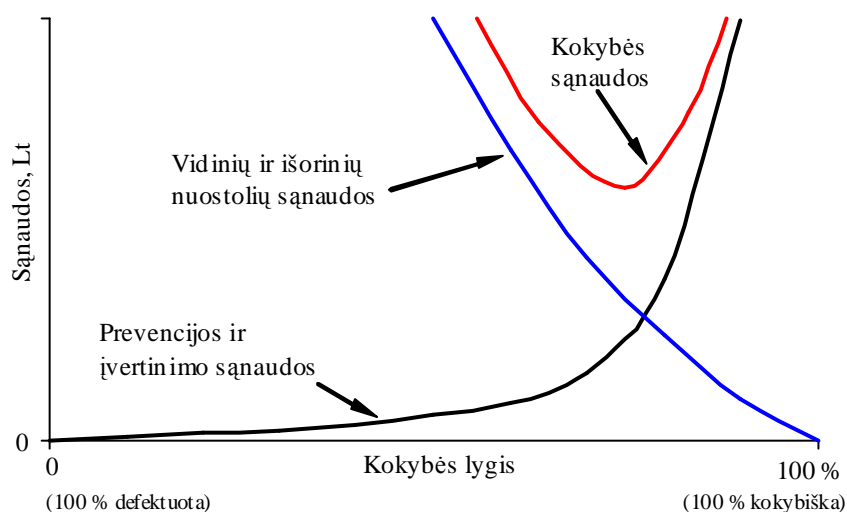
2.1 pav. Kokybės siekimo sąnaudų grupės

2.1 pav. išskirtos sąnaudų grupės reškia:

- Prevencija – tai investavimas į veiklą, susijusią su kokybės sąnaudų mažinimu.
- Įvertinimas – tai medžiagų ir gaminio komponentų tikrinimas, kokybės tikrinimas gamybos proceso metu bei pagaminus, gamybos kontrolė.

- Vidiniai nuostoliai – konstravimo klaidos, nekokybiški ruošiniai, įrengimų patikimumas bei galimybės, įrankių būklė ir patikimumas, darbininko klaidos.
- Išoriniai nuostoliai – užsakymo priėmimo netikslumai, neteisinga gaminio surinkimo instrukcija, gamybos nesėkmė, darbininko klaidos [15, 25].

Bendros kokybės sąnaudos apibrėžiamos prevencijos bei įvertinimo sąnaudų ir vidinių bei išorinių nuostolių suma [15]. Lundvall-Juran kokybės sąnaudų kitimo modelis įvertina kokybės sąnaudų kitimą augant gaminio kokybės lygiui. Matome, kad didėjant gaminio kokybės lygiui, mažėja nuostolių sąnaudos, o prevencijos ir įvertinimo sąnaudos auga. [9, 12]:



2.2 pav. Lundvall-Juran kokybės sąnaudų kitimo modelis [9]

Šiame modelyje matyti, kad gaminio kokybės prevencijos ir įvertinimo sąnaudos bus lygios nuliui, kai gaminio kokybės atitikimo lygis bus nulinis. Kitaip tariant, jei gaminyje visiškai neatitinka kokybės reikalavimų, reiškia jo kokybės prevencijai ir įvertinimui visiškai nebuvo skiriama lėšų.

Prevencijos sąnaudos - tai visų pirma vartotojų norų tyrimas ir įvertinimas, konkuruojančių įmonių veiklos analizė, tiekiamos produkcijos kokybės nustatymas, įrengimų testavimas, mokymai, inžinerinė analizė. Prevencija pašalina arba neleidžia atsirasti defektams gaminio kūrimo ir jo gamybos procese.

Prevencijos sąnaudos turi būti prioritetinės, kadangi žymiai pigiau kainuoja iš anksto užkirsti kelią defektams, negu koreguoti gaminį, kai defektai atsiranda.

Įvertinimo išlaidos skirtos nustatyti nekokybiškus gaminius prieš jiems pasiekiant vartotoją.

Vidinių nuostolių sąnaudos netiesiogiai paveikia vartotoją. Jos atsiranda dėl neteisingai suprastų vartotojo poreikių, dizaino pakeitimo, dėl pravaikštų, įrengimų gedimų, nekokybiškų medžiagų, perdirbimo.

Vidinių nuostolių sąnaudas sudaro [8, 21]:

- sugadintų gaminių kaina;

- perdirbimo kaina;
- atliekų kaina.

Sunkiausia yra nustatyti išorinių nuostolių sąnaudas, nes jos susiję su klientų ir rinkos dalies praradimu. Išorinių nuostolių sąnaudos apima prarastą vartotojo palankumą, gaminių gražinimą garantiniu laikotarpiu, laiko praradimą, gaminio pardavimo kainos mažėjimą [4].

2.2. Gaminių kokybės tyrimo metodika

Svarbiausia sąlyga išlikti konkurencingam yra gaminių kokybės užtikrinimas. Turi būti skiriama pakankamai lėšų kokybės prevencijai bei įvertinimui, kad kuo labiau sumažinti išorinius nuostolius dėl prastos kokybės.

Magistro darbe aprašyti dviračių, gaminamų Šiaulių dviračių gamybos įmonėje, kokybės tyrimo metodai, nustatytos dažniausiai pasitaikančios dviračių kokybės bei patikimumo neatitikimo priežastys.

Europos Sąjungos direktyvų ar konkrečių nacionalinių teisės aktų, kuriose būtų nustatyti saugos reikalavimai dviračiams, nėra, todėl atsižvelgiant į visos Europos poreikius ir siekiant, kad gaminami dviračiai būtų kuo saugesni, Europos standartizacijos komitetas 2005 m. patvirtino saugos standartus Kalnų dviračiams (balnelio aukštis iki 635 mm ar daugiau), Miesto ir turistiniams dviračiams (balnelio aukštis yra 635 mm ar daugiau) bei Vaikiškiems dviračiams (balnelio aukštis nuo 435 mm iki 635 mm). Standartuose nurodyti dviračių saugos ir eksploatacijos reikalavimai bei saugos bandymo metodai, atsižvelgiant į dizainą, montavimą ir dviračių bei atskirų jo dalių testavimą. Standartuose taip pat pateikiamos dviračių naudojimo ir priežiūros instrukcijų gairės.

Europos standartai perimti kaip Lietuvos standartai ir jiems suteiktas nacionalinio standarto statusas:

- LST EN 14765:2006+A1:2008 Vaikiški dviračiai. Saugos reikalavimai ir bandymo metodai [27];
- LST EN 14764:2006 Miesto ir turistiniai dviračiai. Saugos reikalavimai ir bandymo metodai [28];
- LST EN 14766:2006 Kalnų dviračiai. Saugos reikalavimai ir bandymo metodai [29].

Lietuvoje produktų saugos vertinimas atliekamas vadovaujantis Produktų saugos įstatymo nuostatomis. Šiame įstatyme nurodoma, kad tiekiamas į rinką produktas turi būti saugus, o kai nėra konkretaus produkto saugą reglamentuojančio teisės akto, pateikiami atitinkami savanoriški saugos vertinimo būdai. Vienas iš dviračių saugos vertinimo būdų - kai dviratis gamintojo arba jo atstovo savanoriškai išbandomas bandymų laboratorijoje pagal atitinkamo Europos standarto saugos reikalavimus, o dviračio rėmas ženklinamas, nurodant deklaruojamo standarto žymenį ir gamintojo

arba jo atstovo pavadinimą. Gamintojas arba jo atstovas, kad įrodytų dviračio saugą, gali savanoriškai pasirinkti ir kitus saugos vertinimo būdus, numatytus Europos Sąjungos bendros gaminių saugos direktyvoje 2001/95/EB, apie tai pateikdamas tinkamą informaciją vartotojui.

2.3. Dviračių stabdžių konstrukcijos bei stabdžių kokybės vertinimo metodika

Bandymais nustatyta, kad silpniausia dviračio grandis yra stabdžiai, todėl darbe nagrinėtos skirtingos stabdžių konstrukcijos, jų skirtumai bei įtaka dviračio kokybės užtikrinimui. Stabdžiai visoms transporto priemonėms yra privalomi. Nuo jų patikimumo, konstrukcijos ypatumų, naudojamų medžiagų, gamybos sąlygų priklauso eismo dalyvių saugumas, važiavimo komfortas, eismo priemonės savikaina ir t. t. Dviračiuose gali būti įrengti rankiniai priekinio ir užpakalinio rato stabdžiai. Stabdžių konstrukcijos, priklausomai nuo veikiamų elementų, gali būti ratlankinės, diskinės ir būgninės su rankine arba hidrauline pavara.

2.3.1. Ratlankinės stabdžių konstrukcijos

Ratlankinėse stabdžių konstrukcijose trinkelės veikia į rato ratlankius. Taip stabdomas ratas ir pats dviratis. Ratlankinės konstrukcijos yra pigios, lengvos, mechaniškai paprastos ir efektyvios, tačiau jų efektyvumas sumažėja, kai ratlankiai sušlampa. Šis sumažėjimas mažesnis aliumininiam ratlankiams, lyginant su plieniniais ir chromuotais. Šių stabdžių trinkelės užsiteršia įvairiais nešvarumais, ypačingai važinėjant gruntiniais keliais.

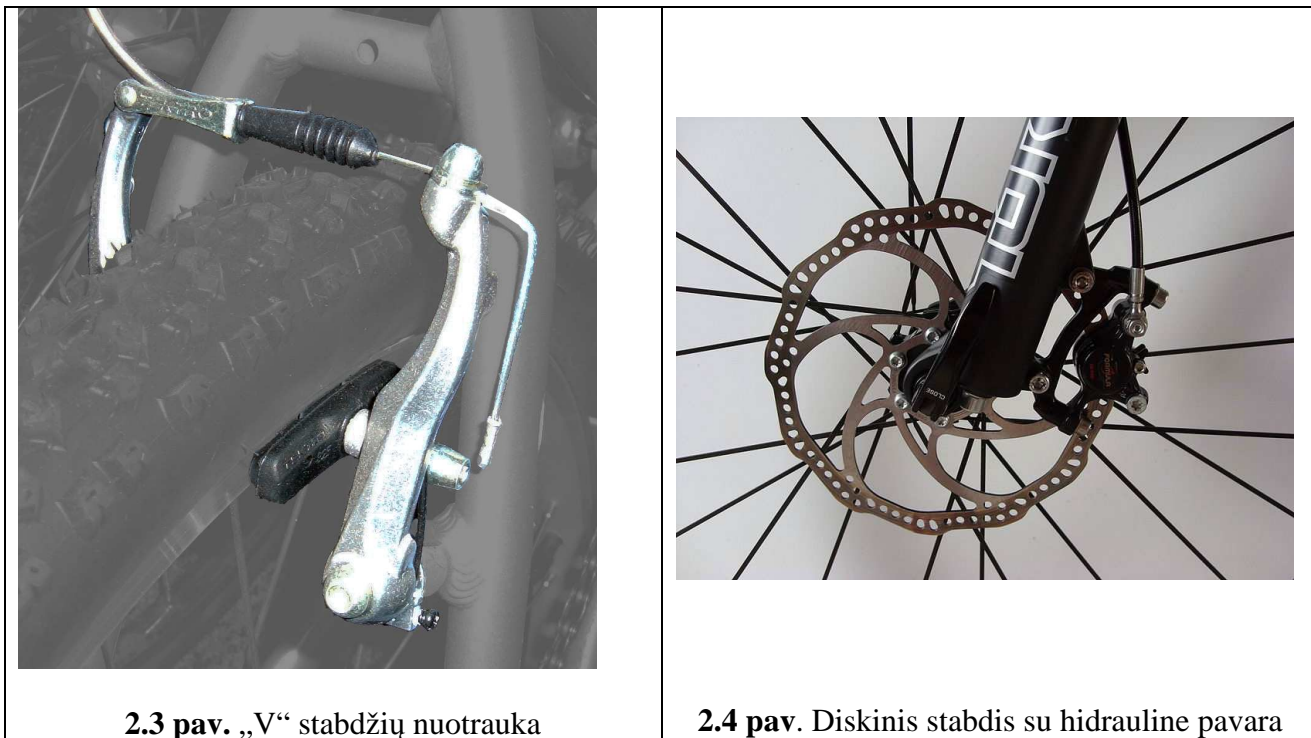
Ratlankines konstrukcijas reikia dažnai reguliuoti, nes trinkelės greitai dėvisi ir jas reikia dažnai keisti. Taip pat dėvisi ir ratlankiai. Juos ir trinkeles, priklausomai nuo važiavimo sąlygų (lietus, purvas), reikia keisti kas keletą tūkstančių kilometrų. Užsiteršę, netepti šarvuoti kabeliai pablogina stabdžių efektyvumą. Galimi ir kitokie kabelių pažeidimai dėl kurių jie gali strigti arba net nutrūkti. Ratlankių radialinis ir šoninis mušimai turi būti maži, nes kitaip trinkelės arba trinsis į ratlankį visą laiką stabdys ir kaitins ratą arba nepakankamai stabdys, stabdant. Ratlankiai gali įkaisti tiek, kad padidėjęs slėgis kameroje kartais jas susprogdina. Labai pavojinga, jei sprogstą priekinio rato padanga. Ši problema neaktuali diskiniams ir būgniniams stabdžiams.

Stabdžių trinkelių medžiaga gali būti minkštesnė – tuomet reikia mažesnės jėgos, veikiančios į svirtį, arba kietesnė – tuomet trinkelės mažiau dėvisi. Mažiau dėvisi ir platesnės trinkelės, nors stabdymo jėga nepadidėja.

Atskirais atvejais ratlankių stabdymo paviršiai padengiami specialia keramiskine medžiaga. Ji neleidžia perkaisti padangai, žymiai pagerina stabdymą tiek sausame tiek šlapiame kelyje, tačiau reikalingos specialios trinkelės.

Diskiniams ratams iš anglies pluošto naudojamos trinkelės iš kamščiamedžio žievės.

Stabdžių kokybė labai priklauso nuo komplektacijos kokybės. 2.3 pav. pateikta galinio rato „V“ stabdžių nuotrauka.



2.3.2. Diskinės stabdžių konstrukcijos

Šie stabdžiai turi metalinį diską prijungtą prie rato stebulės ir besisukančio su ratu. Svirtys tvirtinamos prie priekinės šakės arba rėmo ir veikdamos trinkelės suspaudžia minėtą diską. Taip stabdomas ratas. Stabdžių kaladėlės gali būti veikiamos mechaniškai per šarvuotus kabelius arba hidrauliškai arba abiejų šių būdų kombinacija. Diskiniai stabdžiai dažnai naudojami kalnų dviračiuose, tandemuose, tolimų kelionių (touring) dviračiuose. Priekinio diskinio stabdžio nuotrauka pateikta 2.4 pav. Diskinių stabdžių privalumai:

- Diskiniai stabdžiai geriau veikia lyjant, snigant ir purvynuose, nes diskas yra toliau nuo padangos.
- Stabdžių kaladėlės yra arti disko dėl ko ant disko susirenka mažiau vandens arba purvo.
- Disko stabdymo dalyje esančiose skylėse yra vietos vandeniui ir teršalams.
- Skirtingai nuo ratlankių, kur naudojami lengvieji lydiniai, diskai gaminami iš stipraus metalo dėl ko galima panaudoti didesnes jėgas.
- Skirtingai nuo ratlankinių stabdžių, diskinių stabdžių parametrai nepriklauso nuo padangos pločio.

- Geros konstrukcijose diskiniuose stabdžiuose reikia mažesnės jėgos veikiančios į stabdžio rankeną.
- Madingas dizainas.

Trūkumų šiuose stabdžiuose gana daug:

- Brangesni už ratlankinius stabdžius
- Dažnai sunkesni.
- Reikalinga kitokia rato stebulės, šakės ir rėmo konstrukcija.
- Lyginant su ratlankiniais stabdžiais labiau apkraunamas ratas, stipinai ir šakė arba rėmas. Dėl to pastarieji tampa sunkesni ir brangesni.
- Didesni reikalavimai rato šoniniam mušimui ir atsparumui.
- Dėl blogesnio šilumos nuvedimo diskas gali perkaisti ir suirti. Hidraulinės pavaros atveju stabdžiai dėl skysčio perkaitimo sugenda visiškai.
- Diskinių stabdžių konstrukcijos gali trukdyti daiktų krepšiams.

2.3.3. Būgninės stabdžių konstrukcijos

Būgniniai dviračių stabdžiai veikia panašiai kaip automobiliniai, nors juose dažniau naudojama mechaninė pavara nei hidraulinė. Dvi trinkelės yra spaudžiamos prie vidinio rato stebulės paviršiaus. Būgniniai stabdžiai yra uždengti dėl to jie yra atsparūs aplinkos poveikiui (drėgmei, purvui ir t.t.), praktiškai nereikia reguliuoti, tačiau jie sudėtingesni, sunkesni ir išvysto mažesnę stabdymo jėgą kaip ratlankiniai stabdžiai. Būgniniai koja stabdomi stabdžiai montuojami stebulėje kartu su aplenkimo mova. Šie stabdžiai gali perkaisti pastoviai stabdant kalnuotoje vietoje.

2.4. Stabdžių tikrinimo normos

Tikrinimo normas nustato įvairių šalių ir tarptautinių organizacijų standartai. Įvairių šalių standartų reikalavimai skiriasi metodika, normų griežtumu, bet visuose standartuose yra tikrinamas pagrindinių stabdžių detalių stiprumas, sujungimų stiprumas, stabdymo elementų ilgaamžiškumas ir stabdymo efektyvumas.

Stabdymo efektyvumas nustatomas bandant dviratį treke arba bandymo mašina. Bandymas treke geriau įvertina stabdžių sistemą, matuojamas stabdymo kelias, tačiau yra brangus, ilgas, reikalauja aukštos kvalifikacijos bandytojų. Bandymas mašina atliekamas greitai, daugelį operacijų atlieka mašina, tačiau išmatuojama stabdymo jėga, kuri vėliau gali būti perskaičiuota į pagreitį, stabdymo kelią arba laiką.

Pagrindiniai stabdymo grandinės elementai – stabdymo rankenėlė, svirtinio stabdžio konstrukcija, kurioje įtvirtintos stabdymo kaladėlės, suspaudžiančios ratlankį. Stabdymo kokybė labai priklauso nuo stabdžių kaladėlių, jų medžiagos bei suspaudimo jėgos. Stabdžių kaladėlės gaminamos iš elastomerų. Elastomeras spaudžiamas prie kieto paviršiaus (ratlankio) apkrova F_S . Elastomeras seka bazinio paviršiaus kontūrą, apdengdamas pagrindinius nelygumus. Elastomero ir kieto paviršiaus sąlyčio vietose veikia adhezinės ir histerezinės trinties dedamosios [17].

2.4.1. Adhezinė deformacinė jėga

Adhezija yra ryškus paviršiaus defektas. Elastomero struktūra susideda iš elastingų, šiluminiu būdu nuolat judančių grandžių. Kai vienas kito atžvilgiu slysta elastinga medžiaga ir kietojo kūno paviršius, atskiros paviršinio sluoksnio grandys stengiasi sukibti su kieto paviršiaus molekulėmis ir sudaryti vienetinius ryšius. Slystant šie ryšiais išsitempia, nutrūksta ir atsilaisvina, todėl, prieš susidarant naujiems ryšiams, elastomero molekulės atlieka molekulinį atstumų dydžio šuolius į naują pusiausvyros padėtį. Toks šuolinis judėjimo molekuliniam lygyje procesas sukelia adheziją. Adhezijos priežastis yra molekulinį ryšių susidarymas ir nutraukimas.

Adhezinis trinties koeficientas:

$$f_A = \frac{F_{adg}}{F_S}. \quad (2.1)$$

Praktikoje adhezinės trinties koeficientas yra maksimalus, esant kambario temperatūrai ir 0-0,03 m/s slydimo greičiui.

2.4.2. Histerezinė trinties dedamoji

Rimties būvyje elastomeras simetriškai apgaubia paviršiaus nelygumus. Elastomerų, slystančių šiurkščiu paviršiumi, trintis apibūdinama „banginiu“ efektu [17], nes elastingos medžiagos tamprumas leidžia jai priglusti prie nelygios atraminės plokštumos elementų. Histerezinę dedamąją galima nagrinėti kaip „inerciją“, kuri yra susijusi su gaubiančiąja elastomero dalimi ir įtraukiama tarp nelygumų tam tikru slydimo momentu. Ši inercija sukuria elastomero tūrio viduje uždelstą reakciją. Dėl to priekiniuose nelygumų šlaituose medžiaga susikaupia, o nuo užpakalinio šlaito kontūro atsiplėšia.

Histerezinės trinties koeficientas:

$$f_H = \frac{F_{hist}}{F_S}. \quad (2.2)$$

Histerezinė dedamoji praktiškai išnyksta, kai paviršiai yra labai lygūs.

2.5. Gaminio kokybės siekimo sąnaudų skaičiavimas

Gaminio kokybės siekimo sąnaudos Q_k aprašomos, kaip funkcija nuo visų gaminio gamybos sąnaudų H :

$$Q_k = f(H). \quad (2.3)$$

Gaminio kokybės siekimo sąnaudos priklauso nuo gaminio konstrukcijos sudėtingumo, gamybos technologijos, naudojamų įrengimų ir įrangos ir nuo proceso organizavimo tobulumo. Kuo paprastesnė gaminio konstrukcija, tuo gaminio kokybės sąnaudos bus mažesnės.

Gaminio kokybės siekimo sąnaudos paprastai skirstomos į keturias kategorijas: prevencija, įvertinimas, vidiniai nuostoliai ir išoriniai nuostoliai [17]. Kokybės prevencija tai yra – gaminio projekto peržiūra, darbuotojų kvalifikacijos kėlimas, tiekėjų įvertinimas, specifikacijų peržiūra, kokybės auditas, profilaktinė įrengimų priežiūra, inžineriniai pakeitimai, gaminio patikimumas ir pridėtinės išlaidos. Kokybės momentinis įvertinimas apima pardavimų priežiūrą, gaunamų komponentų patikrinimą, gaminio priimtinumą, procesų kontrolę, kontrolinius tikrinimus, kokybės tikrinimo darbą, testavimą, kokybės tikrinimo, įrengimų kainą. Vidiniai nuostoliai tai – prastovos, inžineriniai gaminių ir procesų pakeitimai, papildomi komponentai ir brokuotų gaminių sąnaudos organizacijos viduje. Išoriniai nuostoliai apima vartotojų skundus, gaminių atsisakymą, pakartotinį aptarnavimą, produkto patikimumą, prarastą rinkos dalį, pristatymo atidėjimą.

Gaminio kokybės siekimo sąnaudos gali būti išreikštos formule [7]:

$$Q_k = \sum_{i=1}^n (Q1)_i + \sum_{j=1}^m (Q2)_j + \sum_{k=1}^p (Q3)_k + \sum_{l=1}^r (Q4)_l ; \quad (2.4)$$

čia $Q1$ – kokybės prevencijos sąnaudos; $Q2$ – kokybės įvertinimo sąnaudos; $Q3$ – vidiniai nuostoliai; $Q4$ – išoriniai nuostoliai.

Kiekvieną gaminio kokybės siekimo sąnaudų kategoriją sudaro eilė parametru, kuriuos galime užrašyti kaip atskiras funkcijas.

Kokybės prevencijos sąnaudos:

$$Q1 = f(x_1; x_2; x_3; x_4); \quad (2.5)$$

čia x_1 – užsakymo patikrinimo kokybei ir gamybos procesui kaina, Lt; x_2 – kokybės audito kaina, Lt; x_3 – prevencinės priežiūros kaina, Lt; x_4 – darbuotojų kvalifikacijos kėlimo kaina, Lt.

$$x_3 = r_1 \cdot H ; \quad (2.6)$$

čia r_1 – korekcijos koeficientas, įrenginio operatoriui įvertinant prieš tai buvusias operacijas ir detalės kokybę po atliktos operacijos.

Koeficientas r_1 priklauso nuo operacijos, detalės tipo ir nuo tipinių konstrukcinių elementų tipo ir kiekio bei jų kokybinių-kiekybinių parametrų.

Užsakymo patikrinimo kokybei ir gamybos procesui sąnaudos x_1 , kokybės auditas x_2 ir darbuotojų kvalifikacijos kėlimo sąnaudos x_4 įvertinamos korekcijos koeficientu r_2 pagal visas gamybos sąnaudas H . Koeficiento r_2 reikšmė imama $r_2=0,001 \div 0,005$.

Kokybės įvertinimo sąnaudos:

$$Q2=f(y_1;y_2;y_3;y_4;y_5); \quad (2.7)$$

čia y_1 – gautos patikros sąnaudos; y_2 – gaminio priėmimo sąnaudos; y_3 – patikros darbo sąnaudos; y_4 – proceso kontrolės sąnaudos; y_5 – kokybės kontrolės įrangos sąnaudos.

Gautos patikros sąnaudos y_1 , gaminio priėmimo sąnaudos y_2 , patikros darbo sąnaudos y_3 bei kokybės kontrolės įrangos sąnaudos y_5 nustatomos pagal statistinius duomenis, įvedant korekcijos koeficientą r_3 visoms gamybos sąnaudoms H . Koeficiento r_3 reikšmė yra 0,007-0,015

Vidiniai kokybės nuostoliai $Q3$:

$$Q3=f(z_1;z_2;z_3); \quad (2.8)$$

čia z_1 – prastovų nuostoliai; z_2 – pakartotinos patikros sąnaudos; z_3 – atliekų, atsiradusių dėl defektų, kaina, Lt.

Vidinių kokybės nuostolių sąnaudos auga, kai yra mažos prevencijos sąnaudos. Svarbiausia vidinių kokybės nuostolių sudedamoji dalis yra atliekų, atsiradusių dėl defektų, kaina z_3 . Ji gali būti išreikšta:

$$z_3 = r_4 \cdot BI ; \quad (2.9)$$

čia r_4 – sąlyginis koeficientas, įvertinantis atliekas, $r_4=0,03-0,05$; BI – medžiagos suvartojimo sąnaudos, Lt (per metus, ketvirtį, mėnesį).

Prastovos sąnaudos z_1 ir pakartotinos patikros sąnaudos z_2 nustatomos korekcijos koeficientu r_5 nuo visų gamybos sąnaudų H , $r_5=0,01-0,015$.

Išorinių nuostolių sąnaudos $Q4$:

$$Q4=f(v_1;v_2;v_3); \quad (2.10)$$

čia v_1 – vartotojų skundų kaina, Lt; v_2 – pristatymo atidėliojimo kaina, Lt; v_3 – kitų išorinių nepasisekimų nuostoliai, Lt.

Išorinius nuostolius galima sumažinti, daugiau dėmesio skiriant kokybės prevencijai ($Q1$) ir įvertinimui ($Q2$). Svarbiausia išorinių nuostolių sudedamoji dalis yra vartotojų skundai (v_1). Kiekvieno gamintojo tikslas yra stengtis, kad šios išlaidos būtų kuo mažesnės ir neviršytų 0,02 visų gaminio gamybos sąnaudų H .

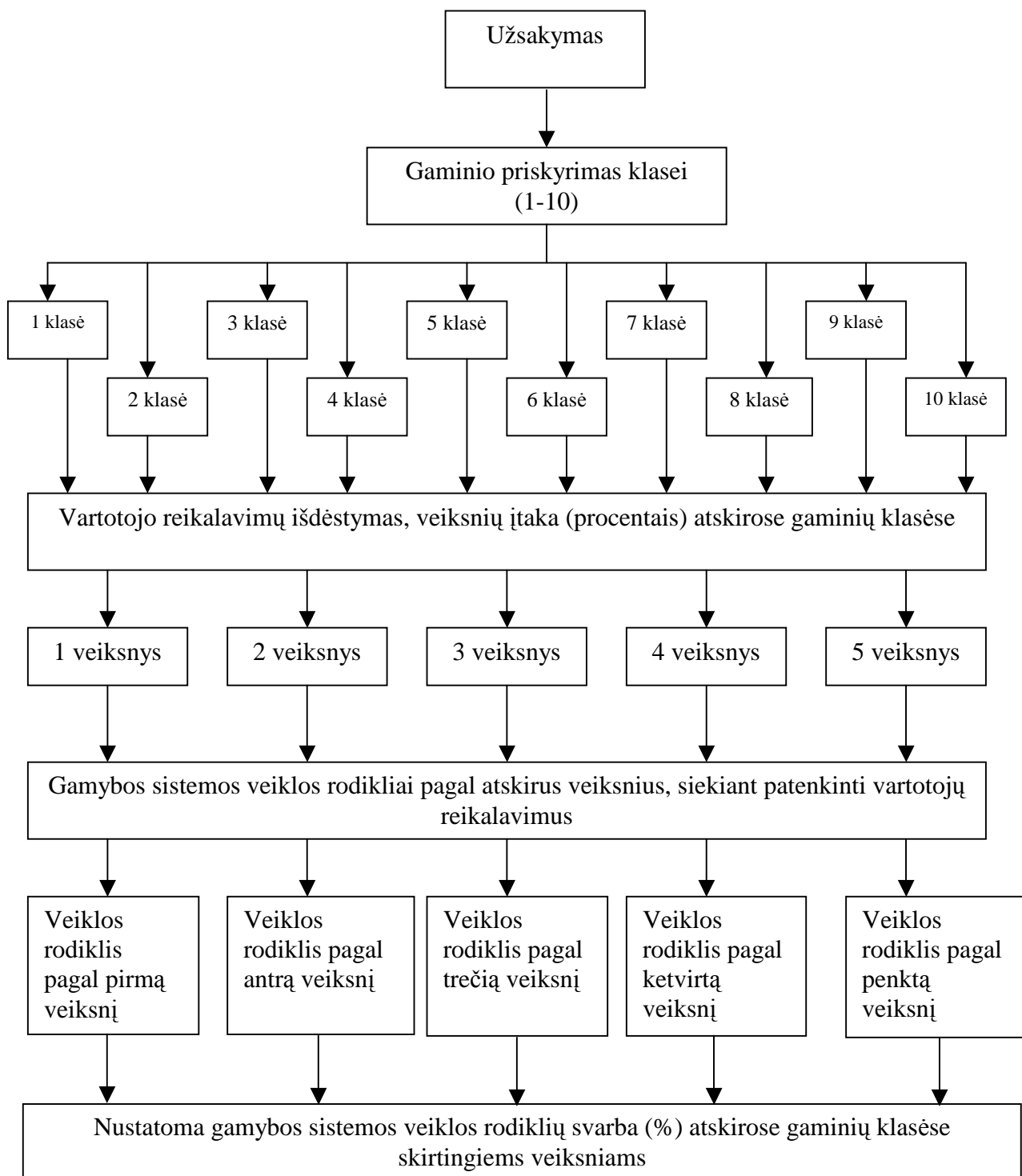
Strateginė kokybės gerinimo kryptis yra kokybės išlaidų optimizavimas – siekiama, kad būtų užtikrintos gaminio projekte numatytos geros kokybės charakteristikos. Kokybės užtikrinimas apima visas gaminio stadijas – nuo jo projektavimo ir gamybos iki eksploatacijos, techninės priežiūros ir remonto darbų.

Efektyvaus kokybės sąnaudų modelio diegimas leistų daugeliui gamintojų sumažinti atliekų ir perdirbimų kiekį, tuo pačiu mažinant nuostolius dėl prastos gaminio kokybės.

3. EKSPERIMENTINIS TYRIMAS

3.1. Gaminių, gaminamų Lietuvos gamybos įmonėse, klasifikavimas

Kuriamas modelis, pagal kurį išdėstomi vartotojo reikalavimai, nustatoma atskirų veiksnų įtaka ir gamybos sistemos veiklos rodiklių svarba atskirose gaminių klasėse (3.1 pav.) [7].



3.1 pav. Vartotojų reikalavimų skirstymo modelis

Konstravimo siekiant idealumo (angliškai *design for excellence* DFX) metodologija, naudojama siekiant pagerinti gamybos situaciją be papildomų investicijų, yra žymiai efektyvesnė, kai taikoma ne visiems įmanomiems gaminiams, bet atskiroms gaminių klasėms. Šiuo atveju produkto koncepcijos stadijoje naudojami bendri metodai, rekomendacijos bei praktika, o gilesnės konstravimo, siekiant idealumo ypatybių, žinios apibrėžiamos konkrečiai gaminių klasei ir atitinkamam procesui. Kuriant efektyviai ir tiksliai veikiančią modelį proceso kokybei siekti, atlikome mechaninių ir elektromechaninių gaminių, gaminamų Lietuvoje, klasifikavimą [1]. Jis pateiktas 3.1 lentelėje.

3.1 lentelė. Gaminių klasifikavimas

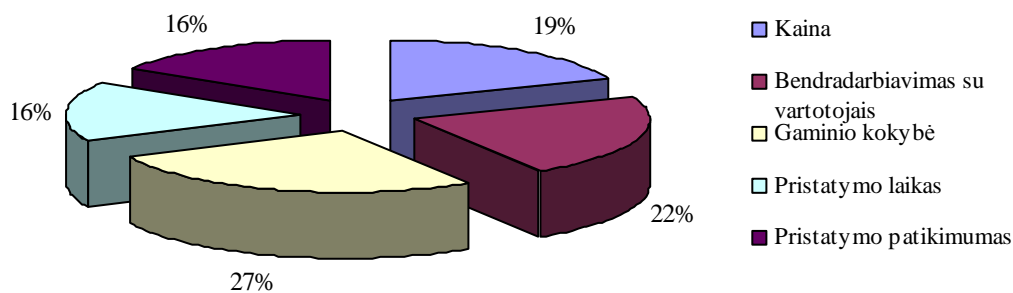
Gaminio klasė	Gaminio tipas
1	CNC staklės ir jų komponentai
2	Preciziniai įrenginiai
3	Dviračiai
4	Šaldytuvai
5	Žemės ūkio technika
6	TV komponentai
7	Vėdinimo ir šildymo įrenginiai
8	Liejiniai ir štapai
9	Lakštinio metalo gaminių konstravimas ir gamyba
10	Vientiso metalo ir plastiko detalių gamyba

Užsakovo pageidaujamas gaminys priskiriamas vienai kuriai nors klasei. Nustačius, kuriai klasei reikalingas gaminys priklauso, gali būti įvertinama atskirų veiksnių (3.2 lentelė) įtaka toje gaminių klasėje.

3.2 lentelė. Pagrindiniai vartotojų reikalavimai (veiksniai)

Eilės numeris	Vartotojo reikalavimas
1	Kaina
2	Ryšiai su užsakovais
3	Gaminio kokybė
4	Pristatymo greitis
5	Pristatymo patikimumas

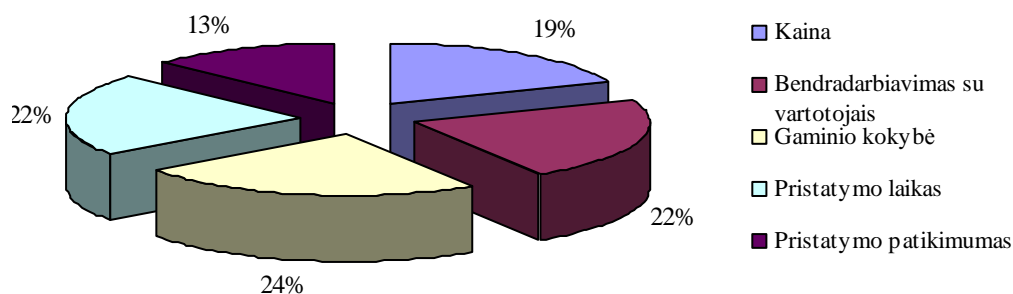
Nustatant atskirų veiksnių svarbą, naudojami duomenys iš įmonių, gaminančių tos klasės gaminius. Pagal duomenis, apklausos būdu gautus iš įmonių, braižome grafiką, kuriame matyti, kad Lietuvos įmonėse svarbiausiais įvardijami veiksniai yra gaminio kokybė, ryšiai su užsakovais ir gaminio kaina (3.2 pav.).



3.2 pav. Vartotojų reikalavimų pasiskirstymas Lietuvos įmonėse

Pagal atliktus tyrimus matyti, kad pats svarbiausias veiksnys, kuris padeda vartotojui apsispręsti, kurią gaminių pasirinkti, yra gaminio kokybė. Tai reiškia, vartotojas sutiks mokėti brangiau už gaminių, kurio kokybė atitiks jo reikalavimus.

Detalesniems tyrimams pasirinkome dviračius bei jų detales (3 klasės gaminius).



3.3 pav. Vartotojų reikalavimų pasiskirstymas dviračių bei jų detalių gamybos įmonėse

3.3 pav. matyti, kad svarbiausias kriterijus, kurį vertina vartotojas, pirkdamas dviračius bei jų detales, yra gaminio kokybė. Taip pat labai svarbus yra bendradarbiavimas su vartotojais bei pristatymo laikas.

3.2. Dviračių gamybos įmonėje taikomi kokybės užtikrinimo metodai

Įmonėje „Baltik vairas“ vidinei gaminių kokybės kontrolei yra skiriamas gana didelis dėmesys. Atlikus paskutinių keturių metų kokybės užtikrinimui skiriamų lėšų analizę matyti, kad didėja kokybės prevencijai ir įvertinimui skiriamos lėšos ir mažėja išoriniai kokybės nuostoliai (3.3 lentelė). Kokybės užtikrinimo sąnaudos bei nuostoliai dėl netinkamos kokybės vertinami procentiškai nuo visų įmonės gamybos sąnaudų.

3.3 lentelė. Kokybės užtikrinimo sąnaudų bei nuostolių dėl netinkamos kokybės pasiskirstymas

Metai	2006	2007	2008	2009
Kokybės užtikrinimo sąnaudos	0,5%	0,9%	1,0%	0,8%
Nuostolių dėl netinkamos kokybės sąnaudos	0,4%	0,2%	0,2%	0,1%

3.3 lentelėje pateikti duomenys rodo, kad per paskutinius ketverius metus įmonėje skiriama daugiau lėšų kokybės prevencijai (t.y. kokybės kontrolė, detalių, atskirų mazgų bei viso gaminio bandymai). Tuo pačiu smarkiai sumažėjo nuostoliai dėl netinkamos kokybės.

Matome, kad užtikrinant kokybę įmonės viduje, atliekant bandymus prieš surinktiems gaminiams patenkant pas vartotoją, žymiai sumažėja išoriniai nuostoliai (t.y. mažiau gaunama skundų dėl netinkamos kokybės, mažiau broko patenka pas vartotojus). Tuo pačiu smarkiai išauga pasitikėjimas įmone, vartotojai drąsiai perka gaminius, kadangi jų kokybė yra pakankamai aukšta ir atitinkanti reikalavimus. Esant per mažoms kokybės užtikrinimo sąnaudoms, netinkami gaminiai patenka pas vartotojus visame pasaulyje. Taigi, norint suteikti garantijas, neužtenka tik pakeisti sulūžusią ar netinkamą detalę nauja, bet ji turi būti pristatyta vartotojui, taigi prisideda transportavimo išlaidos.

3.3. Kokybės užtikrinimas įmonės viduje

Kadangi įmonė „Baltik vairs“ surenka galutinį gaminį, o visos reikiamos detalės yra perkamos iš atskirų gamintojų, kokybė užtikrinama priėmimo kontrole, kad brokuotos ar netinkamos detalės nepatektų į surinkimo procesą. Toliau atliekami dviračių detalių, jų atskirų mazgų bei surinkto dviračio bandymai, siekiant išsiaiškinti, ar visos gautos detalės yra kokybiškos, kurios detalės neatitinka standartuose nurodytų reikalavimų. Taip užtikrinama, kad surinktas gaminys bus maksimaliai kokybiškas bei netinkami gaminiai nepateks galutiniam vartotojui.

Visi kokybės kontrolės bandymai atliekami pagal standartuose numatytus reikalavimus. Naudojama LST EN 14765:2006+A1:2008, LST EN 14764:2006 ir LST EN 14766:2006 standartuose pateikta metodika.

Visi dviračių (3 klasės gaminių) bandymai atliekami Technologinių bandymų centre. Čia vykdomi kokybės, stiprumo ir tikslumo statiniai bei dinaminiai bandymai atskiroms gaminių detalėms, mazgams bei surinktiems gaminiams.

Dviračių bandymų stendų nuotraukos pateiktos *1 priede*.

3.4 lentelėje pateiktas dviračių dinaminių bei statinių bandymų, atliktų nuo 2008 04 01 iki 2009 12 01, sąrašas.

3.4 lentelė. Dviračių detalių bei mazgų bandymų sąrašas

Eilės Nr.	Bandymo pavadinimas	Bandymų skaičius	Neatitiko standarto ar kitos techninės dokumentacijos reikalavimų
1.	Dviračių dinaminiai bandymai	52	16
2.	Rėmų nuovargio bandymai	122	-
3.	Rėmo – šakės smūginiai bandymai	60	-
4.	Stabdžių bandymai	63	31
5.	Stabdžių atsparumo karščiui bandymai	4	-
6.	Pedalų dinaminiai bandymai	12	2
7.	Švaistiklių mazgo nuovargio bandymai	6	-
8.	Vairo iškyšų bandymai	5	-
9.	Vairo-iškyšos sukimo bandymai	22	1
10.	Vairų dinaminiai bandymai	47	1
11.	Vairo-iškyšos lenkimo bandymai	66	-
12.	Balnelio statinio stiprumo bandymai	5	-
13.	Balnelio nuovargio bandymai	4	1
14.	Balnelio laikiklio nuovargio bandymai	41	-
15.	Bagaziinių dinaminiai bandymai	28	8
16.	Priekinės šakės statiniai bandymai	43	-
17.	Priekinės šakės lenkimo nuovargio bandymai	22	2
18.	Priekinės šakės smūginiai bandymai	8	-
19.	Ratų sukimosi tikslumo nustatymas	3	-
20.	Ratų statinis bandymas	13	-
21.	Skambučių bandymai	9	-
22.	Vaikiško dviratuko stabdžių bandymai	5	1
23.	Pavalkėlių bandymai tempimui	20	-
24.	Nipelių bandymai	9	-
25.	Pompų bandymai	3	-
26.	Stipinų mechaniniai bandymai	8	-
	Viso:	642	

Pagal 3.4 lentelėje pateiktus duomenis matome, atlikus dviračių stabdžių bandymus, iš 63 gaminių 31 neatitiko reikalavimų. Stabdžiai yra silpniausia dviračio grandis, todėl nagrinėjome skirtingas stabdžių konstrukcijas, konstrukcijos įtaką stabdymo efektyvumui, stabdžių, o tuo pačiu ir viso dviračio kokybės užtikrinimui.

3.4. Dviračių stabdžių bandymai

Kiekviename dviratyje turi būti įrengti priekinio ir užpakalinio rato stabdžiai. Sugedus vieno rato stabdžiui, neturi būti jokios įtakos kito rato stabdymui.

Rankinis stabdis turi būti sumontuotas taip, kad pritvirtinimai tikrinimo metu patys nenukristų. Rankinio stabdžio rankena turi būti primontuota prie vairo taip, kad ja būtų galima naudotis įprastoje važiavimo padėtyje. Stabdžiai turi būti reguliuojami, kad būtų galima išlyginti nusidėvėjimą ir būtų pasiektas reikiamas stabdymas.

Stabdžių trinkelės turi būti taip pritvirtintos, kad judant dviračiui tiek į priekį, tiek į vidurį neiškristų. Tikrinimo metu jos negali pačios nukristi. Tikrinimo metu negali atsilaisvinti ar sulūžti

jokia stabdymo įrengimo detalė. Stabdžiai turi po tikrinimo funkcionuoti. Rankinio stabdžio rankenos turi būti pritvirtintos taip, kad tikrinimo metu atlaikytų sukimosi momentą nuo min 7N.

Atliekamas vizualinis ir funkcinis patikrinimas. Apkrovimas tikrinamas jau sumontuotam dviračiui. Rankinio stabdžio rankena apkraunama 300 N mažiausiai 15 sekundžių. Šita jėga paduodama 25 mm nuo stabdžio rankenos galo. Tikrinimas kartojamas dešimt kartų. Dviračio stabdžių bandymo nuotraukos pateiktos 2 priede.

Kojinis stabdis taip pat tikrinamas jau sumontuotam dviračiui. Naudojant kojinių stabdį, negali būti viršijamas 60° kampas tarp pavaros ir stabdžio prie pedalo, jeigu pedalo velenas kiekvienoje padėtyje apkraunamas su sukimosi momentu 14 N.

Tikrinimo metu negali atsilaisvinti arba sulūžti pavarų bei stabdžių sistemos dalys. Ant horizontaliai gulinčio kairiojo pedalo uždedama vertikaliai veikianti jėga nuo 1500 N kas antrą sekundę. Tikrinimas kartojamas 10 kartų.

Stabdžių tikrinimas atliekant matuojant stabdymo jėgą esant pastoviam važiavimo greičiui nuo 12,5 km/h. Tikrinimo metu turi būti pasiektos vertės pagal 3.5 lentelę.

3.5 lentelė. Stabdžių delsimo vertės

Stabdomas ratas	Sausa danga	Šlapia danga
Priekinis ratas	$a > 3,4 \text{ m/s}^2$	$a > 2,2 \text{ m/s}^2$
Užpakalinis ratas	$a > 2,2 \text{ m/s}^2$	$a > 1,4 \text{ m/s}^2$

Stabdžių uždelsimas skaičiuojamas pagal tokią lygybę:

$$a = F_{Br} / m; \quad (3.1)$$

čia a – stabdžių delsimo vertė, m/s^2 ;

F_{Br} – stabdymo jėga, N;

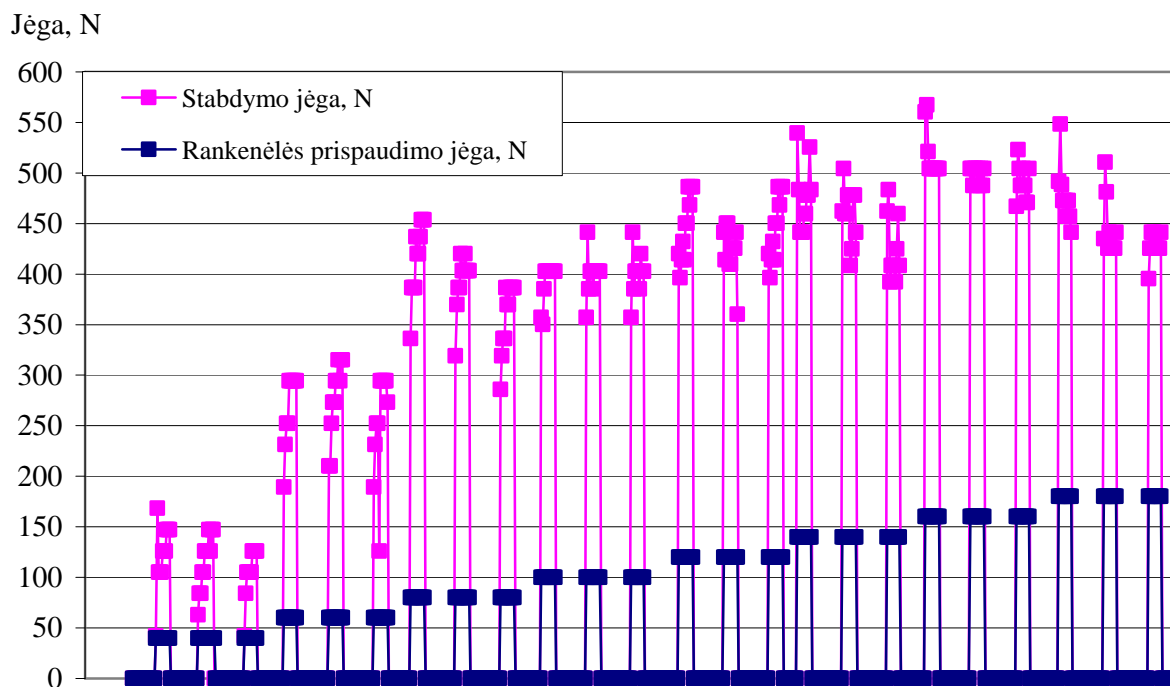
m – masė, kg.

Suaugusių dviračiams naudojama 100 kg masė, o vaikiškiems dviračiams – 60 kg masė.

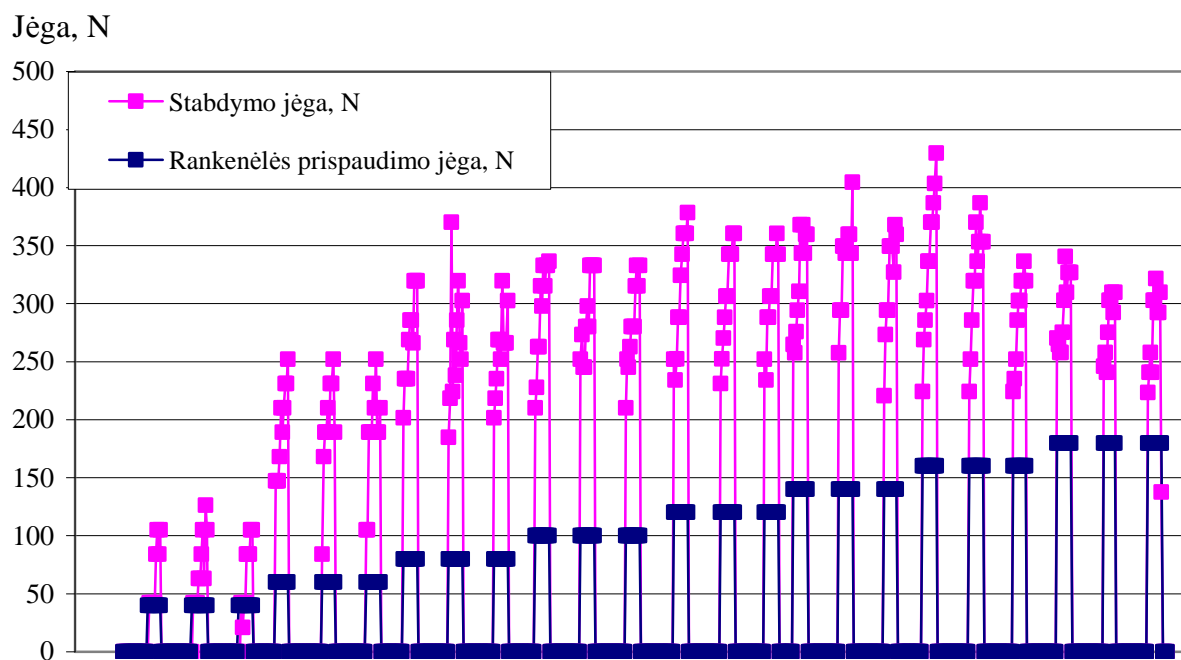
Sausas stabdžių tikrinimas atliekamas pastovaus greičio metu (12,5 km/h). Rankinio stabdymo metu reikia paduoti 180 N jėgą. Stabdžių tikrinimui paduodama darbo jėga tokiais žingsniais:

- rankiniam stabdžiui kas 30 N – žingsnių nuo 60 N iki 180 N;
- kojiniam stabdžiui kas 50 N – žingsnių nuo 100 N iki 350 N.

Darbo jėga toliau nedidinama, jeigu ratas užsiblokuoja arba prasisuka. Atliekami mažiausiai trys matavimai. Laiko intervale nuo 0,5 s. iki 2,5 s po stabdymo pradžios nustatoma stabdymo jėga F_{Br} arba stabdymo uždelsimo vidutinė vertė. 3.4 pav. parodytas sauso stabdžių bandymo grafikas. Pagal bandymų duomenis skaičiuojamas stabdžių uždelsimas (3.1 formulė).



Šlapias stabdžių tikrinimas atliekamas taip pat kaip ir sausas, tik nuo 5 iki 10 sekundės prieš pradedant stabdymo procesą, pradedamas purškimas sukantis ratui (3.5 pav.). Tai vyksta pastoviai iki stabdymo proceso pabaigos. Purškimui naudojamas kambario temperatūros vanduo.



3.5. Dviračių stabdžių eksperimentinio tyrimo rezultatų analizė

Analizuodami nepakankamo stabdžių efektyvumo priežastis, nagrinėjome atskirų stabdymo grandinės elementų įtaką. Pagrindiniai stabdymo grandinės elementai – stabdymo rankenėlė, kurią veikia žmogaus rankos jėga. Ši jėga per stabdžių trosą perduodama svirtinio stabdžio konstrukcijai, kurioje įtvirtintos stabdymo kaladėlės, suspaudžiančios ratlankį.

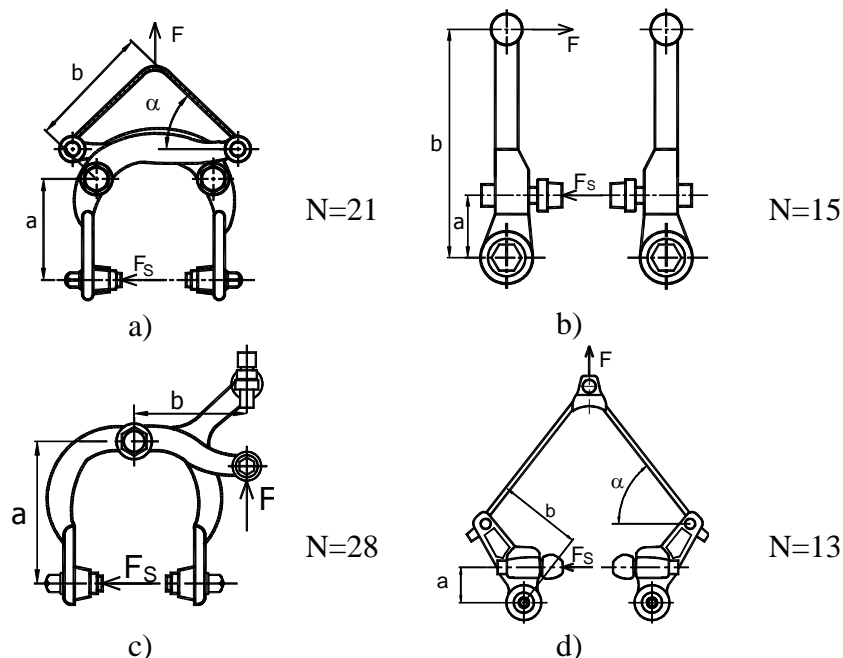
Stabdymo rankenėles yra standartizuotos. Atliekant bandymus, ši rankenėlė visais atvejais yra veikiamą 60-180 N jėga, todėl negali turėti įtakos skirtingiems bandymų rezultatams.

Stabdžių trosų tikrinimas atliekamas apkraunant jį 50 N jėga ir nustatant trosų ilgį l_1 . Po to apkrovimas didinamas mažiausiai iki 1600 N ir nustatomas ilgis l_2 . Paskaičiuojamas trosų išsitempimas D :

$$D = \frac{l_2 - l_1}{l_1} \cdot 100\%; \quad (3.2)$$

Tikrinimo metu trosas gali išsitempti daugiausiai 1,2 %, todėl veikiant darbinei, iki 180 N apkrovai, jo deformacijos galima nevertinti.

Svirtinių stabdžių konstrukcijos turi labai daug variantų. Dažniausiai sutinkamos pateiktos 3.6 pav.



3.6 pav. Svirtinių stabdžių konstrukcijos

3.6 pav. pažymėta: F – jėga nuo stabdžio rankenos; F_s – normalinė jėga į ratą; N – detalių skaičius mechanizme.

Svarbiausi svirtinių stabdžių konstrukcijų kriterijai – stabdžių kaladėles veikiančios jėgos F_S ir troselio perduodamos jėgos F santykis, bei detalių skaičius mechanizme N .

Perdavimo santykis F_S/F turėtų būti maksimalus, detalių skaičius N pageidautinas kuo mažesnis.

Skaičiuojame perdavimo santykius $K=F_S/F$ atskiroms svirtinių stabdžių konstrukcijoms.

- a) $K=b/(2a*\sin(\alpha))=0,9\dots 1$;
- b) $K=b/a=3,0\dots 3,5$;
- c) $K=b/a=0,8\dots 1$;
- d) $K= b/(2a*\sin(\alpha))=1,15\dots 1,30$.

Matome, kad didžiausias perdavimo santykis ($K=3,0 - 3,5$) yra 3.6 pav. b) parodytoje stabdžių konstrukcijoje. Taip pat didelis perdavimo santykis ($K=1,15 - 1,3$) yra 3.6 pav. d) parodytoje stabdžių konstrukcijoje.

Konstrukcijos, pateiktos 3.6 pav. a) ir c) yra senesnės, sudėtingesnės ir mažesniu perdavimo santykiu. Dabar dažniausiai naudojamos konstrukcijos – b) ir c) yra paprastesnės ir efektyvesnės. Konstrukcija b) dar vadinama „V“ (V-Brake) pagal „Shimano“ firmos prekybinį ženklą.

Eksperimento rezultatai parodė, kad V-Brake tipo svirtinių stabdžių konstrukcijos sausojo stabdžių bandymo atveju visada užtikrina pakankamą stabdymo efektyvumą. Įvertinus tai, kad šio tipo stabdžių konstrukcija nėra sudėtinga ($N=15$), ją galima laikyti pagrindine, rekomenduotina, maksimaliai užtikrinančia stabdymo kokybę.

Stabdžių kaladėlių įtaka stabdymo kokybei yra labai didelė. Ypač ji išryškėja šlapio stabdymo atveju.

Išnagrinėjome trinties jėgos F_{tr} (N), susidaranti tarp stabdžių kaladėlių ir ratlankio, kilmę [17]:

$$F_{tr} = F_S \cdot f; \quad (3.3)$$

čia F_S – svirtinio stabdžio perduodama jėga, N; f – trinties koeficientas.

Žinoma, kad svirtinio stabdžio išvystoma jėga F_S priklauso nuo stabdžių rankenėle veikiančios jėgos ir svirčių perdavimo santykio K .

Trinties koeficientas – nedimensinis dydis, kurio reikšmė priklauso nuo besitrinančių medžiagų savybių bei tarpusavio judėjimo greičio. Dviračių stabdžių atveju kontaktuoja kietas paviršius – aliuminis arba plieninis ratlankis ir kaučiuko arba kitos polimerinės medžiagos pagrindu sukurta elastinga medžiaga – elastomeras.

Nagrinėjome kieto paviršiaus ir elastomero sąlyčio sąlygas [26]. Elastomeras (stabdžių kaladėlė) prispaustas prie kieto paviršiaus (ratlankio) apkrova F_S . elastomeras paprastai seka bazinio paviršiaus kontūrą, apdengdamas pagrindinius nelygumus. Šios medžiagos lietimosi su paviršiumi

srityse susidaro tampriosios deformacijos, kurių dydis priklauso nuo vidutinio įtempio σ (MN/m²), kuris nustatomas:

$$\sigma = \frac{F_s}{A}; \quad (3.4)$$

čia A visas tikrasis sąlyčio plotas, m².

Slystant kaladėlėms ratlankiu pastoviu greičiu v , trinties jėga susidės iš adhezinės F_{adg} ir deformacinės F_{def} dedamųjų. Adhezinės jėgos yra paviršių molekulių tarpusavio sąveikos jėga.

Deformacinė dedamoji atsiranda dėl uždelsto elastomero atstatymo, nes paviršiaus nelygumai įsispaudžia į elastomerą. Šiuo atveju deformacinė dedamoji virsta vadinamąja histerezine trinties dedamąja F_{hist} .

$$F_{def} = F_{hist}. \quad (3.5)$$

Visą trinties jėgą galima užrašyti taip:

$$F_{tr} = F_{adg} + F_{hist}. \quad (3.6)$$

Adhezinės ir histerezinės deformacinių dedamųjų atsiradimas parodytas 3 priede. Adhezija yra ryškus paviršiaus efektas, tuo tarpu histerezė yra tūrio reiškiny, priklausantis nuo tampriųjų ir tampriaplasčių elastomero savybių. Jei abi paskutinės lygties puses padalinsime iš prispaudimo jėgos F_s , gausime, kad:

$$f = f_A + f_H; \quad (3.7)$$

čia $f_A = \frac{F_{adh}}{F_s}$ – adhezinės trinties koeficientas;

$f_H = \frac{F_{hist}}{F_s}$ – histerezinės trinties koeficientas.

Abu šie koeficientai yra energijos nuostolių rezultatas. Ši energija pakelia temperatūrą abiejų kūnų lietimosi riboje ir giliau. Dydžiams f_A ir f_H turi įtaką eksperimento sąlygos. Histerezinė dedamoji žymiai sumažėja, kai ratlankis labai lygus, o stabdymo kaladėlė mažai elastinga. Adhezinę dedamąją žymiai sumažina vanduo, paduodamas į trinties zoną šlapio eksperimento metu. Šis faktas paaiškina, kodėl taip žymiai sumažėja stabdymo jėga šlapio bandymo atveju.

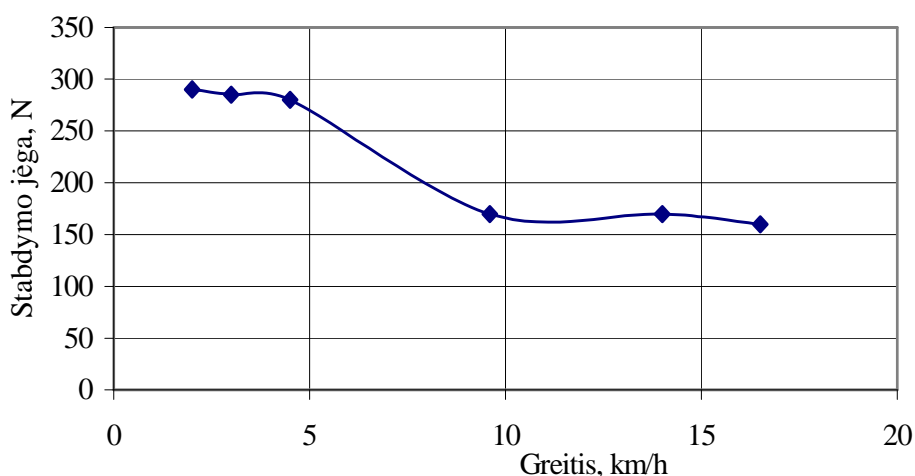
Pagrindinės priemonės, leidžiančios užtikrinti stabdžių efektyvumą:

1. Stabdžių kaladėlės turi būti gaminamos iš dviejų dalių, kurių kietumas skiriasi, tuo pačiu užtikrinamas pakankamas trinties koeficientas tiek sauso, tiek šlapio stabdymo atveju (pvz. Kool-Stop Europe bv-Bicycle Brake Pads kaladėlės Dual compound V-Brake sistemoms).
2. Stabdžių kaladėlių darbiniam paviršiuje suformuojami tiesūs bei V formos grioveliai, kurie pagerina vandens pašalinimą iš trinties zonos šlapio stabdymo atveju (analogiškai automobilio vasarinėms padangoms), tuo pačiu padidina adhezinę trinties jėgą dedamąją F_{adh} .

Stabdymo efektyvumas priklauso nuo stabdžių kaladėlių prispaudimo jėgos F_s , trinties tarp kaladėlių, ratlankio koeficiento f bei važiavimo greičio.

Tiriama stabdymo jėgos priklausomybė nuo važiavimo greičio. Dviračio greitis stabdymo pradžioje 25 km/h, stabdomo dviračio masė 100 kg, jėga, veikianti stabdžio rankenėlę 180 N.

3.7 pav. pateiktas grafikas, gautas tiriant stabdymo jėgos priklausomybę nuo važiavimo greičio. Matome, kad greičiui padidėjus nuo 5 iki 9,5 km/h, stabdymo jėga sumažėja iki 1,6 karto.



3.7 pav. Stabdymo jėgos priklausomybė nuo greičio

Atliekamas stabdžių ilgalaikio stabilumo tikrinimas. Šis tikrinimas atliekamas esant tikrinimo greičiui nuo 12,5 km/h. Stabdymo delsimas negali viršyti $2,2 \text{ m/s}^2$. Bandymo metu dviratis apkraunamas 100 kg mase.

Kadangi bandomi visi nauji gaminiai, tai yra vidiniai kokybės nuotoliai, kurie didina įmonės vidines kokybės užtikrinimo sąnaudas, tačiau nemažina užsakovų pasitikėjimo įmone, nes neatitinkantys reikalavimų gaminiai vartotojams nepakliūna.

3.5. Išoriniai kokybės nuostoliai

Išoriniai kokybės nuostoliai dažniausiai atsiranda dėl pirkėjų nusiskundimų. Kadangi įmonė „Baltik vairas“ daugiausia gaminių parduoda didmeninės prekybos užsakovams, tai nusiskundimai į įmonę patenka per didmenininkus, kurie savo ruožtu gauna nusiskundimus iš mažmeninių tinklų, į kuriuos kreipėsi vartotojai, nepatenkinti dėl gaminio kokybės.

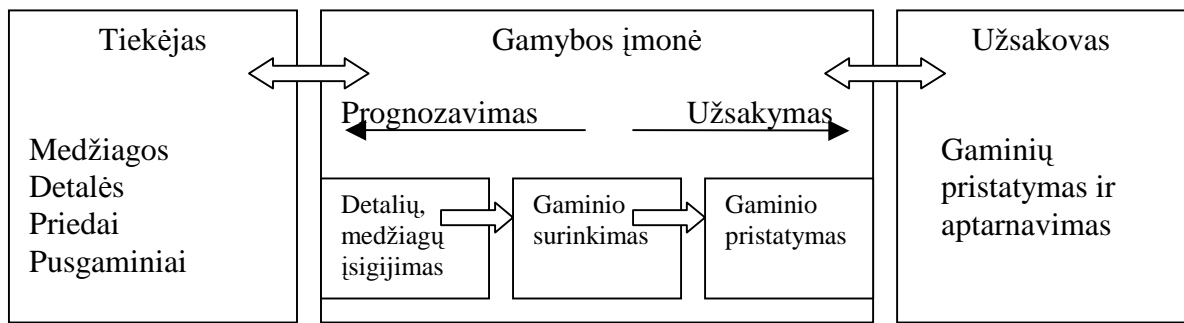
Dažniausiai pasitaiko nusiskundimai dėl atskirų dalių kokybės, stiprumo, atsparumo. Per pastaruosius kelis metus daugiausia nusiskundimų buvo gauta dėl bagažinių atsparumo, dėl stabdžių stiprumo (neužtikrinamas sukibimas su ratlankiu dėl netinkamų trinkelio arba jų sureguliuavimo), dėl spyruoklinių šakių, kurios neužtikrintai spyruokliuoja, dėl pavarų perjungimo, kuris išsiderina praėjus trumpam laikui nuo eksploatacijos pradžios. Taip pat gaunama nusiskundimų dėl dažymo kokybės.

Kadangi įmonė dažniausiai naudoja standartines detales, kurios užsakomos iš įvairių tiekėjų ir surenkamas galutinis gaminytis, kokybės nuostoliai atsiranda dėl perkamų detalių, dažų prastos kokybės.

Dėl detalių bei mazgų, kurie buvo bandyti Technologinių bandymų centre, taip pat atsiranda nusiskundimų tais atvejais, kai tos komplektuojamos dalies tiekėjas, kuris pats negamina, o tik perparduoda detalę, pakeičia reikiamos detalės gamintoją kitu neinformavęs įmonės apie pakeitimą. Taigi išoriškai taip pat atrodanti detalė ar mazgas gali neatitikti reikiamos kokybės (gali būti kita metalo sudėtis, danga, grūdinimas, naudojamo plieno sienelės storis mažesnis nei prieš tai detales tiekusio gamintojo gaminiuose). Įmonėje surinkti dviračiai, kurių atskiros dalys nėra tokios kokybiškos, kaip tikimasi, patenka pas vartotojus ir tik vartotojui eksploatuojant dviratį išryškėja prasta detalių kokybė. Taigi, išoriniai kokybės nuostoliai labai priklauso nuo įmonei tiekiamų standartinių detalių bei mazgų kokybės ir jas tiekiančių įmonių ir gamintojų patikimumo.

3.6. Gaminio kokybės užtikrinimas

Daugelis dviračių gamybai reikalingų detalių yra perkamos standartinės arba gaminamos pagal užsakymus kitose įmonėse. Taigi, norit užtikrinti dviračio kokybę, pristatymą laiku, tinkamą kainą bei kitus veiksnius, kurie yra svarbūs užsakovui, turi būti užtikrinamas gaudus ryšys tarp gamintojo ir užsakovo, bei gamintojo ir tiekėjo (3.8 pav.).



3.8 pav. Ryšiai tarp tiekėjo – gamintojo – vartotojo

Gamybos įmonė surenka ir vertina vartotojų reikalavimus, prognozuoja reikiamą kiekį medžiagų bei detalių, kurios bus užsakomos iš tiekėjų. Tiekėjų pasirinkimas turi didelę įtaką gaminio paklausai, kadangi nuo atskirų detalių bei medžiagų kokybės visiškai priklauso galutinio gaminio kokybė bei vartotojų reikmių užtikrinimas, tuo pačiu ir vietos rinkoje užsitikrinimas.

Ypač svarbu tiekėjo patikimumas, kad standartinės gaminio surinkimui reikalingos detalės būtų tiekiamos kokybiškos, tiekėjas nekeistų jų kitomis prieš tai neinformavęs įmonės, nes priešingu atveju nekokybiškos dalys gali būti surinktos į galutinį gaminį ir pateikti pas vartotoją.

Pasirenkant tiekėją, lemiamas veiksnys yra detalių kaina. Taip pat įvertinama rizika, kad perkant pigesnę detalę, žymiai daugiau pastangų teks skirti kokybės kontrolei (bandymams, priėmimo kontrolei, surinktų dviračių bandymams).

3.7. Gaminio kokybės siekimo sąnaudų prognozavimas

Turėdami gaminio gamybos sąnaudas, galime prognozuoti, kokios bus to gaminio kokybės siekimo sąnaudos – tai yra jų priklausomybę nuo visų gamybos sąnaudų.

Gaminio sąnaudos S gali būti prognozuojamos pagal tokią išraišką [7]:

$$S = \sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^k \sum_{e=1}^q M_i D_j P_e ; \quad (3.8)$$

čia M_i – medžiagų sąnaudos; D_j – darbo sąnaudos; P_e – pridėtinės išlaidos.

Mūsų tiriama gaminiai (dviračiai) priklauso trečiai gaminių klasei, pagal sudarytą Lietuvos gamybos įmonių gaminių klasifikavimą. Šios klasės gaminiams medžiagų sąnaudos sudaro 34-35% visų gaminio sąnaudų, darbo sąnaudos sudaro 26-25% visų gaminio sąnaudų ir pridėtinės išlaidos sudaro ~40 % visų gaminio sąnaudų. Sudarome sąnaudų pasiskirstymo dviračių gamybos įmonėje lentelę, priimdami vidutinę medžiagų sąnaudų reikšmę $M_i=150$ Lt, bei skaičiuodami kitas gaminio sąnaudų dalis – D_j ir P_e bei bendras mechaninio gaminio sąnaudas pagal M_i kitimo iteraciją.

3.6 lentelė. Sąnaudų pasiskirstymas dviračių gamyboje

Gaminio sudėtingumo klasė	Medžiagų sąnaudos, %	Darbo sąnaudos, Lt	Pridėtinės išlaidos, Lt	Gaminio sąnaudos S, Lt
3	34	114,70	176,47	441,17
3	35	107,14	171,43	428,57

Gaminio kokybės siekimo sąnaudos susideda iš kokybės prevencijos, kokybės įvertinimo sąnaudų bei vidinių ir išorinių nuostolių (2.3 formulė).

Prognozuojame, kokios bus kokybės siekimo sąnaudos, užtikrinant gaminių kokybės prevenciją – tikslinant konstrukcinius brėžinius, atliekant detalių bei surinkimo mazgų bandymus prieš surenkant gaminius, atliekant kokybės įvertinimą prieš gaminiui patenkant į rinką bei mažinant vidinius bei išorinius nuostolius.

Vertiname tik tuos parametrus, kurie turi didžiausią įtaką kokybės užtikrinimui dviračių gamybos įmonėje. Kadangi įmonėje dviračiai negaminami, o tik surenkami, tai didžiausią įtaką kokybės prevencijai turi užsakymo patikrinimo kokybei ir gamybos procesui sąnaudos x_1 , kokybės auditas x_2 ir darbuotojų kvalifikacijos kėlimo sąnaudos x_4 , kurios įvertinamos korekcijos koeficientu r_2 pagal visas gamybos sąnaudas H (2.4 formulė). Koeficiento r_2 reikšmė, įvertinant mūsų tyrimų duomenis bei gamybos tradicijas imama $r_2=0,001\div 0,003$.

Skaičiuojant kokybės įvertinimo sąnaudas, didžiausią įtaką turi gautos patikros sąnaudos y_1 , patikros darbo sąnaudos y_3 , kurios nustatomos pagal tyrimų metu gautus bei statistinius duomenis, įvedant korekcijos koeficientą r_3 visoms gamybos sąnaudoms H (2.7 formulė). Koeficiento r_3 reikšmė yra 0,007-0,009.

Taip pat vertiname išorinių nuostolių sąnaudas Q_4 (2.10 formulė), t.y. vartotojų skundų kainą v_1 .

Skaičiuojame prognozuojamas gaminio kokybės sąnaudas, kai prognozuojamos gaminio sąnaudos S yra 441,17 Lt bei 428,57 Lt (3.7 lentelė).

3.7 lentelė. Kokybės siekimo sąnaudų prognozavimo rezultatai

Q_1 , Lt	Q_2 , Lt	Q_4 , Lt	Q , Lt	Q , Lt procentinė dalis nuo S , Lt	Visos kokybiško gaminio sąnaudos, Lt
0,44	3,09	4,41	7,94	1,79	449,11
1,32	3,97	0,88	6,17	1,39	447,34
0,42	3,00	4,28	7,70	1,80	436,27
1,28	3,86	0,86	6,00	1,40	434,57

Pagal 3.6 lentelėje surašytus rezultatus matome, kad skiriant daugiau lėšų gaminio kokybės prevencijai (*Q1*) ir gaminio kokybės įvertinimui (*Q2*), mažiau sąnaudų tenka gaminio kokybės nuotoliams (*Q4*). Taip pat pagal 3.7 lentelės duomenis matome, kad skiriant daugiau lėšų kokybės užtikrinimui bei įvertinimui, mažėja sąnaudos reikiamos kokybės užtikrinimui, tuo pačiu mažėja bendros kokybiško gaminio sąnaudos.

3.8. Įmonės veiklos pokyčiai, kurie padėtų užtikrinti kokybės nuostolių mažinimą bei vartotojų reikalavimų įgyvendinimo lygį

Įmonė „Baltik vairas“ tiekia dviračius didmeninės prekybos įmonėms, kurios toliau parduoda gaminius mažmeninės prekybos įmonėms ir tik tada prekė pasiekia galutinį vartotoją. Kadangi tarp įmonės ir galutinio vartotojo nėra tiesioginio ryšio, sunku įvertinti specifinius užsakovo reikalavimus. Tiesiogiai bendraujant su užsakovais būtų galima geriau įvertinti, kurie gaminiai yra paklausesni ir tinkamesni vartotojui, ką galima patobulinti ar pakeisti, kad gaminys kuo labiau atitiktų pirkėjo, kuris juo naudosis, poreikius bei reikalavimus gaminio kokybei, reikalingoms papildomoms detalėms, gaminio estetinei išvaizdai ir kitoms savybėms.

Tiesioginio ryšio tarp gamintojo ir vartotojo nebuvimas taip pat įtakoja didesnes kokybės nuotolių sąnaudas, kadangi gaminys ne iškart pasiekia vartotoją. Praeina nemažas laiko tarpas, kol jis iš didmeninės prekybos patenka į mažmeninę ir būna nuperkamas vartotojo, todėl galimi kokybės neatitikimai yra pastebimi tik gaminį eksploatuojant, t.y. pradėjus nemažam laiko tarpui. Taigi, nekokybiški gaminiai gali būti dar kurį laiką tiekiami į rinką, kol bus pastebėti kokybės neatitikimai. Jei būtų tiesioginis ryšys su vartotoju, brokas ar netinkamos savybės būtų pastebimos žymiai greičiau, tuo pačiu sumažėtų tikimybė, kad daug netinkamos kokybės gaminių pateks į rinką.

Kokybės užtikrinimą apsunkina ir tai, kad visos detalės yra perkamos iš kitų įmonių. Kadangi įmonė pati negamina, o tik surenka galutinį gaminį, jo kokybė labai priklauso nuo tiekėjų patikimumo ir sąžiningumo. Jei tiekėjas pakeičia tiekiamas detales kitomis, prastesnės kokybės, neišpėjęs įmonės, kai detalių bandymai jau būna atlikti, yra didelė tikimybė, kad netinkamos kokybės gaminys iškeliaus iš įmonės ir pateks į rinką.

Šiuo atveju tiekėjas turi būti patikimas, kad perkamos standartinės detalės būtų reikiamos kokybės ir nenukentėtų surinkto gaminio kokybė, stiprumas, patikimumas, estetinė išvaizda. Kadangi užsakant detales pirmiausia vertinama detalių kaina, gali pasitaikyti, kad pigesnės detalės bus prastesnės kokybės ir įmonė turės daugiau išlaidų kokybės kontrolei, detalių bei surinktų gaminių bandymams, nes jei tai nebus atliekama, nekokybiškos detalės įtakos viso gaminio netinkamumą ir vartotojų nepasitenkinimą gaminio kokybe.

PUBLIKACIJOS BEI DALYVAVIMAS KONFERENCIJOJE

1. ČIKOTIENĖ, Dalia; ZWICK, Dirk. Gaminio kokybės siekimo sąnaudų prognozavimas. Jaunųjų mokslininkų darbai, Nr. 3(24), 2009, p. 28-32.
2. ČIKOTIENĖ, Dalia; ZWICK, Dirk; RAMONAS, Zenonas. Kokybės užtikrinimas dviračių gamybos įmonėje. Jaunųjų mokslininkų konferencija, 2010 balandžio 29-30 d.
3. ČIKOTIENĖ, Dalia; ZWICK, Dirk; RAMONAS, Zenonas. Kokybės užtikrinimas dviračių gamybos įmonėje. Jaunųjų mokslininkų darbai. Publikacija atiduota spaudai.

IŠVADOS IR REKOMENDACIJOS

1. Darbe apžvelgti vartotojo reikalavimai gaminio kokybei, bei reikalavimai, numatyti standartuose.
2. Iširtos gaminio kokybės sąnaudos dviračių gamybos įmonėje.
3. Nustatyti kokybės užtikrinimo metodai, kurie gali būti naudojami dviračių gamybos įmonėje.
4. Nustatytos nekokybiškų gaminių priežastys dviračių gamybos įmonėje.
5. Pasiūlytos priemonės, leidžiančios užtikrinti stabdžių efektyvumą.
6. Pasiūlyti kokybės užtikrinimo mažiausiomis sąnaudomis metodai.

Dviračių stabdžių kokybei užtikrinti siūloma naudoti:

- Stabdžių kaladėles, pagamintas iš dviejų dalių, kurių kietumas skiriasi, tuo pačiu užtikrinamas pakankamas trinties koeficientas tiek sauso, tiek šlapio stabdymo atveju (pvz. Kool-Stop Europe bv-Bicycle Brake Pads kaladėlės Dual compound V-Brake sistemoms).
- Stabdžių kaladėlių darbiniam paviršiuje turi būti suformuoti tiesūs bei V formos grioveliai, kurie pagerina vandens pašalinimą iš trinties zonos šlapio stabdymo atveju (analogiškai automobilio vasarinėms padangoms), tuo pačiu padidina adhezinę trinties jėgos dedamąją F_{adh} .

Užtikrinant dviračio kokybę, pristatymą laiku, tinkamą kainą bei kitus veiksnius, kurie yra svarbūs užsakovui, turi būti užtikrinamas gaudus ryšys tarp gamintojo ir užsakovo, bei gamintojo ir tiekėjo.

Būtina rinktis patikimus tiekėjus, kad standartinės gaminio surinkimui reikalingos detalės būtų tiekiamos kokybiškos, tiekėjas nekeistų jų kitomis prieš tai neinformavęs įmonės, nes priešingu atveju nekokybiškos dalys gali būti surinktos į galutinį gaminį ir pateikti pas vartotoją.

Skiriant daugiau lėšų gaminio kokybės prevencijai ($Q1$) ir gaminio kokybės įvertinimui ($Q2$), mažiau sąnaudų tenka gaminio kokybės nuotoliams ($Q4$). Skiriant daugiau lėšų kokybės užtikrinimui bei įvertinimui, mažėja sąnaudos reikiamos kokybės užtikrinimui, tuo pačiu mažėja bendros kokybiško gaminio sąnaudos.

LITERATŪRA

1. BARGELIS, Algirdas. Design for process capability and capacity at the product conception stage. 19th International conference on production research.
2. BARGELIS, Algirdas; ČIKOTIENĖ, Dalia. Development of Computer-Integrated Manufacturing System in Small and Medium Enterprises. – Proceedings of the 47th Int. Scientific Colloquium, Technical University of Ilmenau, CD-ROM, ISSN 1619-4098, September 23-26, 2002. p.1- 7.
3. BEMOWSKI, K. The quality glossary. Quality progress. 1992, vol. 25, no. 2, p. 18-29.
4. BOTTORFF, D. COQ systems: the right stuff. Quality progress. 1997, vol. 30, no. 3. p. 33-35.
5. BURLIKOWSKA, M.Dudek. Quality estimation of process with usage control charts type X-R and quality capability of process C_p , C_{pk} . Journal of materials processing technology. 2005, no. 162. p. 736-743.
6. CROSBY, P.B. Quality is free. New York: McGraw-Hill, 1979. p. 69-70.
7. ČIKOTIENĖ, Dalia. Kokybės gaminių gamybos technologijos modelio sukūrimas ir tyrimas. Daktaro disertacija. Kauno technologijos universitetas. Kaunas, 2009. 143 p.
8. DUMOND, E.J. Value management: an underlying framework. International journal of operations and production management. 2000, vol. 20, no. 9. p. 1062-1077.
9. FOSTER, S.Thomas. An examination of the relationship between conformance and quality-related costs. International journal of quality and reliability management. 1996, vol.13, no. 4. p. 50-63.
10. GOULDEN, Clive; RAWLINGS, Louise. Quality costing: the application of the process model within a manufacturing environment. International journal of operations and production management. 1997, vol. 17, no. 2. p. 199-210.
11. HAUSER, J.R.; CLAUSING, D. The house of quality. Harvard business review. 1988, vol. 61, no. 5. p. 63-73.
12. JURAN, J.M. Ed. Quality control handbook. New York: McGraw-Hill. 1981, 518 p.
13. LOCKAMY, Archie; KHURANA, Anil. Quality function deployment: total quality management for new product design. International journal of quality and reliability management. 1995 vol. 12, no. 6. p. 73-84.
14. MOTORCU, Ali Riza; GULLU, Abdulkadir. Statistical process control in machining, a case study for machine tool capability and process capability. Materials and design. 2006, no. 27. p. 364-372.
15. OSTRENGA, M.R. Return on investment through the cost of quality. Journal of cost management. 1991, vol. 5, no. 2. p. 37-44.

16. PLUNKETT, J. J.; DALE, B. G. A review of the literature on quality-related cost. *International journal of quality and reliability management*, 1987, vol. 4, no 1. p. 40-52.
17. SERAPINAS, Vytautas. *Tribologiniai procesai kinematinėse porose*. Kaunas: Technologija, 1999, 362 p.
18. SOWER, Victor E.; QUARLESS, Ross; BROUSSARD, Eric. Cost of quality usage and its relationship to quality system maturity. *International journal of quality and reliability management*. 2007, vol. 24, no. 2. p. 121-140.
19. STANIŠKIS, J.K.; Varžinskas, V.; Uselytė, R. *Gaminių ekologinis projektavimas*. Monografija. – Kaunas: Technologija, 2005, 292 p.
20. SULLIVAN, L.P. Quality function deployment. *Quality progress*. 1986, vol. 34, no. 6. p. 39-50.
21. SURESH, K.K.; ARAWATI, A.; NOOREHA, H. Cost of quality: the hidden cost. *Total quality management*. 2000, vol. 11, no 4-6. p. 844-848.
22. TAGUCHI, G. *Introduction to off-line quality control*. Central Japan quality control association. 1980.
23. TAGUCHI, G.; CLAUSING D. Robust quality. *Harvard business review*, Vol. 68, No. 1, 1990, p. 65-71.
24. TATIKONDA, L.; TATIKONDA, R. Measuring and reporting the cost of quality. *Production and inventory management journal*. 1996, vol. 37, no. 2. p. 1-77.
25. TSAI, Wen-Hsien. Quality cost measurement under activity-based costing. *International journal of quality and reliability management*. 1998, vol. 15, no. 7. p. 719-752.
26. VOBOLIS, Jonas. *Tribologija*. Kaunas: Technologija, 1994, 186 p.
27. LST EN 14765:2006+A1:2008. *Vaikiški dviračiai. Saugos reikalavimai ir bandymo metodai*. 48 p.
28. LST EN 14764:2006 *Miesto ir turistiniai dviračiai. Saugos reikalavimai ir bandymo metodai*. 87 p.
29. LST EN 14766:2006 *Kalnų dviračiai. Saugos reikalavimai ir bandymo metodai*. 89 p.

1 PRIEDAS. Dviračių bandymų standai





2 PRIEDAS. Dviračio stabdžių bandymas



3 PRIEDAS. Adhezinės ir histerezinės deformacinių dedamųjų atsiradimas

