

ŠIAULIŲ UNIVERSITETAS
TECHNOLOGIJOS IR GAMTOS MOKSLŲ FAKULTETAS
MECHANIKOS IR STATYBOS INŽINERIJOS KATEDRA

Mantas Mišeikis

UNIVERSALUS DVIRAČIŲ BANDYMO STENDAS

Mechanikos inžinerijos bakalauro darbas

Vadovas

doc. A. Sabaliauskas

ŠIAULIAI, 2015

ŠIAULIŲ UNIVERSITETAS
TECHNOLOGIJOS IR GAMTOS MOKSLŲ FAKULTETAS
MECHANIKOS IR STATYBOS INŽINERIJOS KATEDRA

TVIRTINU
Katedros vedėja
Doc.dr. L.Kelpšienė

2015 03 20

UNIVERSALUS DVIRAČIŲ BANDYMO STENDAS

Mechanikos inžinerijos bakalauro darbas

Konsultantė

doc. A. Kovierienė

2015 06

Vadovas

doc. A. Sabaliauskas

2015 06

Recenzentas

lekt. Z.Ramonas

2015 06

Atliko

M-11 gr. stud.

M. Mišeikis

2015 06

ŠIAULIAI, 2015

SANTRAUKA

Bakalaurinio darbo tikslas yra suprojektuoti dviračių statinio bandymo stendą, kuris skirtas statišškai apkrauti ir išbandyti dviračio rėmo konstrukciją. Šiuo atveju reikėjo nagrinėti gaminio konstrukciją, technologinę ir ekonominę dalis.

Iš kelių variantų išsirinkome vieną tinkamą stendo gamybos konstrukciją. Konstrukcija buvo pasirinkta nesudėtinga. Bandymo stendą sudaro rėmas iš vamzdžių junginių ir svorsčiai. Stendą lengva aptarnauti, nes atliekant bandymą nereikia aukštos kvalifikacijos darbuotojų.

Ekonominėje dalyje apskaičiavome staklių gamybos medžiagų sąnaudas ir jų kainą, kurių didžiąją dalį sudaro svoriai ir jų apdirbimas. Taip pat apskaičiavome išlaidas darbininkų, gaminančių gaminį darbui apmokėti.

SUMMARY

The aim of bachelor's work was to project a static stand of bicycle, which had load and test construction of frame. For this reason it was necessary to analyze construction of product, technologic and economical parts.

We had chosen the best fit construction of product. The construction itself isn't difficult to make. The bicycle stand is made out of combination of pipes and weights. It's easy to serve this stand, because the worker doesn't has to be a high qualification worker.

In economic part we calculated expenses of production materials, which biggest part consist of weights and wage of workers.

TURINYS

IŽANGA.....	8
1. TECHNINIAI – EKONOMINIAI RODIKLIAI	9
2. KONSTRUKTORINĖ DALIS	10
2.1. Dviračio statinio bandymo stendo paskirtis ir panaudojimas	10
2.2. Dviračio statinio bandymo stendo variantų analizė.....	10
2.3. Dviračio statinio bandymo stendo aprašymas ir pagrindimas	13
2.4. Techniniai skaičiavimai	14
2.4.1 Masės skaičiavimas	14
2.4.1 Sėdynės adapterio stiprumo skaičiavimai.....	15
2.5. Medžiagų parinkimo pagrindimas	18
2.6. Suleidimų parinkimo pagrindimas.....	19
3. TECHNOLOGINĖ DALIS	20
3.1. Detalės paskirtis ir jos konstrukcija.....	20
3.2. Detalės brėžinio techninių sąlygų analizė	22
3.3. Detalės technologiškumo analizė	22
3.4. Ruošinio parinkimas skirtingiems gamybos tipams	24
3.4.1 Ruošinių parinkimo principai	24
3.4.2 Detalės ruošinio parinkimas vienetinės gamybos atveju.....	25
3.4.3 Detalės ruošinio parinkimas serijinės gamybos atveju.....	28
3.5. Techninių bazių parinkimas	31
3.6. Detalės paviršių mechaninio apdirbimo technologinės pakopos.....	33
3.7. Detalės gamybos technologinis kelias.....	35
3.8. Užlaidų analitinis skaičiavimas	36
3.9. Pjovimo režimų skaičiavimas	39
3.10. Techninio proceso normavimas.....	50
4. ŽMONIŲ IR APLINKOS SAUGA.....	57
5. EKONOMINĖ DALIS	59
5.1 Projektuojamo gaminio savikainos skaičiavimai	59
5.2. Tiesioginės medžiagų sąnaudos	63
5.3. Ilgalaikio turto vertė ir nusidėvėjimas	64
5.4. Darbo užmokesčio išlaidų planavimas	65

5.5. Netiesioginių gamybos išlaidų skaičiavimas	67
5.6. Veiklos sąnaudos	63
IŠVADOS	68
LITERATŪRA	69

LENTELĖS

2.4.1.1 lentelė <u>D</u> etalių masės	14
3.1.1 lentelė <u>P</u> lieno S235JR (LST EN 10025-1) cheminė sudėtis.....	21
3.3.1 lentelė <u>D</u> etalės darbo brėžinio techninio kontrolė	22
3.3.2 lentelė <u>D</u> etalės konstrukcijos atitikimas pagal technologiškumo kriterijus.....	22
3.4.2.1 lentelė <u>V</u> alcuoto ruošinio duomenys	26
3.4.3.1 lentelė <u>U</u> žlaidų ir nuokrypų nustatymas	29
3.6.1 lentelė <u>D</u> etalės paviršių mechaninio apdirbimo technologinės pakopos	34
3.7.1 lentelė <u>D</u> etalės gamybos technologijos kelio pateikimas	35
3.8.1. lentelė <u>U</u> žlaidų ir ribinių matmenų skaičiavimas	39
3.9.1 lentelė <u>P</u> jovimo režimų skaičiavimo rezultatai.....	49
3.10.1 lentelė <u>N</u> ormavimo rezultatų suvestinė	56
5.1.1 lentelė <u>G</u> aminio savikainos apskaičiavimas	59
5.1.2 lentelė <u>P</u> rojektavimo darbų laiko sąnaudos	60
5.1.3 lentelė <u>P</u> rojektuotojų darbo apmokėjimo sąnaudos	60
5.1.4 lentelė <u>G</u> aminio projektavimo sąnaudos	61
5.1.5 lentelė <u>R</u> uošinio gamybos technologijos darbo užmokesčio sąnaudos	61
5.1.6 lentelė <u>M</u> echaninio apdirbimo technologijos darbo užmokesčio sąnaudos.....	61
5.1.7 lentelė <u>K</u> itų technologinių procesų darbo užmokesčio sąnaudos	62
5.1.8 lentelė <u>G</u> aminio technologinio parengimo sąnaudos.....	62
5.2.1 lentelė <u>P</u> agrindinių medžiagų vertė	63
5.2.2 lentelė <u>G</u> rįžtamųjų atliekų vertės skaičiavimas	63
5.2.3 lentelė <u>P</u> agalbinių medžiagų vertė	63
5.2.4 lentelė <u>I</u> sigyjamų pusgaminių, komplektuojamų gaminių vertės skaičiavimas	64
5.3.1 lentelė <u>I</u> renginių poreikio ir jų galingumo skaičiavimas	64
5.3.2 lentelė <u>I</u> lgalaikio turto nusidėvėjimo skaičiavimas	65
5.4.1 lentelė <u>V</u> ieno darbininko efektyvus metinis darbo laiko fondas	65
5.4.2 lentelė <u>P</u> agrindinių darbininkų pagrindinio darbo užmokesčio apskaičiavimas	66
5.4.3 lentelė <u>T</u> iesioginių darbo užmokesčio išlaidų skaičiavimas.....	66
5.5.1 lentelė <u>V</u> andens, sunaudoto gamybos tikslams, išlaidos	67
5.5.2 lentelė <u>N</u> etiesioginės darbo užmokesčio išlaidos	67
5.5.3 lentelė <u>P</u> atalpų apšvietimo išlaidos.....	67
5.6.1 lentelė <u>B</u> endros administracinės išlaidos	68

5.6.2 lentelė Atlyginimų ir socialinio draudimo sąnaudos	68
5.6.3 lentelė Patalpų nuomos sąnaudos	68

PAVEIKSLAI

2.2.1 pav. Bandinio apkrovimas pneumatiniiais cilindrais.....	11
2.2.2 pav. Bandinio apkrovimas svorsčiais	12
2.3.1 pav. Dviračio statinio bandymo stendo eskizas.....	13
2.4.2.1 pav. Įtempių diagrama	15
2.4.2.2 pav. Poslinkių diagrama	16
2.4.2.3 pav. Adapterio deformacija	17
2.4.2.4 pav. Adapterio atsargos koeficientas	18
3.1.1 pav. Gaminamos detalės paskirtis	20
3.1.2 pav. Detalės paviršiai.....	20
3.4.2.1 pav. Valcuoto ruošinio eskizas	26
3.4.3.1 pav. Štampuoto ruošinio eskizas	29
3.5.1 pav. Bazavimo schema operacijai 005	31
3.5.2 pav. Bazavimo schema operacijai 010	32
3.5.3 pav. Bazavimo schema operacijai 015	32
3.5.4 pav. Bazavimo schema operacijai 020	32
3.5.5 pav. Bazavimo schema operacijai 025	33
3.9.1 pav. Tekinimo peilio eskizas	40

IŽANGA

Dviratis yra bemotorė transporto priemonė. Naudojama pramogai, susisiekimui, laisvalaikio praleidimui, turizmui, sportavimui, varžyboms.

Nuo to laiko, kai atsirado pirmieji dviračiai, žmonės norintys važinėti dviračiais turėdavo gauti leidimą. Tai rodo, kad žmonės savo saugumu rūpinosi visais laikais. Kol Lietuvoje atsirado pirmieji dviračiai, įvyko nemažai permainų, jų vystymosi raidoje. Iš pradžių Lietuvoje buvo dažniausiai naudojami dviračiai pagaminti Rusijoje. Po to rusiškus dviračius keitė dviračiai pagaminti Europoje, nes šie buvo kokybiškesni. Šių dviračių rėmo konstrukcija buvo praktiškesnė ir lengvesnė, tobulesnės stabdymo sistemos.

Dviratis yra populiari transporto priemonė, nes yra pigi, ekologiška ir ekonomiška. Ekologiškumas yra svarbi savybė šiuolaikiniame pasaulyje saugant gamtą ir tausojant žemės energetinius resursus. Žmogus, vairuodamas dviratį, turi jaustis patogiai ir būti garantuotas savo kelionės saugumu. Dėl saugumo patikrinimo yra atliekama daugybė bandymų, kuriuos dviratis turi atlaikyti. Todėl yra naudojama įranga ir bandymo stendai, kurių pagalba atliekami dviračių saugumo ir patikimumo bandymai. Bandymų metodikos parengtos taip, kad būtų galima užtikrinti tiek atskirų dalių, tiek ir viso gaminio stiprumą ir ilgaamžiškumą. Šie bandymai yra sudaryti pagal Lietuvos ir Europos Sąjungos standartų reikalavimus.

Darbo uždaviniai:

1. Sukurti tinkamą dviračio ir tandem stendo konstrukcijos variantą.
2. Atlikti konstrukcinius ir technologinius skaičiavimus.
3. Charakterizuoti gaminio poveikį aplinkai ir eksploataavimo saugumą.
4. Apskaičiuoti ekonominius rodiklius.

1. TECHNINIAI – EKONOMINIAI RODIKLIAI

Šiame darbe projektuojamas dviračio statinio bandymo stendas. Jis skirtas statišškai apkrauti dviračio konstrukciją. Statinio bandymo įrengimas nereikalauja daug eksploatuojamo ploto, užtenka apytiksliai 8 m².

Statinio bandymo stendą sudaro rėmo konstrukcija su svoriais. Bandymo stendo bendra masė 680 kg., iš jų svorių masė sudaro 410 kg.

Stendo savikaina 2713,11 Eur. Į kainą įeina staklių gamybos sąnaudos medžiagoms, kurių didžiąją dalį sudaro svoriai ir jų apdirbimas, išlaidos darbininkų, gaminančių gaminį darbui apmokėti.

Stendo gamybai yra naudojamos tekinimo ir frezavimo staklės. Įrengimas yra paprastos konstrukcijos, todėl nereikalauja aukštos kvalifikacijos darbuotojų. Stendui aptarnauti pakanka dviejų žmonių.

2. KONSTRUKTORINĖ DALIS

2.1. Dviračio statinio bandymo stendo paskirtis ir panaudojimas

Pagrindinis šio darbo uždavinys - suprojektuoti dviračių statinio bandymo stendą. Bandymai atliekami pagal standartų LST EN 14764:2006, LST EN 14765:2006+A1:2008, LST EN 14766:2006, LST EN 14872:2006+A1:2006. Atlikus kiekvieną bandymą užpildomas protokolas, kuriame nurodomi bandymo rezultatai ir išvados. Šio įrenginio paskirtis atlikti bandymus su dviračiu apkraunant jį svarsčiais ir stebėti ar per tam tikrą laiką neatsiras deformacijų arba dalių lūžių. Sumontuoto dviračio reikalavimai laikomi atliktais, jei atliekant tikrinimus pagal darbų saugos reikalavimus bus nenustatyti dviračio dalių lūžiai ar deformacijos [12].

Dviračio sėdynė apkraunama 500N jėga, vairas apkraunamas 200N, žemesnėje pozicijoje stovintį pedalą 1000N jėga, aukštesnėje pozicijoje stovintį pedalą 350N. Tokią apkrovą laikome 2 minutes, o po to nuimame apkrovas ir žiūrime ar neatsirado ant deformacijų, lūžių ar įtrūkimų. Suteikta tokia apkrova turi didelę atsargą, nes dažniausiai dviratis nėra apkraunamas tokio dydžio jėgomis.

Dviračio statinio bandymo stendas yra paprastos konstrukcijos, juo lengva naudotis atliekant bandymus, nereikalauja aukštos kvalifikacijos darbuotojų. Dviratis tvirtinamas specialiai suprojektuotame rėme ir apkraunamas svoriais.

2.2. Dviračio statinio bandymo stendo variantų analizė

Konstrukciniai variantai pateikti variantų analizės brėžinyje, iš kurio pasirenkame vieną variantą, tinkamiausią dviračiui statišškai apkrauti. Rinkdamiesi geriausią variantą, turime atsižvelgti į paprastesnę konstrukciją, pagaminimo išlaidas, platesnes panaudojimo galimybes, saugumo bandymo metu. Mechanizmų principai:

1. Apkrovos gavimas veikiant pneumatiniams cilindrų

Dėl konstrukcijos paprastumo, gero mechaninio suderinamumo su tiesinio judesio mechanizmais, įvairiuose įrenginiuose plačiai naudojami pneumatiniai cilindrai. Pneumatiniai cilindrai yra įtvirtinti prie apatinės stendo rėmo dalies ir veikia dviratį atitinkamai nustatytais jėgomis.

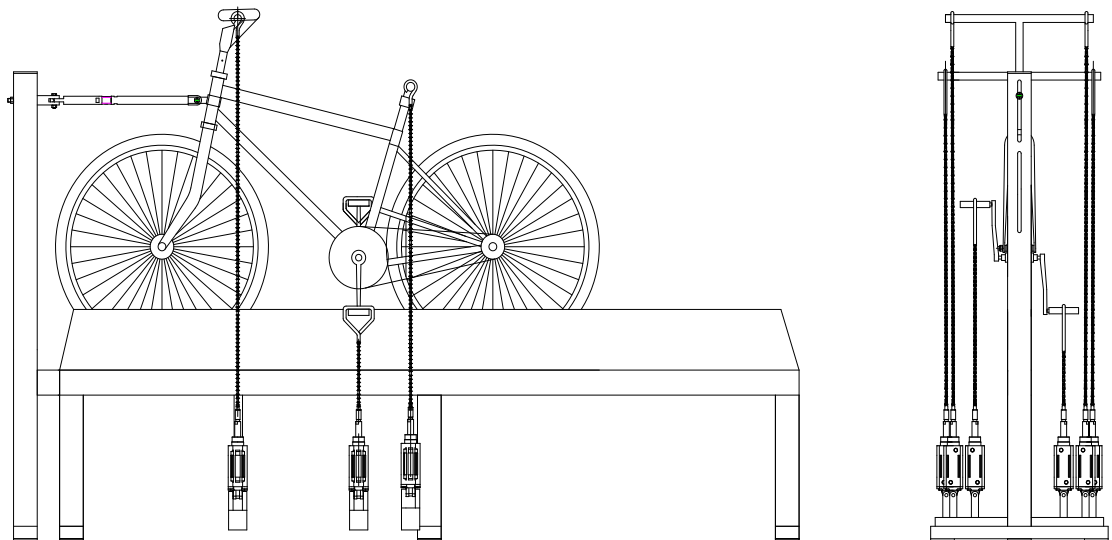
Pneumatiniai cilindrai būna vienkrypčiai ir dvikrypčiai. Vienkrypčiai cilindrai išvysto jėgą tik viena kryptimi. Pneumatiniais cilindrais sukuriama jėgos dydis nesudėtingai kontroliuojamas

slėgį reguliuojančiomis sistemomis. Šie įrenginiai taip pat pasižymi didele greیتaveika. Bandymo stende pneumatiniiais cilindrais bandomo gaminio elementams perduodama užduoto dydžio jėga, be to, patį pneumatinių cilindrų šiuo atveju galima laikyti dinaminės sistemos dalimi, sudarytą iš lygiagrečiai sujungto tampriojo ir slopinimo elementų (mechaninius sistemos virpesius slopina oro pasipriešinimo jėga). Slopinimo jėga yra priešinga judesio greičio kryptiai.

Pneumatinių cilindrai parinkti standartiniai DNC-50-80-PPV, stūmoklio skersmuo 50 mm, eiga 80 mm, stūmimo jėga 1200 N. DNC tipo pneumocilindrai pasižymi geromis techninėmis savybėmis. Jie dažniausiai naudojami prispaudimo arba amortizavimo funkcijoms atlikti.

Privalumai - nesunkiai aptarnaujamas, nereikalauja žmogaus fizinio darbo.

Trūkumai - sudėtingesnė stendo rėmo konstrukcija, didelės gamybos išlaidos.



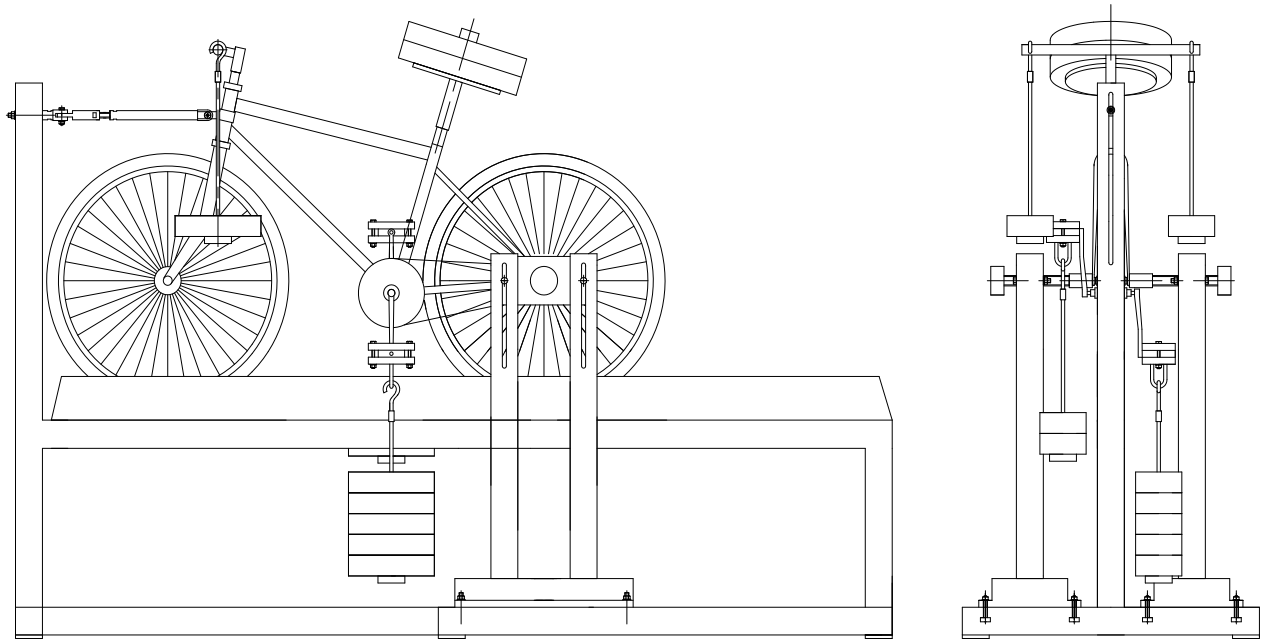
2.2.1 pav. Bandinio apkrovimas pneumatiniiais cilindrais

2. Apkrovos gavimas svorsčių pagalba.

Šiame variante dviratis yra apkraunamas svorsčiais. Dviračio vairą veikia 200N jėga, sėdynės adapterį - 500N jėgos, žemesnėje pozicijoje stovintį pedalą - 1000N jėga, aukštesnėje - 350N jėga. Ant dviračio vairo yra kabinami specialūs kabliai, ant kurių atitinkamai sudedami svoriai. O ant sėdynės adapterio svoriai yra tiesiog užmaunami. Svoriai prie pedalų tvirtinami plokštele ir varžtais.

Privalumai - nesudėtinga stendo konstrukcija, lengvai tvirtinamas gaminys, mažesnės pagaminimo išlaidos.

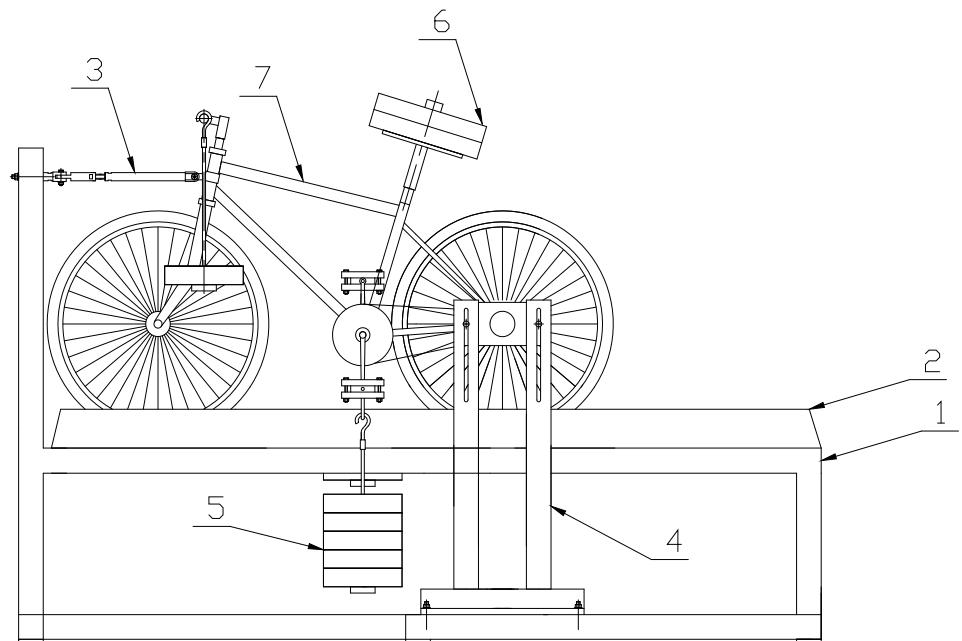
Trūkumai - pastoviai reikia kilnoti svorius apkraunant ir nukraunant, ilgesnė stendo kabinių gamyba.



2.2.2 pav. Bandinio apkrovos svorsčias

Iš pateiktų variantų pasirinkau antrąjį, nes šis variantas yra paprastesnis. Pati konstrukcija yra nesudėtinga ir pigesnė nei kitame variante.

2.3. Dviračio statinio bandymo stendo aprašymas ir pagrindimas



2.3.1 pav. Dviračio statinio bandymo stendo eskizas

Bandymo stendo paskirtis yra bandinį apkrauti statiniu krūviu. Šiuo atveju dviratis (7) yra apkraunamas svorsčiais (5 ir 6). Iš pradžių dviratis yra užkeliamas ant stendo (1) ir įstatomas tarp atraminių sienelių (2). Sienelės yra reikalingos tam, kad dviračio vairas nesisukinėtų į šonus ir laiktųsi stabiliai. Dviračio galinė dalis tvirtinama iš šonų stendo atramomis (4). Dviračio priekinė dalis yra pritvirtinama detalėmis (3) prie stendo, kad dviratis stovėtų stabiliai ir nejudėtų iš vietos. Pritvirtinę dviratį galime jį apkrauti svoriais. Vietoj sėdynės yra nauojamas adapteris, kad tinkamai būtų galima apkrauti dviračio rėmą. Ant adapterio svorsčiai yra tiesiog užmaunami. Ant vairo yra užkabinami specialūs kabliai su atramomis prie kurių pritvirtintais svorsčiais. Pedalai yra apkraunami taip pat kaip ir vairas tik prie pedalo yra tvirtinamos plokštelės, kad būtų galima užkabinti kablius su svorsčiais.

2.4. Techniniai skaičiavimai

2.4.1. Masės skaičiavimas

Ant dviračio yra tvirtinami keli skirtingų svorsčių kabiniai: vairui - 20 kg, sėdynės adapteriui - 50 kg, pedalui žemesnėje pozicijoje - 100 kg, pedalams aukštesnėje pozicijoje - 35 kg.

Masėms apskaičiuoti pasinaudojome „Solidworks“ programa. Gautus rezultatus surašėme į 2.4.1.1 lentelę.

2.4.1.1 lentelė

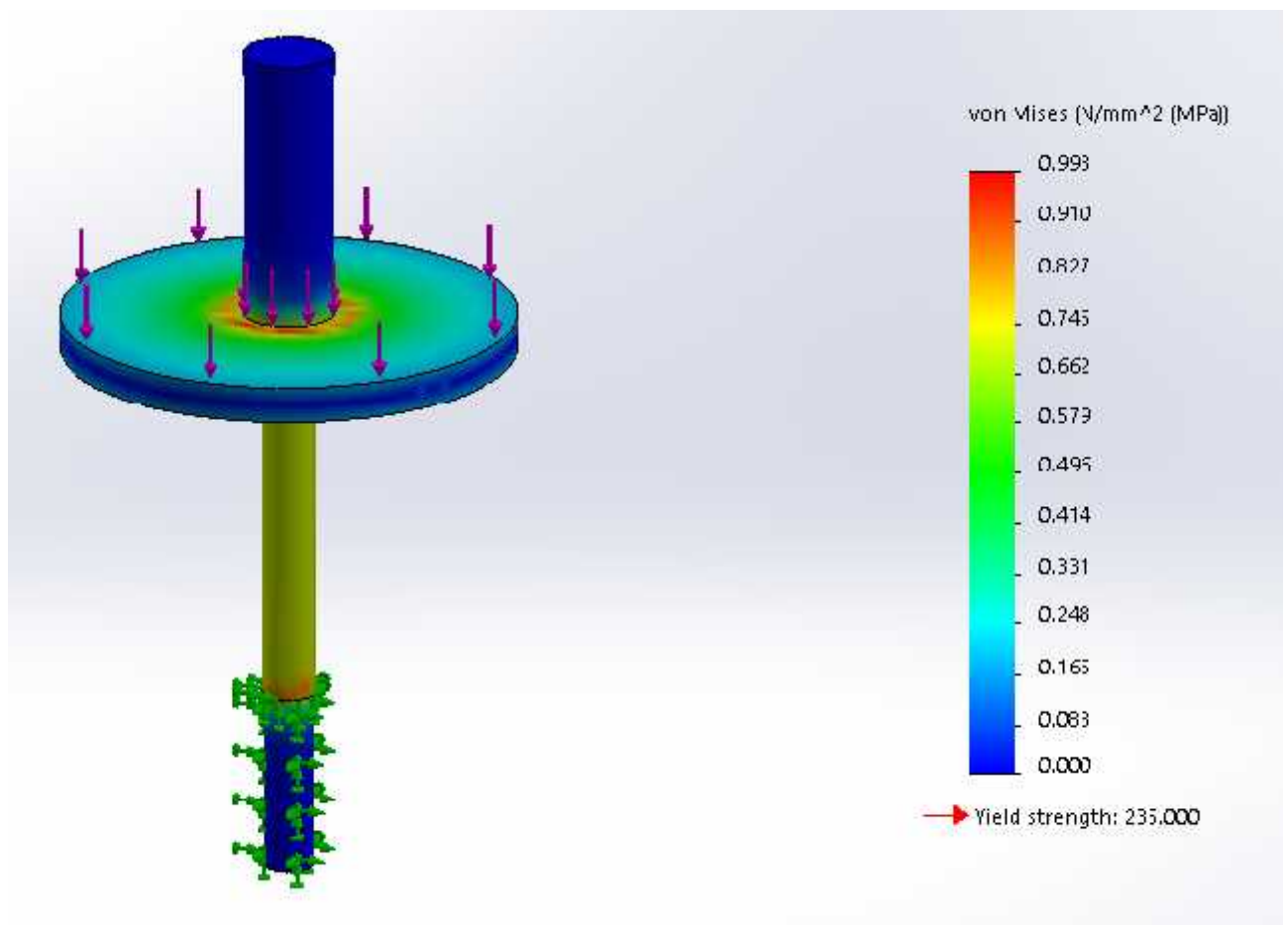
Detalių masės

Eil. Nr.	Detalė	Reikalinga masė, g
Kabinio svoris vairui		
1.	Kablųs	126,26
2.	Ivorė	28,62
3.	Atrama	1065,45
4.	Svarstis	18435
Kabinio svoris sėdynės adapteriui		
5.	Sėdynės adapteris	5724,73
6.	Svarstis	22,474
Kabinio svoris pedalui (žemesnėje pozicijoje)		
7.	Kablųs	126,26
8.	Ivorė	28,62
9.	Atrama	1065,45
10.	Viršutinė plokštelė	2168,4
14.	Apatinė plokštelė	2358,72
15.	Svarstis	18,85
Kabinio svoris pedalui (aukštesnėje pozicijoje)		
16.	Kablųs	126,26
17.	Ivorė	28,62
18.	Atrama	1065,45
19.	Viršutinė plokštelė	2168,4
20.	Apatinė plokštelė	2358,72
21.	Svarstis	14,63

2.4.2. Sėdynės adapterio stiprumo skaičiavimai

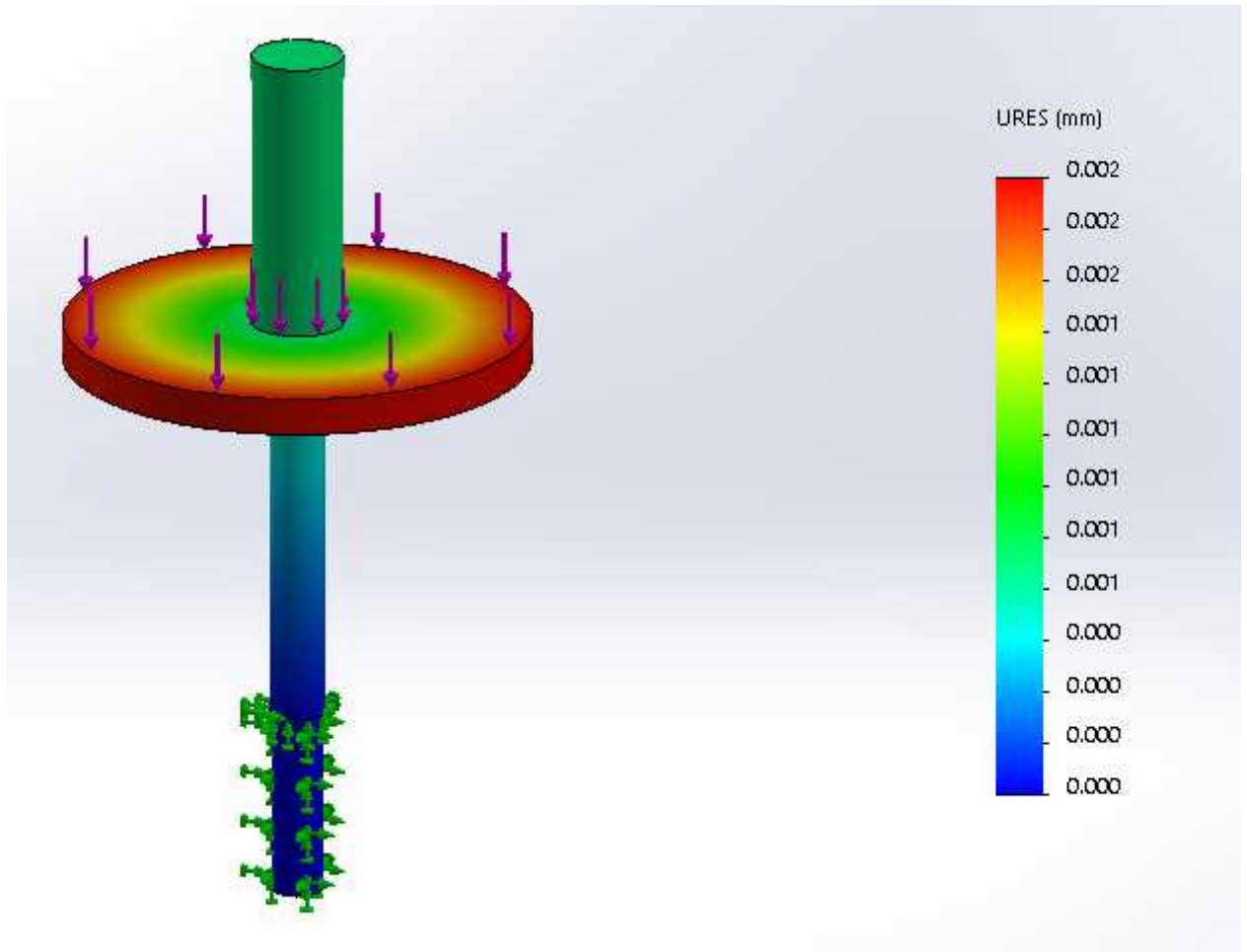
Stipruminius skaičiavimus atlikau sėdynės adapteriui. Jam skaičiavau poslinkius, maksimalius ir minimalius įtempimus. Skaičiavimus atlikau „Solidworks“ programa.

Apatinė adapterio dalis standžiai tvirtinasi į dviračio rėmą. Viršutinę sėdynės adapterio dalį apkroviau 500N jėga. Programa sėdynės adapterį padalino į tetraedrus ir sudėjo jėgas.



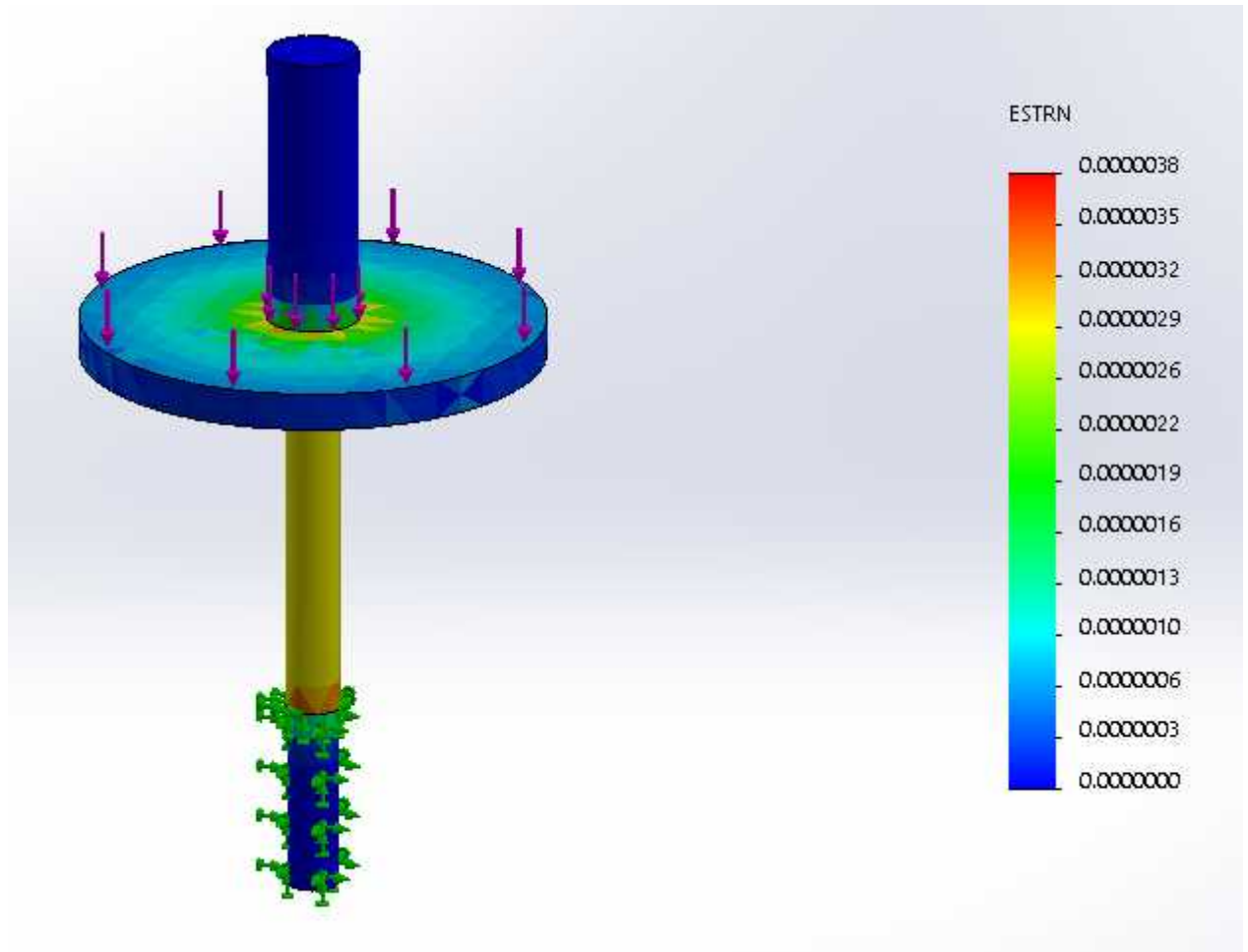
2.4.2.1 pav. Įtempimų diagrama

Programa padarė sėdynės adapterį veiksiančių įtempimų diagramą. Iš šios diagramos galime spręsti ar sėdynės adapterį veikiančios jėgos nesudarys didesnių įtempimų už leistinus. Sėdynės adapteris pagamintas iš plieno S235JR, šio plieno takumo riba 235 MPa. 2.4.2.1 pav. matome, kad didžiausi įtempimai yra susidarę adapterio centrinėje dalyje. Maksimalus įtempimas lygus 0,9 MPa. Palyginus su maksimaliai leistinu plieno įtempimu šis įtempimas turi didelę atsargą. Iš to galime daryti išvadas, kad sėdynės adapteris lengvai atlaikys veikiančius įtempimus.



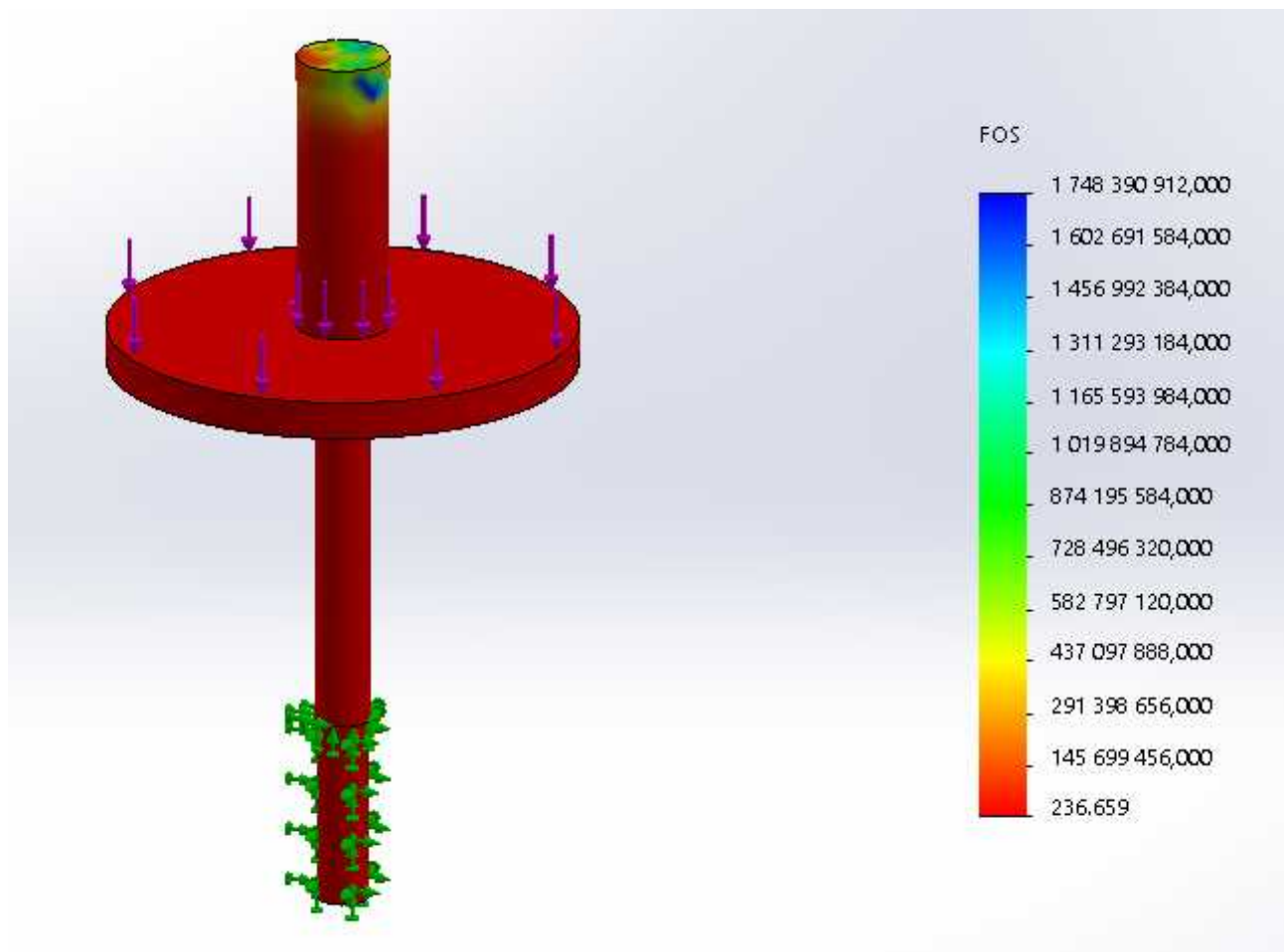
2.4.2.2 pav. Poslinkių diagrama

Kita diagrama yra poslinkių. Iš diagramos galime spręsti apie tai kiek sėdynės adapterį veikiančios jėgos privers pasislinkti. Iš 2.4.2.2 pav. matyti, kad adapterio pakraščiai pasislenka daugiausiai Z ašies kryptimi, nes jėgos yra nukreiptos Z ašimi. Z kryptimi adapterio šonai daugiausiai pasislenka 0,002 mm. Adapterį jėga gali veikti tam tikru kampu. Šis kampas priklauso nuo dviračio rėmo konstrukcijos.



2.4.2.3 pav. Adapterio deformacija

Programa pateikė ir deformacijų diagramą. Pagal diagramą matyti, kad didžiausia deformacija yra adapterio centrinėje dalyje, o pakraščiuose mažiausia (2.4.2.3 pav.).



2.4.2.4 pav. Adapterio atsargos koeficientas

Iš 2.4.2.4 pav. matyti, kad atsargos koeficientas yra labai didelis. Jei adapterį apkrautumėme kelis kartus didesniu svoriu, adapteris svorį atlaikytų.

2.5. Medžiagų parinkimo pagrindimas

Šio bandymo stendo gamyboje naudojamas plienas S235JR. Šis plienas pasirinktas todėl, nes yra labai plačiai naudojamas metalinių konstrukcijų ir paprastų mašinų detalių gamybai. Šiuose konstrukciniuose plienuose yra iki 0,2% anglies. Jų gamybos technologijai nekeliama aukšti reikalavimai, todėl šiuose plienuose yra daugiau žalingų priemaišų ir nemetalinių intarpų. Dėl šios priežasties šio plieno kaina yra nedidelė.

2.6. Suleidimų parinkimo pagrindimas

Mašinų elementų matmenų tikslumo sąvokas, tolerancijas ir suleidimus bei jų žymėjimą reglamentuoja standartai ISO 286-1:1988. Jie taikomi gaminiams, turintiems cilindro formos bei lygiagrečiais paviršiais apribotų jungiamųjų paviršių.

Praktiškai jokio elemento neįmanoma pagaminti visiškai tiksliai. Priklausomai nuo pasirinkto gamybos būdo atsiranda didesnių ar mažesnių realaus paviršiaus nuokrypių nuo idealaus.

Bendroje mašinų gamyboje plačiausiai taikoma skylės suleidimų sistema, nes ji yra ekonomiškesnė už veleno suleidimų sistemą. Skylės apdirbti yra sudėtingiau, reikia daugiau pjovimo ir matavimo įrankių.

Veleno suleidimų sistema taikytina tada, kai su to paties skersmens veleno jungiami skirtingų suleidimų elementai. Veleno sistema dažniau naudojama transmisijose, tiksliosios mechanikos pramonėje.

Tvirtinant sėdynės adapterį prie dviračio rėmo pasirenkame suleidimą su įveržimu H7/p6.

Srieginiai suleidimai gaunami suderinus įvairius išorinių ir vidinių sriegių tolerancijų laukus. Rekomenduojama jungti vienos tikslumo klasės tolerancijų laukus. Pagrindinių nuokrypų H/h derinys duoda suleidimą, kurio minimalus tarpelis lygus nuliui. Todėl tarp detalių srieginių sujungimų pasirenkame suleidimą H8/h8.

3. TECHNOLOGINIO PROCESO PROJEKTAVIMAS

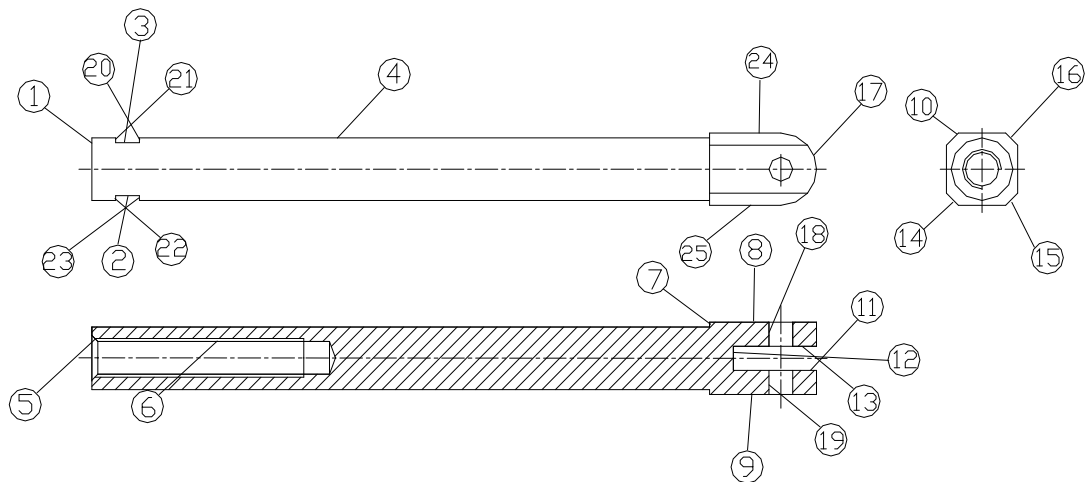
3.1. Detalės paskirtis jos konstrukcija

Gaminama detalė – strypas. Detalės paskirtis – tarpinė detalė, skirta sujungti kitas detales. Strypas viename gale tvirtinamas varžtu prie laikiklio, o kitas galas yra įsukamas į kotą.



3.1.1 pav. Gaminamos detalės paskirtis

Pagrindinė konstrukcinė bazė yra paviršius cilindro ašis. Pagalbinės bazės yra 6, 11 ir 13 paviršiai (3.1.2 pav.). Šiais paviršiais detalė yra tvirtinama. 6 paviršius nustato detalės padėtį gaminyje. Tarp pagrindinės ir pagalbinės bazės yra ryšys, kuris nusako jų tarpusavio erdvinę padėtį. Kiti paviršiai yra laisvi. Jie jokių funkcijų neatlieka tik su anksčiau išvardintais paviršiais, detalei suteikia reikiamą konstrukcinę formą. Šie paviršiai taip pat apdirbami.



3.1.2 pav. Detalės paviršiai

Detalė atitinka keliamus technologinius reikalavimus. Brėžinyje pateikti visi reikalingi pjūviai ir projekcijos. Paviršiai bus apdirbami standartiniais pjovimo įrankiais. Matmenys priklauso standartinei eilei. Detalė gaminama iš plieno S235JR. Šio plieno takumo riba yra $\sigma_B = 235\text{MPa}$. Stiprumo riba $\sigma_u = 430$. Plieno cheminė sudėtis pateikta 3.1.1 lentelėje [13].

3.1.1 lentelė

Plieno S235JR (LST EN 10025-1) cheminė sudėtis

C, %	Mn, %	S, %	P, %	Ni, %	Cu, %
0,17-0,2	1,4	0.04	0.04	0.012	0.55

3.2. Detalės brėžinio techninių sąlygų analizė

Detalės darbo brėžinyje nurodyti visi reikalingi matmenys. paviršių nenurodytų matmenų, jų padėties ir formos nuokrypas reikia žiūrėti pagal LST EN 22768 – mk standartą. Toliau detalės brėžinio techninėse sąlygose nurodyta:

- 1) Skylės 18 paviršiui $\sqrt{10}$ užduota H10 matmens tolerancija;
- 2) Išlaikyti plokštumos 13 ir skylės 18 ašies statmenumą, nukrypimas nedidesnis kaip 0,05.
- 3) Skylės 18 paviršiaus šiurkštumas nurodytas $R_a = 3,2$;
- 4) Plokštumų 11 ir 13 paviršiaus šiurkštumas nurodytas $R_a = 1,6$;
- 5) Likusių neparodytų paviršių šiurkštumas $R_a = 6,3$.

3.3. Detalės technologiškumo analizė

Konstrukcija bus technologiška tada, kai bus sąlyginai pigi gaminio gamyba, paprastos apdirbimo operacijos nereikalaujančios sudėtingų metalo pjovimo staklių, nestandartinių įrankių, paprastas naudojimas ir taisymas. Gaminant ar konstruojant atskiras detales reikia atsižvelgti į tokius reikalavimus:

- 1) konstrukcija būtų kuo paprastesnė;
- 2) sunaudota minimalus kiekis medžiagos;
- 3) darbo našumas būtų kuo didesnis.

Tai pagrindiniai technologiškumo rodikliai, kurie nusako, kad gaminamas gaminys būtų technologiškas. Nesilaikant jų gali žymiai išaugti gaminio savikainą.

Detalės konstrukcijos technologiškumo analizė atlikta 3.3.1 ir 3.3.2 lentelėse:

3.3.1 lentelė

Detalės darbo brėžinio technologinė kontrolė

Technologiškumo kriterijus	Atitinkamas technologiškumo kriterijus
1. Reikalingi matmenys	Visi matmenys yra nurodyti
2. Atitikimas tarp matmenų tikslumo ir paviršiaus glotnumo	Ø26 h12 Ra6,3; Ø10H10 Ra3,2; Ø36 h12 Ra6,3.
2. Vaizdai ir pjūviai	3 vaizdai
3. Matmenų atitikimas standartiniai eilei	Ra5: 10; M16. Ra10: 80; 20. Ra20: 22; 45°. Ra40: Ø26; 30; 15, Ø36, 260. Papildomos vertės: 290, 35.
4. Matmenų išdėstymas pagal koordinačių ašis	Pagal tris koordinačių ašis
5. Techninės sąlygos	LST EN 22768 – mk

3.3.2. lentelė

Detalės konstrukcijos atitikimas pagal technologiškumo kriterijus

Technologiškumo kriterijus	Atitinkamas technologiškumo kriterijus
1. Metalų rūšies parinkimas	Plieno S235JR LST EN 10025-1
2. Pasvirę paviršiai	Viena nuožula 45°
3. Bazės	Bazavimas nesudėtingas
4. Detalės standumas: $\frac{l}{d_{vid}} < 10 \quad (1)$ l - detalės ilgis d _{vid} – vidutinis detalės skersmuo Jei tenkinama sąlyga, tai detalė yra standi.	$d_{vid} = \frac{36 + 26}{2} = 31mm$ $\frac{l}{d_{vid}} = \frac{305}{31} = 9,84 < 10$
5. Terminis apdirbimas	-
6. Specialių technologinių operacijų reikalingumas	Nesudarytas
7. Simetrijos ašys ir plokštumos	2 simetrijos ašys

Pagrindinių technologiškumo rodiklių skaičiavimas:

1. Detalės masė:

Figūros masė M_f = 2,4kg;

Detalės masė M_d = 1,4kg.

2. Medžiagos išnaudojimo koeficientas:

$$K_m = \frac{M_d}{M_r}; \quad (3.1)$$

čia M_d – detalės masė;

M_r – ruošinio masė.

$$K_m = \frac{1,4}{2,4} = 0,58.$$

3. Unifikacijos koeficientas:

$$K_u = \frac{D_u}{D}; \quad (3.2)$$

čia D_u – unifikuotų paviršių skaičius;

D – visų paviršių skaičius.

Pagal 1 pav. galima matyti kurie paviršiai yra vienodi:

2=3; 10=14=15=16; 8=9; 11=13; 19=18; 20=21=22=23; 24=25.

$$K_u = \frac{18}{25} = 0,72;$$

4. Apdirbimo tikslumo koeficientas:

$$K_T = 1 - \frac{1}{A_{vid}}; \quad (3.3)$$

$$A_{vid} = \frac{\sum A_i \cdot n}{\sum n_i}; \quad (3.4)$$

čia A_i – atitinkamo paviršiaus tikslumo kvalitetas;

n – paviršių kiekis su šiuo kvalitetu.

$$A_{vid} = \frac{10 \cdot 3 + 12 \cdot 22}{25} = 11,68;$$

$$K_T = 1 - \frac{1}{11,68} = 0,91.$$

5. Paviršiaus glotnumo koeficientas:

$$K_s = 1 - \frac{1}{B_{vid}}; \quad (3.5)$$

$$B_{vid} = \frac{\sum B_i \cdot n}{\sum n_i}; \quad (3.6)$$

čia B_i – atitinkamo paviršiaus glotnumo reikšmė;

n – paviršių kiekis su atitinkamu glotnumu skaičius.

$$B_{vid} = \frac{1,6 \cdot 2 + 3,2 \cdot 2 + 6,3 \cdot 21}{25} = 6,35;$$

$$K_s = 1 - \frac{1}{5,86} = 0,84.$$

Detalės forma nėra sudėtinga ir nereikalauja specialių technologinių operacijų. Unifikuotų elementų yra visai nemažai, paviršių šiurkštumas nėra aukštas. Detalė yra pakankamai technologiška.

3.4. Ruošinio parinkimas skirtingiems gamybos tipams

3.4.1. Ruošinių parinkimo principai

Prenkant ruošinį, reikia nustatyti jo gavimo metodą konfigūraciją matmenis, užlaidas, tolerancijas taip pat nustatomos jo pagaminimo techninės sąlygos.

Detalių ruošinių gavimo metodas priklauso nuo detalės paskirties ir konstrukcijos, jos medžiagos, techninių reikalavimų, metinės gamybos programos ir gamybos tipo.

Pradžioje nustatomą koks technologinis procesas geriausiai tinka detalei pagaminti: liejimas, kalimas, šampavimas, valcuoti ruošiniai. Kartu reikia patikrinti, ar negalima panaudoto kombinuotą

ruošinio gavimo būdą: liejimą -suvirinimą kalimą arba štapavimą - suvirinimą ir t.t. Po to parenkamas ruošimo formos sudarymo metodas (liejimas smėlio, gurgutinėse, metalinėse formose ir pan.) kalimas, (kalimas padedamuose štampuose ir pan.) ir parenkamas įrengimas (štapavimas kūjais, presais, horizontaliomis kalimo mašinomis ir pan.). Įrengimo tipas turi įtakos ruošinio pagaminimo tikslumui, užlaidos dydžiui, nuolydžiui ir kt.

Galutinai ruošinio gavimo metodą pasirenkame pagal ekonominius rodiklius. Palyginimui parenkame du arba daugiau ruošinio pagaminimo technologinių procesų. Ruošinio parinkimą pakankamai tiksliai galima įvertinti pagal detalės pagaminimo paskaičiuotų sąnaudų dydį.

3.4.2. Detalės ruošinio parinkimas vienetinės gamybos atveju

Prenkant ruošinį, reikia nustatyti jo gavimo metodą, konfigūraciją, matmenis užlaidas, tolerancijas, taip pat nustatomos jo pagaminimo techninės sąlygos. Priklausomai nuo detalės paskirties, medžiagos, konstrukcijos, gamybos tipo reikia pasirinkti ruošinio gavimo būdą. Ruošinio gavimo būdai yra: liejimas, štapavimas, kalimas, valcavimas. Pasirenkant viena iš būdų reikia atsižvelgti į ruošinio savikainą, gaunamų atliekų kiekį, reikalingą tikslumą. Gaminamų detalių kiekis nedidelis (4 vnt.), todėl pasirenku ruošinius, gautus karštojo valcavimo būdu. Gaminama detalė – strypas [5].

Apvalaus karštai valcuoto strypo diametras surandamas pagal formulę:

$$D_{str.} = D_d + 2Z_O; \quad (3.7)$$

čia: $D_{str.}$ – skaičiuojamas strypo diametras, mm;

D_d – skaičiuojamas strypo diametras, mm;

Z_O – bendra užlaida vienai detalės pusei, mm.

$$D_{str.} = 36 + 2 \cdot 1,5 = 39mm.$$

Karštai valcuotos strypinės medžiagos ilgis skaičiuojamas tokiu būdu. Surandamas detalės ruošinio ilgis L_r :

$$L_r = L_d + 2Z_O; \quad (3.8)$$

čia: L_d – detalės nominalinis ilgis, mm;

Z_O – užlaidaruošinio galo apdirbimui, mm.

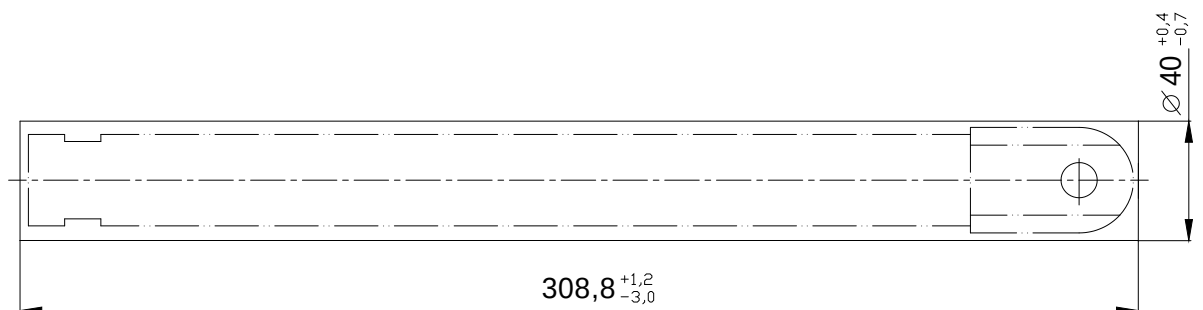
$$L_r = 305 + 2 \cdot 1,9 = 308,8 \text{ mm.}$$

Parenkame užlaidas:

3.4.2.1 lentelė

Valcuoto ruošinio duomenys

Detalės matmuo	Užlaidos dydis (vienai pusei)	Užlaidos nuokrypa	Ruošinio matmuo
Ø36	2	$\begin{smallmatrix} +0,4 \\ -0,7 \end{smallmatrix}$	$\text{U}40^{\begin{smallmatrix} +0,4 \\ -0,7 \end{smallmatrix}}$
305	1,9	$\begin{smallmatrix} +1,2 \\ -3,0 \end{smallmatrix}$	$308,8^{\begin{smallmatrix} +1,2 \\ -3,0 \end{smallmatrix}}$



3.4.2.1 pav. Valcuoto ruošinio eskizas

Perskaičiuojame ruošinio masę M_r :

$$M_r = r \cdot V; \quad (3.9)$$

čia r – medžiagos tankis (plienas 7,8 g/cm³);

V – tūris, cm³.

Tūrį V skaičiuosime formule:

$$V = \pi r^2 l; \quad (3.10)$$

čia: r – spindulys, cm;

l – ilgis, cm.

$$V = 3,14 \cdot 2^2 \cdot 30,88 = 387,85 \text{ cm}^3.$$

Tada:

$$M_r = 7,8 \cdot 387,85 = 2688,024 = 2,688 \text{ kg}.$$

Apskaičiuojame medžiagos išnaudojimo koeficientą:

$$K_m = \frac{M_d}{M_r}; \quad (3.11)$$

Įstatome reikšmes:

$$K_m = \frac{1,4}{2,7} = 0,52.$$

Apskaičiuojame sunaudojamos medžiagos kainą vienai detalei pagaminti:

S235JR plieno 1kg. Kaina – 1 Eur.

Pagamintos detalės masė – 1,4 kg.

Karštai valcuoto strypo ruošinio masė – 2,7 kg.

Metalo laužo 1kg. Kaina – 0,17 Eur.

Plieno kaina priimta sąlyginai, kadangi medžiagos bei atliekų kainos nustatymas yra apsunkintas, nes jiems įtakos turi sezonas, perkamos/parduodamos medžiagos kiekis, tiekimo dažnis ir kt.

Sunaudojamos medžiagos kainą vienai detalei pagaminti apskaičiuojame pagal formulę:

$$C_d = C_{pl} \cdot M_r - (M_r - M_d)C_a; \quad (3.12)$$

čia C_{pl} - 1kg. Plieno kaina, Eur;

C_a - 1kg. Atliekų kaina, Eur.

$$C_d = 1 \cdot 2,7 - (2,7 - 1,4) \cdot 0,17 = 2,48 \text{ Eur}.$$

Atliekų kaina 0,22 Eur. Pagal vienetinės gamybos programą, kurioje skirta pagaminti 4 detales pasirenkant karštai valcuoto strypo ruošinį, tada detalių savikaina 9,92 Eur.

3.4.3. Detalės ruošinio parinkimas serijinės gamybos atveju

Gaminamų detalių kiekis didelis (200 vnt.), todėl pasirenku ruošinius, gautus karštojo šampavimo būdu [5].

Pagal anglies kiekį pliene parenkame M1. Parenkame antrą tikslumo klasę. Pagal duotus intervalus parenkame sudėtingumo laipsnį:

$$C = \frac{M_d}{M_f}; \quad (3.13)$$

Įstačius reikšmes gauname:

$$C = \frac{M_d}{M_f} = \frac{1,4}{2} = 0,7;$$

0,7 atitinka C1 sudėtingumo laipsnį. Pagal anglies kiekį pliene nustatome M1 plieno grupę. Parenkame normalaus tikslumo ruošinį – II klasę.

Apvalaus karštai šampuoto ruošinio diametras surandamas pagal formulę:

$$D_{str.} = D_d + 2Z_O; \quad (3.14)$$

čia: $D_{str.}$ – skaičiuojamas strypo diametras, mm;

$D_{str.}$ – skaičiuojamas strypo diametras, mm;

Z_O – bendra užlaida vienai detalės pusei, mm.

$$D_{str1} = 36 + 2 \cdot 2,3 = 40,6mm;$$

$$D_{str2} = 26 + 2 \cdot 2,3 = 30,6mm.$$

Karštai valcuotos strypinės medžiagos ilgis skaičiuojamas tokiu būdu. Surandamas detalės ruošinio ilgis L_r :

$$L_r = L_d + 2Z_O; \quad (3.15)$$

čia: L_d – detalės nominalinis ilgis, mm;

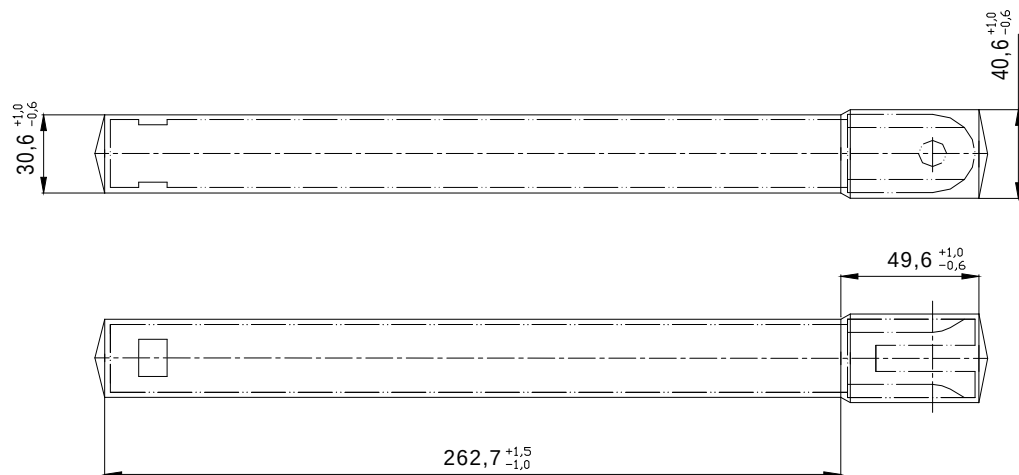
Z_o – užlaidaruošinio galo apdirbimui, mm.

$$L_r = 45 + 2 \cdot 2,3 = 49,6 \text{ mm}$$

3.4.3.1 lentelė

Užlaidų ir nuokrypų nustatymas

Detalės matmuo	Užlaidos dydis (vienai pusei)	Užlaidos nuokrypa	Ruošinio matmuo
Ø36	2,3	$+1,0$ $-0,6$	$40,6^{+1,0}_{-0,6}$
45	2,3	$+1,0$ $-0,6$	$49,6^{+1,0}_{-0,6}$
Ø26	2,3	$+1,0$ $-0,6$	$30,6^{+1,0}_{-0,6}$
260	2,7	$+1,5$ $-1,0$	$262,7^{+1,5}_{-1,0}$



3.4.3.1 pav. Šampuoto ruošinio eskizas

Perskaičiuojame ruošinio tūrį ir masę:

$$V = 3,14 \cdot 1,53^2 \cdot 26,27 + 3,14 \cdot 2,03^2 \cdot 4,96 = 257,28 \text{ cm}^3;$$

Tada:

$$M_r = 7,8 \cdot 257,28 = 2006,755 = 2,006 \text{ kg}.$$

Apskaičiuojame medžiagos išnaudojimo koeficientą:

$$K_m = \frac{M_d}{M_r}; \quad (3.16)$$

Tada:

$$K_m = \frac{1,4}{2} = 0,7.$$

Apskaičiuojame sunaudojamos medžiagos kainą vienai detalei pagaminti:

S235JR plieno 1kg. Kaina – 1 Eur.

Pagamintos detalės masė – 1,4 kg.

Štampuoto strypo ruošinio masė – 2 kg.

Į atliekas sunaudojamas ruošinio svoris – $2 - 1,4 = 0,6 \text{ kg}$.

Metalo laužo 1kg. Kaina – 0,17 Eur.

Štampo kaina – 869,57 Eur.

Štampuoto ruošinio medžiagos kaina priimta sąlyginai, kadangi ruošinio medžiagos kainos nustatymas yra apsunkintas, dėl kainų svyravimo.

Sunaudojamos medžiagos kainą vienai detalei pagaminti apskaičiuojame pagal formulę:

$$C_d = \frac{C_s}{n} + C_r - C_a; \quad (3.17)$$

čia C_s – štampo kaina, Eur;

n – detalių skaičius

C_r – ruošinio kaina, Eur;

C_a – atliekų kaina, Eur.

$$C_d = \frac{869,57}{200} + (2 \cdot 1) - (0,6 \cdot 0,17) = 6,25 \text{Eur.}$$

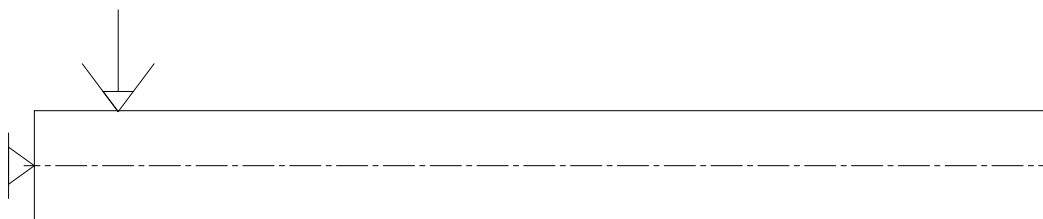
Atliekų kaina 0,1 Eur. Atliekų kiekis nuo šampuotų ruošinių yra dvigubai mažesnis nei valcuotų ruošinių. Nors šampas kainuoja nemažai, šampuoti ruošiniai atsiperka, kai jų kiekis yra didelis. Kuo gamybinė programa didesnė proporcingai šampuoto ruošinio kaina mažėja, esant nedidelei gamybinei programai, pigiau rinktis valcuoto profilio ruošinį. Šiuo atveju serijinei gamybai geriau pasirinkti valcuotą ruošinį, nes gaminamos detalės savikaina yra mažesnė. Šampuotus ruošinius apsimokėtų naudoti, jei gamybos apimtis būtų dar didesnė. Kad šampas atsipirktų reikia pagaminti apie 1500 detalių.

3.5. Technologinių bazių parinkimas

Ruošinio bazavimo ir tvirtinimo schema turi užtikrinti jo patikimą užtvirtinimą ir padėties stabilumą viso mechanizmo apdirbimo metu numatytoje operacijoje. Bazavimo paviršiai turi būti parinkti taip, kad būtų užtikrintas matmenų ir paviršių tarpusavio padėties reikiamas tikslumas, kad įtaiso konstrukcija būtų kiek galima paprastesnė ir patikimesnė, kad būtų patogų ruošinį įdėti į įtaisą, užspausti ir po apdirbimo išimti, kad būtų galima laisvai pristatyti pjovimo įrankius prie apdirbamų paviršių [14].

Detalės apdirbimas skirstomas į 5 operacijas, kurių metu numatytos sekančios technologinės bazės:

1. 005 operacijoje technologinė bazė yra neapdirbtas išorinis cilindrinis paviršius. Bazuojama trijų kumštelių griebtuve su galine atrama. Šioje operacijoje yra grubiai nutekinas visas ruošinio paviršius. Bazavimo schema pateikta 3.5.1 pav.



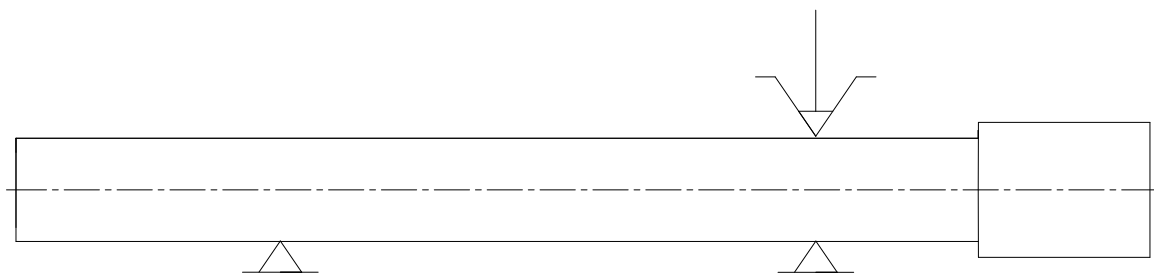
3.5.1 pav. Bazavimo schema operacijai 005

2. 010 operacijoje technologinė bazė yra apdirbtas išorinis cilindrinis paviršius. Bazuojama trijų kumštelių griebtuve su galine atrama. Šioje operacijoje yra nutekinamas galutinai ruošinio galinis paviršius 1. Taip pat paviršius 4 yra grubiai nutekinamas. Detalės paviršiai pateikti 3.2.1 pav. Bazavimo schema pateikta 3.5.2 pav.



3.5.2 pav. Bazavimo schema operacijai 010

3. 015 operacijoje technologinė bazė yra apdirbtas išorinis cilindrinis paviršius 4 ir ploštuma 7. Bazuojame frezavimo staklių spaustuose. Šioje operacijoje yra frezuojami 8, 25, 24, 17, 12 paviršiai ir gręžiama skylė 18. Bazavimo schema pateikta 3.5.3 pav.



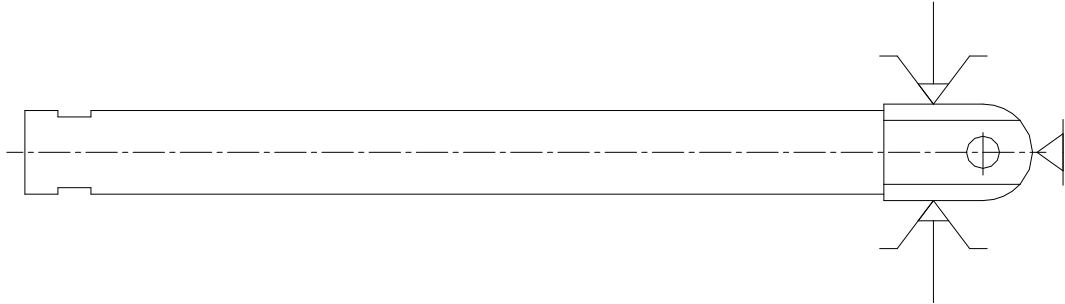
3.5.3 pav. Bazavimo schema operacijai 015

4. 020 operacijoje technologinė bazė yra apdirbtas išorinis cilindrinis paviršius 4 ir ploštuma 25. Bazuojame frezavimo staklių spaustuose. Šioje operacijoje yra frezuojami 3 ir 9 paviršiai. Bazavimo schema pateikta 3.5.4 pav.



3.5.4 pav. Bazavimo schema operacijai 020

5. 025 operacijoje technologinė bazė yra apdirbti paviršiai 24 ir 25. Bazuojame frezavimo staklių spaustuose. Šioje operacijoje yra frezuojamas paviršius 2, skylės 6 gręžimas ir sriegimas. Bazavimo schema pateikta 3.5.5 pav.



3.5.5 pav. Bazavimo schema operacijai 025

3.6. Detalės paviršių mechaninio apdirbimo technologinės pakopos

Pateiktoje 3.6.1 lentelėje kiekvienam projektuojamos detalės elementariam paviršiui numatomos reikiamos apdirbimo technologinės pakopos ir nustatomi pagrindiniai techniniai duomenys. Paskutinioji technologinė pakopa savo techniniais duomenimis turi pilnai tenkinti galutinius paviršiaus techninius duomenis, nurodytus detalės darbo brėžinyje.

Detales paviršių mechaninio apdirbimo technologinės pakopos

Eil. Nr.	Elementarus paviršius ir jo techniniai duomenys	Technologinės pakopos pavadinimas	Techniniai duomenys		
			Šiurkštumas Ra, mm	Tikslumo kvalitetas	Tolerancija T, mm
1	Galiniai paviršiai $305h12(0_{-0,52})$, Ra=6,3	1. Grubus galo 1 tekinimas.	6,3	12	520
2	Išorinis cilindrinis paviršius $\varnothing 36h12(0_{-0,18})$, Ra=6,3	1. Grubus tekinimas	6,3	12	180
3	Išorinis cilindrinis paviršius $\varnothing 26h10(0_{-0,084})$, Ra=6,3	1. Grubus tekinimas	6,3	12	84
4	Vidinis srieginis paviršius M16, Ra=3,2	1. Centravimas	-	-	-
		2. Grežimas	6,3	12	180
		3. Sriegimas	3,2	8	236
5	Vidinė nuožula $2h12 \times 45^\circ$, Ra=6,3	1. Vienkartnis tekinimas	6,3	12	150
6	Plokštuminiai paviršiai 45×30 , Ra=6,3	1. Paviršiaus 8 grubus frezavimas	6,3	12	210
		2. Paviršiaus 9 grubus frezavimas	6,3	12	210
		3. Paviršiaus 24 grubus frezavimas	6,3	12	210
		4. Paviršiaus 25 grubus frezavimas	6,3	12	210
7	Plokštuminiai paviršiai 30×10 , Ra=1,6	1. Paviršių 11, 12, 13 grubus frezavimas	6,3	12	210
		2. Paviršių 11 ir 13 glotnus frezavimas	1,6	10	84
8	Skylė $\varnothing 10H10(0^{+0,058})$, Ra=1,6	1. Grežimas	3,2	10	58
9	Užapvalintas paviršius R15, Ra=6,3	1. Paviršiaus 17 frezavimas R15 spinduliu	6,3	12	210
10	Plokštuminiai paviršiai 10 , Ra=6,3	1. Paviršiaus 2 frezavimas	6,3	12	210
		2. Paviršiaus 3 frezavimas	6,3	12	210

3.7. Detalės gamybos technologinis kelias

Žinant bazavimo pirmoje ir kitose operacijose pagrindų teorija bei duoto tipo detalių gamybos technologija, galime sudaryti detalės gamybos technologijos kelią. Detalės gamybos technologijos kelias pateiktas 3.7.1 lentelėje [1].

3.7.1 lentelė

Detalės gamybos technologijos kelias pateiktas

Nr.	Operacija	Įrankiai	Technologinis įrenginys
005	Tekinimas	Tekinimo peilis su kietlydinio plokštelėmis LST EN 21151	HAAS ST-20
	01 Nustatymas.		
	01 Pakopa. Grubus viso ruošinio tekinimas.		
010	02 Nustatymas.	Nupjovimo peilis su kietlydinio plokštelėmis LST EN 18884	
	01 Pakopa. Tekinti galą 1 galutinai.		
	02 Pakopa. Grubus paviršiaus 4 tekinimas.		
015	Frezavimas	Galinė pirštinė freza LST EN 17025	HAAS Sminimill 2
	01 Nustatymas		
	01 Pakopa. Paviršiaus 8 grubus frezavimas.		
	02 Pakopa. Paviršiaus 17, 24, 25 grubus frezavimas.		
	03 Pakopa. Paviršiaus 11, 12 ir 13 grubus frezavimas.		
	04 Pakopa. Paviršiaus 11 ir 13 glotnus frezavimas.		
	05 Pakopa. Skylės 18 gręžimas.		

3.7.1 lentelės tęsinys

Nr.	Operacija	Įrankiai	Technologinis įrenginys
020	02 Nustatymas		HAAS Sminimill 2
	01 Pakopa. Paviršiaus 3 grubus frezavimas.	Galinė pirštinė freza LST EN 17025	
	02 Pakopa. Paviršiaus 9 grubus frezavimas.	Galinė pirštinė freza LST EN 17025	
025	03 Nustatymas	Diskinė trišonė greitapjovio plieno freza LST EN 3755	
	01 Pakopa. Paviršiaus 2 grubus frezavimas.		
	02 Pakopa. Gręžiama centravimo skylutė paviršiuje 1.	Centravimo grąžtas A201 iš greitapjovio plieno	
	03 Pakopa. Gręžti skylę 6 galiniame paviršiuje 1.	Spiralinis grąžtas LST EN 886	
	04 Pakopa. Sudarome vidinę nuožulą 5.	Galinė pirštinė freza LST EN 17025	
	05 Pakopa. Sriegti skylę 6.	Sriegiklis LST EN 3266	

3.8. Užlaidų analitinis skaičiavimas

Užlaidos turi labai didelės reikšmės projektuojant detalės mechaninio apdirbimo technologines operacijas. Teisingai nustačius užlaidų dydį užtikrinama apdirbamų paviršių kokybė, sumažėja gamybos savikaina. Užlaidų skaičiavimui galima taikyti du metodus: analitinį (skaičiavimų) ir statistinį (lentelinį). Analitinis – skaičiavimo būdas, šiuo metodu užlaidos gaunamos tikslesnės, kadangi įvertinamos gamybinės paklaidos konkrečioms apdirbimo sąlygoms. Lentelinis – šiuo metodu gautos užlaidos būna mažiau tikslios, tačiau galima žymiai greičiau nustatyti jų reikšmes. Užlaidų skaičiavimui naudosime analitinį metodą [14].

Apskaičiuojame bendrąją ir tarpines užlaidas paviršiui, kurio matmuo Ø26h10.

Ruošinio: $R_z = 125\text{mm}$; $h = 150\text{mm}$.

Grubus tekinimas: $R_z = 50\text{mm}$; $h = 50\text{mm}$.

Glotnus tekinimas: $R_z = 30\text{mm}$; $h = 30\text{mm}$.

Suminė erdvinė nuokrypių reikšmė valcuotiems ruošiniams:

$$r = \sqrt{r_{sus}^2 + r_c^2}; \quad (3.18)$$

$$r_{sus} = \Delta k \cdot l; \quad (3.19)$$

čia r – erdvinė nuokrypa;

l – pusė viso ruošinio ilgio ($l = 152,5mm$);

Δk – ruošinio lyginamasis kreivumas ($\Delta k = 0,12mm/mm$).

$$r_c = 0,25mm;$$

$$r_{sus} = 0,12 \cdot 152,5 = 18,3mm;$$

$$r = \sqrt{18,3^2 + 0,25^2} = 18,3mm;$$

$$r_{grub.t.} = 18,3 \cdot 0,06 = 1,09mm;$$

$$r_{glot.t.} = 18,3 \cdot 0,05 = 0,92mm.$$

Į 3.8.1 lentelę įrašome atitinkamus ruošinio technologinių pakopų užlaidų elementus R_z , h ir r . Nustatymo paklaidą e rasime formule:

$$e = \sqrt{e_b^2 + e_{tv}^2 + e_{pas}^2}; \quad (3.20)$$

čia e_b – bazavimo paklaida;

e_{tv} – tvirtinimo paklaida;

e_{pas} – ruošinio pastatymo įtaise paklaida.

Pastatymo paklaida e_{pas} atsiranda dėl įtaisų netikslaus pagaminimo, dėl jų pastatymo elementų nusidėvėjimo, taip pat dėl įtaisų pastatymo staklėse paklaidos. Dažnai pastatymo paklaidas sunku nustatyti, todėl jos įvertinamos tvirtinimo paklaidos vertėje.

Tuomet nustatymo e paklaida apskaičiuojama pagal formulę:

$$e = \sqrt{e_b^2 + e_{tv}^2}; \quad (3.21)$$

Bazuojame savaiminio centravimo griebtuve su galine atrama. Tai bazavimo paklaida yra lygi $e_b = 0$. Tada:

$$e = \sqrt{0^2 + 320^2} = 320 \text{ mm}.$$

Technologinių pakopų minimalias užlaidas apskaičiuosime naudodamiesi pagrindine formule.

$$2z_{i_{\min}} = 2 \left(Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{r_{i-1}^2 + e_i^2} \right); \quad (3.22)$$

Grubiam tekinimui:

$$2z_{i_{\min}} = 2 \left(125 + 150 + \sqrt{18,3^2} \right) = 586,6 \text{ mm}.$$

Grubaus tekinimo minimalus skersmuo:

$$d_{\min} = 26 - 0,21 = 25,79 \text{ mm}.$$

Ruošinio minimalus skersmuo:

$$d_{\min} = 25,79 + 2 \cdot 0,587 = 26,964 \text{ mm}.$$

Maksimalūs skersmenys skaičiuojami formule:

$$d_{\max} = d_{\min} + T; \quad (3.23)$$

Ruošinio maksimalus skersmuo:

$$d_{\max} = 26,964 + 1,1 = 28,064 \text{ mm}.$$

Grubaus tekinimo maksimalus skersmuo:

$$d_{\max} = 25,79 + 0,21 = 26 \text{ mm}.$$

Grubaus tekimo ribinės užlaidos skaičiavimas:

$$2z_{\min}^{rib} = 26,964 - 25,79 = 1,174\text{mm} = 1174\text{mm};$$

$$2z_{\max}^{rib} = 28,064 - 26 = 2,064\text{mm} = 2064\text{mm};$$

Į 3.8.1 lentelę suvedame visus duomenis.

3.8.1 lentelė

Užlaidų ir ribinių matmenų skaičiavimų lentelė

$\Psi 26_{-0,21}^0$	Užlaidos elementai, mm				Užlaida $2z_{\min}$, mm	Matmuo d_{sk} , mm	Tolerancija T, mm	Ribiniai matmenys, mm		Ribinės užlaidos, mm	
	R_z	h	r	e				$d_{\min}$	$d_{\max}$	$2z_{\min}^{rib}$	$2z_{\max}^{rib}$
Ruošinys	125	150	18	-	-	26,964	1100	26,964	28,064	-	-
Grubus tekimas	50	50	2	320	2·586,6	25,79	210	25,79	26	1174	2064

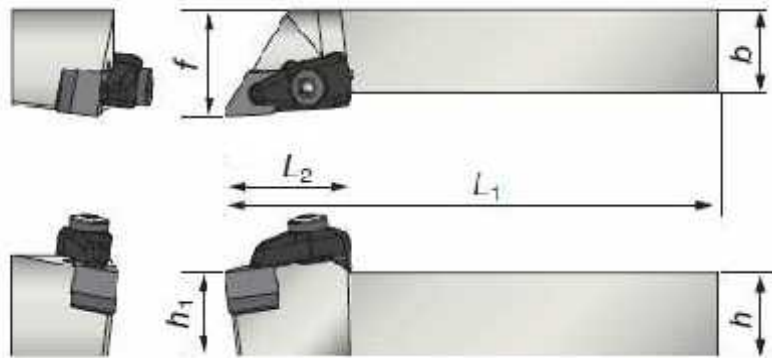
čia h- deformacijos sluoksnis;

R_z , T, e - paimami iš lentelių.

3.9. Pjovimo režimų skaičiavimas

Pjovimo režimai nustatomi analitiniu arba lenteliniu metodu. Lentelinis metodas mažiau tikslus, bet greitesnis ir paprastesnis. Šiandien perkant įrankį paprastai gamintojas nurodo pjovimo režimus, tad nereikia gaišti laiko jų skaičiavimui. Jei iškyla būtinybė įrankių gamintojai, ar technologijos projektavimo paketų kūrėjai pateikia programas leidžiančias vos per keletą minučių nustatyti pjovimo režimus atsižvelgiant į įrankio parametrus ir konkrečias gamybos sąlygas [6].

Operacija 010 paviršiaus 4 grubus tekimas tekimo peiliu LST EN 21151 su kietlydinio plokštelėmis. Paviršiai pateikti 3.1.2 pav. Pasiekiamas apdirbamojo paviršiaus tikslumas pagal 12-ąją kвалitetą. Paviršiaus šiurkštumas $Ra=6,3 \mu\text{m}$. Dirbama programinėmis staklėmis „HAAS ST20“.



3.9.1 pav. Tekinimo peilio eskizas

Apdirbamoji medžiaga: plienas S235JR $s_u = 430 \text{ MPa}$.

Peilio koto matmenys : $h \times b \times L = 25 \times 25 \times 150 \text{ mm}$;

1. Parenkami tekimo peilio kampai: $\alpha = 70^\circ$; $\beta = 930^\circ$; $r = 1,2 \text{ mm}$.

Tekinimo režimų nustatymas

2. Apskaičiuojamas pjovimo gylis:

$$t = \frac{D - d}{2}; \quad (3.24)$$

čia D – skersmuo prieš tekimą, mm;

d – skersmuo po tekimo, mm.

$$t = \frac{40 - 36}{2} = 2 \text{ mm}$$

3. Parenkama pastūma vienam ruošinio pasisukimui:

$$s = 0,45 \text{ mm / aps}$$

4. Apskaičiuojamas leistinas pjovimo greitis:

$$v = \frac{C_v}{T^m t^x s^y} K_v; \quad (3.25)$$

čia $T=60$ min – vidutinė peilio patvarumo reikšmė;

C_v – konstanta;

x, y, m , - laipsnių rodikliai;

$C_v=350$; $x=0,15$; $y=0,35$; $m=0,2$;

t – pjovimo gylis;

s – pastūma.

Pataisos koeficientas:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv} \cdot K_{jv} \cdot K_{j1v} \cdot K_{rv}; \quad (3.26)$$

čia $K_{nv}=0,9$ – koeficientas, įvertinantis medžiagos paviršiaus būklę pjovimo greičiui;

$K_{uv}=1$ – koeficientas, įvertinantis plieno darbinės dalies medžiagos įtaką pjovimo greičiui;

$K_{jv}=0,9$; $K_{j1v}=0,91$; $K_{rv}=1$ – koeficientai, įvertinantys peilio geometrinių elementų įtaką pjovimo greičiui;

K_{mv} – koeficientas, įvertinantis apdirbamos medžiagos įtaką pjovimo greičiui:

$$K_{mv} = K_r \left(\frac{750}{s_u} \right)^n; \quad (3.27)$$

čia $K_r=1$ koeficientas, apibudinantis apdirbamojo plieno prapę;

$n=1$ – laipsnio rodiklis;

$$K_{mv} = 1 \cdot \left(\frac{750}{430} \right)^1 = 1,74;$$

$$K_v = 1,74 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 0,91 \cdot 1 = 1,28;$$

$$v = \frac{350}{60^{0,2} \cdot 2^{0,15} \cdot 0,45^{0,35}} \cdot 1,28 = 448 / 2,27 \cdot 1,11 \cdot 0,76 = 234,55 \text{ m / min.}$$

5. Apskaičiuojame ruošinio sukimosi dažnį:

$$n = \frac{1000v}{\rho D}; \quad (3.28)$$

Istatome reikšmes:

$$n = \frac{1000 \cdot 234,55}{3,14 \cdot 40} = 1867 \text{ r / min.}$$

Sukimosi dažnio su staklių pasu suderinti nereikia, nes CNC staklės pasiekia tikslų apsisukimo dažnį. Tada $n_{st} = 1900 \text{ rad/min.}$

6. Minutinė pastūma:

$$s_m = sn_{st}; \quad (3.29)$$

Istatome reikšmes:

$$s_m = 0,45 \cdot 1350 = 855 \text{ mm/min.}$$

7. Tikrasis pjovimo greitis:

$$v_t = \frac{\rho D n_{st}}{1000}; \quad (3.30)$$

Istatome reikšmes:

$$v_t = \frac{3,14 \cdot 40 \cdot 1900}{1000} = 238,64 \text{ m / min.}$$

8. Apskaičiuojamos pjovimo jėgos dedamosioms:

$$P_{z,y,x} = C_p t^x s^y v_t^n K_p; \quad (3.31)$$

čia P_z, P_y, P_x – tangentinės, radialinės ir ašinės pjovimo jėgos dedamosios išilginio tekimo atveju.

Konstanta C_p ir laipsniai z, x, y pateikti lentelėse.

K_p – pataisos koeficientas:

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{jp} \cdot K_{gp} \cdot K_{lp} \cdot K_{rp}; \quad (3.32)$$

čia K_{mp} – koeficientas, įvertinantis apdirbamosios medžiagos įtaką pjovimo jėgai;

$K_{\phi p}$, $K_{\gamma p}$, $K_{\lambda p}$, K_{rp} – koeficientas, įvertinantis peilio geometrijos įtaką;

Koeficiento K_{mp} nustatymas:

$$K_{mp} = \left(\frac{s_u}{750} \right)^n; \quad (3.33)$$

$$n = 0,75 \text{ kai } s_u < 600 \text{ MPa}$$

$$K_{mp} = \left(\frac{430}{750} \right)^{0,75} = 0,66.$$

P_z : $C_p=300$; $x=1$; $y=0,75$; $n= -0,15$; $K_{\phi p}=0,94$; $K_{\gamma p}=1$; $K_{\lambda p}=1$; $K_{rp}=1$; $K_{mp}=0,89$; $K_p=0,87$.

P_y : $C_p=243$; $x=0,9$; $y=0,6$; $n= -0,3$; $K_{\phi p}=0,77$; $K_{\gamma p}=1$; $K_{\lambda p}=1$; $K_{rp}=1$; $K_{mp}=0,89$; $K_p=0,71$.

P_x : $C_p=339$; $x=1$; $y=0,5$; $n= -0,4$; $K_{\phi p}=1,11$; $K_{\gamma p}=1$; $K_{\lambda p}=1$; $K_{rp}=1$; $K_{mp}=0,89$; $K_p=1,02$.

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 2^1 \cdot 0,45^{0,75} \cdot 430,56^{-0,15} \cdot 0,87 = 3000 \cdot 2 \cdot 0,55 \cdot 0,4 \cdot 0,87 = 1148,4 \text{ N};$$

$$P_y = 10 \cdot 243 \cdot 2^{0,9} \cdot 0,45^{0,6} \cdot 430,56^{-0,3} \cdot 0,71 = 2430 \cdot 1,87 \cdot 0,62 \cdot 0,16 \cdot 0,71 = 320,1 \text{ N};$$

$$P_x = 10 \cdot 339 \cdot 2^1 \cdot 0,45^{0,5} \cdot 430,56^{-0,4} \cdot 1,02 = 3390 \cdot 2 \cdot 0,67 \cdot 0,09 \cdot 1,02 = 417 \text{ N}.$$

9. Pjovimui reikalinga galia:

$$N = \frac{P_z \cdot v_t}{60 \cdot 1000}; \quad (3.34)$$

Tada:

$$N = \frac{1148,4 \cdot 238,64}{60 \cdot 1000} = 4,57 \text{ kW}.$$

Pjovimo režimai tenkina sąlygą:

$$N \leq N_v \cdot \eta;$$

čia $N_v=14,9$ kW – pagrindinio elektros variklio galia;
 $\eta=0,75$ - staklių pavaros naudingumo koeficientas.

$$4,57 \leq 14,9 \cdot 0,75$$

$$4,57 \leq 11,18 \text{ (sąlyga tenkinama)}$$

10. Paskaičiuojamas operacijos atlikimui mašininis (pagrindinis) laikas:

$$T_m = \frac{L}{s_m}; \quad (3.35)$$

čia L – darbo eigos ilgis, mm;
 s_m – minutinė pastūma, mm/min.

$$L=l+l_1+l_2; \quad (3.36)$$

čia $l=305$ mm – pjovimo ilgis,
 $l_1= 3$ mm – peiliui įsipjauti iki viso gylio reikalingas atstumas;
 $l_2= 1$ mm – peilio praėjimo už apdirbtojo paviršiaus dydis.

$$L=305+3+2=310 \text{ mm}$$

$$T_m = \frac{310}{855} = 0,36 \text{ min.}$$

Operacija 015 paviršių 8 paviršių grubus frezavimas. Paviršiai pateikti 3.2.1 pav. Frezavimo operacijai parenkame galinę pirštinę frezą LST EN 17025 pagaminta iš greitapjovio plieno. Frezos dantų skaičius 3, išorinis diametras $D=20$ mm. Paviršiaus tikslumas $Ra=6,3 \mu\text{m}$. Dirbama programinėmis frezavimo staklėmis „HAAS Sminimill 2“.

Apdirbamoji medžiaga: plienas S235JR $s_u = 430 \text{ MPa}$.

I. Frezos konstrukcinių ir geometrinių elementų parikimas:

1. Frezos matmenys:

Frezavimo plotis $B = 20 \text{ mm}$

Frezavimo ilgis $l = 30 \text{ mm}$

Pjovimo gylis $t = 3 \text{ mm}$.

2. Frezos skersmenį $D = 20 \text{ mm}$

3. Frezos geometrinių elementų parinkimas:

$\gamma = 20^\circ$; $\alpha_1 = 8^\circ$; $\varphi = 90^\circ$; $\varphi_0 = 45^\circ$; $\varphi_1 = 3^\circ$; $\lambda = 30^\circ$.

II. Frezavimo režimų nustatymas:

4. Parenkame pastūma dančiui $s_z = 0,09 \text{ mm/danč}$;

5. Pjovimo greitis:

$$v_s = \frac{C_v D^q}{T^m t^x s_z^y B^u z^p} K_v; \quad (3.37)$$

čia D – frezos skersmuo, mm;

$C_v = 46,7$; $q = 0,45$; $x = 0,5$; $y = 0,5$; $u = 0,1$; $p = 0,1$; $m = 0,33$ – konstantos ir laipsnių rodikliai.

T – frezos patvarumas, $T = 80 \text{ min}$;

t – pjovimo gylis;

B – frezavimo plotis;

z – frezos dantų skaičius;

K_v – bendras pataisos koeficientas.

$$K_v = K_{mv} K_{nv} K_{uv}; \quad (3.38)$$

čia K_{mv} – koeficientas, įvertinantis apdirbamosios medžiagos įtaką pjovimo greičiui ;

K_{nv} – koeficientas įvertinantis ruošinio paviršiaus būklę;

K_{uv} – koeficientas, įvertinantis įrankio medžiagą.

$K_{nv} = 1$; $K_{uv} = 1$.

$$K_{mv} = C_m \left(\frac{750}{s_u} \right)^n; \quad (3.39)$$

$$K_{mv} = 1 \cdot \left(\frac{750}{430} \right)^{-0,9} = 0,61;$$

$$K_v = 0,61 \cdot 1 \cdot 1 = 0,61.$$

Tada:

$$v_s = \frac{46,7 \cdot 20^{0,45}}{80^{0,33} \cdot 3^{0,5} \cdot 0,09^{0,5} \cdot 20^{0,1} \cdot 3^{0,1}} \cdot 0,61 = 32,83 \text{ m/min}.$$

6. Frezos sukimosi dažnis:

$$n_s = \frac{v_s 1000}{pD}; \quad (3.40)$$

Išstatome reikšmes:

$$n_s = \frac{32,83 \cdot 1000}{3,14 \cdot 20} = 522,77 \text{ aps/min};$$

Sukimosi dažnio suderinamas su staklių paso duomenimis. Frezavimo staklių suklys gali suktyti iki 4600 aps/min nuosekliai. Kadangi suklys gali suktyti nuosekliai, frezos sukimosi dažnį parenkame 530 aps/min.

7. Tikrasis pjovimo greitis:

$$v_t = \frac{pD n_{st}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 20 \cdot 530}{1000} = 33,28 \text{ m/min}.$$

8. Minutinė pastuma:

$$s_m = s_z z n_t; \quad (3.41)$$

Išstatome reikšmes:

$$s_m = 0,09 \cdot 3 \cdot 522,77 = 141,2 \text{ mm/min}.$$

9. Tangentinė (apskritiminė) pjovimo jėgos dedamoji:

$$P_z = \frac{10C_p t^x s_z^y B^u}{D^q n^w} \cdot K_{mp}; \quad (3.42)$$

čia $C_p=82,5$; $x = 1$; $y = 0,75$; $u = 1,1$; $q = 1,3$; $w = 0,2$ – konstantos ir laipsnių rodikliai.

n – frezos sukimosi dažnis, r/min;

D – frezos skersmuo, mm;

$K_{mp}=0,8$ – koeficientas, įvertinantis apdirbamąją medžiagą:

$$K_{mp} = \left(\frac{s_u}{750} \right)^{0,3}; \quad (3.43)$$

$$n = 0,3$$

$$K_{mp} = \left(\frac{430}{750} \right)^{0,3} = 0,85;$$

Tada:

$$P_z = \frac{10 \cdot 82,5 \cdot 3^1 \cdot 0,09^{0,75} \cdot 20^{1,1} \cdot 3}{20^{1,3} \cdot 1450^{0,2}} \cdot 0,85 = 129,31N.$$

10. Frezos sukimosi momentas

$$M = \frac{P_z D}{2 \cdot 1000}; \quad (3.44)$$

Įstatome reikšmes:

$$M = \frac{129,31 \cdot 20}{2 \cdot 1000} = 1,29Nm;$$

11. Pjovimui reikalinga galia

$$N = \frac{P_z v_t}{60 \cdot 1020}; \quad (3.45)$$

Įstatome reikšmes:

$$N = \frac{129,31 \cdot 33,28}{60 \cdot 1020} = 0,07kW$$

Parinkti pjovimo režimai turi tenkinti sąlygą:

$$N \leq N_v \cdot \eta;$$

čia $N_v = 11,2$ kW – pagrindinio elektros variklio galia;

$\eta = 0,8$ - staklių pavaros naudingumo koeficientas.

$$0,07 \leq 11,2 \cdot 0,8$$

$$0,07 \leq 8,96 \text{ (sąlyga tenkinama)}$$

12. Frezavimo mašininis laikas

$$T_m = \frac{L}{s_m};$$

$$L = l + l_1 + l_2;$$

čia l – apdirbamojo paviršiaus ilgis, $l = 45$ mm;

l_1 – frezos įsipjovimo ilgis esant simetriniam frezavimui;

l_2 – frezos praėjimo ilgis, $l_2 = 2$ mm.

$$L = 20 + 45 + 2 + 1 = 68 \text{ mm.}$$

$$T_m = \frac{68}{870} = 0,08 \text{ min.}$$

Likę pjovimo režimai parenkami iš lentelių [7,8].

Pjovimo režimų skaičiavimo rezultatai

Operacijos Nr.	Perėjimo nr.	Apdirbamas paviršius	Pjovimo gylis t, mm	Pastūma s, mm/aps	Apsisukimų skaičius n, r/min	Pjovimo greitis v, m/min	Pastūma s_m , mm/min
Tekinimas							
005	1	Viso ruošinio grubus tekinimas	2	0,45	1350	170	608
010	1	Paviršiaus 1 grubus tekinimas	1,9	0,3	1435	180	645
	2	Grubus paviršiaus 4 tekinimas.	2,5	0,45	1900	238,64	855
	3	Grubus paviršiaus 4 tekinimas.	2,5	0,45	1900	238,64	855
Frazavimas, gręžimas, sriegimas							
015	1	Paviršiaus 8 grubus frezavimas	3	0,09	530	33,28	141,2
	2	Paviršiaus 17, 24, 25 grubus frezavimas	3	0,09	484	30,4	131
	3	Paviršių 11, 12 ir 13 grubus frezavimas	10	0,12	270	42	194
	4	Paviršių 11 ir 13 glotnus frezavimas	1	0,2	225	35	320
	5	Skylės 18 gręžimas	5	0,12	920	28,8	110
020	1	Paviršiaus 3 grubus frezavimas	2	0,09	484	30,4	131
	2	Paviršiaus 9 grubus frezavimas	3	0,09	530	33,28	141,2
025	1	Paviršiaus 2 grubus frezavimas	2	0,2	225	35	320
	2	Centravimo skylės gr.	2	0,08	430	13,5	145
	3	Skylės 6 gręžimas	7	0,18	790	24,8	256
	4	Paviršiaus 5 grubus frezavimas	2	0,09	484	30,4	131
	5	Skylės 6 sriegimas	0,3	2	187	9,4	374

3.10. Techninio proceso normavimas

Kiekviena operacija užtrunka tam tikrą laiko tarpą. Vienetinis laikas – tai laiko tarpas lygus operacijos ciklo ir vienu metu gaminamų ar remontuojamų gaminių kiekio santykiui. Vienetinis laikas yra lygus technologinės operacijos atlikimo laiko ir vienu metu apdirbamų gaminių kiekio vienoje darbo vietoje santykiui. Darbo normavimas atliekamas kiekvienai operacijai [7].

Vienetinis laikas detalės gamybai nustatomas pagal formulę:

$$T_v = (T_A + T_p \cdot K_p) \left(\frac{1 + a_a + a_p}{100} \right); \quad (3.46)$$

čia T_A – pagalbinių laikas, min.;

K_p – pataisos koeficientas;

a_a – darbo vietos aptarnavimo laikas;

a_p – poilsio laikas.

Automatinis staklių darbe pagal programą laikas apskaičiuojamas:

$$T_a = T_{am} + T_{AP}; \quad (3.47)$$

čia T_{AP} – automatinis pagalbinių laikas;

T_{am} – pagrindinis laikas, skaičiuojamas kiekvienam perėjimui pagal formulę:

$$T_{am} = \frac{L \times i}{S_m}; \quad (3.48)$$

čia L – įrankio persislinkimo skaičiuojamasis ilgis apdirbimo metu, mm.;

i – darbo eigų skaičius atliekamame perėjime;

S_m – minutinė įrankio pastūma, mm/min.

Įrankio persislinkimo skaičiuojamas ilgis L randamas pagal formulę:

$$L = l + l_{pri} + l_{is} + l_{iš}; \quad (3.49)$$

čia l – apdirbimo paviršiaus ilgis, mm.;

l_{pri} – įrankio prie ruošinio privedimas, norint išvengti smūgio pjovimo pradžioje, mm.;

l_{is} – įrankio įsipjovimo dydis, mm.;

$l_{iš}$ – įrankio išėjimo dydis, mm..

T_{ap} – automatinis pagalbinis laikas apskaičiuojamas pagal formulę:

$$T_{ap} = t_k + t_{pr} + t_{poz}. \quad (3.50)$$

čia t_k – staklių įrankių galvutės pasukimas, min.;

t_{pr} – įrankio priartinimo laikas, min.;

$t_{poz.}$ – įrankio tikslus pozicionavimo laikas, min.;

Staklių įrankių galvutės pasukimo laikas.....0.02 min.;

Įrankio priartinimo laikas..... 0.03 min.;

Įrankio pozicionavimo laikas.....0.1 min.;

Pagalbinis laikas T_p skaičiuojamas pagal formulę:

$$T_p = T_{pu} + T_{pv} + T_{pm}; \quad (3.51)$$

čia T_{pu} – detalės uždėjimo ir nuėmimo laikas.....0.29 min.;

T_{pv} – staklių valdymo laikas:

staklių įjungimas ir išjungimas.....0.03 min.;

įrankio nustatymas į pradinę padėtį..... 0.1 min.;

staklių skydo atidarymas ir uždarymas.....0.03 min.;

T_{pm} – detalių matavimo laikas (slankmačiu).....0.16 min.;

Organizacinio aptarnavimo ir poilsio laiko suma $a_a + a_p$, sugaištas paruošiant darbo vietą darbo pradžiai, sutvarkant darbo vietai pasibaigus pamainai, tepant ir valant stakles, taip pat laiko asmeniniams poreikiams įvertinami procentais nuo operatyvinio laiko (apie 10%). Pataisos koeficientas $K_p = 0.66$

Skaičiuojama vienetinio laiko norma pirmai operacijai 005 – tekinimas.

Pirmas perėjimas. Tekinamas visas ruošinio paviršius. Visi paviršiai pateikti 3.2.1 pav. $s_m = 608 \text{ mm/min}$.

$$L = 242 + 2 + 1 = 245 \text{ mm.}$$

$$T_{am} = \frac{245 \cdot 1}{608} = 0,4 \text{ min.}$$

$$T_a = 0,4 + 0,03 + 0,02 + 0,1 = 0,55 \text{ min.}$$

Skaičiuojama vienetinio laiko norma antrai operacijai 010 – tekinimas.

Pirmas perėjimas. Tekinamas galinis paviršius 1. $s_m = 645 \text{ mm/min}$.

$$L = 18 + 2 + 1 = 21 \text{ mm.}$$

$$T_{am} = \frac{21 \cdot 1}{645} = 0,03 \text{ min.}$$

$$T_a = 0,03 + 0,03 + 0,02 + 0,1 = 0,18 \text{ min.}$$

Antras perėjimas. Grubus paviršiau 4 tekinimas. Laiką apskaičiuojame kartu su pjovimo režimais.

$$T_a = 0,36 \text{ min.}$$

Skaičiuojama vienetinio laiko norma operacijai 015 – frezavimas.

Pirmas perėjimas. Paviršiaus 8 grubus frezavimas. $B = 20 \text{ mm}$, $l = 45 \text{ mm}$, $s_m = 870 \text{ mm/min}$.

$$L = 20 + 45 + 2 + 1 = 68 \text{ mm.}$$

$$T_{am} = \frac{68 \cdot 1}{870} = 0,08 \text{ min.}$$

$$T_a = 0,08 + 0,03 + 0,02 + 0,1 = 0,23 \text{ min.}$$

Antras ir trečias perėjimas. Paviršiaus 25 grubus frezavimas. $B=30\text{mm}$, $l=45\text{mm}$, $s_m=131\text{mm/min}$. Paviršius 24 ir 25 yra vienodi, tai jų laikas yra toks pat.

$$L=30+45+2+1=78 \text{ mm.}$$

$$T_{am} = \frac{78 \cdot 1}{131} = 0,6 \text{ min.}$$

$$T_a=0,6+0,03+0,1=0,73 \text{ min.}$$

Ketvirtas perėjimas. Paviršiaus 17 grubus frezavimas. $B=6\text{mm}$, $l=40\text{mm}$, $s_m=76\text{mm/min}$.

$$L=6+40+2+1=49 \text{ mm.}$$

$$T_{am} = \frac{49 \cdot 1}{76} = 0,64 \text{ min.}$$

$$T_a=0,64+0,03+0,1=0,77 \text{ min.}$$

Penktas perėjimas. Paviršių 11, 12 ir 13 grubus frezavimas. $B=8\text{mm}$. $l=35\text{mm}$, $s_m=482\text{mm/min}$.

$$L=8+35+2+1=46 \text{ mm.}$$

$$T_{am} = \frac{46 \cdot 1}{482} = 0,1 \text{ min.}$$

$$T_a=0,1+0,03+0,02+0,1=0,25 \text{ min.}$$

Šeštas perėjimas. Paviršiaus 11 glotnus frezavimas. $B=1\text{mm}$. $l=35\text{mm}$. $n=430\text{r/min.}$, $s_m=482\text{mm/min}$.

$$L=1+35+2+1=39 \text{ mm.}$$

$$T_{am} = \frac{39 \cdot 1}{1080} = 0,05 \text{ min.}$$

$$T_a=0,05+0,03+0,1=0,18 \text{ min.}$$

Septintas perėjimas. Paviršiaus 13 glotnus frezavimas. Paviršiai 11 ir 13 yra vienodi, tai jų laikas yra toks pat.

Septintas perėjimas. Skylės 18 gręžimas. $l=30\text{mm}$, $s_m=110\text{mm/min}$.

$$L=30+2+1=33 \text{ mm.}$$

$$T_{am} = \frac{33 \cdot 1}{110} = 0,3 \text{ min.}$$

$$T_a=0,3+0,03+0,02+0,1=0,45 \text{ min.}$$

Skaiciuojama vienetinio laiko norma operacijai 020 – frezavimas.

Pirmas perėjimas. Paviršiaus 3 grubus frezavimas. $B=10\text{mm}$. $l=14\text{mm}$, $s_m=156\text{mm/min}$.

$$L=10+14+2+1=27 \text{ mm.}$$

$$T_{am} = \frac{27 \cdot 1}{131} = 0,2 \text{ min.}$$

$$T_a=0,2+0,03+0,02+0,1=0,35 \text{ min.}$$

Antras perėjimas. Paviršiaus 9 grubus frezavimas. Paviršius 8 ir 9 yra vienodi, tai jų laikas yra toks pat.

Skaiciuojama vienetinio laiko norma operacijai 025 – frezavimas.

Pirmas perėjimas. Paviršiaus 2 grubus frezavimas. Paviršius 2 ir 3 yra vienodi, tai jų laikas yra toks pat.

Antras perėjimas. Centravimo skylės gręžimas. $l=2\text{mm}$, $s_m=145\text{mm/min}$.

$$L=2+2+1=5 \text{ mm.}$$

$$T_{am} = \frac{5 \cdot 1}{145} = 0,03 \text{ min.}$$

$$T_a=0,03+0,03+0,02+0,1=0,18 \text{ min.}$$

Trečias perėjimas. Skylės 6 gręžimas. $l=100\text{mm}$, $s_m=256\text{mm/min}$.

$$L=100+2+1+1=104 \text{ mm.}$$

$$T_{am} = \frac{104 \cdot 1}{256} = 0,41 \text{ min.}$$

$$T_a = 0,41 + 0,03 + 0,02 + 0,1 = 0,56 \text{ min.}$$

Ketvirtas perėjimas. Paviršiaus 5 grubus frezavimas. $B=2\text{mm}$. $l=40\text{mm}$, $s_m=131\text{mm/min}$.

$$L = 40 + 2 + 2 + 1 = 45 \text{ mm.}$$

$$T_{am} = \frac{45 \cdot 1}{131} = 0,34 \text{ min.}$$

$$T_a = 0,34 + 0,03 + 0,02 + 0,1 = 0,49 \text{ min.}$$

Penktas perėjimas. Skylės 6 sriegimas. $l=80\text{mm}$. $s_m=374\text{mm/min}$.

$$L = 80 + 2 + 1 + 1 = 84 \text{ mm.}$$

$$T_{am} = \frac{84 \cdot 1}{374} = 0,22 \text{ min.}$$

$$T_a = 0,22 + 0,03 + 0,02 + 0,1 = 0,37 \text{ min.}$$

Pilnas automatinis staklių darbe pagal programą laikas:

$$\sum T_a = 0,55 + 0,18 \cdot 2 + 0,36 + 0,18 \cdot 2 + 0,73 + 0,77 + 0,25 + \\ + 0,45 + 0,23 \cdot 2 + 0,45 + 0,35 \cdot 2 + 0,56 + 0,49 + 0,37 = 6,43$$

$$T_p = 0,29 + (0,03 + 0,01 + 0,03) + 0,16 = 0,52 \text{ min.}$$

Tuomet vienetinis laikas:

$$T_v = (6,43 + 0,52 \cdot 0,66) \left(\frac{1+10}{100} \right) = 6,77 \text{ min.}$$

Gautus duomenis surašome į 3.10.1 lentelę.

Normavimo rezultatų suvestinė

Operacijos Nr.	Operacijos pavadinimas	Mašininis laikas T_a, min.	Pagalbinis laikas T_p, min.	Vienetinis laikas T_v, min.
005	Tekinimas	0,55	0,52	0,89
010	Tekinimas	0,54	0,52	0,88
015	Frezavimas	2,66	0,52	3
020	Frezavimas ir gręžimas	0,58	0,52	0,92
025	Frezavimas, gręžimas ir sriegimas	1,95	0,52	2,29
Bendras vienetinis laikas:				7,98

4. ŽMONIŲ IR APLINKOS SAUGA

Gaminio ergonominė charakteristika. Ergonomika tai mokslinė disciplina, tirianti žmogaus arba žmonių grupių darbo procese naudojančių įvairias technines priemones, psichofiziologines galimybes, ribas ir ypatumus. Remiantis tyrimų išvadomis tobulinamos darbo priemonės, kuriamos patogios darbo vietos ir optimalios darbo aplinkos sąlygos.

Ergonomikos tikslas – sistemos žmogus-mašina-aplinka efektyvumo didinimas. Sistemos efektyvumą apsprendžia darbo našumo ir kokybės santykis su materialinėmis laiko energijos ir psichinėmis sąnaudomis. Sistemos efektyvumą pirmiausia užtikrina žmogaus – operatoriaus darbingumas ir patikimumas. Kitas ergonomikos tikslas – saugaus darbo užtikrinimas. Jis pasiekiamas atrenkant darbuotojus, pagal jų tinkamumą tam tikrai profesijai kriterijus ir parenkant optimalią darbo aplinką.

Yra skiriami šie pagrindiniai grupiniai rodikliai: antropometriniai, higieniniai, fiziologiniai, psichofiziologiniai ir psichologiniai. Šie rodikliai formuoja ergonomikos struktūrą. Antropometrinis rodiklis reglamentuoja mašinos atitikimą dirbančiojo kūno matmenims, judėjimo galimybėms ir tai užtikrina racionalią ir patogią darbo pozą. Higieninis - charakterizuoja darbo aplinkos parametrus, jų įtaką žmogaus darbingumui. Fiziologinis - charakterizuoja reikalavimus žmogaus jėgos, greičio, klausos, regos ir kitoms savybėms. Psichofiziologinis - įvertina žmogaus psichofiziologinių galimybių kitimą keičiantis amžiui, reakcijos greitį ir kt. Psichologinis - apibūdina mašinos atitikimą žmogaus atminčiai, mąstymui, darbo įgūdžių įsisavinimo galimybes.

Darbo vieta tai zona kurioje išdėstytos reikalingos techninės priemonės. Kiekviena darbo vieta turi būti pritaikyta konkrečiai darbo rūšiai ir tam tikros kvalifikacijos darbuotojui, įvertinant ergonominius rodiklius. Darbuotojai turi būti aprūpinti reikalingomis apsaugos priemonėmis.

Mikroklimatas turi didžiulę įtaką dirbančiojo fiziologiniams procesams. Žmogaus organizmui nepalankūs dideli temperatūros svyravimai. Patalpa turi būti nei per drėgna, nei per sausa. Optimalus santykinis oro drėgnumas gamybinėse patalpose turi būti nuo 40% iki 60%. Tai nustatoma stacionariais arba aspiraciniais psichrometrais.

Taip pat svarbu ir oro cirkuliacija. Ją sukelia natūralios ventiliacinės srovės arba mechaninė ventiliacija. Jei oras necirkuliuoja, tai patalpose būna tvanku. Tačiau nepageidautina ir per daug intensyvi oro cirkuliacija.

Didelę įtaką žmogaus organizmui turi apšvietimas. Tyrimais nustatyta, kad geriau apšviestose darbo vietose žmonės ne taip greitai pavargsta, o darbo našumas padidėja nuo 10% iki 20%. Esant prastam apšvietimui, ne tik sumažėja darbo našumas, bet ir tikslumas. Normuojant apšvietimą atsižvelgiama į regimojo darbo įtempimą įvairiomis sąlygomis, priklausančiomis nuo

darbo vietų objektų ryškumo ir kontrastingumo. Kad greitai nepavargtų akys, neįvyktų nelaimingų atsitikimų, apšvietimas turi atitikti šiuos reikalavimus: darbo vietų apšvietimas turi atitikti darbo sąlygas ir regėjimo higienos normas; šviesos srautas turi tolygiai pasiskirstyti regėjimo lauke ir darbo paviršiuje; darbo paviršiuose neturi būti ryškių šešėlių, nes dėl to netolygiai pasiskirsto ryškumas regėjimo lauke. Be to regėjimo lauke neturi būti tiesioginio ir atspindėto blizgesio, sukeliančio akinimą. Darbo metu apšvietimas turi būti pastovus, nes apšvietimo svyravimai verčia akis dažnai adaptuotis iš naujo, dėl to jos labai pavargsta. Leidžiamas šviesos srauto pulsacijos koeficientas turi būti ne didesnis kaip 10-20%.

Gaminio eksploatavimo saugumas. Prieš pradėdant eksploatuoti įrenginį, darbuotojas privalo patikrinti ir įsitikinti, kad konstrukcija nėra pažeista ar kaip nors paveikta. Patikrinti ar sukomplektuotos visos detalės.

5. EKONOMINĖ DALIS

5.1. Projektuojamo gaminio savikainos skaičiavimai

Gaminio savikainos kalkuliaciniai straipsniai rodo, kiek ir kokių išlaidų gaminiui pagaminti. Išlaidos skirstomos į tris stambias grupes: 1) tiesiogines išlaidas; 2) netiesiogines išlaidas; 3) veiklos sąnaudas [10].

5.1.1 lentelė

Gaminio savikainos apskaičiavimas

	Išlaidų straipsnis	Išlaidos, Eur
I.	Gaminio projektavimo ir technologinio rengimo išlaidos:	
a)	projektavimo darbai	1047,77
b)	technologijos paruošimo darbai	389,24
	Iš viso projektavimo ir technologinio rengimo išlaidų	1437,01
II.	Tiesioginės gamybos išlaidos:	
1.	Tiesioginės medžiagų sąnaudos:	
a)	medžiagų ir žaliavų išlaidos	1219,04
b)	grįžamosios atliekos (-)	36,62
c)	pagalbinių medžiagų išlaidos	6,61
d)	pusgaminių, komplektuojamų gaminių, atsarginių detalių išlaidos	5,68
2.	Tiesioginės darbo apmokėjimo sąnaudos (pagrindinės gamybos darbininkams):	
a)	darbo užmokestis	1575,49
b)	socialinis draudimas	372,82
	Iš viso tiesioginių gamybos išlaidų:	3143,02
III.	Netiesioginės gamybos išlaidos:	
a)	energijos išlaidos technologiniams tikslams	279,15
b)	vandens išlaidos	114,24
c)	aptarnaujančio personalo darbo užmokesčio ir socialinio draudimo išlaidos	435,16
d)	patalpų apšvietimo išlaidos	63,98
e)	Ilgalaikio turto nusidėvėjimas	15,91
	Iš viso netiesioginių gamybos išlaidų	908,44
	Gamybos savikaina	5760,81
IV.	Veiklos sąnaudos	5091,62
V.	Iš viso išlaidų	10852,43
	Gamybos programa, vnt.	4
	Vieno gaminio išlaidos	2713,11
	Gaminio pardavimo kaina	3300

5.1.2 lentelė

Projektavimo darbų laiko sąnaudos

Eil. Nr.	Projektavimo darbų charakteristika	Vienos detalės laiko sąnaudos, val.	Brėžinių skaičius	Visų detalių laiko sąnaudos, val.
1.	Techninė užduotis	3	1	3
2.	Techninis projektas	8	1	8
3.	Darbo brėžiniai	1	28	28
4.	Surinkimo brėžiniai	2	4	8
5.	Brėžinių kontrolė	1	32	32
6.	Specifikacijų ir techninių sąlygų sudarymas	0,8	32	25,6
7.	Bandomojo pavyzdžio gamyba	1	32	32
8.	Brėžinių po bandymų taisymas	1	5	5
9.	Darbų apiforminimas	1	32	32
10.	Kopijavimo darbai	0,1	32	3,2
Iš viso:				176,8

5.1.3 lentelė

Projektuotojų darbo apmokėjimo sąnaudos

Eil. Nr.	Projektavimo darbai	Visų detalių laiko sąnaudos, val.	Visų detalių laiko sąnaudos, (dienomis)	Vidutinis dienos darbo užmokestis, Eur	Apmokėjimo suma, Eur
1.	Techninė užduotis	3	0,375	32	12
2.	Techninis projektas	8	1	32	32
3.	Darbo brėžiniai	28	3,5	32	112
4.	Surinkimo brėžiniai	8	1	32	32
5.	Brėžinių kontrolė	32	4	32	128
6.	Specifikacijų ir techninių sąlygų sudarymas	25,6	3,2	32	102,4
7.	Bandomojo pavyzdžio gamyba	32	4	26	128
8.	Brėžinių po bandymų taisymas	4	0,5	32	16
9.	Darbų apiforminimas	32	4	32	128
10.	Kopijavimo darbai	3,2	0,4	22	12,8
Iš viso:					703,2

5.1.4 lentelė

Gaminio projektavimo sąnaudos

Eil. Nr.	Kalkuliaciniai straipsniai	Suma, Eur
1.	Medžiagų sąnaudos (1%)	7,03
2.	Darbo užmokesčio sąnaudos	703,2
3.	Socialinio draudimo sąnaudos (33 % nuo darbo užmokesčio)	232,06
4.	Veiklos sąnaudos (15 % nuo darbo užmokesčio)	105,48
	Iš viso:	1047,77

5.1.5 lentelė

Ruošinių gamybos technologijos darbo užmokesčio sąnaudos

Eil. Nr.	Darbų rūšis	Ruošinių skaičius, vnt.	Darbų imlumas, val.	Valandinis įkainis, Eur	Ruošinio gamybos technologijos darbo užmokesčio sąnaudos, Eur
1.	Detalių technologiškumo analizė	28	1	3	84
2.	Technologijos ruošiniams pagaminti parengimas	28	1	3	84
	Iš viso:				168

5.1.6 lentelė

Mechaninio apdirbimo technologijos darbo užmokesčio sąnaudos

Darbų rūšis	Detalių skaičius, vnt.	Darbų imlumas, val.	Valandinis įkainis, Eur	Detalių apdirbimo technologijos darbo užmokesčio sąnaudos, Eur
Mechaninio apdirbimo technologijos parengimas	28	1	3	84
Iš viso:				84

5.1.7 lentelė

Kitų technologinių procesų darbo užmokesčio sąnaudos

Eil. Nr.	Darbų rūšis	Detalių (surinkimo vienetų) skaičius, vnt.	Darbų imlumas, val.	Valandinis įkainis, Eur	Kitų technologinių procesų darbo užmokesčio sąnaudos, Eur
1.	Terminio ir suvirinimo darbų technologijos parengimas	17	1	3	51
2.	Surinkimo ir šaltkalviškų darbų technologijos parengimas	20	1	3	60
	Iš viso:				111

5.1.8 lentelė

Gaminio technologinio parengimo sąnaudos

Eil. Nr.	Kalkuliaciniai straipsniai	Suma, Eur
1.	Medžiagų sąnaudos (2 % nuo darbo užmokesčio)	5,26
2.	Darbo užmokesčio sąnaudos	263
3.	Socialinio draudimo sąnaudos (31 % nuo darbo užmokesčio)	81,53
4.	Veiklos sąnaudos (15 % nuo darbo užmokesčio)	39,45
	Iš viso:	389,24

5.2. Tiesioginės medžiagų sąnaudos

5.2.1 lentelė

Pagrindinių medžiagų vertė

Eil. Nr.	Medžiagos pavadinimas	Kaina, Eur / t arba Eur / m	Matavimo vienetai	Sunaudota medžiagų (4 vnt.)	Medžiagų vertė, Eur
1.	Lakštinis plienas 50x500x1500 S235JR	462,81	t	2,08	962,64
2.	Lakštinis plienas 20x1500x6000 S235JR	462,81	t	0,03	13,88
3.	Profiliniai vamzdžiai 80x80x6,0 S235JR	34,50	m	4,768	164,49

4.	Apvalus plienas Ø16 S235JR	650,4	t.	0,021	13,65
5.	Apvalus plienas Ø40 S235JR	650,4	t.	0,04	26,01
6.	Apvalus plienas Ø50 S235JR	650,4	t.	0,031	20,16
7.	Apvalus plienas Ø80 S235JR	650,4	t.	0,028	18,21
Iš viso:					1219,04

5.2.2 lentelė

Grįžtamųjų atliekų vertės skaičiavimas

Eil. Nr.	Atliekų pavadinimas	Atliekų kiekis, kg	Atliekų kaina, Eur / kg	Suma, Eur
1.	Drožlės	35,4	0,17	6,02
2.	Lakštininis plienas	170	0,18	30,6
Iš viso:				36,62

5.2.3 lentelė

Pagalbinių medžiagų vertė

Eil. Nr.	Medžiagos pavadinimas	Matavimo vienetai	Kaina, Eur	Sunaudota medžiagų	Medžiagų vertė, Eur
1.	Dažai	l	3,50	1,3	4,55
2.	Dujos suvirinimo darbams	l	0,0026	792	2,06
Iš viso:					6,61

5.2.4 lentelė

Įsigyjamų pusgaminų, komplektuojamų gaminių vertės skaičiavimas

Eil. Nr.	Pusgaminų, komplektuojamų gaminių Pavadinimas ir standartas ar modelis	Pusgaminų, komplektuojamų gaminių kiekis, vnt.	Pusgaminio, komplektuojamo gaminio kaina, Eur	Suma, Eur
1.	Varžtas M8x70 DIN 931	24	0,04	0,96
2.	Varžtas M12x80 DIN 931	16	0,09	1,44
3.	Veržlė M8 DIN 439	56	0,01	0,56
4.	Veržlė M12 DIN 934	36	0,04	1,44
5.	Poveržlė M8 DIN 125	56	0,01	0,56
6.	Poveržlė M12 DIN 125	36	0,02	0,72
Iš viso:				5,68

5.3. Ilgalaikio turto vertė ir nusidėvėjimas

5.3.1 lentelė

Įrengimų poreikio ir jų galingumo skaičiavimas

Eil. Nr.	Įrengimų pavadinimas	Kiek is, vnt.	Vertė, Eur		Vieneto galingumas, kW	Galingumų suma, kW
			įrengimo	visų įrengimų		
Staklės						
1.	Koordinatinės plazminio pjovimo staklės OMNICUT 3600	1	72000	72000	25	25
2.	Frezavimo staklės HAAS SMINIMILL 2	1	37000	37000	11,2	11,2
3.	Tekinimo staklės HAAS ST-20	1	60000	60000	14,9	14,9
I.	Iš viso:			169000		51,1
	Kiti įrengimai					
1.	Suvirinimo pusautomatis Digital MIG220	1	1100	1100	3	3
II.	Iš viso:			1100		3
	Transporto priemonės					
1.	Autokaras Humdai HBF25-7	1	14400	14400		
III.	Iš viso:			14400		
	Iš viso: (I + II + III)			184500		54,1
IV.	Pristatymo, montavimo, komplektavimo, derinimo išlaidos (10% nuo (I + II + III) sumos	18450				
	Įsigijimo savikaina I+II+III + IV	202950				
	Išlaidos elektros energijai technologiniams tikslams, Eur	279,15				

5.3.2 lentelė

Ilgalaikio turto nusidėvėjimo skaičiavimas

Materialus ilgalaikis turtas	Įsigijimo vertė, Eur	Likvidacinė vertė, Eur	Sukauptas nusidėvėjimas, Eur	Normatyvas, metais	Nusidėvėjimo suma per 0,05 mėn. Eur
1. Staklės	169000	16900	3380	5	14,8
2. Kiti įrengimai	1100	110	27	4	0,11
3. Transporto priemonės:	14400	1440	240	6	1
Iš viso:					15,91

5.4. Darbo užmokesčio išlaidų planavimas

5.4.1 lentelė

Vieno darbininko efektyvus metinis darbo laiko fondas

Laiko struktūra	Planas
1. Kalendorinis darbo laiko fondas, dienomis	365
2. Poilsio ir švenčių dienos	112
2.1. Šventės	9
2.2. Poilsio dienos	103
3. Nominalusis darbo laiko fondas, dienomis	253
4. Neatvykimai į darbą (vidutiniškai žmogui), dienomis	49
4.1. Kasmetinės atostogos	28
4.2. Tikslinės atostogos:	21
4.2.1. Nėštumo ir gimdymo	10
4.2.2. Atostogos vaikui prižiūrėti, kol jam sueis treji metai	5
4.2.3. Mokymosi	2
4.2.4. Kūrybinės	1
4.2.5. Valstybinėms ar visuomeninėms pareigoms atlikti	1
4.2.6. Nemokamos	2
5. Efektyvus darbo laikas, dienomis	204
6. Darbo dienos trukmė, val.	8
7. Darbo dienos sutrumpinimai (vidutiniškai žmogui), val.	0,22
8. Vidutinė darbo dienos trukmė, val.	7,78
9. Efektyvus darbo laiko fondas, val.	1587

5.4.2. lentelė

Pagrindinių darbininkų pagrindinio darbo užmokesčio apskaičiavimas

[illegible]

5.4.3 lentelė

Tiesioginių darbo užmokesčio išlaidų skaičiavimas

Profesijos pavadinimas		Pagrindinis DU, Eur	Papildomas DU, Eur	Bendras DU, Eur	Atskaitymai soc. draudimui, Eur	Iš viso DU išlaidų, Eur
Projektuojamajai detalei pagaminti	Tekintojai	172,5	17,25	189,75	58,82	248,57
	Frezuotojai	172,5	17,25	189,75	58,82	248,57
Kitoms detalėms pagaminti	Paruošėjas	110,4	11,04	121,44	37,65	159,09
	Plazmistas	355,5	35,55	391,05	121,22	512,27
Suvirinimo darbai		121,44	12,14	133,58	41,41	174,99
Dažymo darbai		80,5	8,05	88,55	27,45	116
Surinkimo darbai		80,5	8,05	88,55	27,45	116
Iš viso:					372,82	1575,49

Išvada: per 0,17 h. pagaminta projektuojama detalė, visos detalės pagamintos per 40 valandų, t.y. 5 dienos arba 0,23 mėnesio. Priimama, kad detalių gamyba ir visų gaminių surinkimas vyks 0,23 mėnesių.

5.5. Netiesioginių gamybos išlaidų skaičiavimas

5.5.1 lentelė

Vandens, sunaudoto gamybos tikslams, išlaidos

Rodiklis	Staklių, detalių skaičius	Vandens kiekis staklėms, l / val.	Kubinio metro kaina, Eur	Staklių darbo laikas, val.	Išlaidos šaEuram vandeniui, Eur
Aušinimo skysčiui	172	0,6	4,76	40	114,24
Iš viso:					114,24

5.5.2 lentelė

Netiesioginės darbo užmokesčio išlaidos

Eil. Nr.	Profesijos pavadinimas	Darbuotojų skaičius	Mėnesinė alga, Eur	Papildomas DU, Eur	Atskaitymai soc. draudimui, Eur	Mėnesio DU išlaidos, Eur	Iš viso DU išlaidų, Eur*
1.	Įrengimų prižiūrėtojas	1	560	56	616	1232	283,36
2.	Valytoja	1	300	30	330	660	151,8
Iš viso:							435,16

5.5.3 lentelė

Patalpų apšvietimo išlaidos

Eil. Nr.	Patalpų pavadinimas	Patalpų plotas, kv. m	Apšvietimo norma, W / kv. m	Apšvietimo laikas, val.	Elektros energijos sąnaudos, kWh	1 kWh kaina, Eur	Išlaidos už elektros energiją, Eur
1.	Administracinės patalpos	80	60	40	211	0,129	27,22
2.	Gamybinės patalpos	150	40	40	264	0,129	34,05
3.	Sandėlių patalpos	75	20	10	15	0,129	1,93
4.	Kitos patalpos	30	20	10	6	0,129	0,77
Iš viso:							63,98

5.6. Veiklos sąnaudos

5.6.1 lentelė

Bendrosios ir administracinės sąnaudos

Eil. Nr.	Sąnaudų pavadinimas	Sąnaudos, Eur	Pastabos
1.	Atlyginimų ir socialinio draudimo sąnaudos	654,31	4.6.2 lentelė
2.	Nuomos sąnaudos	588,6	4.6.3 lentelė
3.	Ilgalaikio turto nusidėvėjimo sąnaudos	15,91	5.3.2 lentelė
4.	Remonto ir eksploatacijos sąnaudos	3690	2% nuo įrengimų vertės

6.	Elektros energijos sąnaudos	63,98	4.5.3 lentelių reikšmių suma
7.	Garantinio fondo sąnaudos	78,82	(0,2% nuo darbo užmokesčio)
	Iš viso:	5091,62	

5.6.2 lentelė

Atlyginimų ir socialinio draudimo sąnaudos

Eil. Nr.	Pareigos	Darbuotojų skaičius	Mėnesinė alga, Eur	Atsiskaitymai soc. draudimui, Eur	Mėnesio DU išlaidos, Eur	Iš viso išlaidų Eur
1.	Buhalteris	1	560	179,2	739,2	170,02
2.	Cecho viršininkai	1	800	256	1056	242,88
3.	Meistrai	1	640	409,6	1049,6	241,41
	Iš viso:					654,31

5.6.3 lentelė

Patalpų nuomos sąnaudos

* Nuomojamosios patalpos		Kvadratinio metro nuomos kaina, Eur	Nuomos vertė, Eur
Patalpų rūšis	Patalpų plotas, m ²		
Administracinės patalpos	80	9	259,2
Gamybinės patalpos	150	4	216
Sandėlių patalpos	75	3	71
Kitos patalpos	30	3	32,4
Iš viso:			588,6

IŠVADOS

Iš pasirinktų variantų išrinkome vieną tinkamiausią stendo konstrukciją, kuri atitiko iškeltus reikalavimus. Stendo konstrukcija yra nesudėtinga, nedidelės gaminio išlaidos, paprastas veikimo principas.

Stendo konstrukcijos rėmas apskaičiuotas ir padarytas iš plieno vamzdžių, kuris galėtų atlaikyti dviratį ir svorsčių masę, kuri siekia 410 kg.

Statinio stendo paskirtis išbandyti dviračio rėmo konstrukciją, bandinį apkrovus svarčiais, kuriuos laikome dvi minutes ir po to nukrauname.

Atlikus bandymą sužinojome, kad dviračio rėmo konstrukcija atlaikė reikiamą svorsčių masę be deformacijų ir lūžių.

Atlikę ekonominius skaičiavimus sužinojome stendo savikainą, atskirų detalių kainas, gamybos laiką ir kainą.

Bandymams atlikti nereikia aukštos kvalifikacijos darbuotojų, nes dviratis prie stendo tvirtinamas paprastų detalių pagalba ir apkraunamas atitinkamais svoriais.

Trūkumas tas, kad norint apkrauti ir nukrauti svorius reikia juos kilnoti. Tai reikalauja žmogaus fizinės jėgos, nes bendra svorių masė nėra labai lengva ir kilnojimas užima nemažai laiko.

Kad nereikėtų nuolat kilnoti svorių, juos galima keisti pneumo cilindrais, tačiau jų kaina didesnė už svorių kainą. Naudojant pneumo cilindrų stendo konstrukcija taip pat bus ir sudėtingesnė, ir brangesnė.

LITERATŪRA

1. B. Dragūnas, K. Pilkauskas, A. Stasiūnas, R. Stasiūnas. Inžinieriaus mechaniko žinynas. Vilnius, 1988.
2. J. Bareišis. Konstrukcinių elementų atsparumas. Šiauliai, 2003.
3. Z. Ramonas, V. Pertronis, D. Čikotienė. Technologijos fakulteto studijų darbų parengimo tvarka. Šiauliai, 2004.
4. Z. Ramonas, V. Petronis, A. Ramonienė. Mašinų braižyba. Šiauliai, 2006.
5. J. Rimkus. Mašinų gamybos technologija. Kursinis projektavimas. Šiauliai, 2003.
6. R. Šniuolis. Pjovimo režimų nustatymas. Mokomoji knyga. Šiauliai, 2003.
7. Z. Ramonas, A. Bražėnas. Frezavimas programinėmis staklėmis. Metodiniai nurodymai. Kaunas, 1992.
8. Z. Ramonas, A. Bražėnas. Tekinimas programinėmis staklėmis. Metodiniai nurodymai. Kaunas, 1992.
9. A. J. Bražiūnas. Mašinų gamybos technologijos pagrindai. Kaunas, 2004.
10. A. Kovierienė, S. Žičkienė, Z. Ramonas. Mašinų gamybos įmonių produkcijos savikainos skaičiavimas. Šiauliai, 2006.
11. <http://www.varztupasaulis.lt>
12. http://tbc.su.lt/?page_id=116
13. <http://www.metalurgija.lt/s235jr-plieno-marke-mechanines-charakteristikos-chemine-sudetis>
14. R. Krančiukas. Užlaidų mechaniniam apdirbimui analitinis apskaičiavimas ir parinkimas. Mokomoji knyga. Kaunas, 2007.