

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

Zigmantas Vaitkevičius

MOBILUS REGULIUOJAMO AUKŠČIO OŽINIS KRANAS

Mechanikos inžinerijos bakalauro darbas

Vadovas

lekt. Z.Ramonas

ŠIAULIAI, 2015

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

TVIRTINU
Katedros vedėja
Doc.dr. L.Kelpšienė

2015 03

MOBILUS REGULIUOJAMO AUKŠČIO OŽINIS KRANAS

Mechanikos inžinerijos bakalauro darbas

Konsultantė

doc. A. Kovierienė

2015 06

Vadovas

lekt. Z.Ramonas

2015 06

Recenzentas

doc. A.Sabaliauskas

2015 06

Atliko

M-11 gr. stud.

Z.Vaitkevičius

2015 06

ŠIAULIAI, 2015

V.Zigmantas mobilus reguliuojamo aukščio ožinis kranas: universitetinių pagrindinių studijų Mechanikos inžinerijos programos, baigiamasis darbas / baigiamojo darbo vadovas lekt.
Z.Ramonas. Šiaulių universitas, technologijų ir gamtos mokslų fakultetas, mechanikos ir statybos inžinerijos katedra. – Šiauliai, 2015,-

SANTRAUKA

Tyrimo objektas - mobilus reguliuojamo aukščio ožinis kranas.

Tyrimo tikslas – suprojektuoti 2 tonų keliamosios galios reguliuojamo aukščio ožinį kraną.

Bakalauro baigiamojo darbo pirmoje dalyje išanalizuoti techniniai parametrai, nustatyta gamybos apimtis.

Antroje dalyje aprašyta gaminio paskirtis, atlikta mobilių ožinių kranų konstrukcijų variantų apžvalga ir palyginimas. Pateiktas projektuojamo gaminio konstrukcijos aprašymas. Atlikti techniniai skaičiavimai (sijos ir vežimėlio stipruminiai skaičiavimai).

Trečioje dalyje išanalizuotas vienos detalės technologinis maršrutas. Atliktas užlaidų skaičiavimas, pjovimo režimų parinkimas bei techninis normavimas.

Ketvirtoje dalyje pateikiami eksploataciniai reikalavimai naudojant kėlimo įrenginį.

Penktoje dalyje atlikti ekonominiai skaičiavimai, kurių pagalba nustatyta mobilaus reguliuojamo aukščio ožinio krano savikaina.

V.Zigmantas mobile adjustable height gantry crane: bachelor thesis of mechanical engineer / advisor lekt. Z.Ramonas. Šiauliai University, Technological and Natural sciences Faculty, Mechanical and Civil Engineering Department.- Šiauliai, 20015,-

SUMMARY

Object of the study – mobile adjustable height gantry crane.

The aim of the study is to design 2 ton capacity adjustable height gantry crane.

The first part of the bachelor's thesis had been analysed the main technical parameters and setermine the scope of production.

In the second part describes functions of product, the main versions of construction of mobile adjustable height gantry crane have been reviewed, different construction solutions of various types have been compared. Technical calculation of the product (beem and trolley mechanical strenght calculations) have been performed.

Third part deals with the analysis of technical routes of sigle part. Determination the installations neccessary for processing operations as well as identification and technical rating of overlaps and cutting modes.

Fourth part presents the technical and operational requirements for using the lifting products.

The fifth part deals with economic calculations on the basis of which the net cost of the freight mobile adjustable gantry crane has been determined and justified.

Eilės Nr.	Formatas	Žymėjimas	Pavadinimas	Lapų sk.	Egz.nr.	Pastabos
1	A4		<u>Aiškinamasis raštas</u>	71		
			<u>Brėžiniai</u>			
2	A1	M03.01VA	Mobilaus reguliuojamo aukščio ožinio kranų variantų analizė	1		
3	A1	M03.02.00.00SB	Mobilus reguliuojamo aukščio ožinis kranas	1		
4	A1	M03.03.TE	Ašelės apdirbimo maršrutas	1		
5	A1		Detalių brėžiniai	1		
ŠU Technologijos ir gamtos mokslų fakultetas		Studentas	V.Vaitkevičius			ŽINIARAŠTIS
		Vadovas	Z.Ramonas			
2015	Lapas	Lapų				M03.00.00.00
	1	1				

TURINYS

SANTRAUKA	3
SUMMARY	4
ĮVADAS	10
1. PAGRINDINIAI TECHNINIAI EKONOMINIAI RODIKLIAI	11
2. KONSTRUKCINĖ DALIS	12
2.1. Ožinio kranas paskirtis ir pradiniai duomenys.....	12
2.2. Ožinio kranas konstrukcinių variantų analizė.....	12
2.2.1. Rėmo konstrukcijų variantų analizė	12
2.2.2. Krūvio kėlimo mechanizmo variantų analizė.....	14
2.2.3. Kranas valdymo variantų analizė.....	16
2.3. Gaminio konstrukcijos aprašymas.....	17
2.4. Techniniai skaičiavimai.....	18
2.4.1 Sijos stipruminiai skaičiavimai.....	18
2.4.2. Vežimėlio ratukų ašelės stiprumo skaičiavimas	21
2.4.3 Ratukų parinkimas.....	23
2.5. Medžiagų parinkimo pagrindimas	25
2.6. Suleidimų parinkimo pagrindimas.....	26
3. TECHNOLOGINĖ DALIS	28
3.1. Detalės paskirtis jos konstrukcija	28
3.2. Detalės brėžinio techninių sąlygų analizė	30
3.3. Detalės technologiškumo analizė	30
2.5. Detalės ruošinio parinkimas vienetinės gamybos atveju.....	33
2.6. Detalės ruošinio parinkimas serijinės gamybos atveju.....	36
2.7. Technologinių bazių parinkimas.....	37
2.4. Detalės gamybos technologinis kelias.....	39
2.5. Užlaidų ir ribinių matmenų analitinis skaičiavimas	40
2.6. Pjovimo režimų skaičiavimas.....	44
2.7. Techninio proceso normavimas.....	50
4. ŽMONIŲ IR APLINKOS SAUGA.....	55
5. EKONOMINĖ DALIS	56
IŠVADOS.....	71
LITERATŪRA.....	72

LENTELIŲ SĄRAŠAS

1.1 Lentelė Mobilaus ožinio kranio techninė charakteristika	5
2.2 Lentelė Elektrinės talės techniniai duomenys:	9
2.3 Lentelė Dinaminės apkrovos koeficiento k reikšmės	13
2.4 Lentelė Vežimėlio ratuko guolio duomenys	19
2.5 Lentelė Detalių suleidimai	20
3.1. Lentelė Kkonstrukcinio plieno C45 (LST EN 10083-1) cheminė sudėtis	20
3.2. Lentelė Konstrukcinio plieno C45 (LST EN 10083-1) mechaninės savybės	20
3.3 Lentelė Detalės darbo brėžinio technologinė kontrolė	24
3.3. Lentelė Detalės konstrukcijos atitikimas pagal technologiškumo kriterijus	24
3.4 Lentelė Ruošinio duomenys	27
3.5 Lentelė Detalės gamybos technologijos kelias pateiktas	32
3.6 Lentelė Detalės ruošinio matmeų užlaidos	33
3.6 Lentelė Užlaidų ir ribinių matmenų skaičiavimų lentelė	37
3.7 Lentelė Konstanta Cp ir laipsnių x,y,n rodiklai	40
3.8 Lentelė Pjovimo režimų skaičiavimo rezultatai	42
3.9 Lentelė Technologinio proceso normavimas	47
5.1 Lentelė Gaminio savikainos apskaičiavimas	49
5.2 Lentelė Projektavimo darbų laiko sąnaudos	50
5.3 Lentelė Projektuotojų darbo apmokėjimo sąnaudos	51
5.4 Lentelė Gaminio projektavimo sąnaudos	51
5.5 Lentelė Ruošinių gamybos technologijos darbo užmokesčio sąnaudos	52
5.6 Lentelė Mechaninio apdirbimo technologijos darbo užmokesčio sąnaudos	53
5.7 Lentelė Kitų technologinių procesų darbo užmokesčio sąnaudos	53
5.8 Lentelė Gaminio technologinio parengimo sąnaudos	54
5.9 Lentelė Pagrindinių medžiagų vertė	55
5.10 Lentelė Grįžtamųjų atliekų vertės skaičiavimas	56
5.11 Lentelė Pagalbinių medžiagų vertė	56
5.12 Lentelė Įsigyjamų pusgaminių, komplektuojamų gaminių vertės skaičiavimas	57
5.13 Lentelė Įrengimų poreikio ir jų galingumo skaičiavimas	58
5.14 Lentelė Ilgalaikio turto nusidėvėjimo skaičiavimas	59
5.15 Lentelė Vieno darbininko efektyvus metinis darbo laiko fondas	59

5.16. Lentelė Pagrindinių darbininkų pagrindinio darbo užmokesčio apskaičiavimas	60
5.17 Lentelė Tiesioginių darbo užmokesčio išlaidų skaičiavimas	61
5.18 Lentelė Vandens, sunaudoto gamybos tikslams, išlaidos	62
5.19 Lentelė Netiesioginės darbo užmokesčio išlaidos	62
5.20 Lentelė Patalpų šildymo išlaidos	62
5.21 Lentelė Patalpų apšvietimo išlaidos	63
5.22 Lentelė Atlyginimų ir socialinio draudimo sąnaudos	63
5.23 Lentelė Patalpų nuomos sąnaudos	

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

2.1 pav. Fiksuoto aukščio konstrukcija	7
2.2 pav. Reguliuojamo aukščio konstrukcija.	7
2.3 pav. Rankinė talė.	8
2.4 pav. Elektrinė grandininė talė	9
2.5 pav. Rankinė krano pastūma	10
2.6 pav. Elektrinis krano valdymas	11
2.7 pav. Mobilaus ožinio krano konstrukcijos schema:	12
2.9 pav. Sijos skerspjūvis	15
2.10 pav. Lenkiamos ašelės kinematinė schema	16
2.12 pav. Trimatis ratuko vaizdas	17
2.13 pav. Konstrukcijos svorio pagrindimas	18
2.14 pav. Ratuko LS-SPO 200K-ST parametrai	18
2.15 pav. 6204-2RS Vežimėlio ratukų guolių eskizas	20
2.16 pav. Guolių žiedų ir su jais jungiamų detalių galimos tolerancijos.	20
3.1 pav. Ašelės eskizas	21
3.2 pav. Detalės apdirbami paviršiai	23
3.3 pav. Valcuoto ruošinio eskizas	27
3.4. pav. Ruošinio eskizas	29
3.5 pav. Pirmosis bazavimo eskizas	31
3.6 pav. Antrasis bazavimo eskizas	31
3.7 pav. Antrasis bazavimo eskizas	31
3.8 pav. Ruošinio eskizas	34
3.9 pav. Tekinimo peilio eskizas	37

IVADAS

Kranas tai kėlimo įrenginys skirtas vertikaliai ir horizontaliai krovinių perkėlimui nedideliais atstumais. Kranai būna įvairių tipų: tiltiniai, ožiniai, gembiniai, bokštiniai, portaliniai, automobiliniai. Įvairių pramonės šakų gamyklose transportuojant krovinius naudojami pramoniniai kranai: tiltiniai, ožiniai, gembiniai bei lengvų konstrukcijų. Ožinių ir tiltinių kranų pagrindinis konstrukcinis skirtumas yra tas, kad ožinių kranų tiltas yra sumontuotas ant atramų – kojų.

Daugelyje įmonių egzistuoja didelis mobilios kėlimo technikos poreikis. Galimų įrengimų analizė rodo, kad idealus tokio tipo problemos sprendimas – mobilus ožinis kranas. Pagrindiniai krano privalumai. Kranas sumontuotas ant besisukiojančių ratų ir gali būti naudojamas tiek vidiniams, tiek išoriniams darbams. Kraną su kroviniu galima stumdyti lygiais ir švariais paviršiais.

Mobilių ožinių kranų keliamoji galia siekia nuo 1 tonos iki 5 tonų. Mobilūs kranai yra lengvai transportuojami ar perkeliama savo gamyklos teritorijoje.

Šiandienos įmonės, gaminančios ožinius kranus stengiasi kuo labiau tobulinti ir plėsti gaminių asortimentą, kuris padėtų išspręsti krovinių kėlimo problemas. Projektuojant siekiama, kad gaminys būtų patikimas, kokybiškas ir tiktų įvairioms rinkoms šakoms, pradedant nuo smulkiais checkais ir baigiant stambiomis įmonėmis.

Šio projekto pagrindinis uždavinys suprojektuoti ožinį kraną, kurio gamyboje būtų naudojami nauji šių dienų įrenginiai technologijos ir naujausi techniniai sprendimai. Naudojant naujus agregatus ir medžiagas konstrukcijos suprojektuojamos mažesnės, tačiau patikimesnės. Suprojektuotas mobilus ožinis kranas, kurio keliamoji galia siekia 2 tonas. Šiame darbe aprašoma gaminio paskirtis, pateikiama kranų variantų analizė, pasirinkto gaminio konstrukcijos aprašymas ir pagrindimas, pateikti kėlimo mechanizmo projektiniai skaičiavimai, taip pat ir krano eksploataciniai reikalavimai. Grafinėje dalyje pateikiami variantų analizės, surinkimo ir detalės brėžiniai. Nustatytos ir apskaičiuotos apkrovos veikiančios konstrukciją bei jų įtaka įrenginio darbui.

1. PAGRINDINIAI TECHNINIAI EKONOMINIAI RODIKLIAI

Gaminio programa – 1 vnt. Mobilus ožinis kranas reguliuojamo aukščio kuris bus naudojamas gamybiniame ceche, padedant transportuoti nedidelius krovinius. Mobilaus ožinio kranu keliamosios techninės charakteristikos nurodytos 1.1 lentelė

1.1 lentelė

Mobilaus ožinio kranu techninė charakteristika

Techninė charakteristika	Parametrai
Keliamoji galia, kg	2000
Kėlimo aukštis, m	3000
Angos plotis, m	3000
Aukščio reguliavimo diapazonas, m	2 - 2,5
Talė	Rankinė, grandininė
Valdymas	Rankinis
Darbo režimas	Lengvas
Viso kranu svoris, kg	256kg
Gaminio savikaina, EUR	1289

2. KONSTRUKCINĖ DALIS

2.1. Ožinio kranų paskirtis ir pradiniai duomenys

Mobilus ožinio kranų paskirtis, pakelti atitinkamo svorio bei matmenų krovinių ir transportuoti į numatytą vietą. Palengvinti operatoriaus darbą. Projektuojamas kranas, krovinių kėlimo diapazone priskiriamas lengvesniesiems kranams. Jis – patikimas, garantuoja aukštą darbų saugos lygį, kroviniai perkeliama greitai ir lengvai. To dėka kyla darbo našumas, mažėja techninio aptarnavimo išlaidos, maksimalų laiką užtikrinamas nepertraukiamas darbo procesas.

Šių dienų kėlimo mechanizmų gamintojai ir platintojai siūlo begalę ožinių kranų variantų ir modifikacijų. Vartotojas rinkdamasis iš gausybės variantų turėtų atsižvelgti ne tik į būsimo pirkinio kainą ar jo išvaizdą. Pirmiausia reikėtų atkreipti dėmesį į tai kokioje patalpoje ožinis kranas bus eksploatuojamas, nes nuo pastato savybių (aukštis, plotis taip pat darbo aplinka) priklauso koks kranas tipas ar variantas tiks optimaliausiai. Kranas yra mobilus, kadangi stovi ant keturių ratukų, tad galimas naudojimas įvairiuose darbo vietose. Paprasta konstrukcija leidžia kranui lengvai ir patikimai funkcionuoti, nesudėtingas kranas naudojimas ir valdymas.

2.2. Ožinio kranų konstrukcinių variantų analizė

Renkantis kėlimo mechanizmą svarbu atsižvelgti į gamybinės patalpos suplanavimą ir gamybinį procesą. Mobilūs ožiniai kranai dažniausiai naudojami pakelti ar transportuoti nedidelius krovinius. Jų konstrukcija paprasta ir nesunki. Konstrukcijos variantai galimi įvairūs atsižvelgiant į maksimalią keliamąją galią ir talės bei valdymo būdus. Variantų analizėje apžvelgsime konstrukcijos, talės bei kranas valdymo variantus

2.2.1. Rėmo konstrukcijų variantų analizė

I Variantas. Mobilus ožinis kranas fiksuoto aukščio. (žr. 2.1 pav.)

Privalumai:

Tvirta, standi konstrukcija, stabilumas.

Galimas didesnis keliamasis svoris.

Ilgamžiškas ir patvarus.

Trūkumai:

Fiksuotų gabaritų ir kėlimo parametrų.



2.1 pav. Fiksuoto aukščio konstrukcija

II Variantas. Ožinis kranas reguliuojamo aukščio. (žr. 2.2 pav.)

Privalumai:

Universalus ir praktiškas.

Lengvai transportuojamas ir surenkamas.

Lengva priežiūra bei paprastas naudojimas.

Trūkumai:

Nestabilumas kroviniui svyruojant.

Brangesnė ir sudėtingesnė gamyba.

Mažesnės maksimalios apkrovos.



2.2 pav. Reguliuojamo aukščio konstrukcija.

2.2.2. Krūvio kėlimo mechanizmo variantų analizė.

I Variantas. Rankinė talė. (žr. 2.3 pav.)

Privalumai:

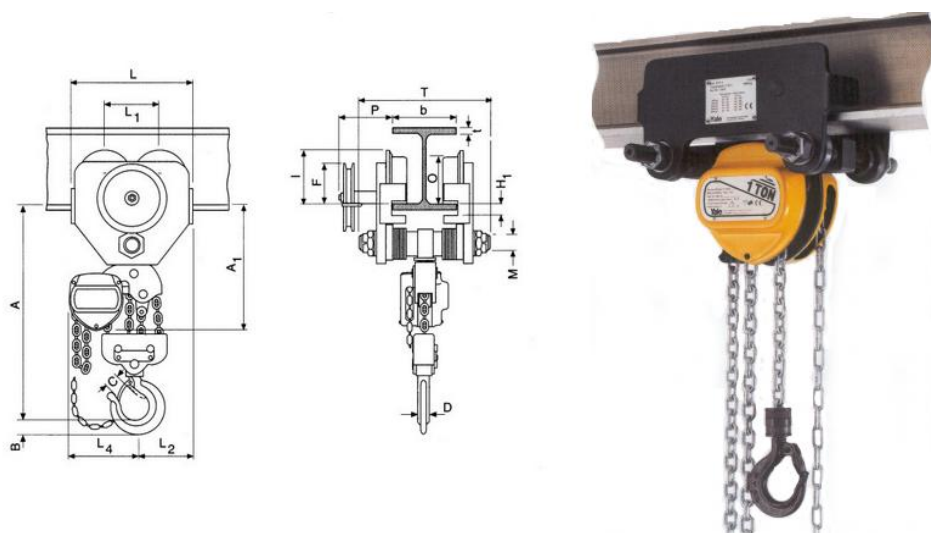
Pigus, ilgaamžiškas ir patvarus.

Lengvas, kompaktiškas, mobilus.

Nepriklausomas nuo elektros, nereikalauja papildomų priedų.

Trūkumai:

Lėtas kėlimo greitis.



2.3 pav. Rankinė talė.

2.1 lentelė.

Rankinės talės techniniai duomenys

Modelis	Kėlimo galia, kg	Dydis	Sijos plotis	Min. posūkio spindulys, m	Svoris su 3 m kėlimo grandine, kg			
					Su stabdžių mechanizmu			
					VSTP	VSTG	VSTP	VSTG
VSTP/G	2000	A	58-180	1,15	33,8	38	41,8	46
	2000	B	180-300	1,15	37,5	41,7	45,5	49,7

II Variantas. Elektrinė talė. (žr. 2.4 pav.)

Privalumai:

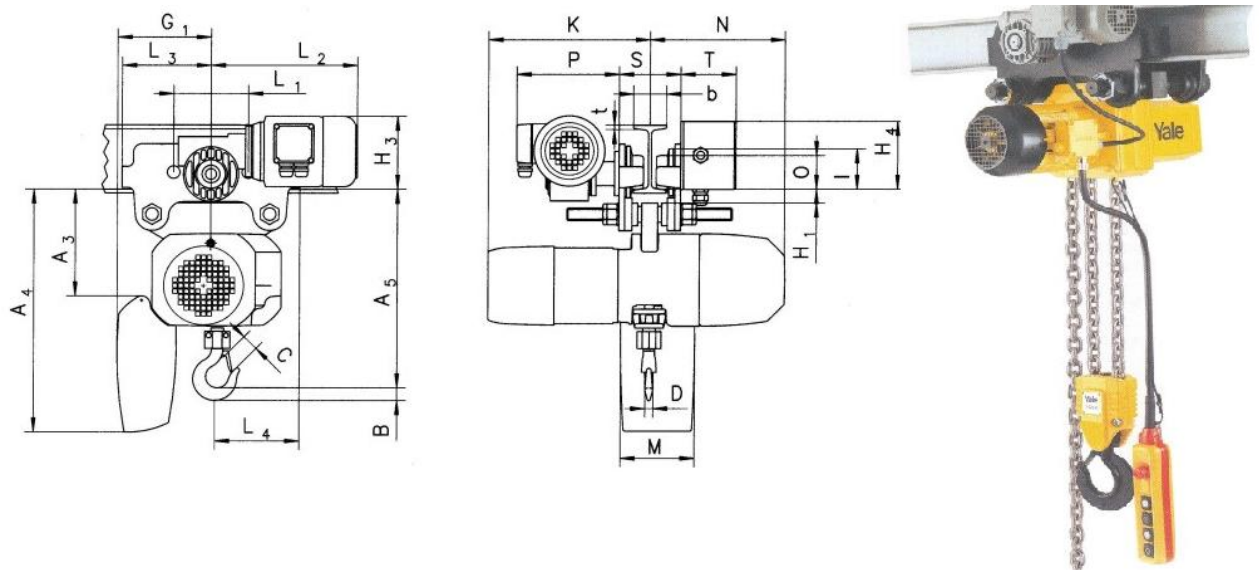
Patogus ir lengvas kranų operatoriaus darbas.

Greitesnis krovinio pakėlimo ir nuleidimo laikas.

Trūkumai:

Priklausomas nuo elektros, mažėja mobilumas.

Reikalinga priežiūra. Sudėtingesnis ir masyvesnis.



2.4 pav. Elektrinė grandininė talė

2.2 lentelė

Elektrinės talės techniniai duomenys

Skirtas modeliui	Galia, kg	Dydis	Sijos plotis, mm	Min. posūkio spindulys, m	Elektriniai vežimėliai	
					Judėjimo greitis m/min. prie 50 Hz	Variklio galia, kW prie 50 Hz
Nuo CPM 10-8 iki CPMF 20-4	2000	A	58-180	1,15	18 arba 18/4,5	0,18 arba 0,18/0,06
	2000	B	180-300	1,15	18 arba 18/4,5	0,18 arba 0,18/0,06

2.2.3. Krano valdymo variantų analizė

I Variantas. Rankinė pastuma. (žr. 2.5 pav.)

Privalumai:

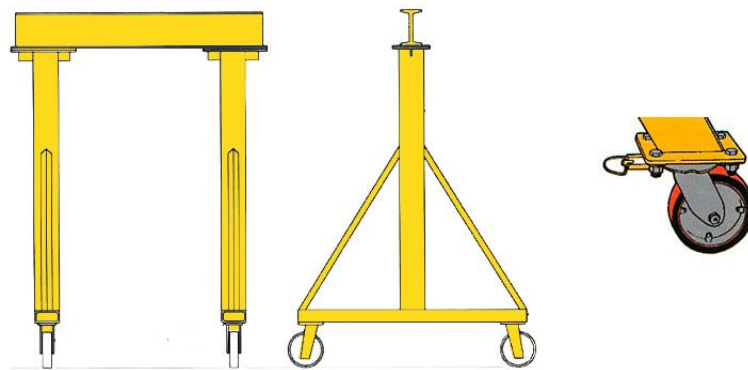
Mobilumas, kompaktiškumas.

Pigus ir lengvas naudojimas.

Laisvas judėjimas.

Trūkumai:

Sunkus krano valdymas dirbant su dideliais svoriais.



2.5 pav. Rankinė krano pastūma

II Variantas. Elektrinis krano valdymas. (žr. 2.6 pav.)

Privalumai:

Automatizuotas krano judėjimas.

Stabilus krano judėjimas darbo vietoje.

Trūkumai:

Fiksuotas krano judėjimas.

Reikalingas maitinimo šaltinis.

Sudėtinga ir brangi konstrukcija.



2.6 pav. Elektrinis kranas valdymas

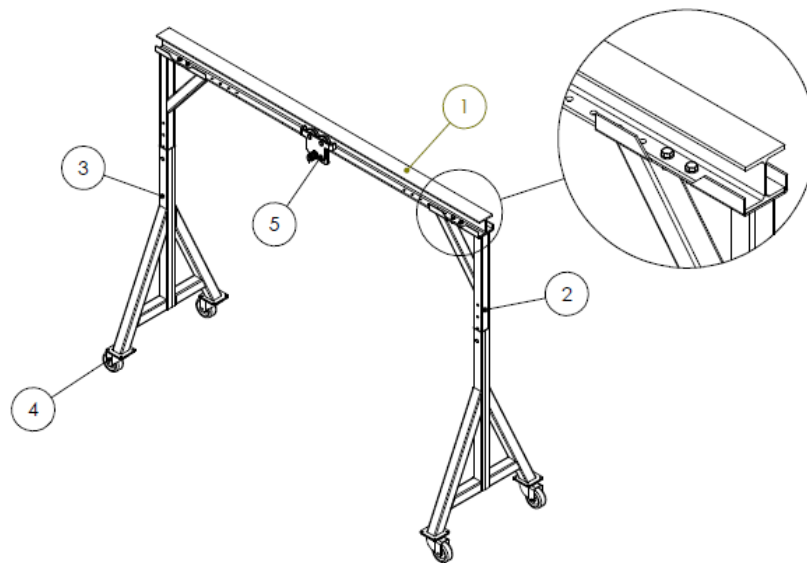
Išvados: Pasirinktas ekonominio tipo mobilus ožinis kranas, kadangi atitinka smulkaus verslo įmonės poreikius ir techninius reikalavimus. Keliami reikalavimai, keliamoji galia 2 tonos, patogus valdymas, ergonomiška konstrukcija ir maža kaina. Pagrindinis kriterijus reguliuojamas kranas aukštis, reikalingi maksimalūs darbiniai aukščiai. Aukščio reguliavimo galimybė leidžia kraną transportuoti pro gamybinio cecho duris jo neišaidžius. Parinkta rankinė talė, kadangi konstruojamas ožinis kranas bus naudojamas patalpuose kuriose nėra elektros maitinimo, taip pat ir atviraime lauke.

2.3. Gaminio konstrukcijos aprašymas.

Ožinis kranas, kurio bendro vaizdo schema pateikiama 2.7 paveiksle, sudarytas iš pagrindinių konstrukcijos dalių:

1. Sijos.
2. Sijos laikančioji konstrukcija.
3. Atraminės kojos.
4. Ratai.
5. Vežimėlis

Krano tiltas – tai ištisa plieninė konstrukcija. Tilto pagrindinė dalis yra išilginė sija besiremianti į atramines kojas. Atraminės kojos stovi ant ratukų.



2.7 pav. Mobilaus ožinio krano konstrukcijos schema:

2.4. Techniniai skaičiavimai

2.4.1 Sijos stipruminiai skaičiavimai

Projektuojamo mobilaus ožinio krano keliamoji galia 2 tonos. Apskaičiuosime atsirandančių įrašų ir lenkimo momentų jėgas.

Reikalingas sijos ilgis: $L = 3$ metrai.

Reikalinga krano keliamoji galia: $Q = 2t = 2000\text{kg} = 19,6\text{kN}$

Apskaičiuojame veikimas jėgas įvertindami vežimėlio, talės ir pačios sijos svorį.

Vežimėli ratų spaudimas į bėgius nustatomas iš lygties:

$$N = k \frac{Q + G}{4}; \quad (2.1)$$

$$N = 1 \cdot \frac{19,6\text{kN} + 0,589\text{kN}}{4} = 5,05\text{kN}.$$

čia Q – kelaimo krovinio svorio jėga;

G – vežimėlio nuosavo svorio jėga;

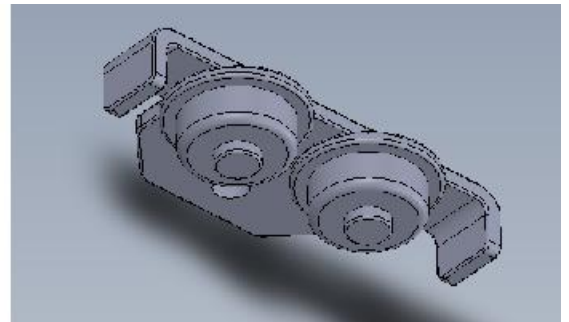
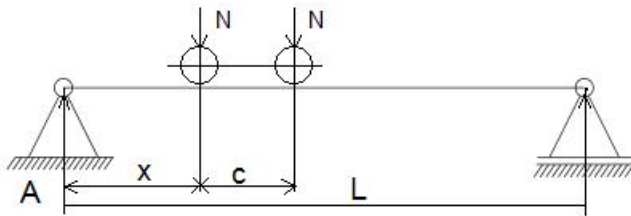
K – koeficientas, įvertinantis papildomas dinamines apkrovas, atsiradusias, paleidžiant bei stabdant krano mechanizmus. Koeficiento k reikšmės pateiktos 2.3 lentelėje.[1]

2.3 lentelė

Dinaminės apkrovos koeficiento k reikšmės

Darbo režimas	k	Darbo režimas	k
Lengvas	1,1	Sunkus	1,5
Vidutinis	1,3	Rankinis	1,0

Lenkimo momentas, susidarantis nuo korovinio kėlimo vežimėlio ratų spaudimo, priklauso nuo vežimėlio padėties. Kai vežimėlio kairysis ratas (žr. 2.8 pav) nutolęs nuo sijos kairiojo galo atstumu x , sijos atraminė reakcija yra tokia:



2.8 pav. Sijos skaičiuojamoji schema

$$A = \frac{N(L - x) + N(L - x - c)}{L} = \frac{N(2L - 2x - c)}{L}; \quad (2.2)$$

čia N – vežimėlio rato spaudimo į bėgį jėga;

c – atstumas tarp vežimėlio ratų.

Sijos lenkimo momentas po kairiuoju vežimėlio ratu;

$$M = Ax = \frac{N(2L - 2x - c)x}{L} = \frac{N(2Lx - 2x^2 - cx)}{L}. \quad (2.3)$$

Norint rasti tą vežimėlio padėtį (atstumą x), kuriai esant sijos lenkimo momentas yra maksimalus, reikia rasti (2.3) lygties ekstremumą, t. y. Reikia rasti šios lygties pirmąją išvestinę x atžvilgiu ir ją prilyginti nuliui:

$$\frac{dM}{dx} = \frac{N}{L}(2L - 4x - c) = 0, \quad (2.4)$$

Kadangi $\frac{N}{L} \neq 0$, tai

$$x_{maks} = \frac{2L - C}{4} = \frac{L}{2} - \frac{C}{4}; \quad (2.5)$$

$$x_{maks} = \frac{2 \cdot 3 - 0,114}{4} = \frac{3}{2} - \frac{0,114}{4} = 1,5 - 0,029 = 1,47m.$$

Žinant x_{maks} , maksimalus sijos lenkimo momentas nuo vežimėlio ratų spaudimo N bus toks:

$$M_{maks} = AX_{maks} = \frac{N \left(L - \frac{C}{2} \right)^2}{L}; \quad (2.6)$$

$$M_{maks} = AX_{maks} = \frac{5,05 \left(3 - \frac{0,114}{2} \right)^2}{3} = \frac{5,05 \cdot 8,66}{3} = 14,58 kNm.$$

Sijos vieno metro svoris:

$$p^s = 19,9 kg / m' = 195 N / m = 0,195 kN / m;$$

Visos sijos svoris:

$$G = Lp^s = 3,0 \cdot 0,195 = 0,585 kN;$$

Skaičiuotinis lenkimo momentas nuo savojo svorio:

$$M_i = \frac{G \cdot L}{8} = \frac{0,585 \cdot 3}{8} = 0,219 kNm;$$

čia G_t - sijos nuosavo svorio jėga;

L – tilto sijos ilgis,

Tokiu būdu, maksimalus suminis sijos lenkimo momentas vertikalioje plokštumoje yra šitoks:

$$M_s = M' + M_{maks} = \frac{G_t L}{8} + \frac{N \left(L - \frac{C}{2} \right)^2}{L}; \quad (2.7)$$

$$M_s = M + M_{maks} = 0,219 + 14,58 = 14,8 kNm.$$

Reikalingas tilto išilginės sijos atsparumo momentas:

$$W = \frac{M_s}{[\sigma]_{adm}} = \frac{14,8 \cdot 10^{-3}}{160} = 0,0000925 m^3 = 93 cm^3;$$

čia $[\sigma]_{adm} = 160 \text{ MPa}$. [2],

Pagal gautą atsparumo momentą patikriname parinktą siją HEA 120 [3], žemiau pateikiamos jos charakteristikos (1.9 pav.).

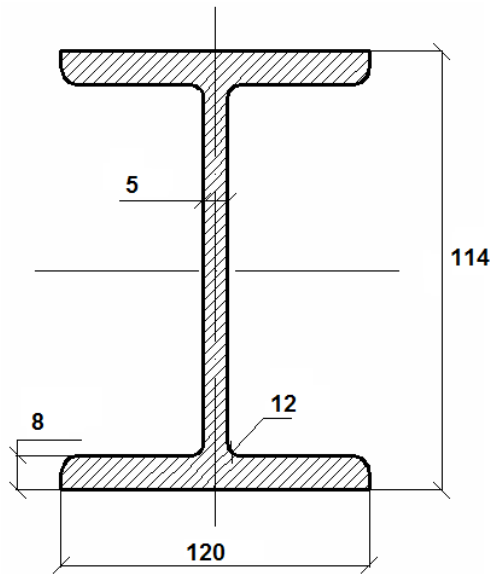
$$W_x = 106,3 \text{ cm}^3;$$

$$I_x = 606,2 \text{ cm}^4;$$

$$S_x = 59,7 \text{ cm}^3;$$

$$g = 19,9 \text{ kg/m};$$

$$d = 7,4 \text{ cm}.$$



2.9 pav Sijos skerspjūvis

Išvada:

Įvertinus vežimėlio, talės ir pačios sijos svorius ir apskaičiavus lenkimo momentus gautas atsparumo momentas $W = 93 \text{ cm}^3$ mažesnis nei sijos leistinas $W_x = 106,3 \text{ cm}^3$; Parinkta sija HEA 120 sąlygą tenkina.

2.4.2. Vežimėlio ratukų ašelės stiprumo skaičiavimas

Iš formulės (2.1) žinome, kad į vieną iš 4 ratukų veikiantį jėga yra 5,05 kN, tada apskaičiuosime į vežimėlio korpusą įtvirtintos ratuko ašies lenkimo momentą ir patikrinsime maksimalias veikiančias jėgas. [4].

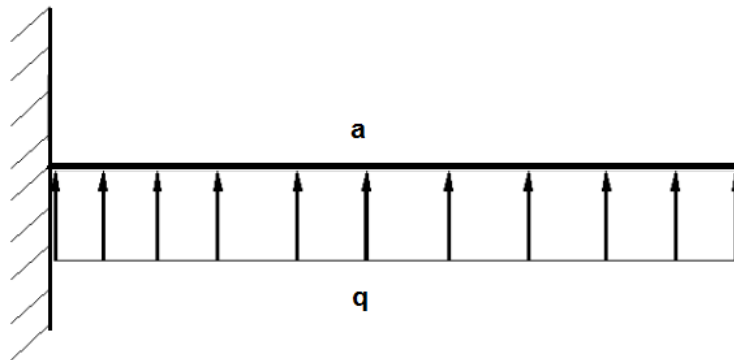
Apskaičiuojame ašelės minimalų diametrą. Veikiančias skersines jėgas, Q ir lenkimo momentus, M . Ašelės gamybai naudosime plieną C45 pagal, C45 LST EN 10083-1.

Pagal pateiktą kinematinę schemą, nurodyta kuriuose vietose veiks jėga. (2.15 pav)

Ji veiks per ašies ilgį iki įtvirtinimo vietos. t.y. $a = 0,040\text{m}$.

Vežimėlio ratuko ašis apkraunama maksimalia keliamąja krano galia bei nuosavu vežimėlio ir talės svoriu. Ašies vienas galas įtvirtintas standžiai.

Apskaičiuojame lenkimo momentą M ir skersines jėgas Q .



2.10 pav. Lenkiamos ašelės kinematinė schema

$$N = 0 \text{ (Nėra ašinės jėgos)}$$

N – ašinė jėga

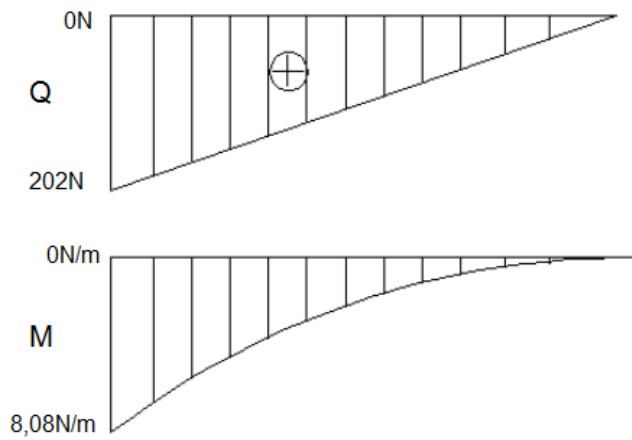
$$Q = a \cdot q = 0,04\text{m} \cdot 5,05\text{kN} = 202\text{N}$$

Q – skersinė jėga

$$M = a^2 \cdot q = 0,04^2 \cdot 5,05\text{kN} = 8,08\text{N} / \text{m}$$

M - Lenkimo momentas

Ašelę veikiamas skersinės jėgos ir lenkimo momentą pavaizduojame grafiškai (2.11



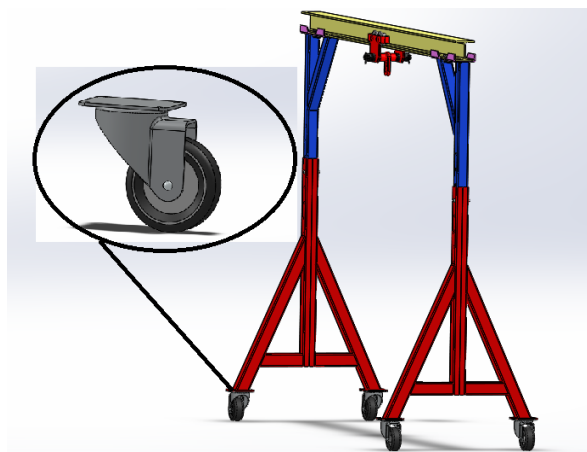
2.11 pav. Ašelės skersinės jėgos ir lenkimo momento diagramos.

Išvada:

Pagal gautuosius skaičiavimus skersinė jėga ašį veikia – 202N jėga, o lenkimo momentas 8,08N/m. Sulyginus pagal gautuosius duomenis apkrovas suprojektuotą ašelę jėga, buvo nustatytas jos didžiausias atsparumo momentas SolidWorks programa (žiūrėti priedas numeris 1). Šiuo atveju nei skersinės, nei lenkimo momentas nėra dideli. Sąlyga tenkinama.

2.4.3 Ratukų parinkimas

Ratukai suteikia kranui judėjimą visomis kryptimis, tad kad jis būtų mobilus parenkame standartinius ratukus. LS-SPO 200K-ST [5].



2.12 pav. Trimatis ratuko vaizdas

Norint parinkti ratukus reikia žinoti svorį tenkantį vienam ratukui.

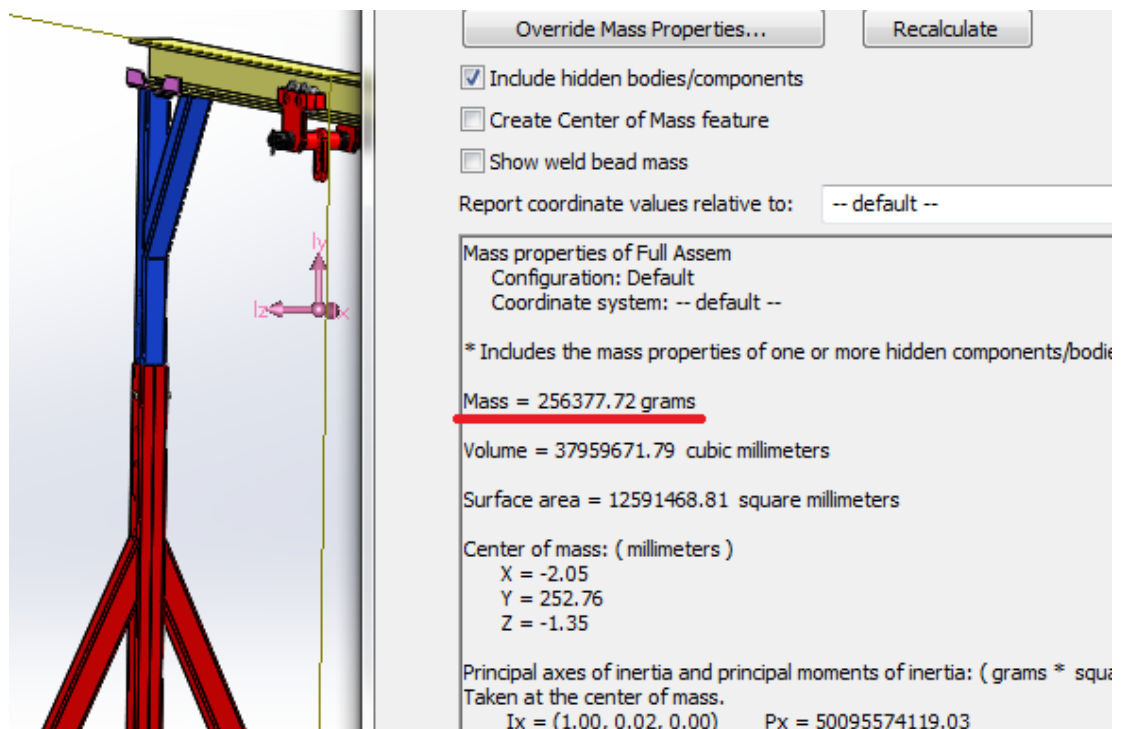
Reikia įvertinti bendrą krano svorį be keliamojo krovinio ir pridėti prie maksimalios leistinos keliamosios galios t.y $Q = 2t$.

Solid works programos pagalba apskaičiuojame bendrą krano svorį žiūrėti 2.13 paveikslėlį.

$$M_{\text{krano}} = 57,14 \text{ kg}$$

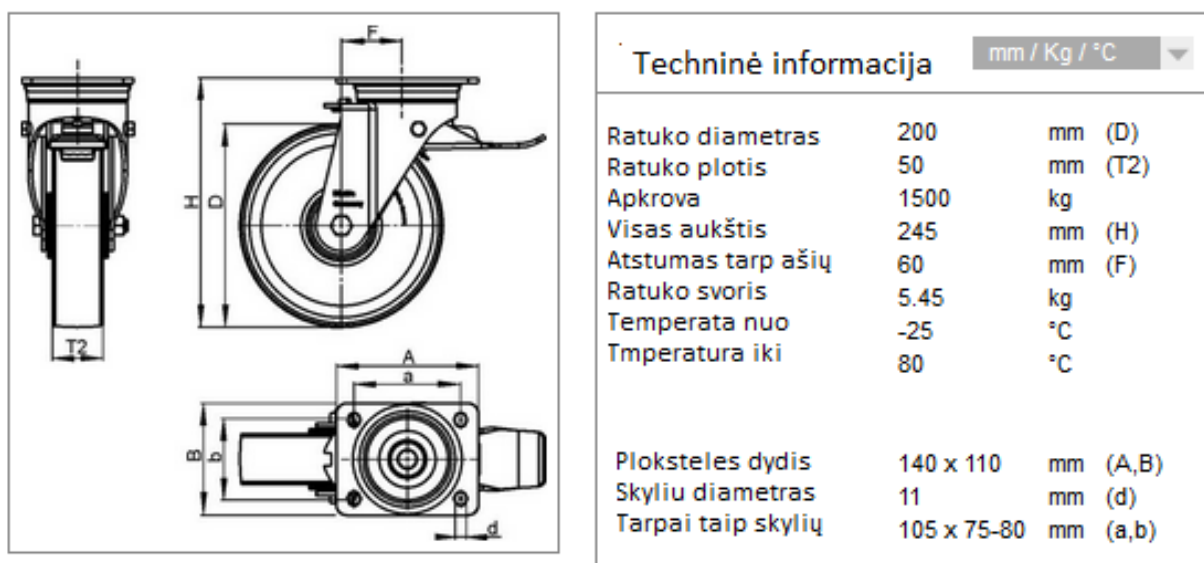
$$\text{Maksimaliojo keliamojo krovinio masė } M_{\text{krovinio}} = 2t = 2000 \text{ kg}$$

$$\text{Bendras svoris } M = M_{\text{krano}} + M_{\text{krovinio}} = 256,4 + 2000 = 2256 \text{ kg} = 2,256 \text{ t}$$



2.13 pav. Konstrukcijos svorio pagrindimas

Įvertiname tai kad paviršius gali būti nelygus, tad galimas minimalus dviejų ratukų remimasis į paviršių, tada vienam ratukui maksimali tenkanti apkrova yra $M/2 = 2256 \text{ kg} / 2 = \sim 1128 \text{ kg}$
 Parenkamas standartinis ratukas LS-SPO 200K-ST kurio parametrai (2.14 pav.).



2.14 pav. Ratuko LS-SPO 200K-ST parametrai

2.5. Medžiagų parinkimo pagrindimas

Projektuojamas gaminys yra 2t keliamosios galios ožinis kranas ir norint kad šis kranas atitiktų jam keliamus reikalavimus, jis turi būti gaminamas iš medžiagų, kurios atitiktų ES standartus. Gaminys turi būti ilgaamžiškas, pakankamo stiprumo ir standumo, kad atlaikytų apkrovas (pvz. keliamo krovinio svorį).

Medžiagos buvo parinktos atsižvelgiant į reikalingus techninius reikalvumus, kad atlaikytų apkrovas ir būtų pakankamai standžios.

Pagrindinė krano konstrukcijos dalis sija parenkama pagal reikiamas apkrovas ir matmenis.

Parinkta dvitėjinė sija HEA (IPBL), karšto valcavimo metalinės sijos pagamintos iš konstrukcinio (statybinio) plieno S275JR atitinkantį standartaus: LST EN 10034;

LST EN 10034: 1993 (Tolerancija);

LST EN 10163-3, C (Paviršius).

Sijos laikančioji konstrukcijai naudojami standartiniai kvadratiniai vamzdžiai. Kvadratiniai, plieniniai (metaliniai), šaltai tempti vamzdžiai atitinkamai standartams: LST EN 10219:1997.

Vežimėlio ratukai ir ašelės – iš apvalaus skerspjuvio plieno C40 LST EN 10083-1.

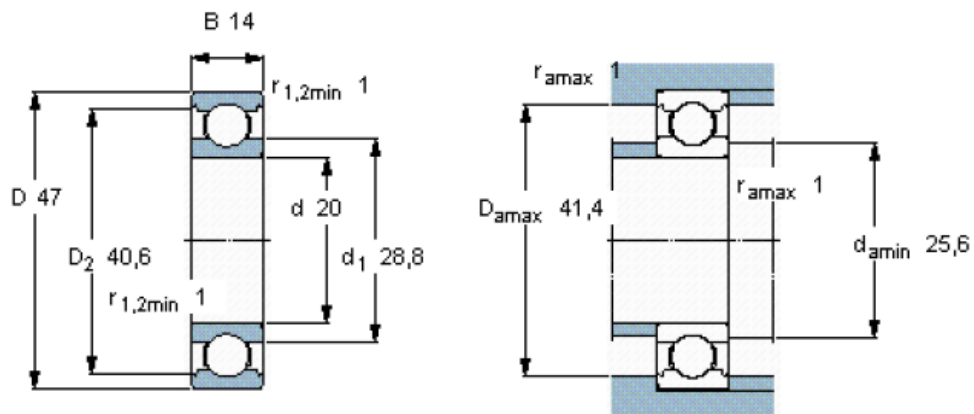
Kitos detalės gaminamos iš plieno lakštų, kurių markė plienas 10C LST EN 100282. Ši medžiaga lengvai apdirbama ir yra pakankamai standi.

Vežimėlio ratukų guoliai parinkti SKF firmos 6204-2RS, vienaėiliai rutuliniai dengti guoliai (2.15 pav.). Renkat guolius buvo atsižvelgta į jų statines apkrovas, toliau 2.4 lentelėje pateikti guolio duomenys.

2.4 lentelė

Vežimėlio ratuko guolio duomenys

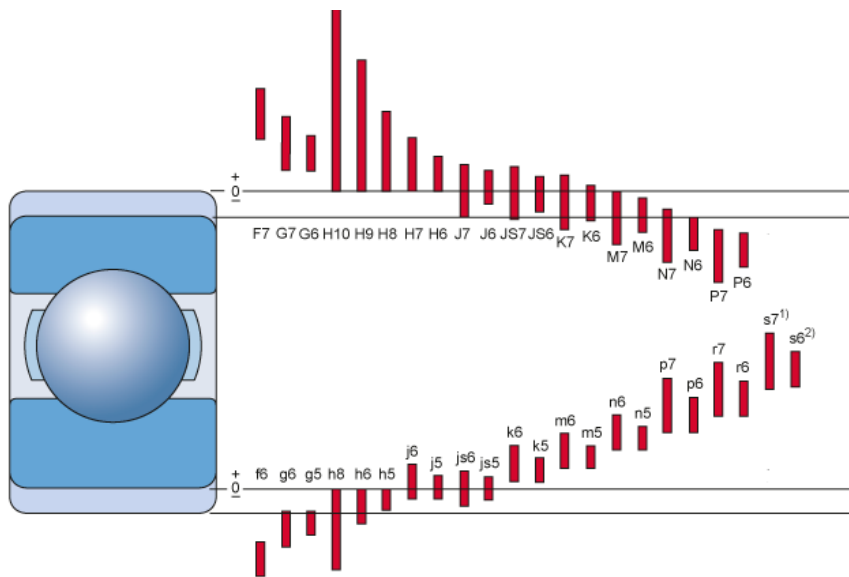
Išmatavimai, mm			Apkrovimo duomenys, kN	
d	D	B	dinaminė	statinė
20	47	14	13,5	6,55



2.15 pav. 6204-2RS Vežimėlio ratukų guolių eskizas

2.6. Suleidimų parinkimo pagrindimas

Projektuojant kraną buvo taikomi vežimėlio ašelės, guolio ir ratuko suleidimai. Mašinų surinkimo požiūriu pagrindiniai jungiamieji paviršiai yra išorinis paviršius D, vidinio žiedo vidinis paviršius d ir galiniai žiedų paviršiai. Riedėjimo guolių žiedų suleidimai gaunami keičiant ašelės skersmens ir ratuko skypės skersmens ribinius matmenis. Paties guolio tolerancijos laukas nekintamas ir priklauso nuo jo tikslumo.



2.16 pav. Guolių žiedų ir su jais jungiamų detalių galimos tolerancijos.

2.5 lentelė

Detalių suleidimai

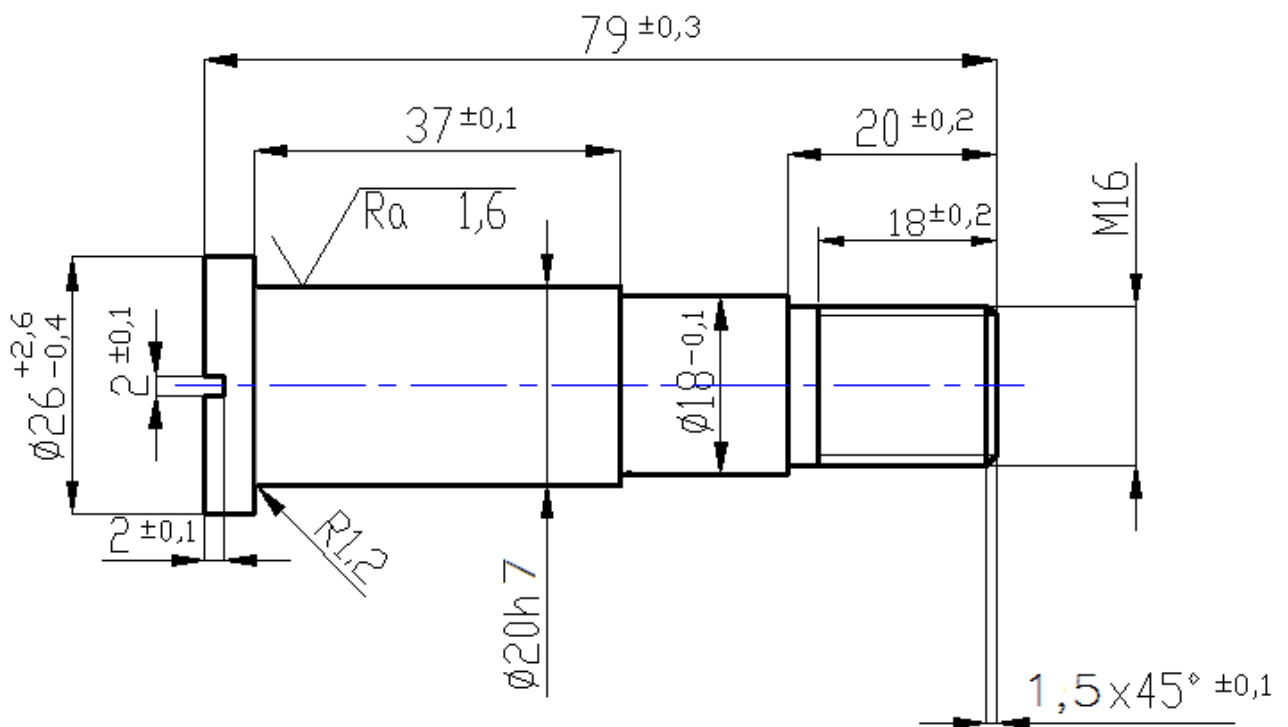
Detalė	Suleidimas
Ašėlė-guolis	L0-h7
Guolis-ratukas	K7-l6

3. TECHNOLOGINĖ DALIS

3.1. Detalės paskirtis jos konstrukcija

Gaminama detalė – ašėlė. Detalės paskirtis – guolių laikančioji dalis kuri yra įtvirtinta ir standžiai ant jos sumontuoti guoliai kurie leidžia efektyviai sukis ratukui, kuris remiasi į siją ir ja rieda. Ašėlės vienas galas įtvirtintas į vežimėlio konstrukcinę dalį, ant ašėlės esantčio srėgio prisisuka veržle su poveržle.

Ašėlės paviršius turi būti apdirbtas kokybiškai ir tiksliai kadangi ant jo bus presuojami guoliai, tam kad mechanizmas tarnautų ilgai ir kokybiškai turio būti išvengta bet kokių vibracijų ar laisvumo.



3.1 pav. Ašėlės eskizas

Detalė pagaminta iš anglinio konstrukcinio plieno C45 (LST EN 10083-1). Šio plieno cheminė sudėtis ir mechaninės savybės pateiktos 3.1 ir 3.2 lentelėse.

3.1. lentelė

Kokybiško anglinio konstrukcinio plieno C45 (LST EN 10083-1) cheminė sudėtis, %

Cheminė sudėtis, %			
C	Si	Mn	Cr, ne daugiau kaip
0,42-0,50	0,17-0,37	0,50-0,80	0,25

3.2. lentelė

Kokybiško anglinio konstrukcinio plieno C45 (LST EN 10083-1) mechaninės savybės, %

σ_y , MPa	σ_u , MPa	δ_5 , %	Ψ , %	Smūginis tūsumas KCU, J/cm
355	600	16	40	49

čia σ_y – stiprumo riba tempiant;

σ_u – takumo riba;

δ_5 – bandinio santykinis ištišimas;

Ψ – santykinis bandinio skerspjuvio susitraukimas nutraukimo vietoje;

KCU – smūginis tūsumas tiriant bandinius su U tipo koncentratoriumi;

Pagrindinės gaminamos detalės charakteristikos yra šios:

- **stiprumas** - medžiagos savybė priešintis deformavimui ar suardymui veikiant statinei arba dinaminei apkrovai;

- **tamprumas** - medžiagos savybė atgauti pradinį matmenį ir formą nesuyrant, kai veikia apkrova, ir ją išsaugoti pašalinus apkrovą;

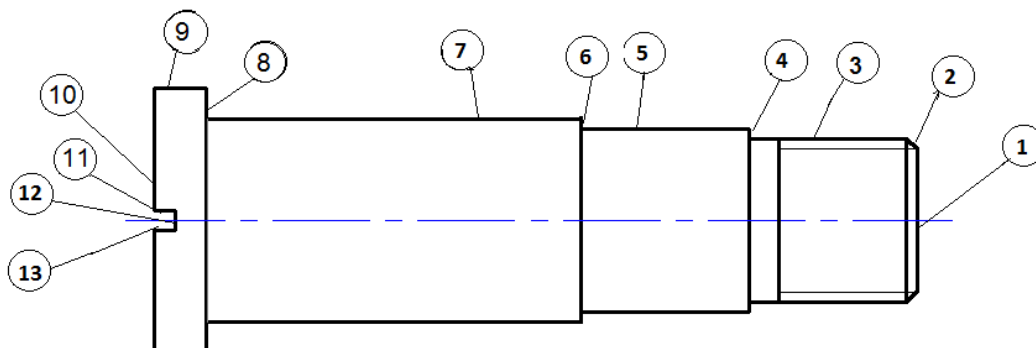
- **plastiškumas** - medžiagos savybė negrįžtamai keisti matmenį ir formą nesuyrant, kai veikia apkrova, ir ją išsaugoti pašalinus apkrovą;

Detalės paviršiui ypatingų reikalavimų nekeliami. Svarbiausia sąlyga išorinis ašelės paviršius ant kurio presuosis guoliai, todėl jis turi būti apdirbtas tiksliai. Šis paviršius reikalauja Ra 1,6. Įrankiai laisvai prieina prie visų detalės plokštumų.

Apdirbimui užtenka minimalaus kiekio pjovimo įrankių.

Detalė yra simetrinė.

3.2. Detalės brėžinio techninių sąlygų analizė



3.2 pav. Detalės apdirbami paviršiai

Detalės darbo brėžinyje nurodyti visi reikalingi matmenys. paviršių nenurodytų matmenų, jų padėties ir formos nuokrypas reikia žiūrėti pagal LST EN 22768 – mk standartą. Techninėse sąlygose nurodyta, kad briaunas sulyginti nuožula $1 \times 45^\circ$. Tai leidžia lengviau užsukti veržlę ant sriegio. Likusių nenurodytų paviršių šiurkštumas turi būti Ra 6.3. Toliau vieną pasirinktą detalės darbo brėžinio techninį reikalavimą nagrinėjame kiekybiškai. Išnagrinėjame šio techninio reikalavimo esmę, pateikiame visus reikalingus duomenis.

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 savikaina.

Detalės konstrukcijos technologiškumo analizė atlikta 3.3 ir 3.4 lentelėse:

3.3 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	Ø20h7 Ra1.6
2. Vaizdai ir pjūviai	3 vaizdai
3. Matmenų atitikimas standartiniai eilei	Ra5: 1; M16; Ra10: 2;20;1,2 Ra20: 36; 26;2;18 Ra40: 1,5;3; Matmenys neatitinka standartinės eilės: 37; 79.
4. Matmenų išdėstymas pagal koordinačių ašis	Pagal tris koordinačių ašis
5. Techninės sąlygos	LST EN 22768 – mk Briaunas sulyginti nuožula 1,5x45°

3.3. lentelė

Detalės konstrukcijos atitikimas pagal technologiškumo kriterijus

Technologiškumo kriterijus	Atitinkamas technologiškumo kriterijus
1. Metalų rūšies parinkimas	Standartinis: Plienas C45 LST-EN 10083-1
2. Pasvirę paviršiai	Viena nuožula 45°
3. Bazės	Bazavimas nesudėtingas
4. Detalės standumas: $\frac{l}{d_{vid}} < 10$ (3.1) l - detalės ilgis d _{vid} – vidutinis detalės skersmuo Jei tenkinama sąlyga, tai detalė yra standi.	$d_{vid} = \frac{26 + 20 + 14 + 16}{4} = 19mm$ $\frac{l}{d_{vid}} = \frac{79}{19} = 4,16 < 10 \pm$
5. Terminis apdirbimas	Detalė termiškai neapdirbama
6. Specialių technologinių operacijų reikalingumas	Nesudarytas
7. Simetrijos ašys ir plokštumos	2 simetrijos ašys

Pagrindinių technologiskumo rodiklių skaičiavimas:**Detalės masė:**

Apskaičiuota su programa: „SolidWorks“;

Figūros masė $M_f = 0,398\text{kg}$;

Detalės masė $M_d = 0,164\text{kg}$.

Medžiagos išnaudojimo koeficientas:

$$K_m = \frac{M_d}{M_r}; \quad (3.2)$$

čia: M_d – detalės masė;

M_r – ruošinio masė.

$$K_m = \frac{0,164}{0,398} = 0,41.$$

Unifikacijos koeficientas:

$$K_u = \frac{D_u}{D}; \quad (3.3)$$

čia: D_u – unifikuotų paviršių skaičius;

D – visų paviršių skaičius.

$$K_u = \frac{2}{13} = 0,15.$$

Apdirbimo tikslumo koeficientas:

$$K_T = 1 - \frac{1}{A_{vid}}; \quad (3.4)$$

$$A_{vid} = \frac{\sum A_i \cdot n}{\sum n_i}. \quad (3.5)$$

čia: A_i – atitinkamo paviršiaus tikslumo kвалitetas,

n – paviršių kiekis su šiuo kвалitetu.

$$A_{vid} = \frac{6 \cdot 1 + 12 \cdot 12}{13} = 11,6;$$

$$K_T = 1 - \frac{1}{11,6} = 0,914.$$

Paviršiaus glotnumo koeficientas:

$$K_s = 1 - \frac{1}{B_{vid}}; \quad (3.6)$$

$$B_{vid} = \frac{\sum B_i \cdot n}{\sum n_i}; \quad (3.7)$$

čia: B_i – atitinkamo paviršiaus glotnumo reikšmė;

n – paviršių kiekis su atitinkamu glotnumu skaičius.

$$B_{vid} = \frac{6,3 \cdot 12 + 1,6 \cdot 1}{13} = 5,94;$$

$$K_s = 1 - \frac{1}{5,94} = 0,8317.$$

Detalės forma nėra sudėtinga ir nereikalauja specialių technologinių operacijų. Unifikuotų elementų yra visai nemažai, paviršių šiurkštumas nėra aukštas. Neraikalauja jokių papildomų apdirbimų kaip terminis apdirbimas ir specialių technologijų operacijų. Detalė yra pakankamai technologiška.

2.5. Detalės ruošinio parinkimas vienetinės gamybos atveju

Parentkant 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.

Apvalaus karštai valcuoto strypo diametras surandamas pagal formulę:

$$D_{str.} = D_d + 2Z_O; \quad (3.8)$$

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

Z_O – bendra užlaida vienai detalės pusei, mm;

$$D_{str.} = 26 + 2 \cdot 1,0 = 28mm.$$

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

$$L_r = L_d + 2Z_O;$$

čia: L_d – detalės nominalinis ilgis, mm;

Z_O – užlaida ruošinio galo apdirbimui, mm.

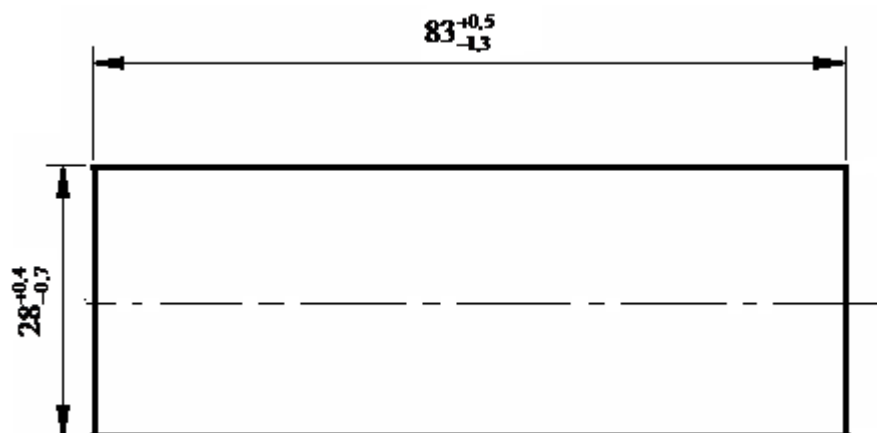
$$L_r = 79 + 2 \cdot 2 = 83mm$$

Parenkame užlaidas ir užpildome 3.4 lentelę.

3.4 lentelė

Ruošinio duomenys

Detalės matmuo	Užlaidos dydis (vienai pusei)	Užlaidos nuokrypa	Ruošinio matmuo
Ø26	1	$+0,4$ $-0,7$	$28^{+0,4}_{-0,7}$
79	2	$+0,5$ $-1,3$	$83^{+0,5}_{-1,3}$



3.3 pav. Valcuoto ruošinio eskizas

Perskaičiuojame ruošinio masę M_r :

$$M_r = \rho \cdot V;$$

čia, ρ – medžiagos tankis (plienas C45, 7,8 g/cm³);

V – tūris, cm³.

Tūrį V skaičiuosime formule:

$$V = \pi r^2 l;$$

čia: r – spindulys, cm;

l – ilgis, cm.

$$V = 3,14 \cdot 1,4^2 \cdot 8,3 = 51,08 \text{ cm}^3$$

Tada:

$$M_r = 7,8 \cdot 51,08 = 398,44 \text{ g} = 0,398 \text{ kg}.$$

Apskaičiuojame medžiagos išnaudojimo koeficientą:

$$K_m = \frac{M_d}{M_r};$$

$$K_m = \frac{0,164}{0,398} = 0,41.$$

Apskaičiuojame sunaudojamos medžiagos kainą vienai detalei pagaminti:

C45 plieno 1kg. Kaina – 1 Eur.

Pagamintos detalės masė – 0,194 kg.

Karštai valcuoto strypo ruošinio masė – 0,398 kg.

Metalo laužo 1kg. Kaina – 0,17 Eur.

Sunaudojamos medžiagos kainą vienai detalei pagaminti apskaičiuojame pagal formulę:

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

čia C_{pl} - 1kg. Plieno kaina, Eur;

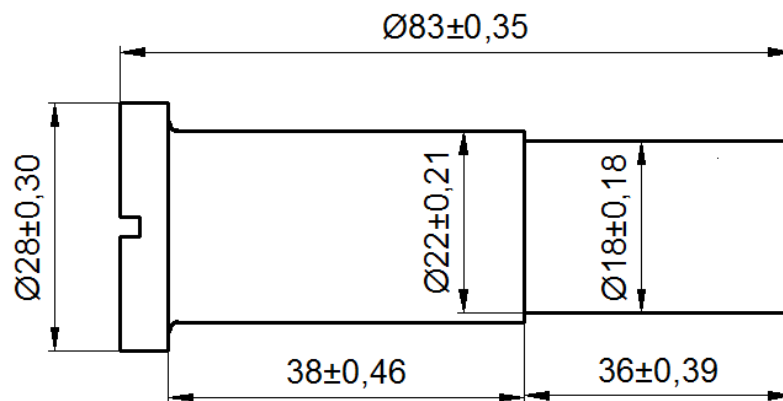
C_a - 1kg. Atliekų kaina, Eur.

$$C_d = 1 \cdot 0,398 - (0,398 - 0,164) \cdot 0,17 = 0,03 \text{ Eur};$$

Pagal vienetinės gamybos programą, kurioje skirta pagaminti 4 detales pasirenkant karštai valcuoto strypo ruošinį, 4-iejų detalių savikaina 0,12 Eur.

2.6. Detalės ruošinio parinkimas serijinės gamybos atveju

Serijinei gamybai parenkamas ruošinio gamybos budas, šalto kalimo rotacinėmis radialinio kalimo mašinos. Šaltai kalami galime pasiekti 0,004-0,4mm tikslumą. Šiuo būdu bus galima suformuoti ruošinio formą artimą gaminamai. Ruošiniui papildomai paliekame 1mm užlaidą, kuri bus apdirbta. Gamybinė programa serijinė gamyba $N_2 - 300$ vnt. Ruošinio eskizas pavaizduotas 3.4 pav.



3.4. pav. Ruošinio eskizas

Perskaičiuojame ruošinio masę M_r :

$$M_r = \rho \cdot V;$$

čia, ρ – medžiagos tankis (plienas 7,8 g/cm);

V – tūris, cm^3 .

Tūrį V skaičiuosime formule:

$$V = \pi r^2 l;$$

čia: r – spindulys, cm;

l – ilgis, cm.

$$V = 3,14 \cdot 1,4^2 \cdot 0,5 + 3,14 \cdot 1,1^2 \cdot 3,8 + 3,14 \cdot 0,9^2 \cdot 3,6 = 26,67 \text{ cm}^3$$

Tada:

$$M_r = 7,8 \cdot 26,67 = 208,03 \text{ g} = 0,208 \text{ kg}.$$

Apskaičiuojame medžiagos išnaudojimo koeficientą:

$$K_m = \frac{M_d}{M_r};$$

$$K_m = \frac{0,174}{0,208} = 0,78.$$

Apskaičiuojame sunaudojamos medžiagos kainą vienai detalei pagaminti:

C45 plieno 1kg. Kaina – 1 Eur.

Į atliekas sunaudojamas ruošinio svoris – $0,208 - 0,174 = 0,034\text{kg}$.

Metalo laužo 1kg. Kaina – 0,17 Eur.

Vienos detalės atliekų kaina:

$$0,034\text{kg} \cdot 0,17\text{Eur} / \text{kg} = 0,006$$

Visų gaminamų detalių atliekų kaina:

$$300 \cdot 0,006 = 1,8\text{Eur}$$

Atliekant serijinę gamybą pagal vienetinės gamybos būdą, atliekų kaina būtų:

$$300 \cdot 0,03 = 9\text{Eur}$$

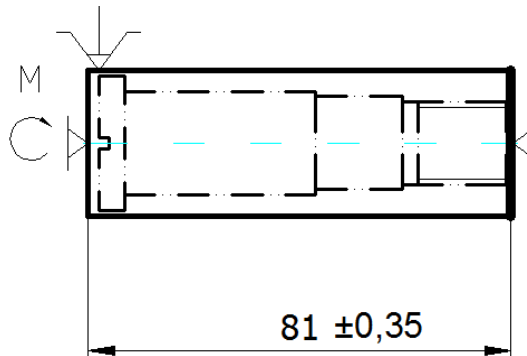
Išvada:

Atliekų kaina skiriasi 7,2 Eur nuo 300vnt, nes tekinant ir frezuojant drožlių skaičius yra didesnis. Rotacinės radialinės kalimo mašinos yra labai brangios, todėl jas įsigyti neekonomiška. Tačiau šampuoti ruošiniai atsiperka, kai jų kiekis yra didelis. Pasirenkame mechaninį apdirbimą iš karštai valcuoto strypo.

2.7. Technologinių bazių parinkimas

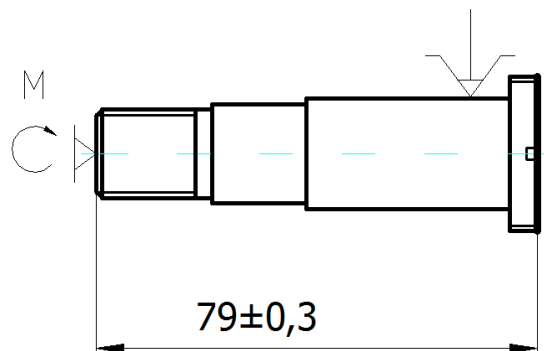
Ruošinio bazavimo ir tvirtinimo schema turi užtikrinti jo patikimą užtvirtinimą ir padėties stabilumą viso mechanizmo apdirbimo metu numatytoje operacijoje. Bazavimo paviršiai turi būti parinkti taip, kad būtų užtikrintas matmenų ir paviršių tarpusavio padėties reikiamas tikslumas, kad įtaiso konstrukcija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

Ašelės apdirbimo metu numatomos bazės: Pirmoje operacijoje detalė yra bazuojama konsoliškai tvirtinant savaiminio centravimo staklių griebtuvuose (3.5.pav). Bus nutekunami 1,7,8,5,6 ir 3,4 paviršiai. Nuimama nuožula nuo 2 paviršiaus, išpjauname M16 srėgį ant 3 paviršiaus, visą tai atlikę apsukame detalę.



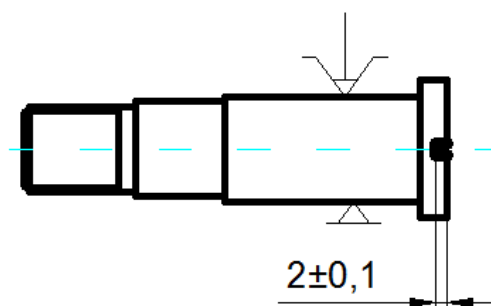
3.5 pav. Pirmosis bazavimo eskizas

Prenkant antros pakopos operacijas detalė bazuojama konsoliškai tvirtinant savaiminio centravimo staklių griebtuvuose, įstatant kitu galu. Nupjaunamas 10 paviršius ir ištekinamas 9 paviršius.



3.6 pav. Antrasis bazavimo eskizas

Trečiame bazavime detalė bazuojama taip pat kaip ir antrame. Tačiau šioje operacijoje mes išfrezuojame griovelį, 11,12,13 paviršius.



3.7 pav. Antrasis bazavimo eskizas

2.4. Detalės gamybos technologinis kelias

Nustatomas detalės gamybos planas, parenkamos staklės, operacijų tipas, kiekvienos operacijos perėjimo skaičius ir reikalingas operacijai įrankis. Detalės paviršių skaičius nurodytas (3.2.pav). Detalės bazavimas nurodytas (3.5.pav), (3.6.pav) ir (3.7.pav) Vadovaudamiesi 2.4.1 lentelės informacija, bazavimo pirmoje ir kitose operacijose pagrindų teorija bei duoto tipo detalių gamybos technologija, yra sudaromas detalės gamybos technologijos kelias. Detalės gamybos technologijos kelias pateiktas 2.4.1 lentelėje.

3.5 lentelė

Detalės gamybos technologijos kelias pateiktas

Nr.	Operacija	Įrankiai	Technologinis įrenginys
010	01 Galinio paviršiaus 1 tekinimas	Surenkamas aptekinimo peilis SCACL 0808K-06S	CNC tekinimo staklės LYNX220
	02 Centravimas	Centravimo grąžtas Ø5-P6 M5	
	03 Paviršiaus 7,8 tekinimas	Surenkamas aptekinimo peilis SCACL 0808K-06S	
	04 Paviršių 5,6 tekinimas		
	05 Glotnus 8,7 paviršiaus tekinimas		
	06 Paviršių 4,3 ir 2 tekinimas		
	07 Paviršių 3 sriegimas	Išorinio sriegimo tekinimo peilis LST EN ISO 2660	
020	01 Paviršiaus 10 tekinimas	Surenkamas aptekinimo peilis SCACL 0808K-06S	CNC tekinimo staklės LYNX220
	02 Paviršiaus 9 tekinimas	Surenkamas aptekinimo peilis SCACL 0808K-06S	
030	01 Paviršių 11, 12 ir 13 frezavimas	Diskinė freza DIN 1837	Vertikalios CNC frezavimo staklės DOOSAN DNM 500 HS

2.5. Užlaidų ir ribinių matmenų analitinis skaičiavimas

Apvalus karštai valcuoto strypo diametrą pagal standartą ISO EN 10060 iš gaminamų strypų katalogo, jo skersmuo turi būti didesnis nei gaminamos detalės.

Apskaičiuojame bendrąją ir tarpinę užlaidas paviršiui, kurio matmuo Ø28h10.

Randame strypo diametrą:

$$d_{str} = d_d + 2Z_0$$

d_{str} - skaičiuojamo strypo diametras, mm;

d_d - detalės matmuo, mm:

Z_0 - bendra užlaida vienai detalės pusei, mm;

$$d_{str} = 26 + 2 \cdot 1 = 28mm$$

Pasirinkto karštai valcuoto strypo diametras yra 28mm

Ieškome ruošinio ilgio:

$$l_r = l_d + 2Z_0$$

l_d - detalės ilgis, mm;

l_r - ruošinio ilgis, mm

Z_0 - bendra užlaida vienam detalės galui.

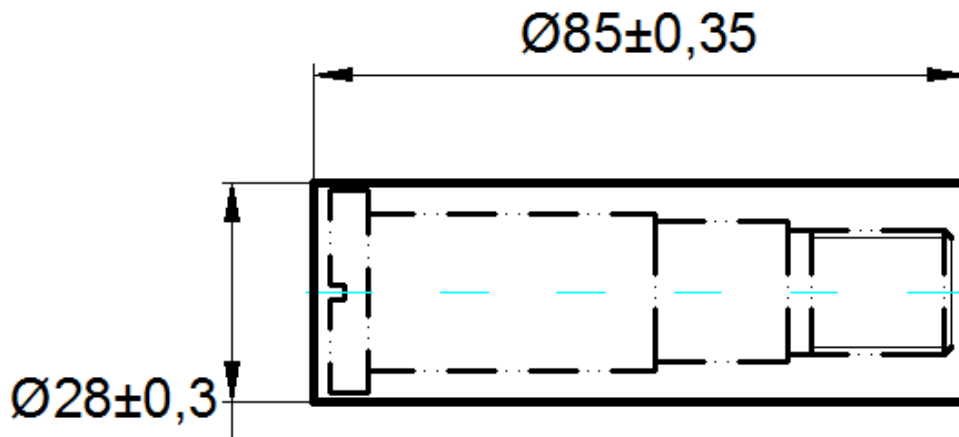
$$l_r = 79 + 2 \cdot 2 = 83mm$$

Gautas reikšmes surašome į 3.6 lentelę

3.6 lentelė

Detalės ruošinio matmų užlaidos.

Detalės matmuo	Užlaidos dydis (vienai pusei)	Užlaidos nuokrypa	Ruošinio matmuo
Ø26	1	+0,4 -0,7	28 ^{+0,4} _{-0,7}
79	2	+0,5 -1,3	82 ^{+0,5} _{-1,3}



3.8 pav. Ruošinio eskizas

Sudarome 2.7.2 lentelę, kurioje parenkame deformacijos sluoksnius – h ir R_z .

Ruošinio: $R_z = 125\mu m$; $h = 150\mu m$.

Grubus tekimas: $R_z = 50\mu m$; $h = 50\mu m$.

Glotnus tekimas: $R_z = 30\mu m$; $h = 30\mu m$.

Suminė erdvinių nuokrypių reikšmė valcuotiems ruošiniams:

$$\rho = \sqrt{\rho_{sus}^2 + \rho_c^2};$$

$$\rho_{sus} = \Delta k \cdot l;$$

čia ρ – erdvinė nuokrypa;

l – ruošinio ilgis;

Δk – ruošinio lyginamasis kreivumas (karštų po lyginimo presu ruošinių $\Delta k = 0,12\mu m / mm$).

$\rho_c = 250\mu m$; nes savaiminio centravimo spaudžiamuose įtaisuose.

$$\rho_{sus} = 0,12 \cdot 83 = 9,96\mu m;$$

$$\rho = \sqrt{9,96^2 + 250^2} = \sqrt{99,2 + 62500} = \sqrt{62599,2} = 250\mu m;$$

$$\rho_{grubt.} = 250 \cdot 0,06 = 15\mu m;$$

$$\rho_{glott.} = 250 \cdot 0,05 \approx 13\mu m.$$

Į 2.5.1.1 lentelę įrašome atitinkamus ruošinio technologinių pakopų užlaidų elementus R_z , h ir ρ .

Nustatymo paklaidą ε rasime formule:

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_b^2 + \varepsilon_{tv}^2 + \varepsilon_{pas}^2};$$

čia ε_b – bazavimo paklaida;

ε_{tv} – tvirtinimo paklaida;

ε_{pas} – ruošinio pastatymo įtaise paklaida.

Pastatymo paklaida ε_{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 ε paklaida apskaičiuojama pagal formulę:

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_b^2 + \varepsilon_{tv}^2};$$

Bazuojuame savaiminio centravimo griebtuvę su galine atrama. Tai bazavimo paklaida yra lygi $\varepsilon_b = 0$.

Tada:

$$\varepsilon = \sqrt{0^2 + 320^2} = 320 \mu m.$$

Glotnaus tekinimo nustatymo paklaida apskaičiuojama:

$$\varepsilon_{tv.glot} = \Delta_k \cdot \varepsilon_{tv.grub}$$

$$\varepsilon_{tv.glot} = 0,05 \cdot 320 = 16 \mu m$$

Technologinių pakopų minimalias užlaidas apskaičiuosime naudodamiesi pagrindine formule.

$$2z_{i_{\min}} = 2 \left(Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right);$$

Grubiam tekinimui:

$$2z_{i_{\min}} = 2 \left(125 + 150 + \sqrt{250^2} \right) = 2 \cdot 525 \mu m.$$

Glotniam tekinimui:

$$2z_{i_{\min}} = 2 \left(50 + 50 + \sqrt{15^2 + 320^2} \right) = 2 \cdot 420 \mu m.$$

Ribinių matmenų skaičiavimas:

Skaičiuojamieji matmenys pildomi nuo galutinio mažiausio matmens iš eilės pridedant kiekvieną apskaičiuotą užlaidą. Glotnaus tekinimo skaičiuojamasis matmuo:

Glotnaus tekinimo minimalus skersmuo:

$$d_{\min} = 26 - 0,084 = 25,916 mm.$$

Grubaus tekimo minimalus skersmuo:

$$d_{\min} = 25,916 + 2 \cdot 0,42 = 26,756 \text{ mm.}$$

Ruošinio minimalus skersmuo:

$$d_{\min} = 26,756 + 2 \cdot 0,525 = 27,806 \text{ mm.}$$

Maksimalūs skersmenys skaičiuojami formule:

$$d_{\max} = d_{\min} + T;$$

Tolerancijos parenkamos iš [6] lentelių 10.2

$$T_{\text{ruoš}} = 520 \mu\text{m}$$

$$T_{\text{grub}} = 210 \mu\text{m}$$

$$T_{\text{glot}} = 84 \mu\text{m}$$

Ruošinio maksimalus skersmuo:

$$d_{\max} = 27,806 + 0,52 = 28,326 \text{ mm.}$$

Grubaus tekimo maksimalus skersmuo:

$$d_{\max} = 26,756 + 0,21 = 26,966 \text{ mm.}$$

Glotnaus tekimo maksimalus skersmuo:

$$d_{\max} = 25,916 + 0,084 = 26 \text{ mm.}$$

Grubaus tekimo ribinės užlaidos skaičiavimas:

$$2z_{\min}^{\text{rib}} = 27,806 - 26,756 = 1,05 \text{ mm} = 1050 \mu\text{m};$$

$$2z_{\max}^{\text{rib}} = 28,326 - 26,966 = 1,36 \text{ mm} = 1360 \mu\text{m};$$

Glotnaus tekimo ribinės užlaidos skaičiavimas:

$$2z_{\min}^{\text{rib}} = 26,756 - 25,916 = 0,84 \text{ mm} = 840 \mu\text{m};$$

$$2z_{\max}^{\text{rib}} = 26,966 - 26 = 0,966 \text{ mm} = 966 \mu\text{m};$$

Į 3.6 lentelę suvedame visus gautuosius duomenis.

Užlaidų ir ribinių matmenų skaičiavimų lentelė

$\varnothing 26_{-0,084}^0$	Užlaidos elementai, μm				Užlaida $2z_{\min}$, μm	Matmuo d_{sk} , mm	Tolerancija T, μm	Ribiniai matmenys, mm		Ribinės užlaidos, μm	
	R_z	h	ρ	ε				$d_{\min}$	$d_{\max}$	$2z_{\min}^{\text{rib}}$	$2z_{\max}^{\text{rib}}$
Ruošinys	125	150	250	-	-	29,806	520	27,81	28,33	-	-
Grubus tekinimas	50	50	15	320	$2 \cdot 525$	28,765	210	26,76	26,97	1050	1360
Glotnus tekinimas	30	30	30	16	$2 \cdot 420$	27,916	84	25,92	26	840	966

čia h- deformacijos sluoksnis;

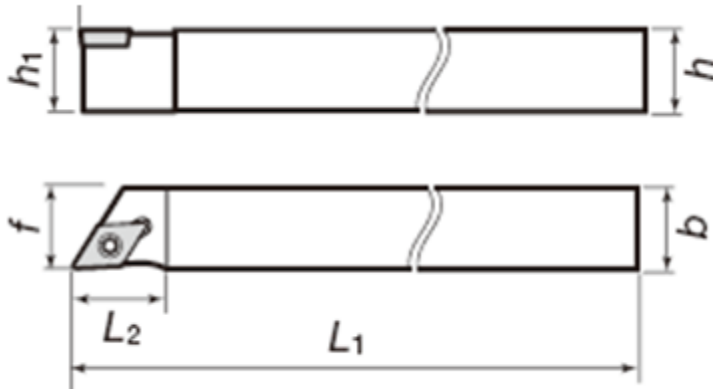
R_z , T, ε - paimami iš lentelių. [6]

2.6. 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.

Operacija 010 paviršiaus 7 grubus tekinimas

Dirbama programinėmis staklėmis „Lynx 220“ [7], parinktas įstatomas, surenkamas aptekinimo peilis SCAL 0808-06S su kietmetalio plokšte, Apdirbamas plienas C45 (LST EN 10083-1). Šio plieno cheminės savybės pateiktos 3.1 ir 3.2 lentelėse.



3.9 pav. Tekinimo peilio eskizas

Tekinimo peilio kampai;

$$\gamma = 95^{\circ} \quad \alpha = 6^{\circ}; \quad \varphi = 6^{\circ}; \quad r = 0,4 \text{ mm}.$$

Tekinimo režimų nustatymas

Apskaičiuojamas pjovimo gylis:

$$t = \frac{D - d}{2};$$

čia D – skersmuo prieš tekinimą, mm;

d – skersmuo po tekinimo, mm.

$$t = \frac{28 - 26}{2} = 1 \text{ mm}$$

Prenkama pastūma vienam ruošinio pasisukimui [8]-266p., 11-13 lent.:

$$s = 0,4 \text{ mm / aps}$$

Apskaičiuojamas leistinas pjovimo greitis:

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

čia $T = 60 \text{ min}$ – 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:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv} \cdot K_{\phi v} \cdot K_{\phi 1v} \cdot K_{rv};$$

ϕ – $K_{mv} = 1,25$; – koeficientas, įvertinantis apdirbamos medžiagos įtaką pjovimo greičiui, parenkamas iš [8]--261p., 1-4 lent.

$K_{nv} = 0,85$; – koeficientas, įvertinantis medžiagos paviršiaus būklę pjovimo greičiui, parenkamas iš [8]--263p., 5 lent.

$K_{uv} = 1$; koeficientas, įvertinantis peilio darbinės dalies medžiagos įtaką pjovimo greičiui, parenkamas iš [8]--263p., 6 lent.

$K_{\phi v}=0,7$; $K_{\phi 1v}=1$; $K_{rv}=1$ – koeficientai, įvertinantys peilio geometrinių elementų įtaką pjovimo greičiui, parenkami iš [8]--271p., 18 lent.

$$K_v = 0,85 \cdot 1 \cdot 1,25 \cdot 0,7 \cdot 1 \cdot 1 = 0,74$$

$$v = \frac{350}{60^{0,2} \cdot 1^{0,15} \cdot 0,4^{0,35}} \cdot 0,74 = 180,6 \text{ m/min}.$$

Apskaičiuojame ruošinio sukimosi dažnį:

$$n = \frac{1000v}{\pi D};$$

$$n = \frac{1000 \cdot 180,6}{3,14 \cdot 28} = \frac{180600}{87,92} = 2054 \text{ r/min}.$$

Sukimosi dažnio su staklių pasu suderinti nereikia, nes CNC staklės pasiekia tikslų apsisukimo dažnį. Tada $n = n_{st} = 2054 \text{ rad/min}$.

Minutinė pastūma:

$$s_m = sn_{st};$$

$$s_m = 0,4 \cdot 2054 = 821,6 \text{ mm/min}.$$

Tikrasis pjovimo greitis:

$$v_t = \frac{\pi D n_{st}}{1000};$$

$$v_t = \frac{3,14 \cdot 28 \cdot 2054}{1000} = 180 \text{ m/min}.$$

Apskaičiuojamos pjovimo jėgos dedamosioms:

$$P_{z,y,x} = C_p t^x s^y v_t^n K_p;$$

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 parenkami iš [8]-273p., 22lent.

K_p – pataisos koeficientas, apskaičiuojamas pagal formulę:

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp};$$

čia $K_{mp} = 0,84$ visiems atvejams, parenkamos iš [8]--264p., 9 lent., įvertinantis apdirbamosios medžiagos įtaką pjovimo jėgai;

$K_{\varphi p}, K_{\gamma p}, K_{\lambda p}, K_{rp}$ – koeficientas, įvertinantis peilio geometrijos įtaką, parenkami iš [8]-275p., 23lent.

Visi duomenys surašomi į 2.3.4 lentelę.

3.7 lentelė

Konstanta C_p ir laipsnių x, y, n rodikliai

Jėgos dedamoji	C_p	x	y	n	K_{mp}	$K_{\varphi p}$	$K_{\gamma p}$	$K_{\lambda p}$	K_{rp}
P_z	300	1	0,75	-0,15	-0,15	0,84	1	1	1
P_y	243	0,9	0,6	-0,3	-0,3	0,84	1	1,25	1
P_x	339	1	0,5	-0,4	-0,4	0,84	1	0,85	1

$$K_p^z = 0,84 \cdot 0,89 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,748$$

$$K_p^y = 0,84 \cdot 0,5 \cdot 1 \cdot 1,25 \cdot 1 = 0,525$$

$$K_p^x = 0,84 \cdot 1,17 \cdot 1 \cdot 0,85 \cdot 1 = 0,835$$

Skaiciuojamos dedamosios jėgos tekinant:

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 1^1 \cdot 0,4^{0,75} \cdot 180^{-0,15} \cdot 0,748 = 518 \text{ N};$$

$$P_y = 10 \cdot 300 \cdot 1^{0,9} \cdot 0,4^{0,6} \cdot 180^{-0,3} \cdot 0,525 = 191 \text{ N};$$

$$P_x = 10 \cdot 300 \cdot 1^1 \cdot 0,4^{0,5} \cdot 180^{-0,4} \cdot 0,835 = 198 \text{ N}.$$

Pjovimui reikalinga galia:

$$N = \frac{P_z \cdot v_t}{60 \cdot 1000},$$

$$N = \frac{518 \cdot 180}{60 \cdot 1020} = 1,52 \text{ kW}.$$

Pjovimo režimai tenkina sąlygą:

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

čia $N_v = 14,9 \text{ kW}$ – pagrindinio elektros variklio galia;

$\eta = 0,75$ - staklių pavaros naudingumo koeficientas.

$$1,52 \leq 14,9 \cdot 0,75$$

$$1,52 \leq 11,18 \text{ (sąlyga tenkinama)}$$

Paskaičiuojamas operacijos atlikimui mašininis (pagrindinis) laikas:

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

čia L – darbo eigos ilgis, mm;

s_m – minutinė pastūma, mm/min.

$$L = l + l_1 + l_2$$

čia $l = 83 \text{ mm}$ – pjovimo ilgis,

$l_1 = 1 \text{ mm}$ – peiliui įsipjauti iki viso gylio reikalingas atstumas, parenkame iš [9]-620p., 2lent.;

$l_2 = 1 \text{ mm}$ – peilio praėjimo už apdirbtojo paviršiaus dydis.

$$L = 83 + 1 + 1 = 85 \text{ mm}$$

$$T_m = \frac{85}{821,6} = 0,1 \text{ min}.$$

Gauti duomenys surašomi į 3.8 lentelę.

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 Sm, mm/min
Tekinimas							
010	1	Galinio paviršiaus tekinimas 1	2	0,6	692	149	
	2	Centravimas 1 paviršiaus	2,5	0,2	1250	110	
	2	Paviršiaus 7,8 tekinimas	3,5	0,45	890	120	
	3	Paviršių 5,6 tekinimas	1,5	0,25	1742	152	
	4	Glotnus 8,7 paviršiaus tekinimas	0,5	0,2	2159	192	
	5	Paviršių 4,3 ir 2 tekinimas	1	0,25	1256	192	
	6	Paviršiaus 3 sriegimas	03	0,2	216	46	
020	1	Paviršiaus 10 tekinimas	2	0,6	736	120	
	2	Paviršiaus 9 tekinimas	1	1,5	520	95	
Frazavimas							
030	1	Paviršių 11,12 ir 13 frezavimas	2	0,45	1350	36	674

2.7. Techninio proceso normavimas

Darbo normavimas atliekamas kiekvienai operacijai. Programinėmis teklinimo staklėmis operacijos vienetinio laiko norma apskaičiuojama pagal formulę:

$$t_v = \sum t_0 + t_p + t_{ap} + t_{pl},$$

čia t_0 – pagrindinis laikas;
 t_p – pagalbinis laikas;
 t_{ap} – darbo vietos aptarnavimo laikas;
 t_{pl} – laikas darbuotojo asmeniniams poreikiams.

Pagrindinis pjovimo laikas apskaičiuojamas pagal formulę:

$$t_0 = \frac{L \cdot i}{S_m},$$

čia L – įrankio perslinkimo skaičiuojamas ilgis apdirbimo metu, mm;
 i – darbo eigų skaičius atliekamas perėjime;
 S_m – minutinė įrankio pastūma, mm/min.

Kai apdirbimo ciklas automatinis, dydis L nustatomas taip:

$$L = l + l_{is} + l_{iš} + l_{pr},$$

čia l – apdirbamo paviršiaus ilgis;
 l_{is} – įrankio įsipjovimo dydis;
 $l_{iš}$ – įrankio išėjimo dydis;
 l_{pr} – įrankio privedimas prie ruošinio ilgis, norint smūgio pjovimo pradžioje.

Pagalbinis laikas t_p priklauso nuo staklių tipo ir susideda iš trijų dalių:

$$T_p = t_{pu} + t_{pv} + t_{pm};$$

čia t_{pu} – detalės uždėjimo ir nuėmimo laikas min;

t_{pv} – staklių valdymo laikas, min;

t_{pm} – detalių matavimo laikas. Jis mažesnis už staklių automatinį darbo laiką, todėl jis nepridedamas.

Darbo vietos aptarnavimo ir poilsio laikas skaičiuojami pagal formules:

$$t_{ap} = \frac{t_0 a_{apt}}{100};$$

$$t_{pl} = \frac{(t_0 + t_p) a_{poil}}{100};$$

čia a_{ap} - t_{ap} nuo pagrindinio laiko, %

a_{pl} - t_{pl} nuo pagrindinio laiko, %

Nagrinėjame vienetinio laiko normą pirmai operacijai (010).

Tekiname paviršių 1 grubus tekinimas:

$$t_0 = \frac{L \cdot i}{S_m},$$

$$L = 11 + 2 + 11 + 1 = 45 \text{ mm};$$

$$t_0 = \frac{L \cdot i}{S_m} = \frac{25}{695} = 0,04 \text{ min};$$

Antras perėjimas. Paviršius 7 ir 8 tekinimas.

$$L = 57 + 1 + 1 + 1 = 60 \text{ mm};$$

$$t_0 = \frac{L \cdot i}{S_m} = \frac{60}{1045} = 0,06 \text{ min};$$

Trečias perėjimas. Tekiname paviršių 5 ir 6 grubiai :

$$L = 1,9 + 52 + 1,9 + 1 = 56 \text{ mm};$$

$$t_0 = \frac{L \cdot i}{S_m} = \frac{56}{741} = 0,08 \text{ min};$$

Ketvirtas perėjimas. Tekiname paviršių 7,8 glotniai:

$$L = 20 + 1,5 + 3 + 3 = 27,5 \text{ mm};$$

$$t_0 = \frac{L \cdot i}{S_m} = \frac{27,5}{866} = 0,03 \text{ min};$$

Penktas perėjimas. Tekiname paviršių 3 ir 4 grubiai:

$$L = 52 + 1 + 0,1 + 0,1 = 53,2 \text{ mm};$$

$$t_0 = \frac{L \cdot i}{S_m} = \frac{53,2}{375} = 0,14 \text{ min};$$

Šeštasis perėjimas. Sriegimas 3 paviršius:

$$L = 15,5 + 1 + 1 + 1 = 18,5 \text{ mm};$$

$$t_0 = \frac{L \cdot i}{S_m} = \frac{18,5}{318} = 0,006 \text{ min};$$

$$\text{Pagrindinis laikas: } \Sigma t_0 = 0,06 + 0,08 + 0,14 + 0,03 + 0,004 = 0,374 \text{ min};$$

$$\text{Pagalbinis laikas: } t_p = 0,11 + 0,3 + 0,12 + 0,05 + 0,18 = 0,76 \text{ min};$$

$$\text{Aptarnavimo laikas: } t_{ap} = 0,414 + 0,76 = 1,174 \text{ min}.$$

Vienetinis laikas t_v skaičiuojamas įvertinus laiko procentus techninio organizacinio aptarnavimo ir asmeniniams poreikiams.

$$\alpha = 4\%$$

$$\beta = 0,6\%$$

$$\gamma = 2,5\%$$

$$t_v = 1,174(1 + \frac{4 + 0,6 + 2,5}{100}) = 1,26$$

Skaičiuojame vienetinio laiko normą operacijai (020).

Pirmas perėjimas. Paviršius 10 tekinimas.

$$L = 11 + 2 + 11 + 1 = 25 \text{ mm};$$

$$t_0 = \frac{L \cdot i}{S_m} = \frac{25 \cdot 1}{695} = 0,04 \text{ min}$$

Antras perėjimas. Tekiname 9 paviršių:

$$L = 1,1 + 3 + 1,1 + 1 = 6,2 \text{ mm};$$

$$t_0 = \frac{L \cdot i}{S_m} = \frac{27,5}{866} = 0,03 \text{ min};$$

Pagrindinis laikas: $\Sigma t_0 = 0,04 + 0,03 = 0,07 \text{ min};$

Pagalbinis laikas: $t_p = 0,11 + 0,3 + 0,12 + 0,05 + 0,18 = 0,76 \text{ min};$

Aptarnavimo laikas: $t_{ap} = 0,04 + 0,76 = 0,8 \text{ min}.$

Vienetinis laikas t_v skaičiuojamas įvertinus laiko procentus techninio organizacinio aptarnavimo ir asmeniniams poreikiams.

$$\alpha = 4\%$$

$$\beta = 0,6\%$$

$$\gamma = 2,5\%$$

$$t_v = 1,174(1 + \frac{4 + 0,6 + 2,5}{100}) = 0,86$$

Nagrinėjame vienetinio laiko normą (030) frezavimo operacijoms:

Frezuojame paviršių 11, 12, 13 grubiai:

$$L = l + l_{is} + l_{is} + l_{pr} = 2 + 20 + 2 + 1 = 25 \text{ mm};$$

$$t_0 = \frac{L \cdot i}{S_m} = \frac{25 \cdot 3}{190} = 0,13 \text{ min};$$

Pagrindinis laikas: $\Sigma t_0 = 0,13 = 0,13 \text{ min};$

Pagalbinis laikas: $t_p = 0,11 + 0,3 + 0,12 + 0,05 + 0,18 = 0,76 \text{ min};$

Aptarnavimo laikas: $t_{ap} = 0,13 + 0,76 = 0,89 \text{ min.}$

Vienetinis laikas t_v skaičiuojamas įvertinus laiko procentus techninio organizacinio aptarnavimo ir asmeniniams poreikiams.

$$\alpha = 4\%$$

$$\beta = 0,6\%$$

$$\gamma = 2,5\%$$

$$t_v = 0,89 \left(1 + \frac{4 + 0,6 + 2,5}{100}\right) = 0,95 \text{ min}$$

Duomenis surašome į 2.9 lentelę.

3.9 lentelė

Technologinio proceso normavimas

Operacija	Mašininis laikas, min	Operatyvinis laikas, min	Vienetinis laikas, min
10	0,374	1,174	1,26
20	0,07	0,8	0,86
30	0,13	0,89	0,95
	Bendras operacijų laikas, min		3,07

4. ŽMONIŲ IR APLINKOS SAUGA

Krano savininkas privalo užtikrinti saugų krano naudojimą ir kvalifikuotą jo nuolatinę priežiūrą, vadovaudamasis gamintojo pateiktais krano naudojimo dokumentais ir šių taisyklių, priežiūros įstatymo, darbo įrenginių naudojimo bendrųjų nuostatų, kitų teisės aktų, reglamentuojančių kėlimo įrenginių naudojimą, reikalavimais. Krano savininkas privalo visą krano naudojimo laiką saugoti ir pildyti krano naudojimo dokumentų bylą (krano pasą).

Krano naudojimo instrukcija turi būti surašyta valstybine kalba.

Kranai turi būti montuojami ir naudojami vadovaujantis gamintojo dokumentuose (eksplotavimo, naudojimo instrukcijose, pase ir kt.) nustatytais reikalavimais.

Naudojamas kranas turi būti aiškiai paženklintas, nurodant jo tipą (markę), registracijos numerį, keliamąją galią, taip pat turi būti nurodytos atliktos ir būsimos techninės būklės tvirtinimo datos.

Kranai, skirti dirbti darbo vietose, kuriose gali susidaryti sprogį aplinka, turi būti pritaikyti darbui tokioje aplinkoje. Jeigu kranas nepritaikytas dirbti sprogioje aplinkoje, tai prieš pradedant kėlimo darbus turi būti išduotas II kategorijos ugnies darbų leidimas Ugnies darbų organizavimo ir atlikimo instrukcijoje BDS-7 nustatyta tvarka.

Prieš pradedant naudoti kraną, krano pase turi būti padarytas įrašas apie paskirtą priežiūros meistrą (jo pavardė ir pareigos). Toks įrašas daromas kiekvieną kartą, kai paskiriamas naujas priežiūros meistras. Priežiūros meistrui susirgus, atostogaujant, išvykus į komandiruotę ir pan., jo pareigas vykdo pavaduojantis darbuotojas (jo pavardė į pasą neįrašoma). Kranų priežiūros meistrui turi būti sudarytos sąlygos pareigoms vykdyti.

5. EKONOMINĖ DALIS

Ekonominėje dalyje paskaičiuota viso gaminio gamybos savikaina, bei pateikiama galima pardavimo kaina. Pagrindinių ekonominių rodiklių skaičiavimas vykdomas įvertinant išlaidas pradinėje projektavimo stadijoje, tiesiogines ir netiesiogines išlaidas, veiklos sąnaudas.

5.1 lentelė

Gaminio savikainos apskaičiavimas

	Išlaidų straipsnis	Išlaidos, Eur
I.	Gaminio projektavimo ir technologinio rengimo išlaidos:	
a)	projektavimo darbai	145,97
b)	technologijos paruošimo darbai	83,44
	Iš viso projektavimo ir technologinio rengimo išlaidų	229,41
II.	Tiesioginės gamybos išlaidos:	
1.	Tiesioginės medžiagų sąnaudos:	
a)	medžiagų ir žaliavų išlaidos	231,88
b)	grįžamosios atliekos	0,60
c)	pagalbinių medžiagų išlaidos	23,79
d)	pusgaminių, komplektuojamų gaminių, atsarginių detalių išlaidos	458,96
2.	Tiesioginės darbo apmokėjimo sąnaudos (pagrindinės gamybos darbininkams):	
a)	darbo užmokestis	42,2
b)	socialinis draudimas	12,97
	Iš viso tiesioginių gamybos išlaidų	792,66
III.	Netiesioginės gamybos išlaidos:	
a)	energijos išlaidos technologiniams tikslams	16,1
b)	vandens išlaidos	0,20
c)	aptarnaujančio personalo darbo užmokesčio ir socialinio draudimo išlaidos	173,85
d)	patalpos (šildymas, apšvietimas)	21,54
e)	Ilgalaikio turto nusidėvėjimas	55,65
	Iš viso netiesioginių gamybos išlaidų	267,34
	Gamybos savikaina	1289,41
IV.	Iš viso išlaidų	1380
	Gamybos programa, vnt.	1
	Gaminio pardavimo kaina	1650

Projektavimo darbų sąnaudos

Projektavimo darbų trukmė priklauso nuo gaminio sudėtingumo ir naujumo. Projektavimo darbai ir jiems atlikti skirti laiko intervalai pateikti 5.2 lentelėje.

5.2 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	4	1	4
3.	Darbo brėžiniai	0,5	8	4
4.	Surinkimo brėžiniai	0,75	4	3
5.	Brėžinių kontrolė	0,25	12	3
6.	Specifikacijų ir techninių sąlygų sudarymas	0.5	12	3
7.	Bandomojo pavyzdžio gamyba	0,25	8	3
8.	Brėžinių po bandymų taisymas	1	2	2
9.	Darbų apiforminimas	0.5	12	3
10.	Kopijavimo darbai	0,1	12	1,2
	Iš viso			29,2

Projektuotojų darbas apmokamas taikant laikinę darbo apmokėjimo formą, t. y. darbo užmokestį lemia dirbtas laikas ir darbo valandos įkainis.

Projektuotojų atlyginimą reikia diferencijuoti, įvertinant atliekamų darbų sudėtingumą, t. y. taikyti koeficientus, pvz., projektinių darbų – 1,3, brėžinių išpildymo – 1,2, bandomojo pavyzdžio gamybos – 1,1, darbų apiforminimo ir kopijavimo – 1,0.

Projektuotojų darbo apmokėjimo sąnaudos apskaičiuojamos ir surašomos į 5.3 lentelę.

5.3 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	28	10,5
2.	Techninis projektas	4	0,5	28	14
3.	Darbo brėžiniai	4	0,5	28	14
4.	Surinkimo brėžiniai	3	0,375	28	10,5
5.	Brėžinių kontrolė	3	0,375	28	10,5
6.	Specifikacijų ir techninių sąlygų sudarymas	3	0,375	28	10,5
7.	Bandomojo pavyzdžio gamyba	3	0,375	25	9,4
8.	Brėžinių po bandymų taisymas	2	0,25	28	7
9.	Darbų apiforminimas	3	0,375	22	8,25
10.	Kopijavimo darbai	1,2	0,15	22	3,3
	Iš viso				97,95

Medžiagų sąnaudas sudaro išlaidos, susijusios su medžiagų, reikalingų projektavimo darbams atlikti, įsigijimu. Jos sudaro nedidelę gaminio projektavimo sąnaudų dalį, pvz., 1–5% darbo užmokesčio sąnaudų. 5.4.

5.4 lentelė

Gaminio projektavimo sąnaudos

Eil. Nr.	Kalkuliaciniai straipsniai	Suma, Eur
1.	Medžiagų sąnaudos	1
2.	Darbo užmokesčio sąnaudos	97,95
3.	Socialinio draudimo sąnaudos (33 % nuo darbo užmokesčio)	32,3
4.	Veiklos sąnaudos (15 % nuo darbo užmokesčio)	14,69
	Iš viso	145,94

Technologinis gamybos paruošimas:

Gamybai rengiamos tokios technologijos:

Ruošinių gamybos technologija;

Mechaninio apdirbimo technologija;

Suvirinimo technologija;

Dažymo technologija;

Surinkimo technologija.

Nustačius vidutinį technologo atlyginimą jį reikia diferencijuoti pagal darbų sudėtingumo lygį, taikant tokius koeficientus: 1) terminio, suvirinimo, šaEurkalvio bei surinkimo darbų technologijos sudarymas – 1,1; 2) detalių technologiškumo analizės atlikimas – 1,0; 3) mechaninio apdirbimo technologijos sudarymas – 1,2.

Pirmame etape technologai turi numatyti būsimų ruošinių skerspjūvį, jų pagaminimo formas ir reikalingas medžiagas. Parenkant ruošinį svarbu atlikti išsamią gaminamos detalės ar detalių technologiškumo analizę.

5.5 lentelė

Ruošinių gamybos technologijos darbo užmokesčio sąnaudos

Darbų rūšis	Ruošinių skaičius, vnt.	Darbų imlumas, val.	Valandinis įkainis, Eur	Ruošinio gamybos technologijos darbo užmokesčio sąnaudos, Eur
Detalių technologiškumo analizė ir parengimas	8	1	3,5	28
Iš viso				28

Kitame etape, žinant ruošinių pagaminimo būdus, rengiama mechaninio apdirbimo technologija, kuriai specialistai parenka optimalius įrengimus, įrankius.

5.6 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	5	1	3,5	17,5
Iš viso				17,5

Tolesniame etape, atsižvelgiant į gaminamo prietaiso pobūdį, nustatomi kiti reikalingi technologiniai procesai. Technologai pagal prietaiso brėžinius, atsižvelgdami į prietaiso paskirtį, nustato technologinių operacijų eiliškumą ir turinį (rengia terminio, suvirinimo, surinkimo, šaEurkalvių darbų technologijas).

5.7 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	2	1	3,5	7
2.	Surinkimo technologijos parengimas	1	1	3,5	3,5
	Iš viso				10,5

Medžiagų sąnaudas sudaro išlaidos, susijusios su medžiagų, reikalingų technologinio parengimo darbams atlikti, įsigijimu. Skaičiavimai atliekami analogiškai kaip ir skaičiuojant medžiagų sąnaudas projektavimo darbams atlikti.

5.8 lentelė

Gaminio technologinio parengimo sąnaudos

Eil. Nr.	Kalkuliaciniai straipsniai	Suma, Eur
1.	Medžiagų sąnaudos	0,56
2.	Darbo užmokesčio sąnaudos	56
3.	Socialinio draudimo sąnaudos	18,48
4.	Veiklos sąnaudos	8,4
	Iš viso	83,44

Tiesioginės medžiagų sąnaudos

Atsižvelgiant į planuojamos gamybos programos apimtį, apskaičiuojamas medžiagų ir žaliavų poreikis, parenkamos konkrečios medžiagos, atliekama medžiagų kainų analizė ir tik po to apskaičiuojamos išlaidos medžiagoms ir žaliavoms įsigyti. Medžiagų sąnaudos skaičiuojamos pagal formulę:

$$M = m \cdot k_t \cdot k;$$

čia: m – bendra detalių masė, kg;
 k_t – koeficientas, kuriuo įvertinami technologiniai nuostoliai, $k_t = 1,2$;
 k – įsigyjamų medžiagų 1 kg kaina.

Visos perkamos medžiagos nurodomos 5.9 lentelėje.

5.9 lentelė

Pagrindinių medžiagų vertė

Eil. Nr.	Medžiagos pavadinimas	Kaina, Eur / t arba Eur / m	Matavimo vienetai	Sunaudota medžiagų	Medžiagų vertė, Eur
1.	Lakštinis pienas (8,0 x 1800 x 6000) S235 JR LST EN 10025-1	635	t	0,01	6,35
2.	Plienas (apvalaus skerspjūvio 28mm diametro) C45 LST EN 10083-1	9,46	m	0,5	4,73
2.	Sija HEA 120/12000 S275JR LST EN 10034	28,34	m	3	85,02
4.	Profiliniai vamzdžiai 70 x 70 x 4,0 S235JR LST EN 10025-1	18,60	m	7,3	135,78
3.	Kiti				
	Iš viso				231,88

Gamybos proceso metu susidariusios atliekos skirstomos į grįžtamasias ir negrįžtamasias. Negrįžtamosios atliekos neturi realizacinės vertės. Grįžtamosios atliekos – tai medžiagos, kurios panaudojamos įmonėje, perdirbtos grįžta atgal į gamybą kita forma ir turi realizacinę vertę. Grįžtamųjų atliekų vertė atimama iš pagrindinių medžiagų vertės. Atliekos įkainojamos dviem būdais: 1) visa kaina – kai atliekos realizuojamos visa verte; 2) sumažinta kaina, kai atliekos negali būti naudojamos pagrindinei gamybai, o tik prastesnės kokybės gaminiams.

Kaina šiuo atveju nustatoma pagal pakeičiamos medžiagos kainos lygį, atskaitant papildomas išlaidas atliekoms paruošti. Apskaičiuojame 5.10 lentelėje likusias atliekas kurias naudosime kaip metalo laužą.

Metalo laužo supirkimo rinkos kaina šiuo metu 2015.04mėn. 170EUR/tona.

5.10 lentelė

Grįžtamųjų atliekų vertės skaičiavimas

Eil. Nr.	Atliekų pavadinimas	Atliekų kiekis, kg	Atliekų kaina, Eur / kg	Suma, Eur
1.	Lakštinis pienas (8,0 x 1800 x 6000) S235 JR LST EN 10025-1	2,5	0,17	0,43
2.	Plienas (apvalaus skerspjūvio 28mm diametro) C45 LST EN 10083-1	1	0,17	0,17
	Iš viso			0,60

5.11 lentelė

Pagalbinių medžiagų vertė

Eil. Nr.	Medžiagos pavadinimas	Matavimo vienetai	Kaina, Eur	Sunaudota medžiagų	Medžiagų vertė, Eur
1.	Dažai „DekArt“ RAL1007	litr.	3,13	5	15,65
2.	Suvirinimo elektrodas Ano-36	kg	3,04	0,5	1,52
3.	Kitos medžiagos				
	Iš viso				23,79

Pagalbinių medžiagų kainos nustatomos pagal projekto atlikimo metu rinkoje esančias kainas. Įmonė įsigyja ne tik žaliavas ir medžiagas, ji perka pusgaminius, mazgus, atsargines detales. Straipsnyje *Išlaidos pusgaminiams, komplektuojamiems gaminiams, atsarginėms detalėms įsigyti* nurodoma kooperavimo tvarka įgytų gatavų gaminių, pusgaminių, komplektavimui naudojamų dalių vertė.

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.	Guolis 6204-2RS SKF	8	16,7	133,6
2.	Kaištis LST ISO 2338 - 16x56	2	2,32	4,64
3.	Rankinė talė Q=10 h=3	1	57	57
	Ratas LS-SPO 200	4	32,7	130,8
	Varžtai LST EN ISO 4014: 2000			
4.	M16	12	1,9	22,8
5.	M10	16	1,6	25,6
	Veržlė LST EN ISO 4032: 2002			
6.	M16	12	1,34	16,08
7.	M10	16	1,1	17,6
	Poveržlė LST EN ISO 7089 :2002			
8.	M16	12	0,8	9,6
9.	M10	16	0,69	11,04
10.	M30	20	1,48	29,6
11.	Vielokaištis LST EN ISO 1234:2001	2	0,3	0,6
	Iš viso			458,96

Prie tiesioginių gamybos sąnaudų priskiriamos medžiagų (žaliavų, pusgaminų ir kt.) pakrovimo ir iškrovimo, transportavimo, draudimo, saugojimo sandėliuose išlaidos. Brangstant kurui ir transporto paslaugoms, vežant medžiagas dideliais atstumais, transportavimo paslaugos gali turėti įtakos medžiagų kainai ir gaminio savikainai. Todėl medžiagų atsigabenimo ir parengimo naudojimui išlaidos įtraukiamos į jų savikainą, jos gali sudaryti apie 10% įsigyjamų medžiagų vertės.

Ilgalaikio turto vertė ir nusidėvėjimas

Pagal parengtą mechaninio apdirbimo technologiją nustatomas reikalingų įrengimų kiekis, jų modeliai ir skaičiuojami jų apkrovimo koeficientai. Po to įvertinama, kokių reikėtų kitų įrengimų, kad gaminys įgautų reikiamą formą. Kitų įrengimų kiekis ir modeliai nustatomi apytiksliai. Tuo atveju, kai staklės būtinos, tačiau jų apkrovimas nedidelis, skaičiuojant staklių suvartojamos elektros energijos kiekį, dauginama iš numatomo apkrovimo koeficiento.

5.13 lentelė

Įrengimų poreikio ir jų galingumo skaičiavimas

Eil. Nr.	Įrengimų pavadinimas	Kiekis, vnt.	Vertė, Eur		Vieneto galingumas, kW	Galingumų suma, kW
			įrengimo	visų įrengimų		
Staklės						
1.	CNC Tekinimo staklės DOOSAN Lynx 220	1	34754	34754	15	15
2.	CNC Frezavimo staklės DOOSAN DNM 500 HS	1	28382	28382	22	22
I.	Iš viso:	2		63136		37
	Kiti įrengimai					
1.	Hidraulinės lankstymo staklės HFE M2	1	37650	37650	6	6
2.	Kombinuotas suvirinimo aparatas TIG/MMA/CUT	1	415	415	4,8	4,8
II.	Iš viso:	2		38065		10,8
	Transporto priemonės					
1.	Nėra	0	0	0	0	0
III.	Iš viso:					
	Iš viso: (I + II + III)	4		101201		47,8
IV.	Pristatymo, montavimo, komplektavimo, derinimo išlaidos (10% nuo (I + II + III) sumos	10120				
	Įsigijimo savikaina I+II+III + IV	111321				
	Išlaidos elektros energijai technologiniams tikslams, Eur	16,1				

Įrengimų išlaidos elektros energijai skaičiuojamos įvertinus visų variklių sunaudojamą elektros energijos kiekį, dirbtą darbo dienų ir pamainų skaičių bei vienos kWh kainą pagal įmonės galingumą. Skaičiuojama taip: *darbo laiko fondas (dienos) x pamainų skaičius x valandų skaičius x galingumų suma (kW) x mokestis už 1 kWh*.

Kadangi įmonė nuomojasi patalpas, nekilnojamojo turto nusidėvėjimas nėra skaičiuojamas, o nuomos išlaidos įtraukiamos į veiklos sąnaudas.

5.14 lentelė

Ilgalaikio turto nusidėvėjimo skaičiavimas

Materialus ilgalaikis turtas	Įsigijimo vertė, Eur	Likvidacinė vertė, Eur	Sukauptas nusidėvėjimas, Eur	Normatyvas, metais	Nusidėvėjimo suma per metus, Eur	Nusidėvėjimo suma per 0,033 mėn. Eur
1. Staklės(10 proc. Likvidacinė vertė	111321	11132	100188,9	5	20037,6	55,65
Iš viso	111321	11132	100188,9		20037,6	55,65

Darbo užmokesčio išlaidų planavimas

Šiuo atveju svarbu tiksliai nustatyti darbininkų efektyvaus darbo laiko fondą (žr. 5.15 lentelę).

Darbo laiko balansas sudaromas naudojantis planinių metų kalendoriumi. Darbuotojų neišėjimo į darbą dienų skaičius nustatomas pagal praeitų metų lygį (pvz., surašius visų darbuotojų bendrą tikslinių atostogų trukmę ir padalijus ją iš darbuotojų skaičiaus).

5.15 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
7.1. Už darbą kenksmingomis sąlygomis	0,2
7.2. Paaugliams	0,01
7.3. Maitinančioms motinoms	-
7.4. Prieššventinėmis dienomis	0,01
8. Vidutinė darbo dienos trukmė, val.	7,78
9. Efektyvus darbo laiko fondas, val.	1587

Darant prielaidą, jog vienoje darbo vietoje dirba vienas darbininkas, darbininkų skaičius prilygsta darbo vietų skaičiui (kai įmonė dirba viena pamaina).

Tiesioginės darbo užmokesčio išlaidos – tai pagrindinių darbininkų, tiesiogiai susijusių su gaminama detale, kuriai nustatytas technologinis maršrutas, darbo apmokėjimo išlaidos.

5.16. lentelė

Pagrindinių darbininkų pagrindinio darbo užmokesčio apskaičiavimas

Profesijos pavadinimas	Skaičius	Kvalifikacinė kategorija	Valandinis įkainis, Eur	Laikas vienai detalei apdirbti, val.	Detalių skč. Darbuotojui	Dirbta valandų	Darbo užmokestis, Eur
Tekintojas	1	III	3,4	0,5	8	4	13,6
Frezuotojas	1	III	3,4	0,25	8	3	10,2
Suvirintojas	1	III	3,6	1	2	2	7,2

Dažytojas	1	III	2,3	3	1	3	6,9
Iš viso						12	37,9

5.17 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	13,6	1,3	14,9	4,6	19,5
	Frezuotojai	10,2	1	11,2	3,4	38,08
	Suvirintojai	7,2	1	8,2	2,5	10,7
	Kiti					
Dažymo ir surinkimo darbai		6,9	1	7,9	2,45	10,35
Iš viso				42,2	12,95	78,63

Išvada:

Siekiant pagaminti vieną gaminį turime pagaminti 8 detales kurioms reikės 7 valandų frezavimo ir tekinimo darbų. 2 valandų suvirinimo darbų ir 3 valandų surinkimo ir dažymo, iš viso 12 valandų. Priimama, kad detalių gamyba ir viso gaminio surinkimas vyks 8 darbo dienas, t.y. 1 diena arba 0,33 mėnesių.

Netiesioginių gamybos išlaidų skaičiavimas

Netiesioginės gamybos išlaidos – tai visos gamybos išlaidos, išskyrus tiesiogines darbo ir pagrindinių medžiagų išlaidas. Tai pagalbinių žaliavų (medžiagų), netiesioginio darbo užmokesčio, nusidėvėjimo bei kitos gamybos išlaidos, kurių neįmanoma be žymių sąnaudų priskirti konkretiems gaminiams ar jų grupėms.

5.18 lentelė

Vandens, sunaudoto gamybos tikslams, išlaidos

Rodiklis	Staklių, detalių skaičius	Vandens kiekis staklėms, m^3/val	Kubinio metro kaina, Eur	Staklių darbo laikas, val.	Išlaidos šaEuram vandeniui, Eur
Aušinimo skysčiui	2	0,006	4,76	7	0,19
Detalėms plauti	8	0,015	4,76	0,15	0,01
Iš viso					0,20

5.19 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* 0,033 mėn
1.	Elektrikas	1	420	42	130	592	19,54
2.	Įrengimų prižiūrėtojas	1	400	40	124	564	18,62
3.	Valytoja	1	350	35	108,5	493,5	16,29
	Iš viso						54,45

*Pagalbinių darbininkų darbo laikas ir atitinkamai darbo užmokesčio išlaidos skaičiuojamos ir į savikainą įtraukiamos už tą patį laikotarpį kaip ir pagrindinės gamybos darbininkams.

5.20 lentelė

Patalpų šildymo išlaidos

Eil. Nr.	Patalpų pavadinimas	Šildomasis plotas, kv. m.	1 kv. m. šildymo kaina, Eur	Šildymo sezonas, mėn.	Išlaidos šildymui per metus, Eur
1.	Administracinės patalpos	50	1,1	7	385
	Iš viso per 0,033 mėn.				12,7

5.21 lentelė

Patalpų apšvietimo išlaidos

Eil. Nr.	Patalpų pavadinimas	Patalpų plotas, kv. m	Apšvietimo norma, W / kv. m	Apšvietimo laikas, val.	energijos sąnaudos, kWh	1 kWh kaina, Eur	Išlaidos už elektros energiją, Eur
1.	Administracinės patalpos	50	60	12	36	0,13	4,68
2.	Gamybinės patalpos	110	40	8	32	0,13	4,16
	Iš viso						8,84

5.22 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 per 0,033 mėn Eur
1.	Direktorius	1	1500	465	1965	64,9
2.	Buhalterė	1	580	179	759	25
3.	Cecho viršininkas	1	590	182,9	772	25
	Iš viso					114,9

5.23 lentelė

Patalpų nuomos sąnaudos

* Nuomojamosios patalpos		Kvadratinio metro nuomos kaina, Eur	Nuomos vertė, Eur	Iš viso išlaidų per 0,033 mėn Eur
Patalpų rūšis	Patalpų plotas, m ²			
Administracinės patalpos	50	1,3	65	2,14
Gamybinės patalpos	110	0,9	99	3,2
Iš viso			164	5,4

IŠVADOS

Šiame projekte buvo projektuojamas mobilus reguliuojamo aukščio ožinis kranas, skirtas kelti krovinius iki 2 tonų. Atlikti sijos lenkimo ir vežimėlio ratuko ašelės lenkimo momentų skaičiavimai. Parinkti standartiniai gaminiai t.y rankinė grandininė talė, konstrukcijos mobilumą užtikrina keturį standartiniai ratukai.

Atliktas technologinių bazių parinkimas. Analizuotas vienos detalės pagaminimo technologinis maršrutas, nustatytos apdirbimo operacijos atliktas užlaidų analitinis ir pjovimo režimų skaičiavimas, tai pat paskaičiuotas technologinio proceso normavimas, parinkti įrankiai ir bei staklės.

Numatyti minimalūs gaminio saugumo reikalavimai, ekonominiai skaičiavimai parodė, kad vieno mobilaus ožinio reguliuojamo aukščio krano kaina siekia 1287EUR.

LITERATŪRA

1. Kėlimo ir transportavimo mašinos. K. Pilkauskas. Vilnius. 1968
2. Medžiagų mechanikos egzaminų vadovas M.Šuksta. Vilnius. 2007
3. Standartinių sijų katalogas prieiga per internetą: <http://www.metalurgija.lt/> (žiūrėta 2015.04)
4. Standartiniai ratai prieiga per internetą: <http://www.blickle.co.uk/en/heavyduty-castors-nylon-wheels/products/LS-SPO-200K-ST/> (žiūrėta 2015.04.20)
5. Mašinų gamybos technologija. J.Rimkus Šiauliai. 2003
6. Dragūnas B. Inžinieriaus mechaniko žinynas. Vilnius. 1988
7. CNC programinių staklių katalogas prieiga per internetą <http://www.doosanmachinetools.com> (žiūrėta 2015.04.21)
8. Справочник технолога машиностроителя. Т2., 1986., p 6-32, 262-300.
9. А.А.Панова. Обработка металлов резанием, Справочник технолога. 1988. p. 676
10. Guolių katalogas SKF prieiga per internetą. <http://www.skf.com/group/products/bearings-units-housings/ball-bearings/index.html> (žiūrėta 2014.04.20)
11. Frezavimas programinėmis staklėmis: metodiniai nurodymai. Ramonas Z., Bražėnas A. Kaunas. Technologija, 1992. 84 psl.
12. Tekinimas programinėmis staklėmis: metodiniai nurodymai. Ramonas Z., Bražėnas A. Kaunas. Technologija, 1992. 94 ps
13. Mašinų gamybos įmonių produkcijos savikainos skaičiavimas : mechanikos inžinerijos specialybių studentams. Ala Kovierienė, Skaidrė Žičkienė, Zenonas Ramonas . Šiaulių universitetas. Mechanikos inžinerijos katedra; Šiauliai : Šiaulių universiteto leidykla, 2006
14. Inžinieriaus mechaniko žinynas. Dragūnas B. Vilnius. 1988
15. Žmonių sauga. Ramonas Z, Čikotienė D. Šiauliai, 2003
16. Technologijos fakulteto studijų darbų parengimo tvarka. Z. Ramonas, V. Pertronis, D. Čikotienė. Šiauliai, 2004.
17. Mašinų braižyba. Z. Ramonas, V. Petronis, A. Ramonienė.. Šiauliai, 2006.
18. Mašinų braižyba II Pavyzdžiai ir rekomendacijos. Z. Ramonas, A. Ramonienė. Vilnius. 2014