



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
MECHANIKOS INŽINERIJOS IR DIZAINO FAKULTETAS

Justinas Diržys

**GAMYBOS ĮMONĖS ĮRENGINIŲ PATIKIMUMO ANALIZĖ IR
GERINIMAS**

Baigiamasis magistro projektas

Vadovas: doc. dr. Kazimieras Juzėnas

KAUNAS, 2016

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

MECHANIKOS INŽINERIJOS IR DIZAINO FAKULTETAS

GAMYBOS INŽINERIJOS KATEDRA

TVIRTINU

Katedros vedėjas

(parašas) doc. dr. Kazimieras Juzėnas

(data)

**GAMYBOS ĮMONĖS ĮRENGINIŲ PATIKIMUMO ANALIZĖ IR
GERINIMAS**

Baigiamasis magistro projektas

Gamybos inžinerija (621H70004)

Vadovas

(parašas) doc. dr. Kazimieras Juzėnas

(data)

Recenzentas

(parašas) doc. dr. Ramūnas Skvireckas

(data)

Projektą atliko

(parašas) Justinas Diržys

(data)

KAUNAS, 2016



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas

(Fakultetas)

Justinas Diržys

(Studento vardas, pavardė)

Gamybos inžinerija 621H70004

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

Baigiamojo projekto „Gamybos įmonės įrenginių patikimumo analizė ir gerinimas“

AKADEMINIO SAŽINGUMO DEKLARACIJA

20 16 m. gruodžio 21 d.
Kaunas

Patvirtinu, kad mano **Justino Diržio** baigiamasis projektas tema „Gamybos įmonės įrenginių patikimumo analizė ir gerinimas“ yra parašytas visiškai savarankiškai, o visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs.

Aš suprantu, kad išaiškėjus nesažiningumo faktui, man bus taikomos nuobaudos, remiantis Kauno technologijos universitete galiojančia tvarka.

(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

(parašas)

Diržys, J. Gamybos įmonės įrenginių patikimumo analizė ir gerinimas. Magistro baigiamasis projektas / vadovas doc. dr. Kazimieras Juzėnas; Kauno technologijos universitetas, Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas, Gamybos inžinerijos katedra.

Kaunas, 2016. 52 psl.

SANTRAUKA

Darbe išanalizuoti realios įmonės įrenginių gedimai ir jų sukelti prastovų laikai.

Išanalizuoti dažniausiai naudojami techninių įrenginių patikimumo skaičiavimo metodai bei techninės diagnostikos rūšys.

Atlikta įmonės gedimų statistikos analizė ir nustatyti probleminiai įrenginių komponentai, kuriems būtinas papildomas dėmesys.

Atlikus įmonės darbuotojų apklausą, sudaryta prioritetinių įrenginių matrica. Remiantis ja, nustatyta, kad įmonės prioritetinis įrenginys yra „Seho 2240“.

Kuriant tinkamą profilaktinės priežiūros metodiką, probleminiams komponentams, buvo išanalizuotos galimos gedimų priežastys, parinkti objektyvūs ir subjektyvūs komponentų tikrinimo metodai bei nustatytas priežiūros periodiškumas.

Panaudojant SolidWorks 2015 programą suprojektuotas originalus diagnostikos prietaisas. Atlikus judesio analizę sukurtas prietaisas sugraduotas pagal komponento nurodytas specifikacijas. Įvertinus įmonės darbo įkainius apskaičiuotas prietaiso atsipirkimo laikas.

Sukurta profilaktinės priežiūros programa, kuri leidžia optimizuoti įrenginių gedimus ir prastovos laikus. Taip pat sukurtas ekonomiškai naudingas diagnostikos prietaisas, jo dėka pasiekti įmonės darbo kaštų taupymai.

Darbui atlikti naudoti 40 literatūros šaltinių. Darbas susideda iš 52 puslapių, 29 paveikslėlių, 6 lentelių ir 4 priedų.

Diržys, J. Analysis and improvement of production company equipment reliability. Master Thesis / supervisor assoc. prof. Kazimieras Juzėnas; Kaunas University of Technology, Faculty of Mechanical Engineering and Design, Department of Production Engineering.

Kaunas, 2016. 52 p.

SUMMARY

Equipment failures and machinery downtime were analyzed in this master thesis.

In order to develop preventive maintenance program, the most commonly used equipment reliability calculation methods and technical diagnostics tools were analyzed.

After analyzing statistics of component failures during 2016 year a special data table was created in order to know which equipment components require additional maintenance.

After performing a survey about the most prioritized equipment at the company a special priority matrix was created. Based on the results of this survey „Seho 2240“ was determined to have the highest priority.

Analysis of the possible failures was performed before implementing proper maintenance check-up for the most problematic components. As a result objective and subjective component diagnosis methods were chosen and maintenance periods were determined.

SolidWorks 2015 software package was used to design the diagnosis tool. After performing motion analysis for the diagnosed equipment, diagnostic tool was graded according to the device specifications. Device payback time was calculated in accordance to the tariff of labour and standard device purchase price used in the company.

As a result a preventive maintenance program was developed to predict equipment failures and optimize downtime of the machinery. Furthermore a specialized diagnosis tool was designed which has good economic efficiency.

40 literature sources were used in this master thesis. Work consists of 52 pages, 29 drawings, 6 tables and 4 supplements.

**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
MECHANIKOS INŽINERIJOS IR DIZAINO FAKULTETAS**

Tvirtinu:
Gamybos inžinerijos
katedros vedėjas

(parašas, data)

(vardas, pavardė)

MAGISTRANTŪROS STUDIJŲ BAIGIAMOJO DARBO UŽDUOTIS

Studijų programa GAMYBOS INŽINERIJA

Magistrantūros studijų, kurias baigus įgyjamas magistro kvalifikacinis laipsnis, baigiamasis darbas yra mokslinio tiriamojo ar taikomojo pobūdžio darbas (projektas), kuriam atlikti ir apginti skiriama 30 kreditų. Šiuo darbu studentas turi parodyti, kad yra pagilinęs ir papildęs pagrindinėse studijose įgytas žinias, yra įgijęs pakankamai gebėjimų formuluoti ir spręsti aktualią problemą, turėdamas ribotą ir (arba) prieštaringą informaciją, savarankiškai atlikti mokslinius ar taikomuosius tyrimus ir tinkamai interpretuoti duomenis. Baigiamuoju darbu bei jo gynimu studentas turi parodyti savo kūrybingumą, gebėjimą taikyti fundamentines mokslo žinias, socialinės bei komercinės aplinkos, teisės aktų ir finansinių galimybių išmanymą, informacijos šaltinių paieškos ir kvalifikuotos jų analizės įgūdžius, skaičiuojamųjų metodų ir specializuotos programinės įrangos bei bendrosios paskirties informacinių technologijų naudojimo įgūdžius, taisyklingos kalbos vartosenos įgūdžius, gebėjimą tinkamai formuluoti išvadas.

1. Darbo tema - „Gamybos įmonės įrenginių patikimumo analizė ir gerinimas“

Patvirtinta 2016 m. gruodžio 8 d. dekanų įsakymu V25-11-20

2. Darbo tikslas - ištirti esamą įmonės įrenginių gedimų padėtį ir pateikti rekomendacijas įrenginių patikimumo gerinimui, siekiant užtikrinti nepertraukiamą įmonės įrangos darbą.

3. Darbo struktūra 1. Įvadas; 2. Literatūros apžvalga; 3. Analizė; 4. Kūrimas; 5. Išvados; 6. Literatūra.

4. Reikalavimai ir sąlygos -

5. Darbo pateikimo terminas 2016 m. gruodžio mėn. 21 d.

6. Ši užduotis yra neatskiriama baigiamojo darbo dalis

Išduota studentui Justinui Diržiui

Užduotį gavau _____

(studento vardas, pavardė)

(parašas, data)

Vadovas _____

(pareigos, vardas, pavardė)

(parašas, data)

Turinys

ĮVADAS	2
1. LITERATŪROS APŽVALGA	3
1.1 ĮRENGINIŲ PATIKIMUMAS	3
1.2 Inžinerinių sistemų patikimumo rodikliai	5
1.2.1 Nepataisomųjų techninių elementų patikimumo rodikliai	5
1.2.2 Pataisomųjų techninių elementų patikimumo rodikliai	8
1.3 Techninė diagnostika	10
2. TIRIAMOJI ĮMONĖ	13
2.1 Paviršinio montažo linija (SMT)	14
2.2 Automatinė optinė kontrolė (AOI)	15
2.3 Litavimas banga	15
2.4 Selektyvus litavimas	16
2.5 Plovimas	17
2.6 Lakavimas	18
3. ĮMONĖS ĮRENGINIŲ GEDIMŲ ANALIZĖ	19
3.1 „Universal“ paviršinio montažo linijos 2016 metų gedimai	19
3.2 „Cyber optics“ įrenginio 2016 metų gedimai	19
3.3 „Seho 2240“ įrenginio 2016 metų gedimai	20
3.4 „SEHO Power Selective“ įrenginio 2016 metų gedimai	21
3.5 „MIELE Professional IR6002“ įrenginio 2016 metų gedimai	22
3.6 „Nordson“ lakavimo įrenginio 2016 metų gedimai	23
4. PRIORITETINIO ĮRENGINIO NUSTATYMAS	24
5. DIAGNOSTINIŲ PARAMETRŲ PARINKIMAS	27
5.1 Konvejerio variklio profilaktinės priežiūros programa	27
5.2 Trapecinio diržo profilaktinės priežiūros programa	36
6. DIRŽO ĮTEMPIMO MATUOKLĖS PROJEKTAVIMAS	43
IŠVADOS	48
LITERATŪRA	49
PRIEDAI	52

Sutrumpinimų sąrašas

FBM (angl. *Failure Based Maintenance*) – veikimas iki sugedimo.

FTM (angl. *Fixed Time Maintenance*) – fiksuoto laiko priežiūra.

CBM (angl. *Condition Based Maintenance*) – būkle pagrįsta priežiūra.

SMT (angl. *Surface Mount Technology*) – paviršinio montavimo technologija.

AOI (angl. *Automatic Optical Inspection*) – automatinė optinė kontrolė.

FDP (angl. *Failure Developing Period*) – gedimo vystimosi periodas.

CMS (angl. *Condition Monitoring Standart*) – profilaktinės priežiūros standartas.

IR-gun (angl. *Infrared Temperature gun*) – infraraudonųjų spindulių termometras.

TPM (angl. *Total Preventive Maintenance*) – profilaktinė priežiūra.

ĮVADAS

Šiuolaikinėje gamybos pramonės srityje vyrauja didelė konkurencija, be to įmonės susiduria su iššūkiais, susijusiais su potencialiais įrangos gedimais. Kadangi įrangos gedimo savikainą sudaro prarastas pelnas, dėl išlaidų įrangos remontui bei gamybos sustojimų dėl įrenginio prastovų. Taip pat, jeigu įrenginių gedimų kaina viršija 5% įmonės pelno, tuomet kyla rizika įmonės bankrotui. Todėl įmonėms, norinčioms išlikti konkurencingomis, yra svarbu užtikrinti nepertrūkstamą naudojamų technikos įrenginių darbą.

Šiuolaikiniai įrenginiai yra sudėtingi, o kuo jie sudėtingesni, tuo ilgiau užtrunka įrenginių remontas. Įrenginių patikimumo svarba įmonėms yra labai didelė, siekiant, kad gaminamų gaminių charakteristikos nekistų ilgą įrenginių eksploatacijos laiką. Taip pat svarbu, jog būtų kuo mažiau įrenginių prastovų, kurios yra nuostolingos įmonėms.

Įmonės, siekiančios efektyvaus įrenginių darbo, diegia prevencinius metodus, kurių tikslas gaminti kokybišką gaminį kiek galima našiau, be neplanuotų įrenginių prastovų. Prevencinis metodas įgyvendinamas vykdant planinius remontus arba atliekant įrenginio ar jo elemento stebėseną. Todėl šiame darbe bus siekiama detaliai išanalizuoti kaip galima užtikrinti sėkmingą ir nepertrūkstamą įmonės X įrenginių darbą.

Darbo tikslas – ištirti esamą įmonės įrenginių gedimų padėtį ir pateikti rekomendacijas įrenginių patikimumo gerinimui, siekiant užtikrinti nepertraukiamą įmonės įrangos darbą.

Uždaviniai:

1. Įvertinti dažniausiai taikomus įrenginių patikimumo skaičiavimo metodus.
2. Apžvelgti techninės diagnostikos rūšis.
3. Išanalizuoti įmonėje X naudojamus procesus ir įrenginius.
4. Atlikti X įmonės įrenginių gedimų analizę.
5. Išanalizuoti galimas įrenginių gedimo priežastis.
6. Sudaryti planinių remontų metodiką.
7. Sukurti ir pritaikyti techninės diagnostikos priemones.

1. LITERATŪROS APŽVALGA

1.1 ĮRENGINIŲ PATIKIMUMAS

Įrenginys laikomas patikimu tuomet, kai po tam tikro eksploatavimo laiko jo charakteristikos atitinka specifikacijas. Jeigu po tam tikro įrenginio veikimo laiko jis sugenda, tuomet jis laikomas nepatikimu. Įrenginio gendamumas – tai tikimybė, jog po tam tikro laiko jis neatitiks savo specifikacijų. Įrenginio patikimumas $P(t)$ bei gendamumas $Q(t)$ vertinami tuomet, jeigu jis eksploatuojamas laikantis iš anksto nustatytų sąlygų: aplinkos sąlygų, planinės techninės priežiūros ir darbo režimų. Galimos įvairios įrenginių gedimų priežastys, tokios kaip: detalių dilimas ir nusidėvėjimas, nekokybiškas surinkimas, klaidos įrenginio instrukcijoje.[1]

Eksploatuojamų įrenginių patikimumas bėgant laikui kinta nuo vieneto (naujo įrenginio patikimumas) iki nulio (susidėvėjusio įrenginio patikimumas). Tuo pačiu metu gendamumas kinta atvirkščiai – nuo nulio iki vieneto. Bet kuriuo momentu įrenginio patikimumo ir gendamumo suma yra lygi vienetai:[1]

$$P(t)+Q(t)=1 \quad (1.1)$$

Čia $P(t)$ – įrenginio patikimumas, $Q(t)$ – įrenginio gendamumas.

Patikimumas yra vertinamas šiomis savybėmis: pataisomumu, negendamumu, išsilaikymu bei ilgaamžiškumu.[1]

Svarbiausios savybės įrenginiams – tai pataisomumas bei ilgaamžiškumas. Technikos objektų gedimai būna dviejų rūšių – funkciniai bei parametriniai.[1]

- Funkciniai – įvykus šiam gedimui, įrenginys sustabdo savo darbą ir nebegali atlikti savo funkcijų.
- Parametrinis – kuomet įrenginys dirba, bet jo charakteristikos neatitinka keliamų reikalavimų.

Pagal pasireiškimą gedimai skirstomi į staigius, lėtinius bei tarpinius.

- Staigus gedimas – jis įvyksta, kuomet staiga pasireškia atsitiktiniai veiksniai. Jų gali būti vienas ar keli, pvz.: dėl slidaus pagrindo operatorius paslysta ir nulaužia įrenginio funkcinį elementą.
- Lėtinis gedimas – jis įvyksta per ilgą laiką, pvz.: guolio išdilimas ar korpuso korozinis suirimas per ilgą laiką.

- Tarpinis gedimas – tai laikinas ir savaime išnykstantis objekto funkcinis sutrikimas, pvz.: įjungtas variklis su išdilusiais šepetėliais apsunkina radijo signalų priėmimą, išjungus tokį variklį, radijo prietaisai vėl dirba normaliai.[1]

Gedimai gali būti dviejų rūšių: nepriklausomi ir priklausomi. Pirmuosius, nepriklausomus gedimus sukelia mašinos išoriniai arba vidiniai procesai, pvz.: variklio tepalo filtro užsiteršimas – tai nepriklausomas gedimas, kadangi jis įvyksta dėl variklio dalių dilimo, tepalo išdegimo bei kitų variklyje vykstančių procesų. Laiku nepakeitus tokio filtro, dėl nepakankamo tepalo išvalymo, gali užsikirsti stūmokliai cilindruose. Tai jau bus priklausomasis gedimas.[1]

Įrenginių tipai yra skirtingi, o jų darbingumas gali būti atkuriamas juos pataisant. Tačiau yra įrenginių ir jų elementų, kurių neįmanoma pataisyti. Dėl to įrenginių elementai yra skirstomi į taisomus bei netaisomus. Taisomi elementai – tai elementai, kurių darbingumą įmanoma atkurti, juos pataisant. Tai – mašinos, varikliai, staklės. Netaisomieji elementai, tai objektai, kurių neįmanoma pataisyti, pvz.: varžtai ir veržlės, elektros lempos, stūmoklių žiedai, dauguma radijo detalių ir kt. Netaisomieji objektai visada yra keičiami naujais.[1]

Dauguma įrenginių yra suprojektuoti taip, jog jiems yra reikalinga techninė priežiūra bei remontas. Yra išskiriamos šios remonto rūšys – avariniai remontai, planiniai ir korekciniai remontai. [2] Planiniai (dar vadinami – prevenciniai) remontai (kitai – profilaktinė priežiūra), jų metu atliekami planiniai remontai, taipogi keičiami techniniai skysčiai, perkalibravimas. Tokie remontai yra atliekami periodiškai, dar neįvykus gedimams. Kita rūšis – tai atstatomasis (kitai – koreguojantysis) remontas. Jis yra atliekamas įvykus sistemos gedimui. Šio remonto tikslas – kuo skubiau sistemą atstatyti į darbingą režimą. Abiejų remontų tikslas – pagerinti (padidinti) sistemos patikimumą.[1]

Siekiant nustatyti įrenginio patikimumą reikia įvertinti planinės techninės priežiūros planus ir darbo režimus. Gedimai gali būti funkciniai arba parametriniai, todėl parenkant remonto tipą ir cikliškumą reikia įvertinti remontų kainą bei sistemos gedimo pobūdį. Nustatant priežiūros metodiką įrenginio objektui įmonėje, reikia įvertinti profilaktinės priežiūros kainą ir objekto remonto kainą, be to, gedimų visada padaugėja netaikant profilaktinės priežiūros. Įvertinant gedimų kainą, būtina įvertinti ne tik objekto taisymo ar jo pakeitimo kainą, bet ir gamybos nuostolius dėl prastovų ir kt. Norint tiksliai įvertinti prioritetus tenka atsižvelgti į visus patikimumo kriterijus.

1.2 Inžinerinių sistemų patikimumo rodikliai

Inžinerinių sistemų negendamumo rodiklius galima apskaičiuoti iš statistinių duomenų. Skaičiavimai skiriasi priklausomai nuo to ar įrenginiai yra pataisomieji ar nepataisomieji. Nepataisomieji įrenginiai veikia ir yra naudojami iki pirmo gedimo (daugelis radijo detalių, varžtai guoliai, veržlės, ir kt.), dėl to jų patikimumo rodiklis yra vidutinis išdirbis iki pirmo gedimo, kuris yra atsitiktinis dydis.[3]

1.2.1 Nepataisomųjų techninių elementų patikimumo rodikliai

Nepataisomųjų elementų pagrindiniai patikimumo rodikliai yra šie:

- negendamumo tikimybė $R(t)$;
- gedimo tikimybė $F(t)$;
- gedimų dažnis $\omega(t)$;
- gedimų intensyvumas $\lambda(t)$;
- vidutinis išdirbis iki pirmo gedimo T_v . [3]

Negendamumo tikimybė – $R(t)$ nusako, jog nustatytais sąlygomis ir per nustatytą laiką neįvyks nei vieno objekto gedimo. Laikas – t yra pradedamas skaičiuoti nuo to momento, kuomet elementas yra nesugedęs. Kadangi rodiklis yra apibūdinamas, kaip laiko funkcija, dėl to negendamumo tikimybė mažėja didėjant įrenginio eksploatacijos laikui.[3]

Iš statistinių duomenų negendamumo tikimybę galima apskaičiuoti pagal šią formulę:

$$R(t) = \frac{N_0 - n(t)}{N_0} \quad (1.2)$$

čia N_0 – nepataisomųjų objektų skaičius eksploatacijos pradžioje, kai nebuvo nė vieno sugedusio, $n(t)$ – per laiką t sugedusių objektų skaičius.[4]

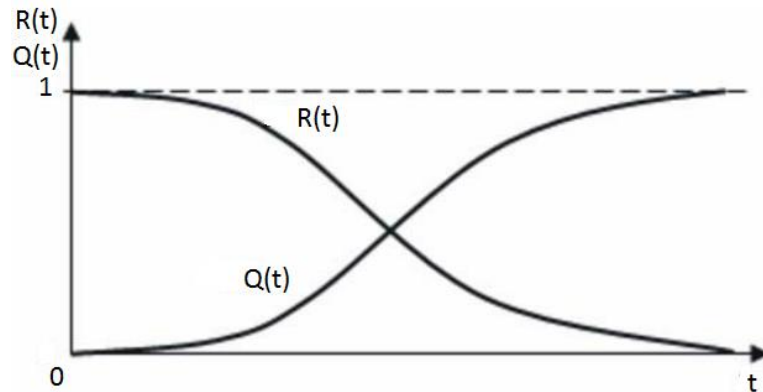
Gedimo tikimybė $Q(t)$ apibūdinama, tuo, jog per laiką t elementas suges. Iš statistinių duomenų gedimo tikimybę apskaičiuojama pagal šią formulę:[4]

$$Q(t) = \frac{n(t)}{N_0} \quad (1.3)$$

Kadangi $R(t)$ ir $Q(t)$ yra nesuderinamos ir abi jos sudaro pilnąją aibę, todėl:

$$Q(t)=1-R(t) \quad (1.4)$$

Negendamumo $R(t)$ funkcija yra mažėjanti, o gedimo tikimybė yra didėjanti funkcija (1.1 pav.). [5]



1.1 pav. Patikimumo ir gedimo tikimybių funkcijų grafikai

Gedimo tikimybė yra naudojama apskaičiuojant įvairių elementų būsenų tikimybes, tiriant šių įtaisų keitimo naujais poreikį.[3]

Negendamumo bei gedimo tikimybės dažniau naudojamos įrenginių, o ne jų komponentų savybėms įvertinti.[3]

Gedimų dažnis $\alpha(t, \Delta t)$ – tai per laiko vienetą sugedusių ir eksploatuojamų komponentų skaičių santykis:

$$\alpha(t, \Delta t) = \frac{n(t, \Delta t)}{\Delta t - N_0} \quad (1.5)$$

čia $n(t, \Delta t)$ – per laiko intervalą

$$\left(t - \frac{\Delta t}{2}\right) \div \left(t + \frac{\Delta t}{2}\right) \quad (1.6)$$

sugedusių komponentų skaičius; Δt – laikotarpis, kuriam ieškoma gedimų dažnio reikšmė.

Gedimų intensyvumas – $\lambda(t)$ apibūdinamas, kaip gedimo tikimybės kitimo tam tikru laiko momentu bei elemento negendamumo tikimybės tam tikru laiko momentu t santykis:[3]

$$\lambda(t) = \frac{Q'(t)}{R(t)} = -\frac{R'(t)}{R(t)} = \frac{d(\ln R(t))}{dt} \quad (1.7)$$

Negendamumo tikimybė – $R(t)$ ir gėdimų intensyvumas yra susiję priklausomybe:

$$R(t) = \exp\left(-\int_0^t \lambda(t) dt\right) \quad (1.8)$$

nes:

$$\ln R(t) = \left(-\int_0^t \lambda(t) dt\right) \quad (1.9)$$

Jei $\lambda(t) = \text{const.}$, tai:

$$R(t) = \exp(-\lambda(t)) \quad (1.10)$$

Ši formulė – tai bendroji elementų negendamumo tikimybės išraiška, kadangi $\lambda(t)$ gali būti bet kokia laiko funkcija. Gėdimų intensyvumas statistiškai yra apibūdinamas, kaip per laiko vienetą sugedusių elementų skaičiaus santykis su vidutiniu veikusių tuo metu elementų skaičiumi. Šis rodiklis yra pagrindinis elektros ir radijo elementų, elektroninių įtaisų negendamumo rodiklis.[6]

Nepataisomieji objektai dirba iki pirmojo gėdimo, dėl to jų negendamumas yra apibūdinamas, kaip vidutinis išdirbis iki pirmo gėdimo. Statistiniu požiūriu apibūdinamas, kaip aritmetinis objektų, išdirbių iki pirmo gėdimo, vidurkis. Jei nepataisomieji vienodi elementai – N_0 veikia normaliomis sąlygomis, tada yra registruojama kiekvieno objekto veikimo trukmė t_i iki gėdimo, kol visi N_0 elementai sugenda. Iš statistinių duomenų rodiklio reikšmė apskaičiuojama pagal šią formulę:[3]

$$T_v = \frac{1}{N_0} \sum_{i=1}^{N_0} t_i \quad (1.11)$$

čia t_i – i -tojo elemento išdirbis iki gėdimo, N_0 – bandomų objektų skaičius. Žinant gėdimų intensyvumą, galima rasti vidutinį išdirbį iki pirmo gėdimo.[7]

1.2.2 Pataisomųjų techninių elementų patikimumo rodikliai

Daugumą techninių elementų galima pataisyti arba pakeisti į pataisomus. Pagrindiniai pataisomųjų elementų patikimumo rodikliai:

- vidutinis gedimų dažnis;
- vidutinis išdirbis tarp gretimų gedimų.[3]

Vidutinis gedimų dažnis

Technikos objektų gedimai yra registruojami nurodant gedimo tipą bei sugedusį elementą. Skaičiuojant sudėtingos sistemos patikimumą reikia žinoti bent vieną iš šių charakteristikų: tikimybės pasiskirstymo tankio funkciją, gedimų dažnį, vidutinį išdirbį iki gedimo arba vidutinį išdirbį tarp gedimų.[3]

Vidutinis gedimų dažnis iš statistinių duomenų apskaičiuojamas pagal formulę:

$$\omega(t) = \frac{n(\Delta t)}{N_0 \Delta t} \quad (1.12)$$

čia $n(\Delta t)$ – per laiką Δt sugedusių elementų skaičius, N_0 – elementų skaičius eksploatacijos pradžioje.[7]

Gedimų dažnis vadinamas stacionariu, kai $\omega(t) = \omega = \text{const}$. Kai laikas iki gedimo pasiskirstęs pagal eksponentinį dėsnį, vidutinis gedimų dažnis yra lygus gedimų intensyvumui:[7]

$$\omega = \lambda \quad (1.13)$$

Kai yra žinomas gedimų dažnis, galima apskaičiuoti negendamumo tikimybę bei kitas patikimumo charakteristikas.

Stacionarus gedimų dažnis yra atvirkščiai proporcingas išdirbiui tarp gedimų:[6]

$$\omega = \frac{1}{T} \quad (1.14)$$

Vidutinis išdirbis tarp gretimų gedimų

Vidutinis išdirbis tarp gedimų – tai darbo laikas tarp dviejų vienas po kito įvykusių gedimų. Iš statistinių duomenų apskaičiuojamas išdirbių tarp gretimų gedimų aritmetinis vidurkis:[4]

$$T = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n} \quad (1.15)$$

čia t_i – i -jo elemento išdirbis iki gedimo, n – sugedusių elementų skaičius.[7]

Negendamumo tikimybė

Pataisomųjų objektų negendamumą laikotarpiu tarp $t=0$ ir t apibūdina negendamumo tikimybė $R(t)$. Tuo atveju, kai gedimų dažnis stacionarus:

$$R(t) = \exp(-\omega t) = \exp\left(-\frac{t}{T}\right) \quad (1.6)$$

Negendamumo $R(t)$ funkcija parodo, kokia yra tikimybė, jog elementas nesuges per laiką t . [3]

Kadangi gedimo susidarymas ir pašalinimo laikas yra atsitiktiniai dydžiai, todėl patikimumo charakteristikos apskaičiuojamos tikimybių teorijos ir matematinės statistikos metodais.

Nepataisomųjų techninių elementų negendamumo tikimybės rodiklis naudojamas ypač atsakingiems komponentams, kai per trumpą laiką būtina garantuoti didelę negendamumo tikimybės reikšmę, šis rodiklis naudojamas nepataisomiems komponentams medicinos srityje. Gedimo tikimybės rodiklis naudojamas kaip pagalbinis, apskaičiuojant įvairių komponentų būsenų tikimybes, tiriant komponentų pakeitimo naujais būtinumą. Gedimų dažnio rodiklis naudojamas eksploatacinėms komponento procedūroms tirti, ekonomiškai pagrindžiant šias procedūras. Gedimų intensyvumas apibūdinamas gedimo tikimybės kitimo ir elemento negendamumo tikimybės kitimo per laiko intervalą santykiu. Jo reikšmės pateikiamos gamintojo techninėse specifikacijose. Vidutinio išdirbio iki pirmo gedimo rodiklis naudojamas, kai komponentų gedimų pasekmės yra ekonomiškai nedidelės, todėl rodiklį patogiu naudoti atliekant ekonominius gedimų procesų skaičiavimus.[7]

Panaudojus pataisomųjų techninių elementų vidutinio gedimo dažnio rodiklį, patogiu planuoti komponentų profilaktines priežiūras bei remontus, kadangi rodiklis leidžia nustatyti tam tikro tipo komponentų gedimų skaičių įtaise per laiką t . Vidutinio išdirbio tarp gretimų gedimų rodiklis dažniausiai naudojamas įvairių elektroninių žaislų, radijo imtuvų, televizorių, daugumos elektroninių matavimo priemonių, kompiuterių, nesudėtingų ryšio priemonių negendamumui apibūdinti. Rodiklio reikšmė daugiausia priklauso nuo komponentų negendamumo. Negendamumo rodiklis naudojamas medicinos srities įrenginių

negendamumui apibūdinti. Šis rodiklis išsiskiria tuo, kad jo reikšmę lemia ne tik gedimų intensyvumas, bet ir pataisymo trukmė. Ilgėjant pataisymo trukmei, negendamumo tikimybė mažėja.[7]

1.3 Techninė diagnostika

Pagrindinis techninės būklės stebėsenos ir gedimų diagnostikos diegimo tikslas yra maksimaliai padidinti išleidžiamos produkcijos kokybę, pagerinti įrenginių efektyvumą bei užtikrinti įrenginių patikimumą.[8]

Techninės diagnostikos esmė – įrenginio techninės būklės įvertinimas bei prognozė pagal tiesioginius arba netiesioginius būklės parametrus, arba diagnostinių parametrų matavimus. Techninės diagnostikos tikslas – surasti bei atpažinti gedimus ankstyvose jų atsiradimo ir formavimosi stadijose. Šis tikslas pasiekiamas remiantis šia metodologija:[4]

- informacijos apie objekto techninę būklę surinkimas;
- gautos informacijos apdorojimas bei analizė; išmatuoti diagnostiniai parametrai yra palyginami su leidžiamomis jų reikšmėmis;
- sprendimo priėmimas, nustatant objekto techninę būklę, bei planuojamą priežiūros ir remonto trukmę ir apimtį.[4]

Praktikoje naudojami tiesioginiai ir netiesioginiai diagnostikos metodai. Diagnostikos metodai laikomi tiesioginiais, kai objekto techninei būklei nustatyti yra naudojami diagnostiniai požymiai. Yra diagnozuojami objekto funkciniai parametrai: pvz.: slėgis, poslinkis, temperatūra, greitis. Netiesioginėje diagnostikoje diagnostiniai požymiai, tai objekto funkciniai parametrų išvestiniai dydžiai – virpesiai bei triukšmo charakteristikos.[4]

Praktikoje yra naudojama trijų tipų techninė diagnostika: testinė, funkcinė bei kombinuota.[4]

Testinė diagnostika – kai objekto techninė būklė nustatoma pagal jo reakciją į specialius testinius poveikius. Gali būti paveikti pagrindiniai objekto funkciniai įėjimai, naudojami normalios eksploatacijos metu, arba specialūs diagnozavimui skirti įėjimai. Testinė diagnostika dažnai naudojama atskirų objekto elementų techninei būklei įvertinti jų eksploatacijos pradžioje arba po remonto.[4]

Funkcinė diagnostika – kai objekto techninė būklė nustatoma pagal jo reakciją į darbinis pagrindinių įėjimo poveikius, įprastinius normalios eksploatacijos metu darbo vietoje. Ši diagnostika dažniau naudojama tiriant technines sistemas, kurias išmontuoti, išardyti į atskirus mazgus yra sunku arba ekonomiškai nenaudinga. Šiuo principu tiriama objektų techninė būklė planinės techninės priežiūros ir remonto metu.[4]

Kombinuota testinė funkcinė diagnostika turi bendrų tiek testinės tiek funkcinės diagnostikos tipų ypatumų.[4]

Norint įvertinti įrenginio techninę būklę, reikia žinoti ne tik parametrų faktines, bet ir atitinkamas etalonines reikšmes. Skirtumas tarp diagnostinio parametro faktinės α_f ir etaloninės α_e verčių vadinama diagnostiniu simptomu:[4]

$$\Delta = \alpha_f - \alpha_e \quad (1.17)$$

Etaloninė reikšmė nurodo kokia atitinkamo parametro vertė yra tvarkingo, sureguliuoto įrenginio, dirbančio prie tokios pat išorinės aplinkos sąlygų.[4]

Pagal kontrolės bei diagnostikos priemonių panaudojimo dažnį ir apimtį galima skirti tris pagrindinius visų tipų įrenginių eksploatacijos principus:[5]

- Veikimas iki sugedimo (angl. *FBM – Failure Based Maintenance*) – įrenginys eksploatuojamas iki gedimo, diagnostikos priemonės nenaudojamos. Įvykus gedimui, įrenginys suremontuojamas arba pakeičiami sugedę elementai bei eksploatuojamas toliau. Šiam principui reikia mažiausiai išankstinių sąnaudų, tačiau galima patirti didelių nuostolių, dėl netikėtų gedimų arba prastovų, nes gedimo tikimybė eksploatacijos metu palaipsniui didėja.[9]
- Fiksuoto laiko priežiūra (angl. *FTM – Fixed Time Maintenance*) – eksploatacija iki nustatyto resurso pabaigos arba planinių profilaktinių remontų sistema. Diagnostikos priemonės taipogi nenaudojamos arba naudojamos ribotai. Pasibaigus resursui, elementas yra pakeičiamas nauju, nesvarbu kokia jo techninė būklė. Šis metodas yra patikimesnis, tačiau jam reikia didesnių sąnaudų, nes dažnai keičiami elementai, kurių resursas gana didelis. Be to, mazgą ar agregatą ardant, o paskui jį surenkant, neišvengiamai pažeidžiama nusistovėjusi kontaktuojančių detalių paviršių trinties bei dilimo eiga ir izoliacinių medžiagų suderinamumas. Dėl to dilimo intensyvumas padidėja, o ilgaamžiškumas sumažėja.[10]

- Būkle pagrįsta priežiūra (angl. CBM – *Condition Based Maintenance*) – eksploatacija, esant periodinei arba pastoviai techninės būklės kontrolei – stebėsenos sistemai. Stebėsenos sistema – nuolatinis objekto techninės būklės parametrų sekimas. Tačiau šis metodas reikalauja nemažų pirminių investicijų matavimo įrangai, taip pat reikia kompetentingų darbuotojų, kurie mokėtų analizuoti matavimų metu gautus duomenis. Bet jis užtikrina didžiausią patikimumą, o elementų resursai yra išnaudojami iki galo, nes keičiami tik tie elementai, kurių visas resursas išnaudotas.[10]

Taigi siekiant nustatyti įrenginio gedimą ankstyvojoje jo stadijoje, naudojami techninės diagnostikos metodai. Išskiriami dviejų tipų diagnostikos metodai, tai tiesioginiai – kai diagnozuojami įrenginio funkciniai parametrai, ir netiesioginiai – kai diagnozuojami funkcinų parametrų išvestiniai dydžiai. Pagal įmonės galimybes ir diagnostikos apimtį, galima pasirinkti iš trijų tipų įrenginių eksploatacijos principų, kai nenaudojamos jokios diagnostikos priemonės, o sugedęs elementas yra pakeičiamas nauju, taip pat kai diagnostikos priemonės naudojamos ribotai, o komponentas yra pakeičiamas nauju neatsižvelgiant į jo esamą būklę, fiksuotais laiko intervalais ir trečioji kai vykdoma periodinė arba pastovi techninės būklės stebėseną, o komponentas pakeičiamas tada, kai išnaudojamas visas jo resursas.

Todėl nuoseklus techninės diagnostikos panaudojimas leidžia:

- optimizuoti remonto darbų trukmę;
- įspėti apie galimą įrenginio gedimą;
- plėsti gamybos apimtį ir pagerinti gaminių kokybę;
- prailginti įrenginių gyvavimo trukmę;
- numatyti atsarginių komponentų kiekį;
- prognozuoti darbuotojų resursą;
- mažinti įrenginių eksploatacijos išlaidas.

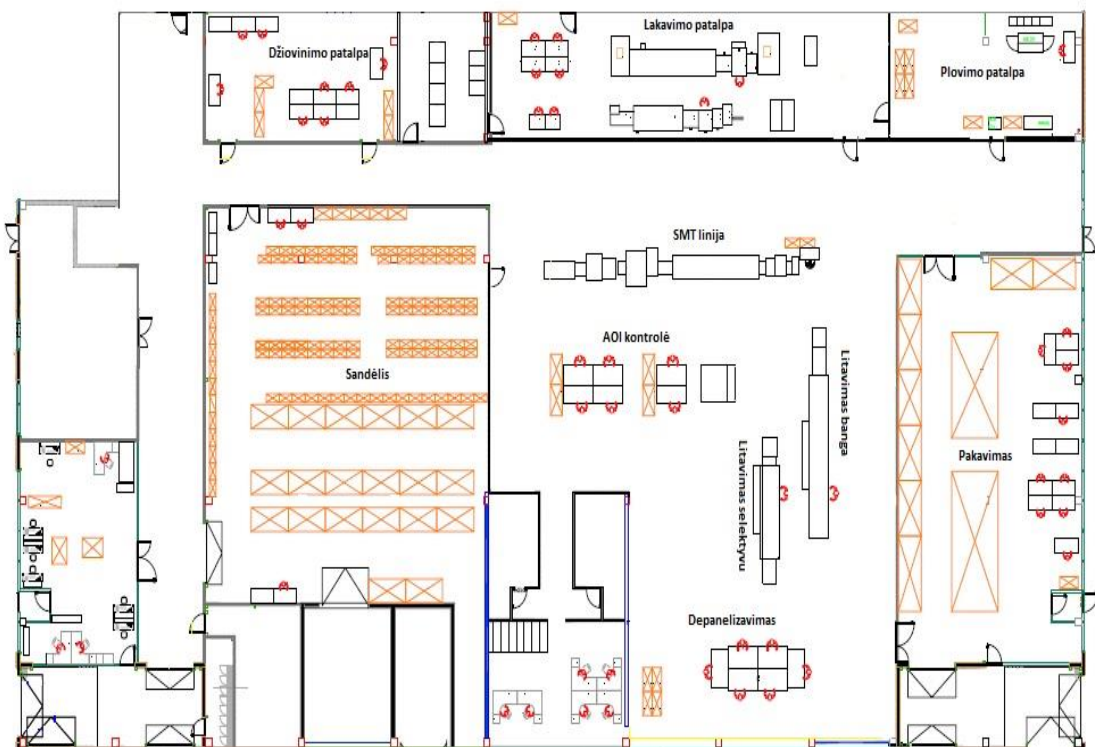
2. TIRIAMOJI ĮMONĖ

Tiriamosios įmonės įrenginiai yra eksploatuojami tarptautinėje elektronikos gamykloje, kuri įkurta Kaune 1995 metais. Aukštųjų technologijų gamykla tiekia produkciją pramonės, telekomunikacijų, medicinos ir karinės technikos industrijai. Savo produkciją eksportuoja į Norvegiją, Švediją, Suomiją, Vokietiją bei JAV.

Su 250 aukštos kvalifikacijos darbuotojais, įmonė „X“ gamina ir teikia paslaugas nuo pilnai surinktų elektroninių plokščių iki galutinio gaminio surinkimo, garsiems visame pasaulyje klientams.

Įmonėje technologiniai įrenginiai naudojami pasaulyje pripažintų kompanijų: „Universal“, „Cyber Optics“, „Seho“, „Miele“, „Nordson“.

Gamyklos bendras plotas siekia 3000 kvadratiųjų metrų. Bendrą plotą sudaro: džiovinimo baras, lakavimo baras, plovimo baras, paviršinio montažo baras, litavimo banga baras, selektyvinio litavimo baras, žaliavų sandėlis, pakavimo ir administracinės patalpos. Įmonės gamybos cechas pavaizduotas 2.1 pav.



2.1 pav. Įmonės planas

Tipinio įmonės produkto gamybos procesas susideda iš šių pagrindinių etapų:

- paviršinis montavimas;
- automatinė optinė kontrolė;
- litavimas banga;
- litavimas selektyvu;
- plovimas;
- lakavimas.

2.1 Paviršinio montažo linija (SMT)

Paviršinio montažo proceso metu komponentai yra tiksliai pastatomi ant plokštės aikštelių. Procesas susideda iš 3 pagrindinių etapų:

- specialiai užsakytu šilkografijos šablonu litavimo pasta yra užtepama ant plokštės aikštelių;
- „Pick-and-Place“ mašina tiksliai pastato komponentą į paruoštą litavimo tašką;
- konvejeriniu būdu plokštė keliauja į konvencinę krosnį, kurioje pagal nustatyta temperatūrą yra kaitinama, kol išsilydo lydmetalis ir sudaro elektrinį kontaktą su komponentu.[11]

Įmonėje naudojamas „Universal“ firmos paviršinio montažo linija. (2.2 pav.)

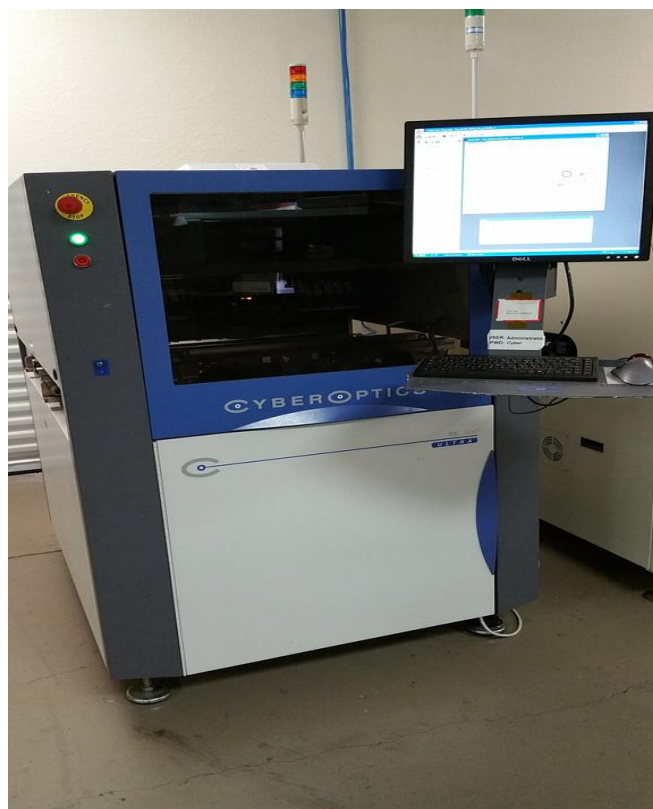


2.2 pav. Paviršinio montažo linija „Universal“ [12]

2.2 Automatinė optinė kontrolė (AOI)

Automatinės optinės kontrolės įrenginys kamerų pagalba nuskanuoja plokštės vaizdą ir jame ieško neatitikimų su duomenų bazėje esančiomis tinkamų plokščių nuotraukomis. Naudojant vaizdo analizės algoritmus programa suskirsto rastus neatitikimus į klaidų grupes.

Įmonėje naudojamas „Cyber optics“ kontrolės įrenginys, kuris pavaizduotas 2.3 pav.



2.3 pav. AOI įrenginys [13]

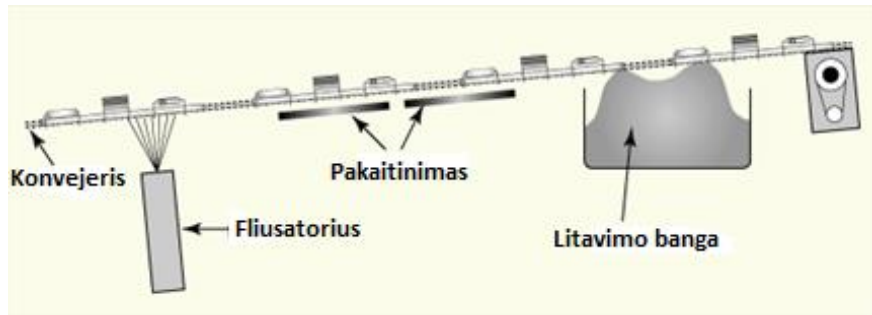
2.3 Litavimas banga

Litavimo banga procesas naudojamas išvadinių komponentų sulitavimui plokštėje. Procesas atliekamas trimis etapais:

- konvejerio pagalba plokštė keliauja virš fliusavimo zonos, kurioje komponentai yra nuplaunami nuo galimų oksidų atsiradimo tarp plokštės aikštelių ir komponentų išvadų;
- plokštė keliauja pro pakaitinimo sekciją, kuri padeda paspartinti litavimo procesą bei apsaugo komponentus nuo temperatūrinio šuolio.

- plokštė keliauja virš išlydyto lydmetaliu vonios, kurioje siurblys sudaro kylančios bangos efektą, taip prilituodama išvadinius komponentus.[14]

Bangos litavimo procesas pavaizduotas 2.4 pav.



2.4 pav. Litavimas banga [14]

Įmonėje naudojamas bangos litavimo įrenginys „Seho 2240“ (2.5 pav.).

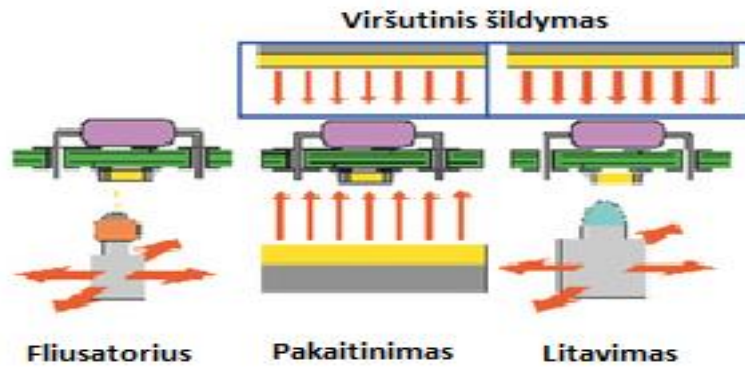


2.5 pav. „Seho 2240“ bangos litavimo įrenginys [15]

2.4 Selektivinis litavimas

Selektivinis litavimas naudojamas tada, kai nėra galimybės atlikti litavimo banga, dėl išskirtinio plokštės dizaino ar išvadinių komponentų išdėstymo ypatybių. Selektivinio litavimo metu atliekamas flusavimas apipurškiant plokštę, toliau atliekamas gaminio pakaitinimas infraraudonos šviesos lempomis, siekiant išvengti temperatūrinio šuolio. Litavimas vyksta per antgalį, kuris juda pagal programoje suvestas koordinatas.[16]

Selektivinio litavimo procesas pavaizduotas 2.6 pav.



2.6 pav. Selektyvus litavimas [16]

Įmonėje naudojamas „SEHO Power Selective“ litavimo įrenginys (2.7 pav.)



2.7 pav. „SEHO Power Selective“ litavimo įrenginys [17]

2.5 Plovimas

Elektronikos plokštei keliaujant per keletą operacijų, dažnai ant jų kaupiasi nešvarumai (riebalai, dulkės, fluso likučiai), todėl norint gaminiui suteikti estetinę išvaizdą yra atliekama plovimo operacija. Atlikti plovimo operaciją, įmonėje X, naudojamas „MIELE Professional IR6002“ įrenginys (2.8 pav.). Naudojant šį įrenginį, elektronikos plokštės įtvirtinamos stacionariai, o plovimo purkštukai judėdami plauna gaminį.



2.8 pav. „MIELE Professional IR6002“ plovimo įrenginys [18]

2.6 Lakavimas

Lakavimas atliekamas, siekiant užtikrinti plokščių atsparumą atmosferiniam poveikiui bei prailginti gaminio ilgaamžiškumą. Įmonėje lakavimas atliekamas naudojant „Nordson“ firmos padengimo įrenginius. Lakavimas atliekamas naudojant purkštuką, ant gaminamos plokštės juostomis purškiamas lakas. Purkštuko judėjimo greitis, trajektorija ir purškimo slėgis yra aprašomas lakavimo programoje.



2.9 pav. „Nordson“ lakavimo įrenginys [19]

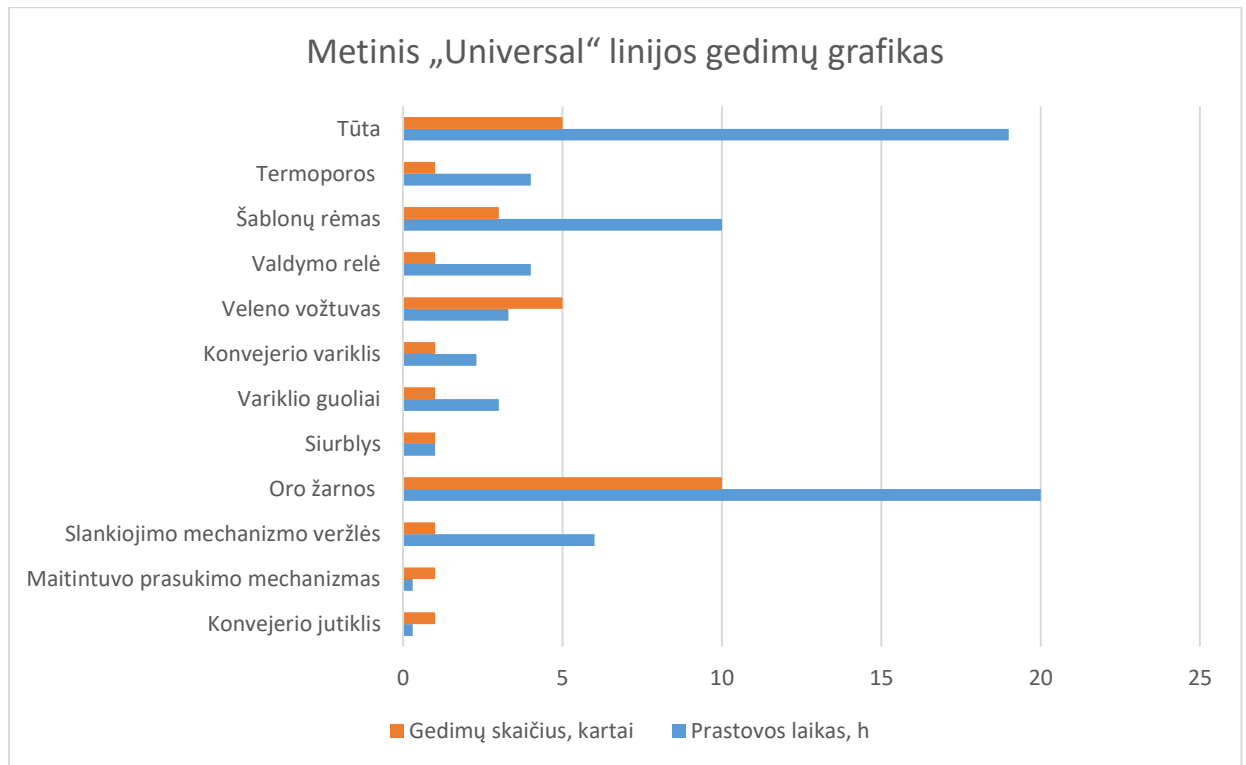
Apžvelgti įmonėje naudojami įrenginiai ir su jais susiję procesai. Kiekvienas įrenginys ilgainiui veikdamas susidėvi, todėl neišvengiamai padidėja jo gedimo tikimybė. Laiku ir tinkamai neatlikta techninė priežiūra, lemia gamyklos procesus bei gaminių kokybę. Todėl svarbu išsiaiškinti įrenginio probleminius mazgus, pagal gedimų statistiką.

Toliau analizuojamas kiekvienas įmonės įrenginys, pagal gedimo tipą, gedimų pasikartojimų skaičių ir prastovos laikus.

3. ĮMONĖS ĮRENGINIŲ GEDIMŲ ANALIZĖ

3.1 „Universal“ paviršinio montažo linijos 2016 metų gedimai

Surinkus 2016 metų gedimų statistiką, gautas apibendrintas gedimų ir pasikartojimų skaičius bei jų sukelti prastovų laikai. (3.1 pav.)

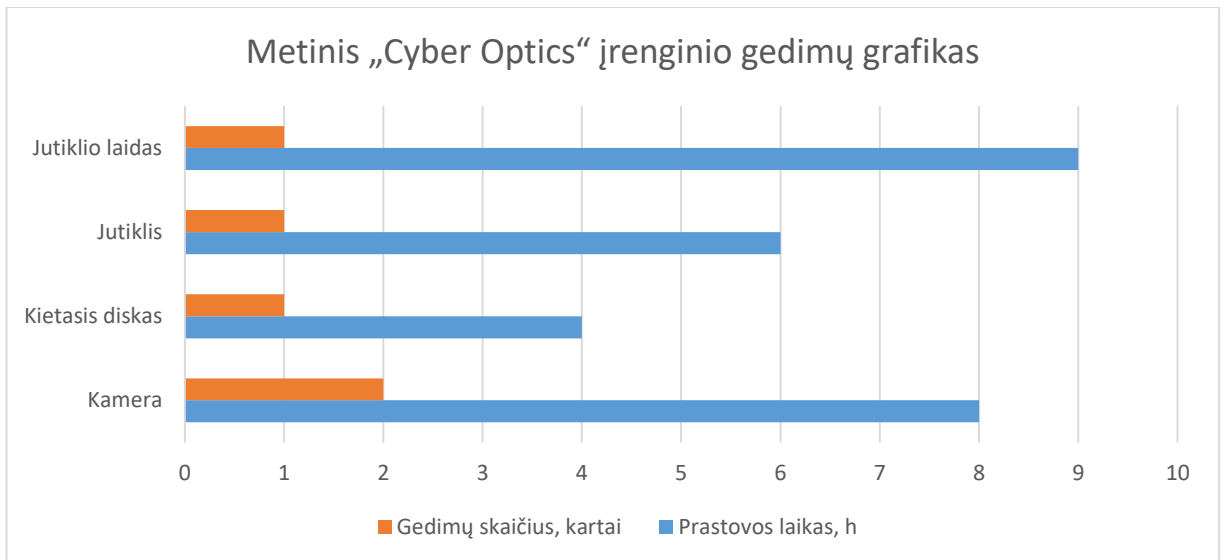


3.1 pav. „Universal“ paviršinio montažo linijos gedimų sąrašas ir prastovos laikas

Įrenginio apkrovimas yra 5 darbo dienos per savaitę po 8 valandų per parą. Iš turimų duomenų galima spręsti, kad dažniausiai pasikartojantys yra oro žarnos ir tūtos gedimai, kurie sudaro didžiausią prastovos laiką. Todėl norint sumažinti bendrą įrenginio prastovos laiką, papildomai reikėtų aptarnauti būtent šiuos mazgus, kai įrenginys nenaudojamas.

3.2 „Cyber optics“ įrenginio 2016 metų gedimai

Susisteminus 2016 metų laikotarpio duomenis, sudaryta stulpelinė diagrama, kurioje nurodyti gedimai bei jų sukeltų prastovų laikai (3.2 pav.).



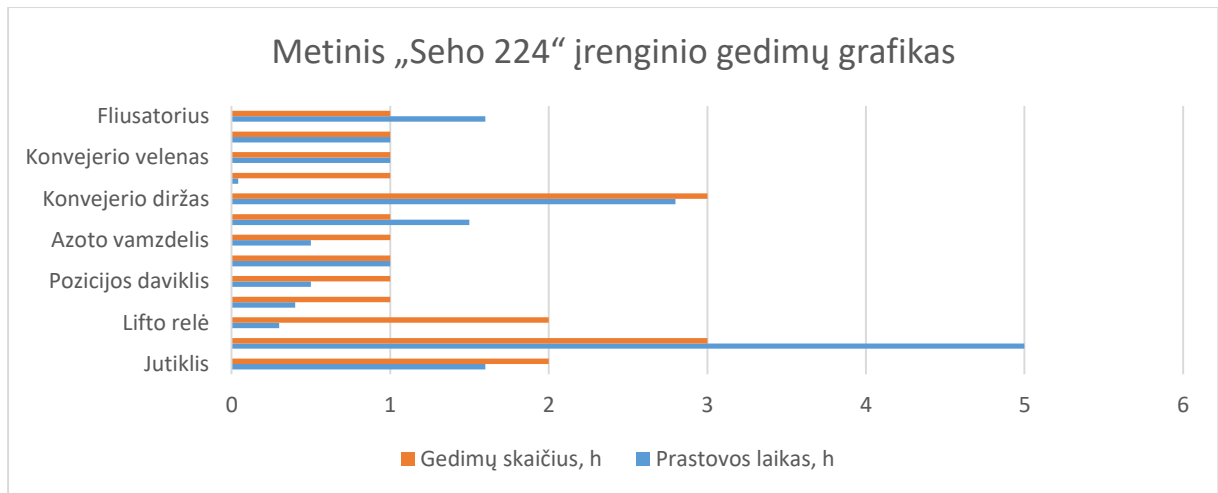
3.2 pav. „Cyber optics“ gedimų sąrašas ir prastovos laikas

Iš grafiko matyti, kad didžiausius prastovos laikus sudaro kameros ir jutiklio gedimai.

„Cyber optics“ įrenginys skirtas kokybės kontrolei atlikti. Įrenginio darbo laikas toks pat kaip ir paviršinio montavimo linijos, 5 darbo dienos per savaitę ir 8 valandos per parą, nes procesai vyksta paeiliui vienas po kito. Kadangi įrenginio konstrukcija yra stacionari, todėl gedimų santykinai mažai, o gedimai dažniausiai įvyksta dėl neatsargaus operatorių darbo. Taigi šio įrenginio priežiūrai užtikrinti reikėtų skirti papildomų resursų darbuotojų apmokymui bei informacinių priemonių darbo vietoje įrenginiui. Dėl nedidelio prastovos laiko prevencinį įrenginio apžiūrą atlikti netikslinga.

3.3 „Seho 2240“ įrenginio 2016 metų gedimai

Surinkus 2016 metų „Seho 2240“ įrenginio gedimų statistiką, pateikiamas apibendrintas gedimų ir pasikartojimų skaičius, bei jų sukeltas prastovos laikas. (3.3 pav.)

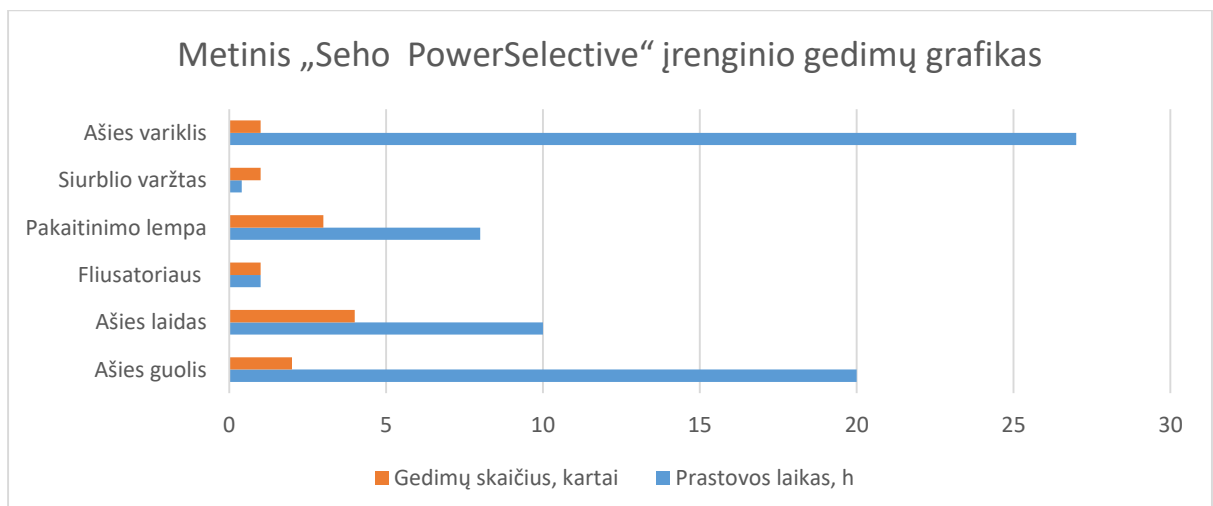


3.3 pav. „Seho 2240“ gedimų sąrašas ir prastovos laikas

Įrenginio apkrovimas yra intensyviausias iš visų įmonėje naudojamų įrenginių, kadangi jis dirba 5 darbo dienas per savaitę po 16 valandų per parą. Iš turimos duomenų statistikos matome, kad dažniausiai pasikartojančios yra konvejerio variklio ir diržo problemos, kurios sudaro didžiausius prastovos laikus. Taigi siekiant sumažinti bendrą įrenginio prastovos laiką, būtina sudaryti profilaktinę priežiūrą probleminiams komponentams.

3.4 „SEHO Power Selective“ įrenginio 2016 metų gedimai

„SEHO Power Selective“ įrenginio 2016 metų laikotarpio apibendrintieji gedimai ir pasikartojimų skaičius bei jų sukelti prastovos laikai pateikti 3.4 pav.

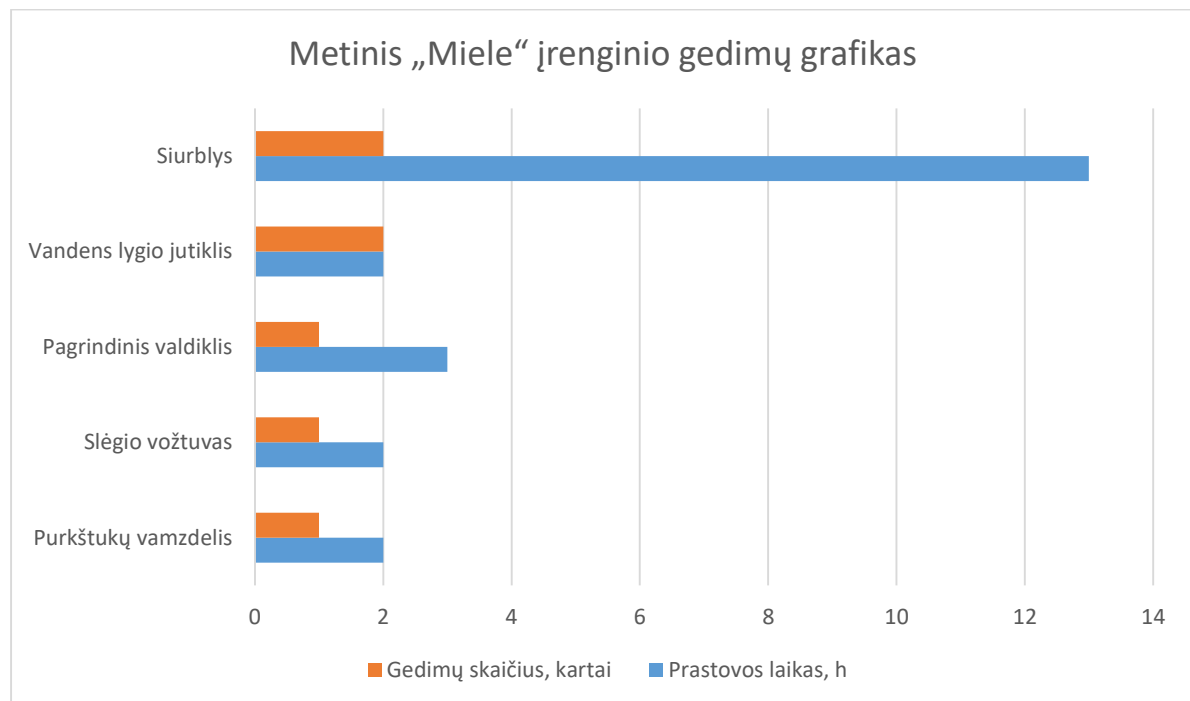


3.4 pav. „Seho Power Selective“ gedimų sąrašas ir prastovos laikas

Įrenginio veikimas yra 5 dienos per savaitę po 8 valandas per parą. Iš grafiko matyti, kad didžiausius prastovos laikus sudaro ašies variklio ir guolio gedimai. Todėl norint užtikrinti sklandesnį įrenginio darbą, reikėtų skirti dėmesį būtent į šiuos komponentus.

3.5 „MIELE Professional IR6002“ įrenginio 2016 metų gedimai

Surinkus 2016 metų gedimų statistiką, gautas apibendrintas gedimų ir pasikartojimų skaičius bei jų sukelti prastovų laikai. (3.5 pav.).



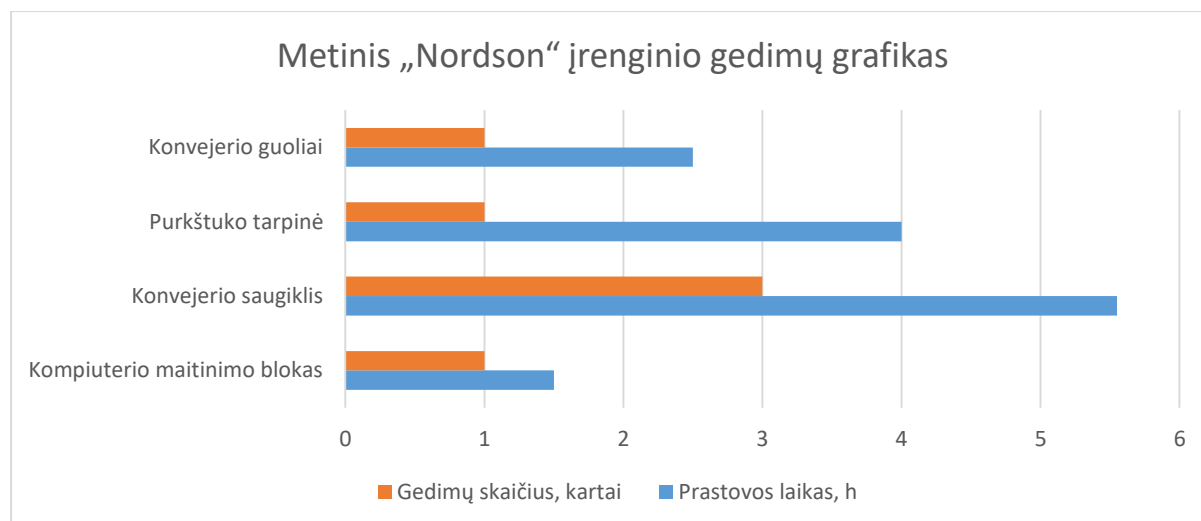
3.5 pav. „MIELE Professional IR6002“ gedimų sąrašas ir prastovos laikas

Iš grafiko matyti, kad didžiausius plovimo įrenginio prastovos laikus sudarė vandens siurblio gedimas.

Įrenginio veikimo laikas yra sąlyginai mažas, palyginus su kitais įmonės įrenginiais, kadangi plovimas atliekamas išskirtiniais atvejais, pagal užsakovo poreikį. Vidutiniškai įrenginys veikia 3 dienas per savaitę po 8 valandas per dieną. Iš turimų duomenų matyti, kad dažniausiai pasikartojantis yra siurblio gedimas, kuris sudarė didžiausią prastovos laiką. Todėl siekiant sumažinti bendrą įrenginio prastovos laiką, papildomai reikėtų patikrinti siurblių, kai įrenginys yra nenaudojamas.

3.6 „Nordson“ lakavimo įrenginio 2016 metų gedimai

Surinkus 2016 metų laikotarpio duomenis pateikiama stulpelinė diagrama, kurioje nurodyti „Nordson“ lakavimo įrenginio metiniai gedimai bei jų sukeltų prastovų laikai (3.6 pav.).



3.6 pav. „Nordson“ lakavimo įrenginio gedimų sąrašas ir prastovos laikas

Įrenginio darbo laikas yra toks pat kaip ir plovimo „MIELE Professional IR6002“ įrenginio, 3 dienos per savaitę po 8 valandas per dieną, kadangi lakavimo procesas vyksta po plovimo ir operacijos laikas yra identiškas. Iš grafiko matyti, kad didžiausius lakavimo įrenginio prastovos laikus sudarė konvejerio saugiklio perdegimas. Saugiklio gedimas yra atsitiktinis, todėl siekiant sumažinti bendrą įrenginio prastovos laiką, būtinas papildomas saugiklių atsargos likutis sandėlyje.

Taigi, išanalizavus 2016 metų įmonės įrenginių gedimus, buvo nustatyti kiekvieno įrenginio problemiškesni komponentai, kurie dažniausiai pasikartoja bei sukelia didžiausius prastovos laikus. Siekiant užtikrinti nepertraukiamą gamybą, svarbu įrenginiams atlikti tinkamą profilaktinę priežiūrą bei periodiškai atlikti įrenginių techninę diagnostiką. Šiuo metu įmonė netaiko specialių procedūrų įrenginių prastovų laikams sumažinti, o gedimai šalinami tik jiems atsiradus, dėl to prastovų laikai santykinai dideli. Toliau šiame darbe pasiūlyta profilaktinės priežiūros metodika ir diagnostikos įrankiai, kurie leistų optimizuoti įmonės įrenginių prastovų laikus.

4 PRIORITETINIO ĮRENGINIO NUSTATYMAS

Įmonėje naudojamiems įrenginiams reikia nustatyti galimą gedimų įtaką tolimesniam gamybos procesui, darbuotojų saugumui ir aplinkos užterštumui. Tam tikslui sudaryti svarbiausi kriterijai įrangos gedimo įtakai apibrėžti:

- Gamybos procesas. Jei įrenginio prastova turi įtakos kitiems įrenginiams atlikti savo operaciją, o dėl to reikia stabdyti susijusius procesus ir įrenginiai panaudojami neefektyviai, o įmonė patiria nuostolius dėl įrenginių ir darbuotojų prastovų.
- Produkto kokybė. Jei įrenginio gedimas gali pažeisti gaminamą produktą ar dėl gedimo prastovos vėluoti kliento nurodyti produkto pristatymo terminai, tuomet įmonė patiria papildomus nuostolius dėl grąžintų nekokybiškų gaminių, taip pat nukenčia įmonės įvaizdis ir negalima vykdyti iš anksto numatyto gamybinio plano.
- Saugumas ir aplinkos užteršimas. Jei įrenginio gedimas gali pakenkti darbuotojų sveikatai ar gyvybei. Gedimas gali padidinti aplinkos taršą ir pakenkti įtakos zonoje esantiems žmonėms, gyvūnams ar augalams.

Atsižvelgiant ir įvertinant šiuos rodiklius galima numatyti profilaktinės apžiūros būtinumą. Įvertinti įmonės prioritetinius įrenginius, kurie turi daugiausiai įtakos bendram įmonės pelningumui, gamybos našumui ir kelia didžiausią grėsmę aplinkiniams nelaimės atveju.

Nustačius įrangos prioritetinius kriterijus, buvo atlikta apklausa, kurioje dalyvavo įmonėje dirbantys operatoriai. Tai asmenys kiekvieną pamainą administruojantys įrangą, taip pat įmonės mechanikas, kuris atsakingas už įrangos priežiūrą, naujos įrangos įsigijimą ir gamybos vadovas, atsakingas už darbų paskirstymą, produktų kokybę bei gamybos apimtį. Jų buvo paprašyta įvertinti kiekvieną įrangą skalėje nuo 1 iki 5 (1 – neturi įtakos, 2 – mažai įtakos, 3 – vidutiniškai įtakos, 4 – daug įtakos, 5 – labai daug įtakos), pagal pateiktus kriterijus. Apklausus respondentus sudaryta prioritetinga matrica pateikta 4.1 lentelėje.

4.1 lentelė. Įrangos prioritetas įvertinimas

		Įrenginiai					
Kriterijai	Respondentai	Paviršinio montažo linija „Universal“	Optinės kontrolės įrenginys „Cyber Optics“	Skylinių komponentų litavimo įrenginys „SEHO 2240“	Selektyvinio litavimo įrenginys „SEHO Power Selective“	Plovimo įrenginys „MIELE Professional IR6002“	Lakavimo įrenginys „Nordson“
Įtaka gamybos procesui	Operatorius	3	2	4	4	3	2
	Mechanikas	4	3	4	4	3	3
	Gamybos vadovas	4	3	4	4	3	3
Įtaka produkto kokybei ir gamybos efektyvumui	Operatorius	4	3	3	3	2	2
	Mechanikas	4	2	4	4	3	3
	Gamybos vadovas	4	2	5	4	3	3
Įtaka saugumui ir aplinkos užteršimui	Operatorius	3	2	5	4	3	5
	Mechanikas	3	2	5	4	3	4
	Gamybos vadovas	2	2	4	4	3	4
Viso:		31	21	38	35	26	29

Įvertinus apklausos rezultatus, operatoriaus nuomone, svarbiausi įvardinti kriterijai – saugumas ir aplinkos užteršimas. Kadangi operatoriui kasdien tenka valdyti įrenginį, o įrenginio gedimas gali paveikti darbuotojo sveikatą ir turėti įtakos bendram darbuotojo darbo našumui. Operatoriams didžiausią susirūpinimą kėlė įrenginiai, kuriuose naudojamos pavojingos cheminės medžiagos: lakavimo įrenginys „Nordson“ ir skylių komponentų litavimo įrenginys „SEHO 2240“. Dėl juose naudojamų cheminių komponentų, kurie gali sudirginti kvėpavimo takus ar sukelti odos niežulį.

Mechanikas, kaip svarbiausią kriterijų, įvardijo prietaiso remonto laiką ir operacijos sudėtingumą. Tuo pačiu metu jam svarbu užtikrinti, kad įrenginio gedimas nepakenktų kitų įrenginių darbui. Todėl mechanikas išskyrė įrenginio „SEHO 2240“ veikimo svarbą.

Gamybos vadovas daugiausiai akcentavo produkto kokybės ir gamybos apimties svarbą, todėl kaip prioritetinį įrenginį išskyrė „SEHO 2240“, kadangi didžiąją dalį produkcijos sudaro skylinių komponentų plokštės.

Pagal apklausos rezultatų duomenis įmonei svarbiausia išlaikyti nenutrūkstamą „SEHO 2240“ darbą, kadangi šis įrenginys yra susijęs su didžiąja dalimi įmonės produktų. Ne mažiau svarbu, kad įrenginys veiktų našiai ir kokybiškai, o darbuotojai nepatirtų nelaimingų atsitikimų ir nepadidėtų profesinių ligų tikimybė dėl darbo aplinkos užterštumo.

Įvertinus duomenis, nutarta tyrime pagrindinį dėmesį skirti „SEHO 2240“ įrenginiui. Todėl tolesnėje darbo dalyje nagrinėjami „SEHO 2240“ įrenginio atskirų mazgų veikimo principai ir galimos gedimo priežastys, parinkti techninės diagnostikos įrankiai, sudarytos profilaktinės priežiūros užduotys.

5 DIAGNOSTINIŲ PARAMETRŲ PARINKIMAS

Įvertinus „SEHO 2240” įrenginio svarbą įmonės gamybos procesui, gedimų dažnumą ir pobūdį sudaroma profilaktinė priežiūra, kuri yra vienas iš svarbiausių ir taupiausių būdų pagerinti įrenginio patikimumą. Gerai parengta profilaktinė priežiūra gali padėti sumažinti pastangas, kurios dedamos siekiant sutaisyti sugedusią įrangą bei sumažinti su remontu susijusias išlaidas. Taip pat kiti gamyklos procesai yra susiję su įrangos gedimu, todėl jo gedimai lemia esminius finansinius praradimus ir klientų nusiskundimus už laiku nepristatytą gaminį. Siekiant viso to išvengti bei parengti tinkamą profilaktinės priežiūros programą, reikia atlikti detalią įrenginio konstrukcijos ir gedimų analizę. Tam reikia:

1. išanalizuoti įrenginio konstrukciją išskiriant atskirus mazgus;
2. ištirti atskirų komponentų veikimo principą;
3. nustatyti galimas jų gedimo priežastis;
4. nustatyti kokios būtinos priežiūros jiems reikia;
5. išsiaiškinti ar komponento gyvavimas yra nuspėjamas ar nenuspėjamas;
6. išsiaiškinti ar komponentas turi gedimo vystymosi periodą (angl. FDP – *Failure Developing Period*);
7. pasirinkti ekonomiškai naudingiausią techninės priežiūros metodą;
8. rasti objektyvius ir subjektyvius būdus komponento būklei nustatyti;
9. suformuluoti komponento profilaktinės priežiūros užduotis bei deleguoti užduotis atsakingiems asmenims.

5.1 Konvejerio variklio profilaktinės priežiūros programa

Įrangos išskirstymas į atskirus komponentus.

Litavimo įrenginį „Seho 2240“ sudaro daugelis atskirų komponentų, atsižvelgiant į metinę įrenginio gedimų statistiką (21 psl.) dažniausiai gendantis komponentas yra konvejerio variklis.



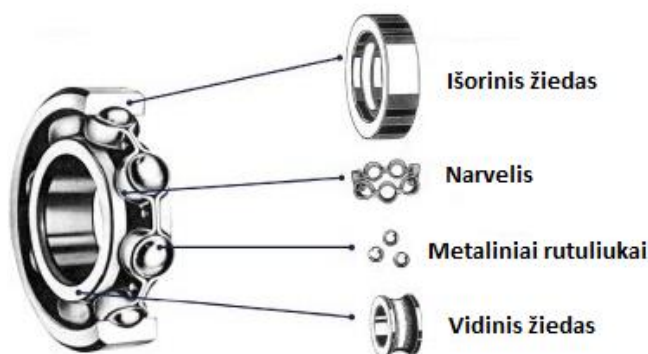
5.1 pav. „Seho 2240“ konvejerio elektros variklis [20]

Tipiniai elektros variklio gedimai

Patikimumo atžvilgiu svarbiausi konvejerio variklio sub-komponentai yra statorius ir guoliai, kurie pagal metinę gedimų statistiką dažniausiai genda.

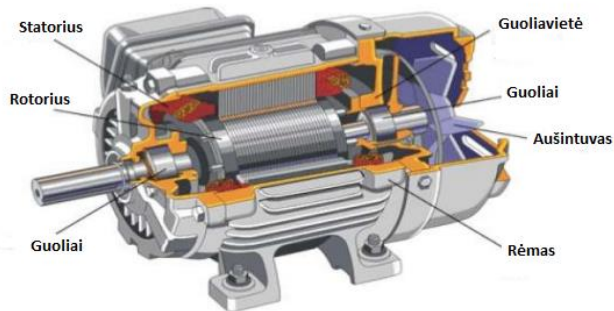
Guoliai naudojami rotoriaus velenui paremti ir sumažinti trintį tarp besisukančių dalių. Guoliai yra sudaryti iš keturių pagrindinių komponentų:[21]

- Išorinis žiedas – įstatomas į variklio korpusą. Tai nejudama dalis.
- Narvelis – prilaiko rutuliukus fiksuotai savo padėtyje ir leidžia jiems sukis.
- Metaliniai rutuliukai – jais užpildoma erdvė tarp išorinio ir vidinio žiedo, jų sukimasis palengvina judėjimą tarp vidinio ir išorinio žiedo.
- Vidinis žiedas – montuojamas ant variklio veleno ir sukasi su juo.[21]



5.2 pav. Rutulinio guolio sudėtis [21]

Tiekiant įtampą į statoriaus apvijas, jos sukuria besisukantį magnetinį lauką, kuris perduoda sukimosi momentą rotoriumi, dėl to sukasi variklio velenas. Statoriaus apvijos yra izoliuotos, siekiant išvengti trumpo jungimo.



5.3 pav. Konvejerio variklio skersinis pjūvis [22]

Guolių ir statoriaus gedimo priežastys

Atlikus analizę nustatyta, kad pagrindinės guolių gedimo priežastys yra šios:

- Netinkamas guolių sutepimas, kuris iššaukia trintį, rezultate guolis yra perkaitinamas. Tai viena iš dažniausiai pasitaikančių guolio gedimo priežasčių.
- Guolio užteršimas pašalinėmis medžiagomis (purvas, dulkės, abrazyvo milteliai).
- Korozija – drėgmė, rūgštys, pasenęs tepalas gali sukelti koroziją, kurios produktai apsineša ant guolio rutuliukų paviršiaus, taip apsunkindama jų sukimąsi.
- Guolio elementų nuovargis (ištrupėjimas) – nuo nuolatinio ir per didelio guolio apkrovimo, palaipsniui pasikeičia guolio geometrija, todėl trumpėja jo veikimo periodas.
- Perkaitinimas – yra didelių darbinių temperatūrų ir netinkamo tepimo rezultatas. Aukšta temperatūra gali sukelti tepalo ištekėjimą iš guolio. Taip pat aukšta temperatūra mažina metalinių rutuliukų ir žiedų kietumą.[23]

Pagrindinės statoriaus apvijų gedimo priežastys yra šios:

- Perkaitinimas – dėl aukštos temperatūros statoriaus apvijų izoliacija labai suprastėja, taip paveikdama variklio darbą.
- Purvas gali apsinešti ant statoriaus vėdinimo elementų. Suprastėjus aušinimui pakyla variklio darbinė temperatūra.
- Dažnas variklio paleidimas su trumpu operacijos laiku, taip pat yra viena iš dažniausių statoriaus apvijų gedimo priežasčių.[24]

Būtinieji komponentų priežiūros reikalavimai

Patikimam guolių veikimui užtikrinti būtinos šios procedūros:

- Neleisti į guolį patekti skysčiams ir chemikalams;
- Patikrinti ar variklis tinkamai prisuktas prie pagrindo, pagal užveržimo jėgų standartą, taip užkertant kelią galimiems virpesiams.[25]

Patikimam statoriaus veikimui užtikrinti būtinos šios procedūros:

- Užtikrinti, kad variklis yra neuždengtas, taip leidžiant aplink jį laisvai cirkuliuoti orui.
- Aušintuvą apsaugoti nuo galimų dulkių patekimo.
- Nuo variklio ir jo kabelių pašalinti bet kokį purvą, vandenį ar chemikalus.
- Stengtis nejungti variklio dažnai, su trumpais operacijų laikais.[26]

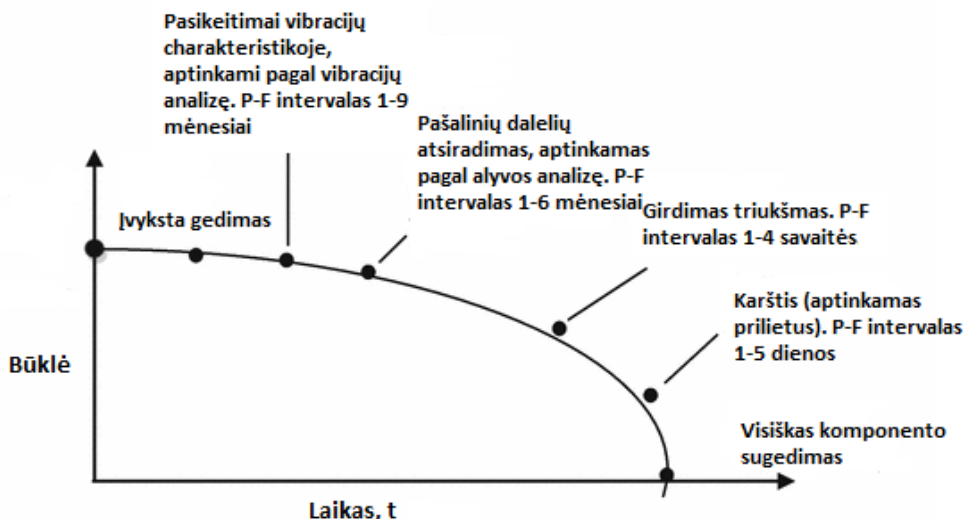
Komponento veikimo periodo nuspėjamas

Nuspėti guolio veikimo ilgaamžiškumą yra sudėtingas uždavinys, dėl parametrų kurie įtakoja guolio būklę. Laboratorijose, idealiu atveju veikiančių guolių gyvavimo periodas yra apskaičiuojamas, tačiau gamyklose yra daug veiksnių įtakančių guolio ilgaamžiškumą: temperatūra, korozija, purvas ir dulkės, virpesiai, per didelė apkrova. Todėl guolio gyvavimo laikas, įmonės atveju yra laikomas nenuspėjamu.[27]

Statoriaus veikimo periodas, taip pat dėl išoriniu veiksnių įmonės atveju yra laikomas nenuspėjamu.[28]

Komponentų gedimo vystymosi periodas

Dauguma komponentų gedimų, prieš jiems atsirandant, teikia tam tikrus įspėjamuosius ženklus. Pagal ISO13372 standartą, gedimai yra apibrėžiami, kai komponento veikimo būklė yra nepriimtina, arba jis nebegali tinkamai atlikti funkcijų. Komponentų gedimo vystymosi periodas yra būseną, kai įrenginys dar veikia, tačiau pakinta jo funkcinės savybės. Metodologija, kuri leidžia aptikti galimus gedimus yra vadinama „sąlygine“, nes patikrintas komponentas paliekamas veikti su sąlyga, kad jis atitinka gamintojo numatytas eksploataavimo savybes. Patikrų dažnumas apibūdinamas „P-F intervalu“ (5.4 pav.), tai intervalas tarp galimo avarinio gedimo iki visiško komponento gedimo.[29]



5.4 pav. Potencialūs gedimai ir būklės stebėjimo būdai [29]

Komponentų gedimo vystymosi periodas leidžia, panaudojus atitinkamus įrankius, atlikti komponento būklės stebėseną ar prognozinę priežiūrą, prieš komponentui visiškai sugendant.

Šiuo atveju guolių gedimas, gali būti aptiktas skirtingais laikais prieš gedimą, pasirinkus atitinkamą būklės stebėjimo metodą. Ankstyvieji guolių gedimai gali būti aptinkami atliekant virpesių ir alyvos analizę. Taigi gebėjimas nustatyti guolių gedimą ankstyvojoje stadijoje galima teigti, kad statorius turi gedimo vystymosi periodą.

Statoriaus degradacija gali būti aptinkama temperatūros matavimais. Šis būdas taip pat gali būti naudojamas aptinkant gedimą statoriaus gedimo ankstyvojoje stadijoje. Taigi galima teigti, kad statorius turi gedimo vystymosi periodą.

Ekonomiškai naudingiausias priežiūros metodas

Guoliams ir statoriui pasirinkta būkle pagrįsta priežiūra. Tuomet profilaktinė priežiūra atliekama, kai komponento parametrai artėja ar pasiekia apibrėžtą reikšmę ar situaciją. Komponento būklės stebėseną atliekama, kada reikalinga. Prognozavimo metodai varijuoja nuo paprastų kontrolinių sąrašų iki sudėtingų matavimo metodų. Tačiau paprasti kontroliniai sąrašai, kartu su žmogaus pojūčiais (pvz.: vizualinė inspekcija ar aptikimas keistų garsų besisukančiuose elementuose), gali aptikti daug potencialių problemų ir inicijuoti remontą, prieš gedimui progresuojant, ar komponentui visiškai sugendant. Pramonėje naudojami ir žymiai sudėtingesni būklės nustatymo metodai: virpesių stebėseną, tribologiniai tyrimai (alyvos ir nusidėvėjimo analizė), termografija (infraraudonųjų spindulių), ultragarsas (triukšmo

analizė), elektrinis testavimas (varžos matavimai). Taigi būkle pagrįsta priežiūra paremta komponentų parametru stebėjimu.

Objektyvūs ir subjektyvūs būklės tikrinimo metodai

Objektyvūs būdai patikrinti guolius yra panaudojant virpesių analizę, taip pat smūginių impulsų metodą ar infraraudonųjų spindulių termometrą, virpesių matuoklį.

Kaip galimas subjektyvus guolių tikrinimas yra klausymas. Keliantis triukšmą guolis įspėja apie galimą jo gedimą.

Objektyvūs būdai patikrinti statorių yra panaudojant variklio analizatorių ir temperatūros rodmenis, taip pat srovės stiprumo rodmenis.


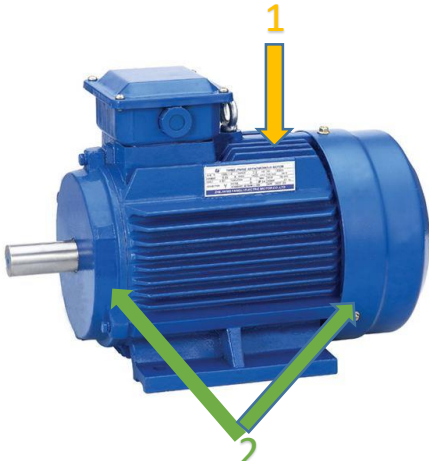
Statoriaus būklės patikrinimas subjektyviais būdais, galimi šie variantai: klausymas, lietimasis ir kvapas.

Profilaktinės priežiūros užduotys


Profilaktinės priežiūros užduotys yra aprašomos pagal IDCON firmos siūlomą būklės stebėjimo standartą (angl. *CMS – Condition Monitoring Standart*). Ši sistema padeda atlikti tinkamą įrenginių priežiūrą bei gali būti pritaikyta bet kurioje pramonės įmonėje. Kintamos srovės variklio profilaktinės priežiūros užduotys aprašomos pagal IDCON firmos CMS – 100R standartą (5.1 lentelė).[30]

5.1 lentelė. IDCON priežiūros standartas konvejerio varikliui

Objektas	Kaip	Kodėl
Oro įsiurbimas	Patikrinti ar nesulūžęs variklio ventiliatorius ir neužsikišęs oro įsiurbimas. Jei tai sunku pastebėti varikliui dirbant, tuomet naudoti stroboskopą. Rekomenduojama variklio ventiliatorių dažyti šviesia spalva, kad jį būtų galima matyti per atstumą. Ventiliatoriaus gaubtas gali būti dažomas juoda matine spalva, pagerinant ventiliatoriaus matomumą.	Pakilusi temperatūra mažina variklio gyvavimo trukmę (žiūrėti žemiau).

	<p>Užtikrinti švarų plotą po varikliu</p> 	
Detalus valymas	<p>Išvalyti aušinimo briaunas ir guolių korpusus nuo purvo, dulkių ar tepalų. Išvalyti aušinimo įėjimo ir išėjimo ventiliatoriaus plotą, įsitikinant, kad oro srautas nėra blokuojamas. Pastaba: įsitikinti, kad oro srauto angos ir tarpas po varikliu taip pat yra švarūs.</p>	<p>Temperatūros padidėjimas 10 °C sumažina elektros variklio gyvavimo trukmę iki 50%.</p>
Skysčiai/drėgmė	<p>Patikrinti ar nėra vandens ar drėgmės aplink variklį, ypač svarbu patikrinti, jog elektros jungtys nebūtų paveiktos drėgmės ar skysčių.</p>	<p>Vanduo gali sukelti trumpą jungimą variklyje.</p>
Temperatūra	<p>Švarų variklio paviršių patikrinti su infraraudonųjų spindulių temperatūros matuokliu.</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Aukšta temperatūra variklio viduryje, gali įspėti apie variklio apvijų pažeidimus arba įspėti dėl per didelio variklio apkrovimo. 2. Karšti plotai guolių vietoje, gali reikšti, kad guoliai sugadinti, neteisingai centruoti arba nepakankamai sutepti.

Triukšmas ir virpesiai	<p>Iš arti klausytis variklio veikimo ir stengtis išgirsti neįprastą varikliui garsą. Virpesiai gali būti aptinkami: 1. Variklio lietimu (subjektyvus būdas) – pamėginti aptikti neįprastai didelę vibraciją, liečiant atskirus variklio plotus; 2. Virpesių matuoklės pagalba dažniausiai pakanka išmatuoti virpesių lygį. Didžiausios virpesių reikšmės dažniausiai aptinkamos varikliui esant horizontalia padėtimi. Jei nustatomas aukštas virpesių lygis, sutepti guolį, tuo pačiu metu atliekant virpesių matavimą. Suteptas guolis sukelia mažesnę virpesių lygį. Kai virpesių lygis nustoja mažėti, sustabdyti guolio tepimą. Tai padeda užtikrinti, jog guolis nebūtų per daug suteptas. Atlikti variklio virpesių matavimą po 2-3 dienų, jei virpesių lygis yra aukštas, tepalas išbėgęs, arba guolis pažeistas, pranešti gamyklos mechanikui; 3. Virpesių spektro analize – šis metodas atliekamas tada, kai variklio gedimo pasekmės, mažiausiai du kartus yra brangesnės, nei atliekant pilną virpesių spektro analizę, ir turi būti atliekamas kas 2-3 savaites.</p>	<p>Triukšmai ir virpesiai gali atsirasti dėl atsilaisvinusių variklio montavimo varžtų, susidėvėjusių guolių, sugadintų variklio apvijų, sulūžusio ventiliatoriaus. Virpesius taip pat sukelti gali šalia dirbantys įrenginiai.</p>
Variklio montavimo pagrindas	<p>Patikrinti kad visi tvirtinimo varžtai būtų tinkamai prisukti bei nepažeisti korozijos. Pakeisti korozijos pažeistus varžtus: įsitikinti kad veržlės ir varžtai pagaminti iš to paties metalo, ar metalų kombinacijos, kuri nesukelia galvaninės korozijos. Patikrinti ar variklio montavimo pagrindas nepažeistas korozijos.</p>	<p>Atsilaisvinę tvirtinimo varžtai palaiapsniui sukelia išsivertimą. Du skirtingi metalai išsukia koroziją. Pažeistas variklio montavimo pagrindas gali sukelti virpesius.</p>
Elektrinė dalis	<p>Patikrinti ar nepažeisti kabeliai. Patikrinti lanksčiąją gofrą ir įsitikinti, kad ji įmontuota teisingai ir nepažeista. Patikrinti jungiamosios dėžutės būklę. Atlikti įtampos matavimus ir patikrinti kiekvienos fazės elektrinius disbalansus.</p>	<p>Neapsaugoti kabeliai gali sukelti elektrinės grandinės trumpinimus, bei kitas elektros problemas.</p>

	Elektrinis disbalansas iššaukia tokias pačias problemas kaip ir mechaninis.	
Tepimas	Sutepti abu guolius pagal gamintojo rekomendacijas. Naudoti smūginių impulsų matavimo prietaisą, ar kitą virpesių matavimo įrankį tepimo metu, jog būtų stebimas tepalo patekimas į guolį. Dėl per didelio tepalo kiekio, tepalas gali patekti į variklio apviją.	<p>Jeigu tepalo išleidimo kamštis nėra pašalintas ar apsauginis vožtuvas laisvai nejuda, tuomet tepalas išstums guolio sandariklius, taip sugadindamas guolį. Per didelis tepalo kiekis pasieks variklio apviją, taip pablogindamas izoliaciją.</p>  <p>Smūginių impulsų matavimo prietaisas.</p>

Profilaktinės priežiūros užduotys

Sudaromos „SEHO 2240“ elektrinio variklio profilaktinės priežiūros užduotys:

1 užduotis.

Patikrinti variklio oro įsiurbimo ertmes, variklio montavimo pagrindą ir elektrinę dalį, skysčių ir drėgmės nebūvimą, pamatuoti ir įsitikinti jog variklio temperatūra yra žemiau 70⁰ C. Atlikti variklio išorės valymą.

Užduotys atliekamos operatoriaus kartą į savaitę.

2 užduotis.

Reikalingi įrankiai užduočiai atlikti: smūginių impulsų matavimo įrankis ir virpesių matuoklė.

Patikrinti vidinį guolį varikliui panaudojant smūginių impulsų matavimo įrankį ar virpesių matuoklę. ISO 10816 standartas apibrėžia, kad jei bendri rodmenys yra didesni nei 2,795mm/sec, tiriamos antros klasės vidutinių mašinų darbingumas yra nepatenkinamas.

Jei virpesiai $> 2,794$ mm/sec informuoti mechanikos inžinierių.

Jei smūginių impulsų matavimo įrankis rodo raudoną spalvinį pranešimą, inicijuoti guolio keitimo darbus.

Tikrinimas atliekamas mechaniko, kartą per du mėnesius.

3 uždutis.

Panaudojant virpesių analizatorių išmatuoti virpesius ir išanalizuoti guolių virpesių spektrą.

Atliekama išorės virpesių analizė kartą į 2 mėnesius.

4 uždutis.

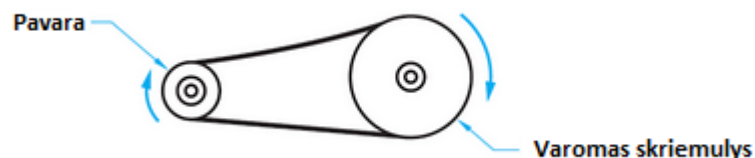
Naudojant veikiančio variklio analizatoriumi surinkti duomenis.

Atliekama elektriko, kartą į pusmetį.

5.2 Trapecinio diržo profilaktinės priežiūros programa

Trapecinio diržo veikimo principas

Trapeciniai diržai naudojami perduoti energiją tarp dviejų velenų, kurių ašys yra atitolusios viena nuo kitos. [31]



5.5 pav. Tipinis trapecinio diržo montavimas [31]

Diržas yra montuojamas ant skriemulių, kurie yra įmontuoti prie varančiojo ir varomojo veleno, pavaros veikimas yra priklausomas nuo trinties tarp diržo ir skriemulio. Diržas įstatomas į skriemulio griovelį taip sudarydamas kontaktą su skriemulio sienelėmis.

Diržo gedimo priežastys [31]

Nusidėvėjimas – tinkamai tarp dviejų skriemulių lygiuotas ir įtemptas diržas ilgai kraštuose nusidėvi vienodai. Jei diržo nusidėvėjimas yra greitas ir sukelia priešlaikinį gedimą, tai gali perspėti apie netinkamą lygiavimą ar dulkių ir abrazyvo atsiradimą.

Diržo skilinėjimas – pernelyg įkaistantis diržas gali suskilinėti ir sukietėti jo apatinė dalis. Diržo perkaitimą gali iššaukti prasta ventiliacija ar diržo praslydimas.

Diržo išsitempimas – jei diržas yra išsitempęs už diržo reguliavimo diapazono, reiškia, kad diržo vidinės rišančios virvės yra pažeistos ir diržas turi būti pakeistas nauju.

Diržo išsipūtimas – jei diržo medžiaga išsipūtusi ar korėta, reiškia, kad diržas yra paveiktas tepalo ar kitų cheminių medžiagų.

Diržo nudegimai – jei bet kurioje diržo dalyje yra degimo žymių, tai reiškia, kad diržas praslysta variklio įjungimo metu.

Skriemulio sienelių įgaubimai – skriemulio būklė taip pat gali būti įrodymas apie nusidėvėjusį diržą. Skriemulio griovelio šonų ar apatinės dalies blizgėjimas, perspėja, kad diržas yra susidėvėjęs. Tokiu atveju, pažeisti skriemuliai ir trapeciniai diržas turi būti pakeisti naujais.



5.6 pav. Nusidėvėjusio diržo pažeidimai skriemulio sienelėms [31]

Būtinieji trapecinių diržų priežiūros reikalavimai

Patikimam diržų darbui užtikrinti būtinos šios procedūros:[31]

- Diržai turi būti naudojami švarioje, sausoje vietoje. Apsaugoti nuo tiesioginio šilumos šaltinio ir tiesioginių saulės spindulių.
- Diržo skriemuliai turi būti apsaugoti nuo tepalo ar kitų cheminių medžiagų poveikio.
- Diržo įtempimas turi būti reguliuojamas pagal gamintojo specifikaciją.
- Diržai negali būti deformuoti ant skriemulių.

Komponento veikimo periodo nuspėjamas

Trapecinio diržo veikimo ilgaamžiškumas priklauso nuo aplinkos faktorių, neturint patikimų duomenų apie diržo veikimo ilgaamžiškumą, įmonės atveju diržo veikimo periodas yra atsitiktinis ir nuspėjamas.

Komponento gedimo vystymosi periodas

Trapeciniui diržui nutrūkti per vieną gamybos pamainą yra maža tikimybė, nebent įvyksta visiškai atsitiktinis įvykis. Dažniausiai diržo gedimo požymių galima aptikti skirtingais laiko tarpais tarp gedimų. Ankstyvasis diržo gedimas gali būti aptiktas panaudojant diržo įtempimo matuoklį ir skriemulio griovelio matuoklį.[32]

Ekonomiškai naudingiausias priežiūros metodas

Trapeciniui diržui pasirinkta naudoti būkle pagrįsta priežiūra. Profilaktinė priežiūra atliekama, kai diržo parametrai pakinta. Todėl remonto darbai inicijuojami, prieš gedimui progresuojant ar trapeciniui diržui visiškai nefunkcionuojant.

Objektyvūs ir subjektyvūs būklės tikrinimo metodai

Objektyvūs būdai patikrinti trapecinį diržą yra panaudojant diržo įtempimo matuoklį ar indukcinį jutiklį.

Subjektyvus būdas patikrinti diržus yra panaudojant žmogiškus pojūčius uoslę, klausą ir regą. Žmogaus uoslė gali aptikti diržo temperatūros padidėjimą, užuosdama nemalonų svylančios gumos kvapą. Klausą galima aptikti blogai dirbančio diržo keliamus garsus – čirškėjimą, cypimą, pašalinį trynimasi. Regą galima aptikti diržo pažeidimus: išsisluoksniavimą, įtrūkimus, diržo audinio atplaišas.

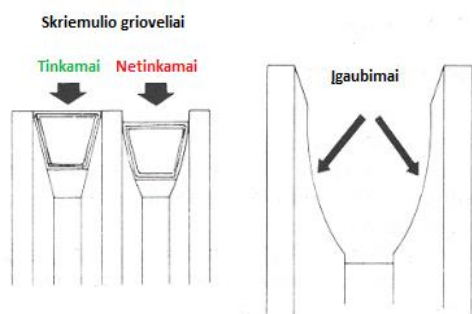
Profilaktinės priežiūros užduotys

Trapecinio diržo profilaktinės priežiūros užduotys aprašomos pagal IDCON firmos CMS – 107R priežiūros standartą (5.2 lentelė).[30]

5.2 lentelė. IDCON priežiūros standartas trapeciniui diržui

Objektas	Kaip	Kodėl
Bendra būklė	Patikrinti bendrą skriemulių būklę, įsitikinti kad diržai veikia be virpesių ir kad skriemuliai būtų lygiagrečiai vienas su kitu. Galimi skriemulių pasislinkimai į veleno pusę, todėl straboskopo pagalba patikrinti skriemulio montavimą ar nėra atsilaisvinę tvirtino varžtai. Patikrinti ar nėra patekusio tepalo ar dulkių ant diržo.	Tepalo patekimas ant diržo suminkština gumą, tai paspartina diržo susidėvėjimą. Tepalas taip pat sukelia diržo praslydimą, kuris sumažina pavaros našumą ir pagreitina diržo nusidėvėjimą. Papildoma medžiaga pvz. dulkės tarp diržo ir skriemulio griovelio sienelių gali nudėvėti diržo dangą ir sukelti slydimą.
Triukšmas ir virpesiai	Diržo cypimas yra diržo slydimo indikatorius, kuris gali atsirasti dėl papildomų medžiagų tarp diržo ir skriemulio. Esant galimybei visada patikrinti diržo įtempimą. Jei diržas yra laisvas, tai gali atsitikti dėl pasislinkusio skriemulio, veleno ar variklio, taip pat laisvumas gali atsirasti dėl išsitampiusio diržo. Pakeisti diržą, jei jis atrodo vizualiai išsitampęs. Jei diržas buvo pakankamai įtemptas, bet per trumpą laiką atsilaisvino, tai ženklas kad jis jau susidėvėjęs. Jei manoma, kad skriemulys, velenas ar variklis pasislenka, reikia pasistengti išsiaiškinti šios problemos priežastis. Jei diržo cypimas atsiranda dėl perkrovos, reikia pabandyti rasti perkrovos priežastis.	Jei diržas yra atsilaisvinęs, trinties atsiradimas gali sudeginti diržo audinį. Perkrovos žymiai sumažina diržo ir guolių gyvavimo trukmę.

Skriemulio grioveliai turi būti lygūs, vienodo dydžio, su tiesiomis šoninėmis sienelėmis. Įgaubtos sienelės sudėvi diržo apatinę dalį, taip leisdamas diržą žemyn grioveliu. Diržo viršutinė dalis turi sutapti su skriemulio viršutine dalimi. Patikrinti diržo šonų nusidėvėjimą, įtrūkimus, diržo apvalkalo pažeidimus. Taip pat patikrinti diržo apatinės dalies nusidėvėjimą.

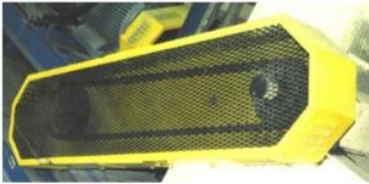


Patikrinti ar diržo apačia nesiliečia su skriemulio griovelio apatine dalimi.



Pratrintas diržas ar skriemulys neperduos pavaros galios efektyviai ir tai gali sukelti konvejerio veikimo sutrikimus.

Blizgus skriemulio griovelio apatinis paviršius perspėja apie diržo arba skriemulio nusidėvėjimą.

Pasiruošimas atliekant patikrą nestabdant įrenginio	<p>Patikra nestabdant įrenginio yra ekonomiškai naudingesnė, nei sustabdant įrenginį patikrai, kadangi tai įmonei brangiai kainuoja. Žemiau pateikiami pavyzdžiai kaip galima patikrinti diržus nestabdant įrenginio.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Diržo apsauga turi būti permatoma, pavyzdžiui iš metalinio tinklelio.  <ul style="list-style-type: none"> • Užbraukti liniją statmenai diržo, siekiant išsiaiškinti ar diržas nepraslysta. Jei varantysis skriemulys sukasi, o užbraukta linija nejuda, tai reiškia, kad diržas praslysta. 	<p>Jei reikia modifikuoti diržo apsaugas, kad būtų galima stroboskopo pagalba matyti skriemulius ir diržą.</p> <p>Leidžia greitai atlikti apžiūrą, pažiūrėjus į diržą iš viršaus.</p>
---	--	---

Profilaktinės priežiūros užduotys

Remiantis IDCON firmos standartu sudaromos trapecinio diržo profilaktinės priežiūros užduotys:

1 užduotis.

Nuvalyti dulkes ir purvą nuo diržo ir skriemulių. Patikrinti ar ant diržo nėra atsiradę atplaišų bei degimo žymių. Patikrinti apatinę diržo dalį, taip pat patikrinti ar nėra blizgi

skriemulio griovelio apatinė dalis. Patikrinti ar diržas nėra paveiktas tepalo ar kitų cheminių medžiagų.

Atliekama kartą į savaitę operatoriaus.

2 uždutis.

Įrankiai reikalingi užduočiai atlikti: diržo įtempimo matuoklė.

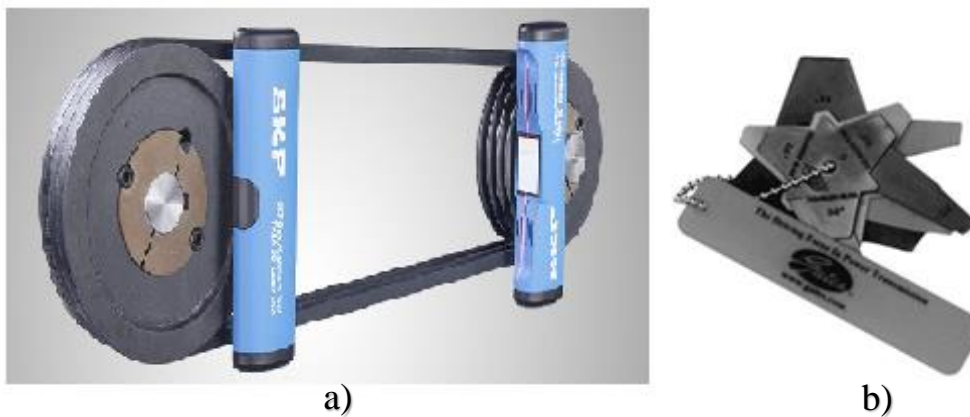
Patikrinti ar diržo įtempimas atitinka gamintojo nurodytoje specifikacijoje 400N jėgą (galima 5% paklaida). Jei testerio parodymai neatitinka gamintojo pateiktų įtempimo tolerancijų, atlikti diržo įtempimą ar atlaisvinimą. Praėjus 2-3 dienoms, pakartoti diržo įtempimo matavimą. Jei diržas išsistampęs, inicijuoti diržo keitimo darbus.

Atliekama mechaniko kartą į savaitę.

3 uždutis.

Panaudojus diržo lygiavimo įrankį TKBA 40 (5.7b pav), patikrinti diržų lygiavimą. Patikrinti skriemulio tvirtinimo varžtus. Specialiu įrankiu (5.7a pav.) patikrinti skriemulio griovelių išgaubimą. Jei išgaubimai akivaizdūs, inicijuoti skriemulių ir diržo keitimą.

Atliekama mechaniko kartą į 2 mėnesius.

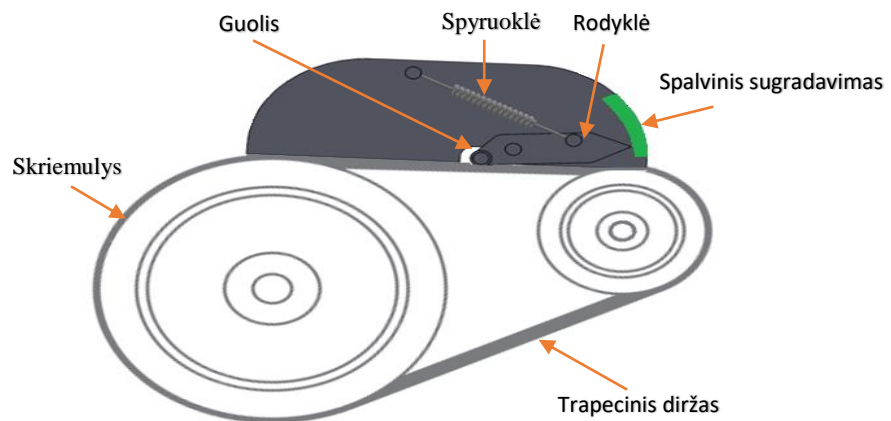


5.7 pav. a) Įrankis TKBA 40 b) Skriemulio griovelių matuoklis [33]

6 DIRŽO ĮTEMPIMO MATUOKLĖS PROJEKTAVIMAS

Kadangi dažniausiai gendantis komponentas yra trapecinis diržas, kurio įtempimą reikia nuolat matuoti sukurta trapecinio diržo įtempimo matuoklė. Matuoklė leistų patikimai ir greitai atlikti diržo įtempimo patikrinimą, taip efektyvinant įmonės darbą, kadangi patikrą galėtų atlikti operatorius.

Matuoklės veikimo principas: matuoklės korpusas uždedamas tarp dviejų skriemulių, diržo įtempimo jėga suka matuoklės viduryje įmontuotą rodyklę, kurios gale yra guolis kuris palengvina rodyklės sukimąsi. Ant matuoklės korpuso, atlikus „*SolidWorks*“ judesio analizę, sugraduojamas spalvinis žymėjimas, kuris parodo ar trapecinis diržas pakankamai įtemptas. (6.1 pav.).



6.1 pav. Diržo įtempimo matuoklės veikimo principas

„*Solid works*“ judesio analizė

Sudarius diržo įtempimo matuoklės modelį, atliekama judesio analizė siekiant nustatyti matuoklės jėgos intervalą ant korpuso.

Įrenginio gamintojo specifikuota diržo įtempimo jėga yra 400N su 5% paklaida. Panaudojus spyruoklės standumo skaičiuoklę, apskaičiuojami pagrindiniai spyruoklės parametrai. (6.2 pav.)[34]

Inputs

Select your unit of measure: English Metric

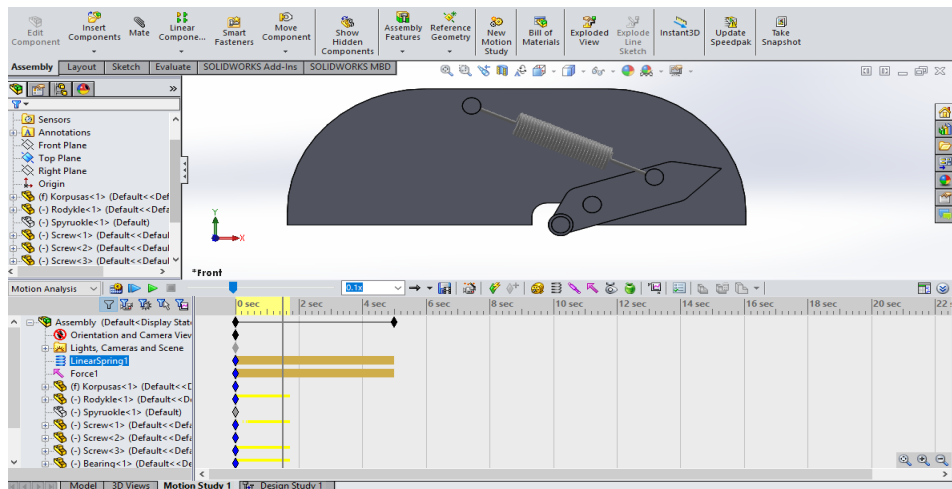
A	Wire Diameter, <i>wd</i> :	2.7	IN	MM
B	Outer diameter, <i>OD</i> :	15	IN	MM
C	Length Inside Hooks, <i>L_{ih}</i> :	100	IN	MM

Select a material: Chrome Silicon ASTM A401

Calculate

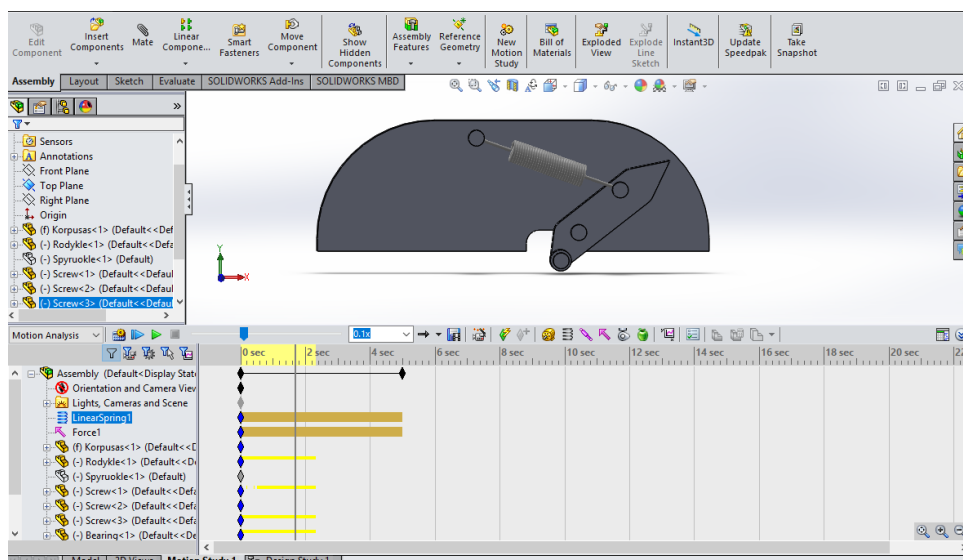
6.2 pav. Pagrindiniai spyruoklės parametrai

Įvedus pagrindinius spyruoklės parametrus „SolidWorks“ *Motion analysis* aplinkoje nustatome rodyklės padėtį veikiant 420N jėgai. (6.3 pav.)



6.3 pav. Rodyklės padėtis veikiant 420N jėgai

Pakeičiame veikiančią jėgą į 380N, ir nustatome rodyklės padėtį.(6.4 pav.).



6.4 pav. Rodyklės padėtis veikiant 380N jėgai

Diržo įtempimo matuoklės ekonominis atsiperkamumas

Šiuo metu įmonėje diržų įtempimo patikrinimas neatliekamas. Tačiau rinkoje galima rasti įprastinę diržų įtempimo matuoklę kurios kaina yra 30 €.[35] Tikrinimas turi būti atliekamas mechaniko, o matavimas užtrunka vidutiniškai 2 minutes.

Surinkus visų matuoklės komponuojančių dalių kainas bei įvertinus apdirbimo ir surinkimo kainą, apskaičiuojama naujai sukurtos diržų įtempimo matuoklės gamybos savikaina (6.1 lentelė).[36][37][38][39]

6.1 lentelė. Matuoklės komponuojančių dalių kainos

Standartinė detalė	Kiekis	Vnt. Kaina, €	Viso, €
Varžtas ISO7045 M8x25	3	0,15	0,45
Varžtas ISO7045 M8x16	1	0,14	0,14
Veržlė ISO4035 M8	3	0,1	0,3
Guolis ISO1206-A-490819-14	1	1,49	1,49
Korpuso aliumininė plokštelė	1	6,84	6,84
Rodyklės aliumininė plokštelė	1	3,48	3,48
Spyruoklė	1	0,5	0,5
Apdirbimas ir surinkimas	-	-	24,25
			37,45

Apskaičiuojama matuoklės apdirbimo kaina.

Įmonės CNC frezavimo staklių ir mechaniko valandiniai darbo įkainiai (6.2 lentelė).

6.2 lentelė. CNC frezavimo staklių ir mechaniko valandiniai darbo įkainiai

CNC frezavimo staklės	26 €/val.
Mechanikas	15 €/val.

Matuoklės korpusui ir rodyklės frezavimui užtrunkama 30 minučių. Frezavimą atlieka mechanikos inžinierius.

Apskaičiuojama matuoklės korpuso ir rodyklės frezavimo kaina.

$$0,5 \times 26 + 0,5 \times 15 = 20,5 \text{ €}$$

Apskaičiuojama matuoklės surinkimo kaina.

Matuoklę surinkinėja mechanikas. Surinkimas trunka 15 minučių.

$$0,16 \times 15 = 3,75 \text{ €}$$

Panaudojant įprastinę diržų įtempimo matuokle tikrinimas vidutiniškai užtrunka apie 2 minutes, o su naujai sukurta matuokle tikrinimas vidutiniškai užtrunka 30 sekundžių.

Atsižvelgiant į nustatytus įmonės darbuotojų valandinius darbo įkainius apskaičiuojamas darbo kaštų sutaupymas.

Įmonės darbuotojų valandiniai darbo įkainiai (6.3 lentelė).

6.3 lentelė. Darbuotojų valandiniai darbo įkainiai

Mechanikas	15 €/val.
Operatorius	7 €/val.

Apskaičiuojama darbų kaina, kai diržo įtempimas matuojamas įprastiniu įrankiu ir užtrunka 2 minutes.

Tikrinimo laikas × darbuotojo darbo įkainis = tikrinimo darbo kaštai

$$0,033 \times 15 = 0,5 \text{ €}$$

Įmonėje taip pat naudojami dar 2 įrenginiai, kuriuose specifikuota gamintojo vienoda trapecinio diržo įtempimo jėga. Taigi sukurta matuoklė gali būti panaudojama ir dar dviejų

įrenginių diržo įtempimo matavimui. Apskaičiuojama metinė, 52 savaitių, darbų kaina tikrinant trijų įrenginių trapecinio diržo įtempimo jėgą įprastiniu įrankiu.

$$0,5 \times 3 \times 52 = 78 \text{ €}$$

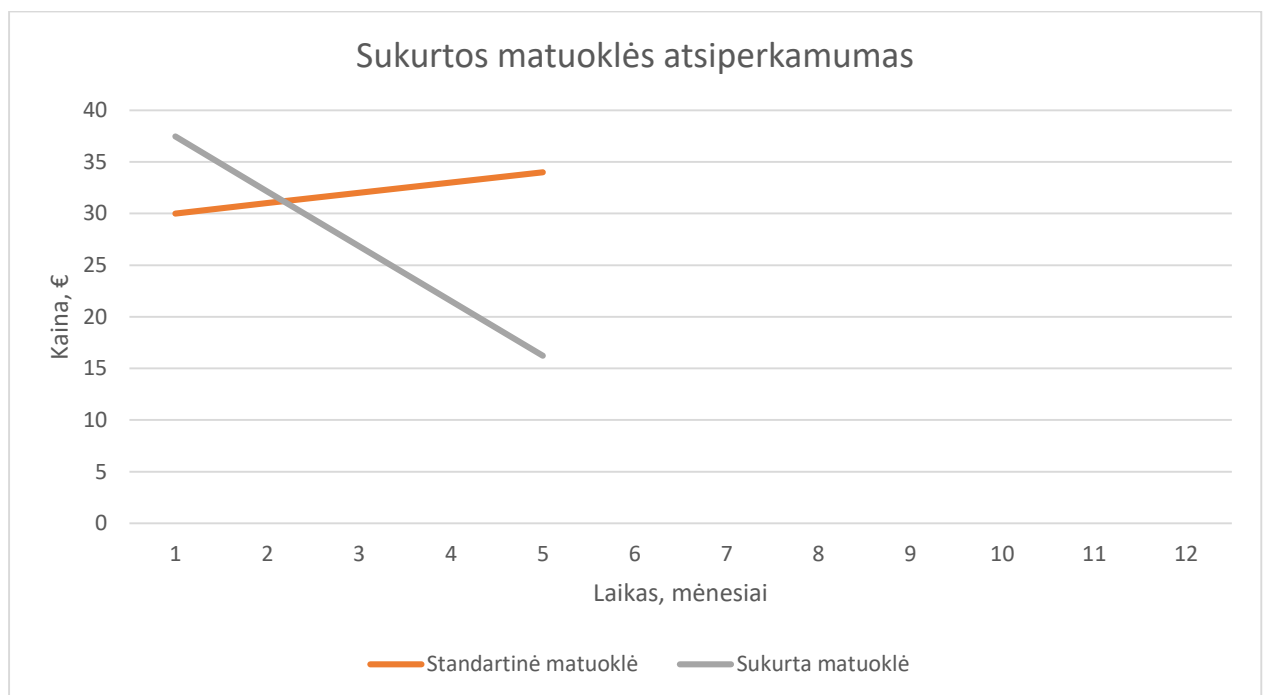
Apskaičiuojama darbų kaina, kai diržo įtempimas matuojamas sukurtu įrankiu ir užtrunka 30 sekundžių.

$$0,0083 \times 7 = 0,058 \text{ €}$$

Apskaičiuojama metinė, 52 savaitių, darbų kaina tikrinant trijų įrenginių trapecinio diržo įtempimo jėgą sukurtu įrankiu.

$$0,058 \times 3 * 52 = 9,048\text{€}$$

Taigi sukurta matuoklė leidžia sutaupyti 5,3 € į mėnesį. Nors pradinė sukurtos matuoklės kaina yra didesnė, tačiau atsižvelgiant į darbo kaštų taupymus matuoklė atsiperka apytiksliai po 2 mėnesių.



6.5 pav. Matuoklės atsiperkamumas

IŠVADOS

1. Įvertinus dažniausiai taikomus įrenginių patikimumo skaičiavimo metodus, planuoti komponentų profilaktinę priežiūrą naudojamas pataisomųjų techninių elementų vidutinio gedimo dažnio rodiklis.
2. Atlikus techninės diagnostikos taikymo analizę, įmonėje pasirinkta būkle pagrįsta priežiūra. Jos metu, panaudojus atitinkamus diagnostinius įrankius atliekamas nuolatinis objekto techninės būklės parametrų sekimas.
3. Išanalizavus 2016 metų įmonės įrenginių gedimus, buvo nustatyti kiekvieno įrenginio probleminiai komponentai, kurie dažniausiai pasikartoja, bei sukelia didžiausius prastovos laikus.
4. Įmonėje X atlika prioritetinių įrenginių nustatymo apklausa. Iš turimų duomenų sudaryta prioritetinė matrica ir nustatyta, kad svarbiausia užtikrinti įrenginio „*Seho 2240*“ nepertrūkstamą darbą. Įrenginys turi veikti našiai ir kokybiškai, o darbo sąlygos turi būti nekenksmingos.
5. Atlikus detalią „*Seho 2240*“ įrenginio konstrukcijos gedimų analizę, prie nurodytų įrenginio gamintojo profilaktinės priežiūros užduočių, buvo sudarytos papildomos užduotys dažniausiai gendantiesiems elementams. Papildomos užduotys leistų padidinti įrenginio patikimumą.
6. Sukurtas diržo įtempimo matavimo įtaisas leidžia sumažinti darbo kaštus iki 10 kartų. Kadangi, diagnostiką gali atlikti operatorius, kurio valandinis darbo įkainis yra mažesnis, nei su įprastiniu įrankiu matuojančio mechaniko. Sukurto prietaiso pagalba, diržo įtempimo matavimas atliekamas greičiau. Nors pradinė įrankio kaina yra didesnė nei įprastinio, tačiau po dviejų mėnesių jis atsiperka.

LITERATŪRA

1. Višniakas. P, Slivinskas. K. Patikimumo teorija. Vilnius, 2005.
2. Venkatesh. J. An introduction to total productive maintenance. Prieiga per internetą: http://www.plant-maintenance.com/articles/tpm_intro.shtml (Žiūrėta 2016-06-19).
3. Janutienė. J. Inžinerinių sistemų patikimumas. Vilnius, 2008.
4. Gečys. S. Elektros mašinų patikimumas ir eksploatacija. Kaunas: Technologija, 2011.
5. Dodson. B, Nylon. D. Reliability Engineering Handbook. New York: QA, 1999.
6. Medekšas. H. Gaminių kokybė ir patikimumas. Kaunas: Technologija, 2003.
7. Belaišis, P., Eidukas, D. Elektroninių įtaisų patikimumas ir eksploatacija. I knyga. Elektroninių įtaisų patikimumas. Kaunas: Technologija, 1999.
8. Barzdaitis. V. Mechatroninės sistemos: tyrimai ir diagnostika. Vilnius: Vilniaus pedagoginio universiteto leidykla, 2008.
9. Pintelon. L, Van Puyvelde. F. Maintenance decision making. Leuven, 2006.
10. Mishra. R.C, K. Pathak. Maintenance engineering and management. New Delhi, 2012.
11. What is SMT Surface Mount Technology - Tutorial. Prieiga per internetą: <http://www.radio-electronics.com/info/data/smt/what-is-surface-mount-technology-tutorial.php> (Žiūrėta 2016-06-19).
12. Universal instruments full spectrum SMT lines. Prieiga per internetą: http://www.smtnet.com/mart/index.cfm?fuseaction=view_item&item_id=118080 (Žiūrėta 2016-06-19).
13. Products for industry. Prieiga per internetą: <http://pfipcb.com/collections/inspection-aoi-spi-xray/products/cyberoptics-se300-ultra-2008-3d-inline-spi-solder-pase-inspection> (Žiūrėta 2016-06-19).
14. Wave soldering. Prieiga per internetą: http://www.mtarr.co.uk/courses/topics/0225_wave/ (Žiūrėta 2016-06-19).
15. SEHO PowerWave soldering machine - spray fluxer. Prieiga per internetą: <http://pfipcb.com/products/seho-2005-powerwave-8250-wave-soldering-machine-spray-fluxer> (Žiūrėta 2016-06-19).
16. Highlights selective soldering sytem. Prieiga per internetą: <http://www.kurtzsa.com/electronics-production-equipment/soldering-machines/selective/produkt-details/versaflow-345-1.html> (Žiūrėta 2016-06-19).

17. SEHO Power Selective. Prieiga per internetą:
http://www.smtnet.com/mart/index.cfm?fuseaction=view_item&item_id=93712
 (Žiūrėta 2016-06-19).
18. Elektronik Fertigung: Baugruppenreinigung, Leiterplatten Reinigung. Prieiga per internetą: http://www.matthes-maschinen.de/Elektronik-Fertigung--Baugruppenreinigung--Leiterplatten-Reinigung_214.aspx (Žiūrėta 2016-06-19).
19. Conformal Coating. Prieiga per internetą:
<http://www.eit.com/manufacturing/conformal-coating> (Žiūrėta 2016-06-19).
20. Classification of Electrical Motors. Prieiga per internetą:
<http://www.brighthubengineering.com/diy-electronics-devices/41740-classification-of-electrical-motors/> (Žiūrėta 2016-11-20).
21. Kamble. M. How do ball bearings work? What are they for? 2014 . Prieiga per internetą: <https://www.quora.com/How-do-ball-bearings-work-What-are-they-for> (Žiūrėta 2016-11-20).
22. Induction motor. Prieiga per internetą:
<http://www.slideshare.net/prashanthpremnath/induction-motor-20143447> (Žiūrėta 2016-11-20).
23. Lugt. M. Grease lubrication in rolling bearings. United Kingdom, 2013.
24. Mirza. U. Determining causes for electric motor failure, 2013. Prieiga per internetą:
<http://www.brighthubengineering.com/commercial-electrical-applications/78579-determining-causes-for-electric-motor-failure/> (Žiūrėta 2016-11-20).
25. Harris. A, N. Kotzalas. Essential concepts of bearing technology. Boca Raton , 2007.
26. Keljik. J. AC/DC motors, controls, and maintenance. New York, 2013.
27. Tong. W. Mechanical design of electric motors. Radford, 2014.
28. Hattangadi. A. Failure prevention of plant and machinery. New Delhi, 2004.
29. Narayan. V. Effective maintenance management: risk and reliability strategies for optimizing performance. New York, 2004.
30. Idhmmar. T. Condition monitoring standarts. 2001.
31. Jeffrey. D. Principles of machine operation and maintenance. New York, 2011.
32. Bloch. P, Geitner. K. Maximizing machinery uptime. Burlington, 2006.
33. Gates corporation Belt drive preventive maintenance and safety manual. Denver, 2008.
34. Spring constant calculator. Prieiga per internetą:
<http://www.acesspring.com/spring-constant-calculator.html> (Žiūrėta 2016-12-10).

35. V-Belt tension checker. Prieiga per internetą:
[https://www.grainger.com/product/POWER-DRIVE-V-Belt-Tension-Checker-6AGK7?s_pp=false&picUrl=//static.grainger.com/rp/s/is/image/Grainger/6AGK7_AS01?\\$smthumb\\$](https://www.grainger.com/product/POWER-DRIVE-V-Belt-Tension-Checker-6AGK7?s_pp=false&picUrl=//static.grainger.com/rp/s/is/image/Grainger/6AGK7_AS01?$smthumb$) (Žiūrėta 2016-12-12).
36. Aluminum plate. Prieiga per internetą:
<https://www.metalsdepot.com/products/alum2.phtml?page=plate> (Žiūrėta 2016-11-10).
37. Linsenschrauben mit Kreuzschlitz. Prieiga per internetą: <https://www.proselect-schrauben.de/> (Žiūrėta 2016-11-10).
38. Bearings. Prieiga per internetą:
<https://www.grainger.com/category/bearings/power-transmission/ecatalog/N-aojZ1z08q8j> (Žiūrėta 2016-11-10).
39. Metal Springs for Sale. Prieiga per internetą:
https://www.thespringstore.com/tech-info/metal-springs-for-sale.html?category_id=8 (Žiūrėta 2016-11-10).

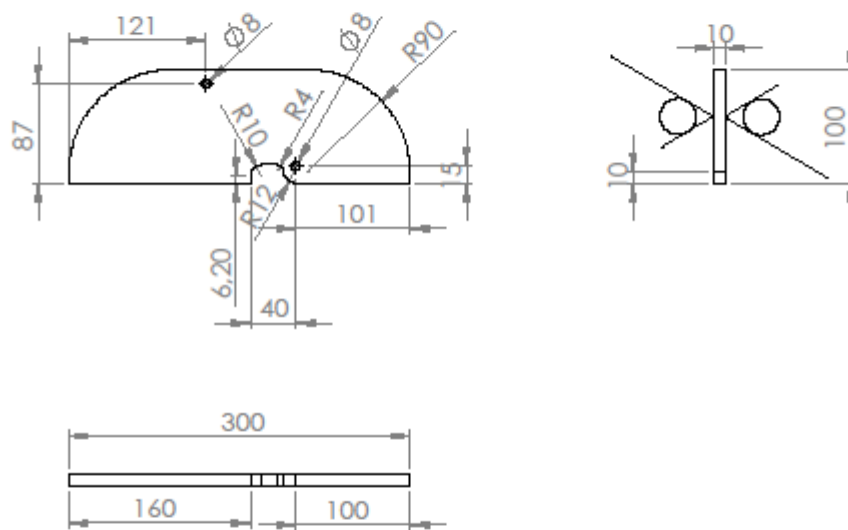
PRIEDAI


P-1 Diržo įtempimo matuoklės korpuso brėžinys MB-00.00.00.001

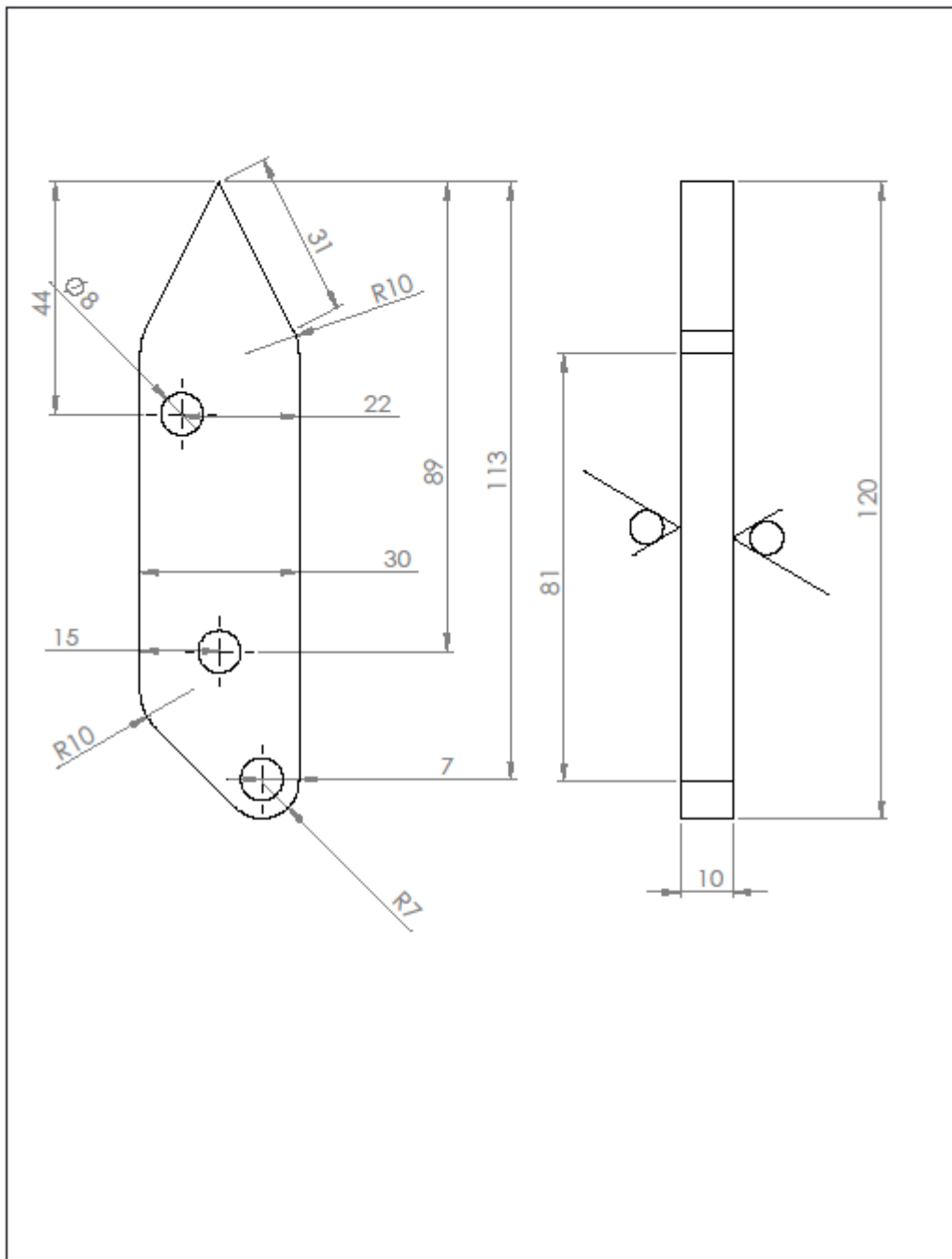
P-2 Diržo įtempimo matuoklės rodyklės brėžinys MB-00.00.00.002

P-1 Diržo įtempimo matuoklės surinkimo brėžinys MB-00.00.00.001SB

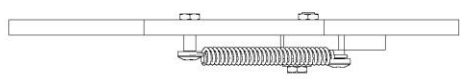
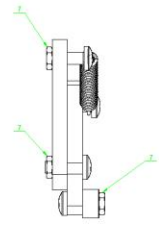
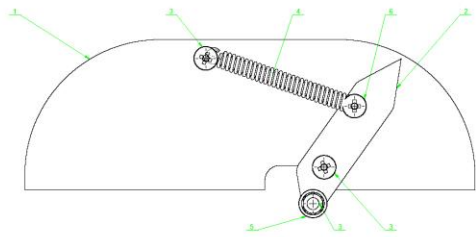
P-2 Diržo įtempimo matuoklės specifikacija MB-00.00.000



	Byla, laikmena	Papildoma informacija	Medžiaga <i>Aliuminis 6061</i>	Mastelis <i>M 1:5</i>
Atsakinga žinyba <i>IPK</i>	Vadovas	Dokumento tipas <i>Detalės brėžinys</i>	Dokumento statusas <i>Mokomasis</i>	
Savininkas <i>KTU</i>	Rengė <i>Justinas Diržys</i>	Antraštė <i>Korpusas</i>	Žymuo <i>MB-00.00.00.001</i>	
	Tvirtino <i>Kazimieras Juzėnas</i>		Laida <i>A</i>	Data <i>2016.12.17</i>
			Kalba <i>lt.</i>	Lapas <i>1/1</i>



	Byla, laikmena	Papildoma informacija	Medžiaga <i>Aliuminis 6061</i>	Mastelis <i>M 1:1</i>
Atsakinga žinyba <i>IPK</i>	Vadovas	Dokumento tipas <i>Detalės brėžinys</i>	Dokumento statusas <i>Mokomasis</i>	
Savininkas <i>KTU</i>	Rengė <i>Justinas Diržys</i>	Antraštė <i>Rodyklė</i>	Žymuo <i>MB-00.00.00.002</i>	
	Tvirtino <i>Kazimieras Juzėnas</i>		Laida <i>A</i>	Data <i>2016.12.17</i>
			Kalba <i>lt.</i>	Lapas <i>1/1</i>



√Rz.20

**SOLIDWORKS Educational Edition.
For Instructional Use Only.**

File Name	Author	Created	Modified
KTU	KTU	2015-07-14 11:11:11	2015-07-14 11:11:11
KTU	KTU	2015-07-14 11:11:11	2015-07-14 11:11:11
KTU	KTU	2015-07-14 11:11:11	2015-07-14 11:11:11

POZICIJA	PAVADINIMAS	ATPAŽINIMO NUMERIS	SKAIČIUS	PASTABA
	<u>Dokumentacija</u>			
	Surinkimo brėžinys	MB-00.00.00.001SB	1	
	<u>Detalės</u>			
1	Korpusas	MB-00.00.001	1	
2	Rodyklė	MB-00.00.002	1	
	<u>Standartiniai gaminiai</u>			
3	Varžtas M8x25 ISO7045		3	
4	Spyruoklė 2,7x15x100 ASTM A401		1	
5	Guolis ISO1206-A-490819-14		1	
6	Varžtas M8x16 ISO4014		1	
7	Veržlė M8 ISO4035		1	
IPK		Specifikacija	Mokomasis	
Savininkas KTU	Rengė Justinas Diržys	Antraštė Diržo įtempimo matuoklė	Žymuo MB-00.00.000	
	Tvirtino Kazimieras Juzėnas		Laida A	Data 2016-12- lt. Lapas 1/1

