

ŠIAULIŲ UNIVERSITETAS  
MECHANIKOS INŽINERIJOS KATEDRA

Ramūnas Zališkis

PLONALAKŠČIO PLIENO GAMINIŲ IR  
JŲ GAMYBOS PROCESŲ PROJEKTAVIMO  
INTEGRAVIMAS

MAGISTRO DARBAS

Darbo vadovas  
Prof. A.Bargelis

ŠIAULIAI 2006

## Turinys

Įvadas.....	6
1. Plonalakščio plieno gaminių projektavimo ypatumai.....	8
1.1 Gaminių gyvavimo ciklo trumpėjimas.....	9
1.2 Gaminamų gaminių įvairovės didėjimas.....	10
1.3 Projektavimo našumo didinimas.....	10
1.4 Projektavimo našumo didinimo ypatumai.....	11
1.5 Našumo didinimo priemonės.....	11
2. Gaminių projektavimo modelis.....	12
2.1 Procesų projektavimo ypatumai.....	14
2.2 Nauja gamybos sistemos aplinka.....	16
3. Gaminių klasifikavimas.....	17
4. Plonalakščio plieno gaminių gamybos sąnaudų nustatymo ankstyvoje gaminio kūrimo stadijoje modelis.....	22
5. Eksperimentinis sukurto modelio testavimas.....	35
Išvados.....	37
Literatūra.....	38
Pastaba.....	38

## Lentelių sąrašas

1.	3.1 lentelė	Dėžių LS-204-204S gabaritai .....	19
2.	3.2 lentelė	Dėžių LS-209-212-215 gabaritai .....	19
3.	3.3 lentelė	Dėžių TSAS-2-4, TSAS-3-6, TSAS-4-8 gabaritai.....	20
4.	3.4 lentelė	Dėžių TSAS-4-4 TSAS-4-6 gabaritai .....	20
5.	3.5 lentelė	Dėžių TKS gabaritai.....	21
6.	3.6 lentelė	Dėžių IAD gabaritai .....	21
7.	4.1 lentelė	IAD-101 detalių pagaminimo laikai .....	22
8.	4.2 lentelė	IAD-201 detalių pagaminimo laikai .....	23
9.	4.3 lentelė	LS-209 detalių pagaminimo laikai .....	24
10.	4.4 lentelė	TKS-4 detalių pagaminimo laikai.....	25
11.	4.5 lentelė	TSAS-2-2 detalių pagaminimo laikai .....	26
12.	4.6 lentelė	TSAS-4-4 detalių pagaminimo laikai .....	27
13.	4.7 lentelė	TSAS-6-3 detalių pagaminimo laikai .....	28
14.	4.8 lentelė	TSAS-8-4 detalių pagaminimo laikai .....	29
15.	4.9 lentelė	LS-204S detalių pagaminimo laikai .....	30
16.	4.10 lentelė	Gaminio tūris ir detalių skaičius.....	31
17.	4.11 lentelė	Gaminio detalių pagaminimo laiko priklausomybė nuo tūrio.....	32
18.	4.12 lentelė	Gaminių svoriai ir metalo sąnaudos.....	34
19.	5.1 lentelė	Matematinų skaičiavimų rezultatai.....	35
20.	5.2 lentelė	Gaminio detalių pagaminimo laikų priklausomybė nuo tūrio.....	36

## Paveikslų sąrašas

1.	2.1 pav.	Gaminio projektavimo modelis pagal Roozenburg ir Eekels .....	12
2.	2.1.1 pav.	Įmonės gamybos procesų eiga .....	14
3.	3.1 pav.	Gaminių klasifikavimas grupėmis .....	17
4.	3.2 pav.	Plonalakščio plieno gaminių klasifikavimas .....	18
5.	4.1 pav.	Detalių pagaminimo laiko priklausomybė nuo gaminio tipo .....	32
6.	4.2 pav.	Detalių pagaminimo laiko priklausomybė nuo gaminio tūrio .....	33
7.	4.3 pav.	Metalo sąnaudų priklausomybė nuo gaminio tūrio.....	34
8.	5.1 pav.	Detalių pagaminimo laiko priklausomybė nuo gaminio tūrio.....	36

## Ivadas

### Darbo svarba ir aktualumas.

Šiuolaikinė gamybinė aplinka reikalauja ne atskirai veikiančių nepriklausomų automatizuoto projektavimo ar gamybos valdymo sistemų, bet visiškos jų integracijos. Toks integracijos laipsnis siejamas su kompiuterizuotos integruotos gamybos (CIM) sistemomis. Pirmasis CIM sistemos koncepciją paskelbė 1973 m. J. Harrington. Tačiau tik apie 1984 metus pradėtos realizuoti šios koncepcijos idėjos, ir gamintojai realiai pajuto jų teikiamą naudą. Pradedant 1984 metais, įvairių šalių mokslininkai paskelbė tūkstančius mokslinių publikacijų šia tema. Jose atsirado daug skirtingų vertinimų ir CIM apibrėžimų. Šios mokslinės diskusijos pagyvino CIM sistemų vystymo strategiją. Todėl jau nuo 1990 metų pastebimas geresnis vartotojų supratimas apie šias sistemas. Dauguma gamybinių firmų pradėjo ne tik kurti CIM sistemas, bet ir naudoti jas praktinėje veikloje. Praktinis taikymas geriausiai padeda tobulinti CIM sistemų kūrimo teoriją per grįžtamuosius ryšius, t.y. koreguoti sistemas pagal vartotojų pastabas.[1]

CIM – specifinė technologija, skiriama kuriai nors vienai įmonei. Jos negalima nusipirkti iš kitų vartotojų, nes anksčiau paruoštos ir jau naudojamos sistemos netiks. Anksčiau tai bandyta, tačiau nė viena pakartotinai panaudota CIM sistema nebuvo racionali. Pagrindinė tokio reiškimo priežastis: kuriant CIM sistemą, naudojamos konkrečios įmonės gamybinės ir technologinės tradicijos, žaliavų tiekėjai, produkcijos vartotojai, kiti gamybos partneriai, nusistovėjusios ryšių, dokumentų formos ir pan. Šio amžiaus aštuntojo dešimtmečio pabaigoje CIM sistemos intensyviai pradėtos naudoti JAV ir kitų aukšto technologinio lygio šalių pramonės įmonėse.[1]

Šiuolaikinėje gamyboje yra plačiai panaudojami plieno lakštai jie naudojami įvairiose pramonės šakose. Statyboje plieno gaminiai iš plieno lakšto naudojami skardinti stogams, lietvamzdžiams, palangėm, automobilių pramonėje iš skardos gaminami visi automobilių kėbulai, energetikos pramonėje gaminama elektros prietaisu korpusai, skydai, dangčiai. Gaminiai iš plonalakščio plieno padengti cinku arba milteliniais dažais yra ilgaamžiai ir nereikalauja daug priežiūros.

Šiame darbe nagrinėju vienos įmonės gaminančios gaminius iš plonalakščio plieno darbą. Analizuoju gaminius ir jų gamybos procesus siekiant palengvinti įmonėje dirbančių projektuotojų darbą padaryti jį lengvesniu ir paprastesniu. Pasinaudojus gautais rezultatais projektuotojas jau ankstyvoje projektavimo stadijoje galėtų nustatyti apytiksles naujai projektuojamo gaminio gamybos sąnaudas.

**Darbo tikslas** – sukurti plonalakščio plieno gaminių gamybos sąnaudų nustatymo modelį ankstyvoje jo konstravimo stadijoje.

Siekdami įgyvendinti darbo tikslą yra išsikeliami tokie **uždaviniai**:

1. išanalizuoti plonalakščio plieno gaminių projektavimo ypatumus serijinėje gamyboje;
2. išnagrinėti plonalakščio plieno gaminių gamybos procesus, jų operacijas ir naudojamus įrenginius;
3. sudaryti plonalakščio plieno gaminių klasifikatorių, kuris palengvintų gamybos sąnaudų nustatymą ankstyvoje gamybos stadijoje;
4. sukurti plonalakščio plieno gaminių gamybos sąnaudų nustatymo ankstyvoje gaminio kūrimo stadijoje modelį;
5. atlikti eksperimentinį sukurto modelio testavimą ir įvertinimą.

**Darbo naujumas ir originalumas.**

Plonalakščio plieno gaminių gamybos sąnaudoms nustatyti buvo naudojamas matematinės statistikos metodas bei sukurtas gaminių klasifikatorius.

## 1. Plonalakščio plieno gaminių projektavimo ypatumai

Gaminant plonalakščio plieno gaminius serijinėje gamyboje turi būti pakankamai didelė gaminių įvairovė ir atsižvelgiant į užsakovų poreikius ši įvairovė turi būti didinama kuriant naujus gaminius. Serijinės gamybos sistema privalo būti nuosaikiai lanksti, naudojanti bendros paskirties įrengimus, kurie galėtų tenkinti įvairių vartotojų nuolat besikeičiančius poreikius ekonomiškai prieinama kaina.

Kuriant naują gaminį projektavimo eigoje reikia stengtis panaudoti kuo daugiau detalių įeinančių į jau ankščiau projektuotus gaminius, tai sutrumpina projektavimo ir brėžinių rengimo laiką. Mano nagrinėjama įmonė per metus gamina 25-32 dėžių rūšis, norint tenkinti užsakovų poreikius per metus suprojektuojamos 5-7 naujos dėžės. Kuriant naują dėžę ją priskyrus tam tikram dėžių tipui galima panaudoti 4-7 jau ankščiau sukurtas detales. Jei užsakovui reikia esamų gabaritų dėžės tik su nestandartine vidaus įranga projektavimas neužima daug laiko, nes reikia pakoreguoti jau esamus brėžinius, kartais sukurti kelias naujas įrangos tvirtinimo detales. Gamykloje gaminamų dėžių korpusai surinkti iš cinkuotos skardos modulių, dažyti 60-80  $\mu$  storio milteline dekoratyvine atmosferos poveikiui ypač atsparia poliesterine. Moduliai tarpusavyje sujungti aliuminio kniedėmis arba varžtais. Tvirtinimo detalės ir jų padengimai parenkami pagal EN ir DIN reikalavimus. Visose gaminamose dėžėse naudojamos trijų rūšių standartinės kniedės ir varžtai. Gamyboje galima turėti šių standartinių tvirtinimo detalių atsargas, todėl nereikia jų užsakinėti. Korpusai gali būti gaminami iš juodo metalo ir karšto cinkavimo būdu dengiami antikorozine ne plonesne kaip 60  $\mu$  cinko danga. Skydų korpusų konstrukcija užtikrina sandarumą, atitinkantį elektros įrenginių apsaugos nuo aplinkos poveikio IP44 laipsnį. Projektuojant naują gaminį reikia pasirinkti medžiagą, plonalakščio plieno gaminiams svarbu parinkti tinkamą lakšto storį, nes užsakovui svarbu ne tik gaminio kokybė, bet ir kaina. Dažniausiai naudojamos operacijos yra kirtimas ir lenkimas. Projektuojant detalę reikia atsižvelgti į įrengimų technologines galimybes. Projektuojamam gaminiu pagaminti gali neužtekti turimos technologinės įrangos tuomet galima užsakyti papildomus įrankius kirtimo, lenkimo staklėms. Tačiau tai padidina gaminio savikainą. Projektuojant gaminį turi būti atsižvelgta, kad jis būtų surenkamas lengvai ir greitai.

## 1.1. Gminių gyvavimo ciklo trumpėjimas

Pradinėje stadijoje naujo gaminio poreikis nedidelis, bet ilgainiui labai sparčiai didėja, vėliau, komercinės gamybos stadijoje, šis jo poreikis stabilizuojasi. Trečioje – pastebimas laipsniškas gaminio paklausos mažėjimas, kol galiausiai visai nutraukiama jo gamyba. Gaminio kaina turi būti nustatoma ankstyvojoje jo konstravimo stadijoje, atsižvelgiant į visas projektavimo, gamybos paruošimo bei jos vykdymo išlaidas.[6]

Naujo gaminio konstravimas ir gamybos rengimas yra atsakingiausias viso integruoto gamybos proceso etapas, nes jį sudaro keletas fazių (konceptijos formulavimas pagal rinkos tyrimo duomenis, konceptijos įgyvendinimas inžineriniais sprendimais ir galiausiai visiškai konstrukcijos išbaigimas ir technologinis gamybos paruošimas). Tai labai imlus ir brangus darbo etapas, nes konstruktorius turi konstruoti gaminį taip, kad jis ir jo detalės būtų gaminamos lengvai, ekonomiškai ir tenkintų jam keliamus našumo, tikslumo ir kokybinių parametrų reikalavimus. Gamybos lengvumas – tai ne vien gaminio atskirų detalių apdirbimo, bet ir gaminio rinkimo paprastumas. Gaminio rinkimas – atsakingiausia jo gamybos fazė, nes čia susikaupia visi apdirbamųjų procesų netikslumai, lieka daug reguliavimo ir derinimo darbų. Be to, rinkimo procesas sunkiai robotizuojamas, nes jam būdingos intelektualinio darbo operacijos, turinčios daug renkamų detalių atpažinimo ir paieškos problemų. Todėl buvo iškelti konstravimo principai siekiant gminių rinkimo lengvumo - prastinama gaminio konstrukcija, atskiros jo dalys konstruojamos taip, kad būtų lengviau renkamos. Padaryti gaminį lengviau renkamą dažnai įmanoma didinant jo atskirų dalių gamybos kainą. Dėl šių priežasčių rinkimo lengvumo konstravimas negali būti atliekamas atskirai nuo detalių gamybos lengvumo konstravimo, nes tarp šių procesų esama nemažos sąveikos. Pasirinkti, kuris šių labai prieštaringų tikslų yra tinkamiausias, gali padėti tik išsami naujo gaminio kūrimo strategija. Ji turi būti taip parengta, kad leistų pasirinkti racionaliausias gaminio ir jo detalių formas, tinkamiausias medžiagas, sukurti ar išsirinkti efektyviausius technologijos procesus, gamybos metodus, kol gaminys dar konstruojamas.[6]

Anksčiau gaminio konstravimo bei gamybos stadijos eidavo nuosekliai viena po kitos, daug laiko atimdavo įvairių sprendimų derinimas, nes dažnai šie darbai buvo atliekami skirtingose vietose. Tik visiškai baigus gaminio konstravimą, prasidėdavo jo gamybos technologijos paruošimas ir galiausiai gamybos procesas. Tai reikalavo didelių laiko sąnaudų iki gaminio komercinės gamybos pradžios. Naujoje gamybos aplinkoje vis labiau įsigali vienalaikės inžinerijos principai, leidžiantys pasiekti maksimalaus šių procesų sutapimo laiko atžvilgiu, t.y. jų vienalaikio atlikimo. Tokiai galimybei atsirasti palankias sąlygas sudarė sukurti kompiuteriniai konstravimo ir gamybos valdymo metodai.

Gaminio konstravimas ir technologinis gamybos paruošimas reikalauja didelių pradinių investicijų. Gaminiai išvirtinūs rinkoje, gamintojas kelerius metus naudojami aukšta jo paklausa, iki gaminys pasensta. Per šiuos metus surenkamos lėšos gaminio gamybos paruošimo išlaidoms padengti.



Tačiau šiuolaikinės gamybos aplinkos sunkumai neteikia gamintojui garantijų, kad gerai gaminama produkcija bus paklausi ilgesnį laikotarpį, nes nepertraukiamai kuriamos naujos gaminio versijos, trumpinančios senesnių konstrukcijų gaminių gyvybingumo ciklą. Be to, ši ciklą dar trumpina ir konkurentinės firmos, ieškančios vietos rinkoje. Visos šios priežastys verčia gamintojus ieškoti naujesnių, lankstesnių gamybos procesų, greičiau įgyvendinti naujų gaminių konstravimą, nedidinant pradinės gaminio kainos. Priešingu atveju didelės gaminio konstravimo ir technologinio gamybos paruošimo išlaidas bus žymiai sunkiau padengti per trumpesnę jo gyvavimo ciklą.[6]

Trumpėjant gaminio gyvavimo ciklui, gamintojai negali skirti didžiulių lėšų labai tobulų gaminių konstravimui, kadangi daug išlaidų reikalauja įrengimai ir jų gamybos technologija. Pasitelkiamas kartotinis gaminių konstrukcijos atnaujinimas – kad juos būtų galima gaminti tais pačiais įrengimais. Pereinama prie naujos ekonominės kompetencijos koncepcijos, kai tie patys įrengimai, sujungti į tam tikrą derinį, gali gaminti pigiau ir daugiau produkcijos, negu veikdami atskirai. Tai kompiuteriais valdomos staklės, taip pat lanksčios gamybos sistemos, kurių perderinimas nereikalauja daug laiko ir lėšų. Šia galimybe ir naudojasi gamintojai, pratęsdami įrengimų funkcionavimo laiką gaminant skirtingus gaminius. Be to, tai svarbu įvertinant įrengimų įsigijimo investicijas. Žodžiu, didesnė gaminamos produkcijos įvairovė, trumpesnis gaminių gyvybingumo ciklas ir trumpesnis gaminių pardavimo laikotarpis rinkoje pagrindė naują ekonominės kompetencijos koncepciją.

## **1.2. Gaminamų gaminių įvairovės didėjimas**

Šiuolaikinės rinkos netenkina masinės gamybos gaminiai. Dauguma gamintojų privalo varžytis, pateikdami vartotojams kuo daugiau skirtingų parametrų ir kainos gaminių. Būdingiausi gaminių įvairumo pavyzdžiai galėtų būti radijo ir televizijos technika, kiti buityje naudojami gaminiai, pagaliau automobiliai, kompiuteriai ir pan. Tačiau gaminių įvairovė labai sunkina jų konstravimą, technologinį gamybos parengimą, jos organizavimą bei vykdymą. Dažnas technologijos bei gamybos procesų pertvarkymas yra didžiausia gamintojo našta. Tačiau toks procesų pertvarkymas ir keitimas yra būtinas, jis siejamas su gamintojo pastangomis išsilaikyti konkurencijos kovoje, pateikiant vartotojams įvairesnių ir pigesnių gaminių.[1]

## **1.3. Projektavimo našumo didinimas**

Programinės įrangos integravimas automatizuoto kompiuterinio projektavimo srityje visada buvo ir yra labai aktualus. Bendrąja prasme integravimas, tai tokios darbo aplinkos sukūrimas, kuri leistų inžinerinio objekto modelį panaudoti visuose jo gyvavimo etapuose – nuo projektavimo konstravimo ir gamybos iki eksploatacinio aptarnavimo, rekonstrukcijos ir net iki jo demontavimo stadijos. Toks uždavinys reikalauja gan tobulo tarpusavio projektavimo, valdymo, informacijos kaupimo sistemų

integravimo. Tokių sistemų integravimą bando atlikti visi programinės įrangos gamintojai. Pagrindiniu integravimo klausimu lieka standartų, reikalingų duomenų apsaiketimui, kūrimas ir palaikymas.

Pati naujausia programinė įranga, skirta spręsti inžinerinius uždavinius, kuriama bandant apjungti analizės metodus ir dirbtinį intelektą imituojančių programų galimybes. Savaiame aišku, visa tai neįmanoma be efektyvių skaičiuojamojo modelio sukūrimo ir rezultatų atvaizdavimo priemonių. Tai reiškia, kad nuolat tobulėja grafinės aplinkos programinė įranga, be kurios šiuolaikinės analizės programos yra neišsivaizduojamos.[4]

#### **1.4. Projektavimo našumo didinimo ypatumai**

Norint padidinti projektavimo našumą reikia neišvengiamai keisti arba bent jau tobulinti esamas projektavimo sistemas.

Kadaise perėjus nuo „pieštuko technologijų“ į kompiuterinį projektavimą (CAD), projektavimo našumas žymiai išaugo, nes nebereikėjo daug kartų perbraižyti tų pačių detalių.

Paprasčiausiai buvo galima nukopijuoti, arba įkelti standartines detales iš duomenų bazės. Viso to dėka ženkliai sumažėjo projektavimo sąnaudos.

Šiandien tobulindami produkto projektavimo ir kūrimo procesus vis daugiau gamintojų prieina prie išvados, kad perėjimas nuo 2D (dvimačio) kompiuterizuoto projektavimo (CAD) prie 3D (erdvinio) modeliavimo sistemų yra labai svarbus norint sėkmingai konkuruoti rinkoje.[4]

#### **1.5. Našumo didinimo priemonės**

Nors erdvinio modeliavimo privalumai yra akivaizdūs, perėjimo nuo 2D prie 3D procesas yra skirtingas ir priklauso nuo kompanijos vykdomos veiklos ir pramonės šakos ypatumų. Kad pasirinkta erdvinio modeliavimo sistema atitiktų gamintojo keliamus reikalavimus, labai svarbu tinkamai ir laiku įvertinti įmonės poreikius. Atsižvelgiant į šiuos veiksnius, organizacijos turi pasirinkti labiausiai jų poreikius atitinkantį paketą, o perėjimas nuo 2D prie 3D turi būti sklandus.

Savaiame suprantama, kad erdvinio modeliavimo sistema turi gerokai pranokti 2D paketus, ypač kai kalbama apie kreives, derinius, apvadus ir kitus unikalios projekto ypatumus. Kai kurios 3D sistemos yra pranašesnės už kitas.[4]

## 2. Gminių projektavimo modelis

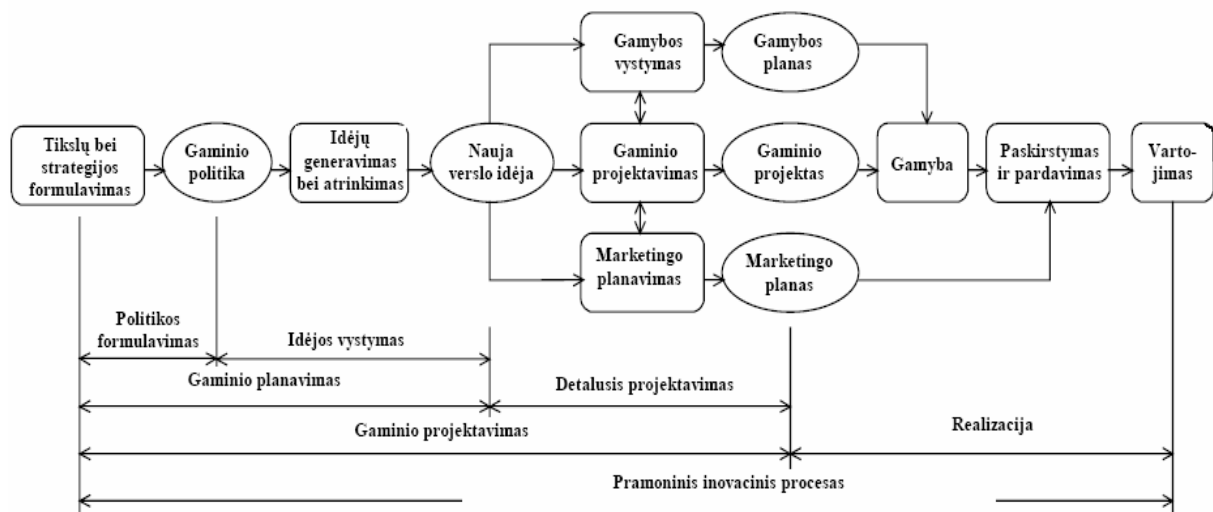
Gminių projektavimą galima apibrėžti kaip įmonės pramoninio inovacinio proceso dalį, kuri apima ne tik fizinio gaminio sukūrimą, bet visos gaminio sistemos, susidedančios iš įvaizdžio, pakuotės, vartojimo instrukcijos, serviso ir pan., sukūrimą bei pateikimą vartotojui.[3]

Kadangi gminių aplinkosauginio projektavimo integravimas į gminių kūrimą reiškia tik tai, kad, be techninių ir ekonominių reikalavimų, gaminiams keliami ir aplinkosauginiai kriterijai, prieš pradėdant taikyti aplinkosauginio projektavimo priemones, būtina išanalizuoti esamą gminių projektavimo procesą įmonėje.

Gminių projektavimo procesas įmonėse gali skirtis, tačiau galima identifikuoti tam tikrus pagrindinius gaminio projektavimo etapus. Roozenburg ir Eekels gaminio projektavimą skirsto į gaminio planavimą (parengiamuosius darbus) bei detalų projektavimą (žr. 2.1 pav.). Panašų gaminio projektavimo modelį pateikė ir Pahl ir Beitz [2]. Pagal šį modelį gaminio projektavimo procesas skirstomas į keturis pagrindinius etapus:

1. gaminio planavimą ir užduoties formulavimą,
2. gaminio koncepcijos vystymą,
3. koncepcijos realizavimą,
4. detalų projektavimą.

Būtina pažymėti, kad tarp atskirų etapų nėra griežtų ribų, todėl viena įmonė tuos pačius veiksmus gali priskirti koncepcijos vystymo etapui, tuo tarpu kita įmonė juos laikys koncepcijos realizavimu.



2.1 pav. Gaminio projektavimo procesas pagal Roozenburg ir Eekels

Gminių projektavimą galima suskirstyti į šiuos pagrindinius etapus:

## **Gaminio planavimas:**

### **1. Situacijos analizė ir politikos formulavimas.**

Šiame etape įmonėje atliekama esamos situacijos (padėties rinkoje, vidinių išteklių) analizė bei numatomos strateginės vystimosi kryptys. Ypatingas dėmesys turėtų būti skiriamas pažangių technologijų analizei bei teisinių aplinkos apsaugos reikalavimų identifikavimui. Po šio etapo įmonės politikoje suformuluojami gaminių poveikio aplinkai mažinimo tikslai bei strategijos.[3]

### **2. Projektavimo užduoties iškėlimas.**

Įmonės vadovybei priėmus sprendimą kurti saugesnius aplinkos apsaugos požiūriu gaminius, pradedami parengiamieji gaminio projektavimo darbai. Pirmiausia apibrėžiami konkretūs projektavimo tikslai bei pagrindiniai projektuojamo gaminio reikalavimai specifikacijose. Kadangi pagrindinis aplinkosauginio projektavimo tikslas – mažinti gaminio poveikį aplinkai, todėl būtina identifikuoti ir atsižvelgti į reikšmingus aplinkosauginius aspektus per visą gaminio būvio ciklą. Atlikus gaminių aplinkosauginę analizę, sukaupia informacija turėtų būti integruojama į gaminių specifikacijas. Be to, šiame etape įvertinami projektui reikalingi ištekliai, nustatomi terminai, sudaroma tarpdalykinė projekto komanda bei paskirstoma atsakomybė.[3]

## **Gaminio projektavimas:**

### **3. Gaminio koncepcijos vystymas ir realizavimas.**

Šiame etape generuojamos, vertinamos bei pagal užsibrėžtus projektavimo tikslus ir funkcinius, ekonominius bei aplinkosauginius kriterijus atrenkamos idėjos. Po šio etapo parengiamas gaminio projektas – detalizuojamas gaminio dizainas, sudedamosios dalys bei parenkamos medžiagos.

### **4. Detalusis gaminio projektavimas.**

Detalaus projektavimo metu rengiami brėžiniai ir kita dokumentacija, atliekami eksperimentiniai darbai, gaminio prototipo išbandymas bei patvirtinamas detalus gaminio projektas.

## **Gamyba ir realizavimas:**

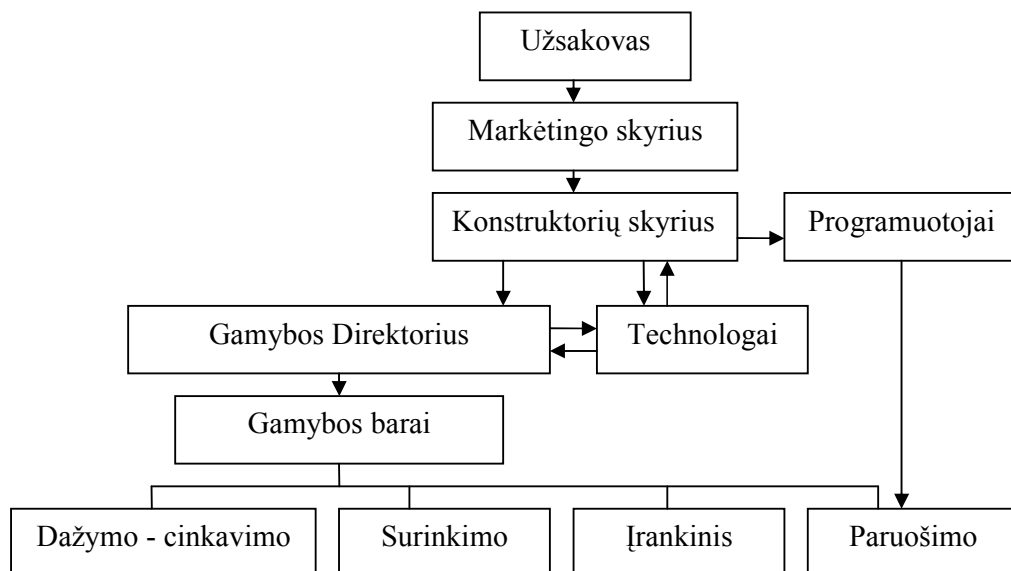
### **5. Gaminio gamybos ir realizacijos rinkoje planavimas.**

Šiame etape parengiamas gamybos ir marketingo planas, įskaitant informacijos priemonių tikslinėms vartotojų grupėms ir tiekėjams parengimą (pvz., aplinkosauginis ženklavimas t.t.).

Siekiant padidinti gaminių projektavimo efektyvumą, Andreasen ir Hein (1) pateikė integruotos inžinerijos metodą, kuriuo siūloma marketingą bei gamybą planuoti kartu su gaminio projektavimu. Ši organizacinė struktūra leidžia sumažinti gaminio įėjimo į rinką riziką, – rengti kokybiškesnę gaminių mažesniais kaštais ir per trumpesnę laiką, kadangi į gaminio projektavimo procesą intensyviau įtraukiami marketingo specialistai, kaupiantys informaciją apie vartotojų poreikius ir konkurentus rinkoje, bei gamybininkai, galintys įvertinti įmonės technologines galimybes.

Plačiąja prasme gaminių projektavimas apima ir gaminių gamybą, realizavimą bei periodišką pažangos įvertinimą.[3]

## 2.1. Procesų projektavimo ypatumai



2.1.1 pav. Įmonės gamybos proceso eiga

Išnagrinėsiu 2.1.1 pav. pateiktą schemą. Užsakovui pateikus užsakymą marketingo skyriui, marketingas suderinęs užsakymą su užsakovu pateikia galutinį užsakymą konstruktorių skyriui. Konstruktorių skyrius išnagrinėjęs pateiktą medžiagą projektuoja gaminį. Suprojektavus gaminį, jį sudarančių detalių brėžiniai pateikiami technologams. Technologai išanalizavę detalių brėžinius ir nustatę, kad visi detalėms reikalingi technologiniai procesai galimi atlikti su gamykloje esančiomis staklėmis patvirtina, kad detalių gamyba galima ir gražina brėžinius konstruktorių skyriui. Esant sudėtingės formos detalėms, šių detalių brėžiniai pateikiami programuotojui, kuris parašo kirtimo arba pjovimo lazeriu programas, kurios yra įrašomos į stakles. Paprastesnės formos detalėms kurios gaminamos kirtimo staklėmis programas surašo prie staklių dirbantis operatorius. Gaminio detalių brėžiniai išplatunami po visus reikalingus gamybos barus. Konstruktorius surašęs gaminio užsakymą pateikia jį gamybos direktoriui. Gamybos direktorius užsakymą pateikia technologams kurie sudaro kiekvienai detalei reikalingus technologinius maršrutus (maršrutines korteles). Technologai užsakymą su sudarytomis detalių maršrutinėmis kortelėmis gražina gamybos direktoriui kuris jas paskirsto gamybos barams. Kad detalė būtų pagaminta jai turi būti sudaromas technologinis maršrutas. Gamyboje gali atsitikti taip, kad technologinis maršrutas dingsta ir detalė lieka nepagaminta taip neatsitiktai, jeigu būtų sudaroma užsakymo gaminio duomenų bazė kurioje darbininkas atliekantis, bet kurią reikalingą technologinę operaciją pažymėtų apie jos atlikimą. Tuomet būtų galima išvengti ne tik detalių dingimo, bet ir būtų galima sekti detalių pagaminimo stadiją gamybos procese.

Metalo apdirbimo padalinys gamina dirbinius ir konstrukcijas iš lakštinio plieno naudojant šampavimą, lankstymą, suvirinimą, mechaninio apdorojimo ir kitus technologinius procesus.

Gaminių kurie gaminami iš lakštinio plieno gamyboje naudojami keli pagrindiniai mechaninio apdirbimo procesai: kirtimas, lenkimas, formavimas, presavimas ir kitos operacijos.

*Kirtimas (štapavimas)* – operacija, kai iš plieno lakšto iškertamas detalė, ruošinys. Mano pasirinktoje įmonėje šis procesas atliekamas vienomis iš trijų turimų štapavimo staklių „Trumatic TC - 240“, „Trumatic TC - 500“, „Europa - 258“ AMADA.

„Trumatic“ tipo staklėms programos yra programuojamos rankiniu būdu prie staklių dirbančio operatoriaus. „AMADA“ tipo staklėms programos rašo programuotojas. Nuo detalės sudėtingumo priklauso kuriomis staklėmis ji bus gaminama. „Trumatic“ staklėmis gaminamos nesudėtingos detalės, o detalės kurios yra sudėtingesnės formos gaminamos „AMADA“ tipo staklėmis.

Sudėtingos formos detalės galima taipogi gaminti „Trumatic“ tipo staklėmis, tačiau operatorius vesdamas rankiniu būdu sudėtingos detalės programą sugaiš daug daugiau laiko nei užtruktų programuotojui parašyti programą „AMADA“ tipo staklėms tai pačiai detalei.

Staklės kurioms programą sudaro programuotojas yra pranašesnės kelias aspektais:

1) Programa visada atitinka nubraižytos detalės išklotinę, kai programą rašo prie staklių esantis operatorius galimos klaidos. 2) Programuotojas gaminamas detales ant plieno lakšto gali išdėstyti optimaliausiai t.y. paliekant mažiausias atliekas, operatoriui prie rankiniu būdu programuojamų staklių tai padaryti sudėtinga ir užima daug laiko.

Sumažinti kirtimo laiką galima sudarant tiesioginį kompiuterinį tinklą tarp kirtimo programos rašančio programuotojo kompiuterio ir kompiuterio įdiegto kirtimo staklėse. Tuomet programuotojui neberekėtų sudarytų programų įrašinėti į diskelius ir nešti įrašyti į stakles, jis iš savo darbo vietos sudarytą programą tiesiogiai galėtų įdiegti į staklėse esantį kompiuterį.

*Lenkimas* - operacija sudaryta iš detaliu formavimo, kurio panaudojami po kirtimo operacijos gauti detalių ruošiniai. Deformacija yra tiesinė ir atliekama tuo pačiu metu per visą detalės ilgį ribota mašina ir įrankiu; naudojant volelius atliekama nepertraukiama deformacija (neribotas ilgis).

Yra dvi pagrindinės lenkimo technologijos:

- **lenkimas iki susilietimo**. Įprastiniu atveju naudojama ši technologija, nes jai reikia santykinai mažesnės lenkimo jėgos.[5]

- **kalimas**. Reikalinga nuo trijų iki penkių kartų didesnė jėga, nei lenkimo iki susilietimo atveju. Leidžia atlikti kalimą pagal vidinį spindulį, o tai praktiškai eliminuoja medžiagos elastingumą.

*Lenkimas iki susilietimo*. Lenkimo metu metalo lakštas išlaiko tam tikra savo elastingumą. Dėl to sulenkiami aštresniu nei pageidaujamas kampų galima panaudoti tarpelio, susidarancio dėl spyruoklinio efekto, kompensavimui. Apskaičiavimo metu įvertinami visi lenkimo iki kontakto parametrai. Mūsų standartiniai lenkimo iki kontakto įrankiai turi atitinkama konstrukciją. Lenkimas valdomas preso stabdžio elektrinio valdymo bloku, tokiu būdu pagal kitas charakteristikas (*storis, atstumas tarp*

*užspaudimo plokščių ir kita*) gaunamos reikiamos jėgos ir vidinis spindulys. Lakštas siekiasi su įrankiais trijuose taškuose.[5]

Būtinai lenkimo kokybei poveikis yra toks: štampos storis nuo 8 iki 10 kartų storesnis už lakštą. Lakšto deformacija pertraukiama prieš pasiekiant lakšto prasiskverbimo į šampą ribą.

*Kalimas.* Ši lenkimo tipą galima palyginti su štampanavimu. Perforatoriaus galinė dalis išiskverbia į lakštą štampos apatinėje dalyje, suardydama lakšto elastingumą, ir lakštas sulenkiamas tiksliai pagal perforatoriaus formą. Labai svarbus perforatoriaus spindulio pasirinkimas, nes jis nulemia vidinį lenkimo spindulį (perforatoriaus štampanavimą į lakštą). Kalimas gali būti atliekamas tik su tokiais pačiais kampiniais dydžiais turinčiu perforatoriumi ir štampanu. Reikia naudoti labai dideles lenkimo jėgas; šios jėgos gali būti nuo 3 iki 5 kartų didesnės už lenkimo iki kontakto metu naudojamas jėgas. Dėl didelių kalimo metu naudojamų jėgų reikia labai kruopščiai patikrinti savo įrankių stiprumą. Niekada neviršyti leistinųjų jėgos ribų. Šios ribos priklauso nuo įrankių tipo, ir paprastai nurodomos įrankių kataloguose.[12]

## **2.2. Nauja gamybos sistemos aplinka**

Didelę įtaką naujų gaminių gamybos trukmės mažėjimui turi nauja moderni gamybos aplinka ir jos pokyčiai. Naujoji gamybos aplinka apima visos šalies gamybinį potencialą ir turi tendenciją pasiskleisti visoje mūsų planetoje.[6]

Naujų gaminių konstrukcinių parametrų tobulumas, jų kokybė, rinkos prisotinimas reikiamais įvairios paskirties gaminiais priklauso nuo gamybos sistemų lygio. Tik aukšto, šiuolaikinio lygio gamybos sistemos sugeba tiekti rinkoje paklausius gaminius. Aukštas gamybos sistemos lygis nusakomas joje dirbančių žmonių sugebėjimu jausti ir laiku perimti svarbiausias nuolat besikeičiančias kurios nors gamybos sistemos funkcijas. Šios funkcijos keičiasi todėl, kad gamybos sistema tampa svarbiausia, kompetentingiausia grandimi rinkoje, ir dauguma tyrinėtojų siūlo, kad kiekviena firma savo biznio planuose parengtų specialias priemones, padedančias pasiekti savosios gamybos sistemos tobulumą. Tokiu būdu gamybos sistema tampa lygiaverčiu kiekvienos korporacijos valdybos partneriu (šalia marketingo, finansinių, ekonominių, valdymo ir kitų tarnybų). Todėl šiuolaikinėse gamybos sistemose kreipiamas didžiulis dėmesys į kompleksinį gamybos sistemų kompiuterizavimą, siekiant, kad ateityje jos galėtų funkcionuoti kaip integruotos kompiuterizuotos gamybos sistemos.

Gamybos sistemoms tapus kompetentingiausia priemone kompleksiskai tiekiant vartotojams naujus gaminius, dauguma firmų pastebėjo, kad jų veikla prasidėjo iš esmės pasikeitusioje aplinkoje. Ši pasikeitusi aplinka neapsiriboja viena kuria nors pramonės šaka, bet yra būdinga be išimties visoms pramonės sritims (plataus vartojimo prekių, gamybos priemonių, elektronikos ir kt.). Šie gamybos sistemų naujos aplinkos pokyčiai privertė ieškoti naujos strategijos, tinkančios šiai pasikeitusiai

aplinkai. Ne visais atvejais pasirodė tinkama senoji masinės gamybos strategija, turėjusi didžiausio gamybos ekonominio efekto viziją, nes, plečiantis gaminių įvairovei, vis mažiau vietos liko šiai senajai strategijai, atsirado naujoji – lanksčios gamybos strategija, taip pat poreikis mažinti gaminio konstravimo ciklą, trumpinti pagamintų gaminių pardavimo ciklą ir vartotojui reikalingų prekių paieškos trukmę.[1]

### 3. Gminių klasifikavimas

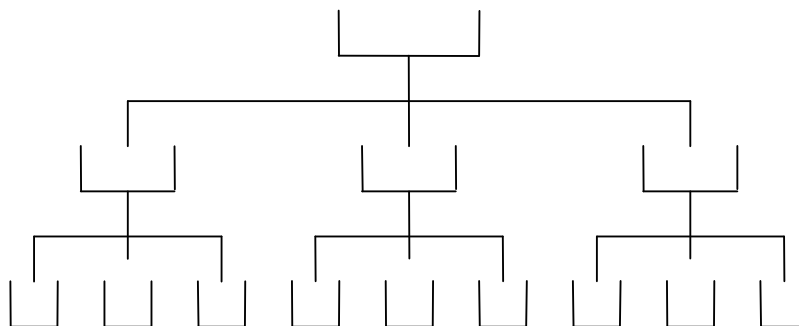
Ankstyvojoje gaminio konstravimo stadijoje būdinga jo variantų įvairovė. Šioje konstravimo stadijoje turime tik kelis pradinius duomenis; gaminio kokybinius ir kiekybinius parametrus. Tačiau šie parametrai nesumažina neapibrėžtumo, nes kiekvienas gaminys turi savybių nepanašų į kitą gaminį, bet kartu kiekvienas gaminys yra kažkuo panašus į kitą. Gaminio neapibrėžtumas sumažinamas juos klasifikuojant. T.y. produkcija suskirstoma į klases, grupes pagal kažkokių tai požymių. Dažniausiai klasės sudaromos taip, kad joms būtų galima taikyti tipinius technologinius procesus. Šis procesas palengvina pačią gamybą ir gamybos rengimą.[13]

6.1 paveiksle pavaizduotas gaminio klasifikavimas grupėmis. Klasifikavimas bus tuo tikslesnis, kuo daugiau klasifikavimo požymių naudojama. Todėl gaminiai ir suskirstomi, suklasifikuojami į keletą grupių. Pradedant nuo stambesnių grupių gaminys suskaidomas į panašius gaminius, šie dar smulkiai suskirstomi pagal jiems būdingą technologinį procesą, pagal panašias ar tokias pačias detales, elementus.

Gaminio klasė

Panašūs gaminiai

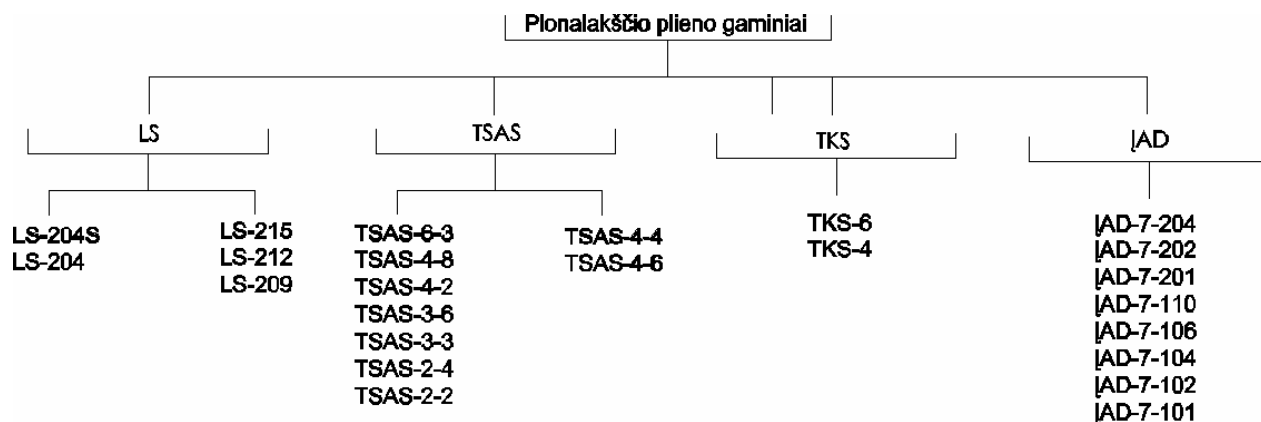
Konkretūs gaminiai



3.1 pav. Gminių klasifikavimas grupėmis.

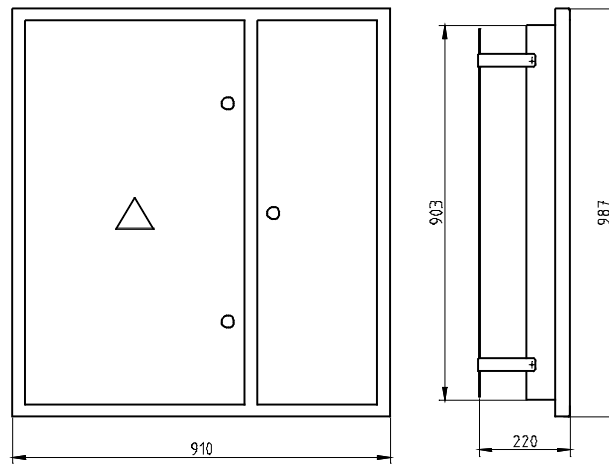
Pagal 3.1 paveikslą suklasifikuojų plonalakščio plieno gaminius į gaminių grupes ir konkrečius gaminius.





3.2 pav. Plonalakščio plieno gaminių klasifikavimas

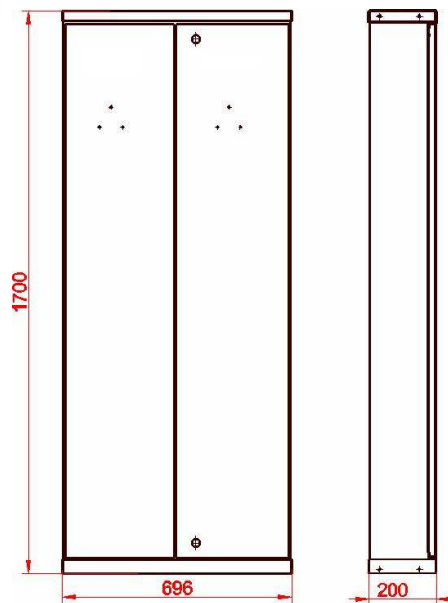
Plonalakščio plieno gaminiai (dėžutės) suklasifikuotos pagal gabaritus durų skaičių ir pagal jų paskirtį. Pirmojo tipo dėžės LS (laiptinių skydai) naudojami daugiabučių namų laiptinėse jie montuojami į ertmę sienoje. Trečiojo, ketvirtojo ir penktojo tipo dėžės naudojamos įvairios elektros įrangos montavimui tokios kaip (elektros skaitiklių, kirtiklių, saugiklių) šios dėžės statomos lauke arba patalpose ir jos skiriasi tiktais gabaritais durų skaičiumi jų gamybos procesai ir technologijos yra labai panašūs arba visiškai tokie pat pvz, visų šių dėžių šonai gaminami pagal tuo pačiu principu, maršrutinėje kortelėje surašyta ta pati technologija ir procesų atlikimo tvarka: kirtimas, aštrių briaunų užapvalinimas, lenkimas, dažymas, surinkimas ir pakavimas. Kitos detalės taip pat gaminamos analogiškai arba labai panašiai. Antrojo tipo dėžės LS -209-212-215 kaip ir ankščiau minėtieji laiptinių skydai montuojami naujų daugiaaukščių namų laiptinės į šias dėžes montuojami elektros skaitikliai ir jungikliai. Šeštojo tipo dėžutės skiriasi nuo visų kitų ankščiau paminėtų dėžučių savo gabaritais jos yra daug mažesnės ir naudojamos elektros įvadams prie nuosavų namų sandėlių ar kitų patalpų į kurias įvedinėjama elektra jose montuojami elektros skaitikliai ir jungikliai. Vieno tipo dėžės tarpusavyje gali skirtis gabaritais arba vidinių detalių skaičiumi tačiau pagaminimo technologiniai procesai išlieka tokie pat.



**1. LS-204 LS-204S**

(lentelė 3.1)

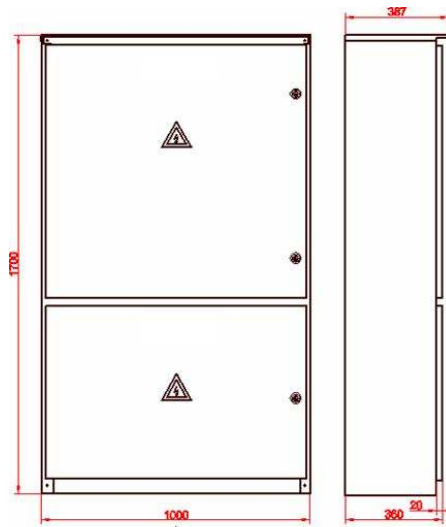
Eilės Nr.	Pavadinimas	L(plotis)	H(aukštis)	B(gylis)
1	LS-204	910	987	220
1	LS-204S	690	990	220



**2. LS-209, LS-212, LS-215**

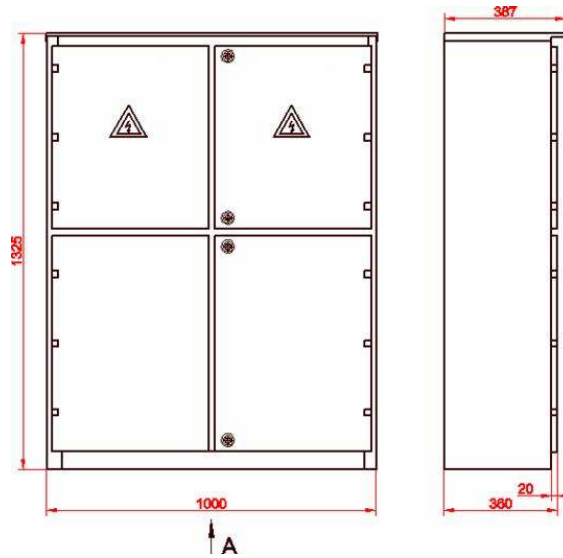
(lentelė 3.2)

Eilės Nr.	Pavadinimas	L(plotis)	H(aukštis)	B(gylis)
2	LS-209	700	1700	200
2	LS-212	1000	1700	200
2	LS-215	1100	1700	200



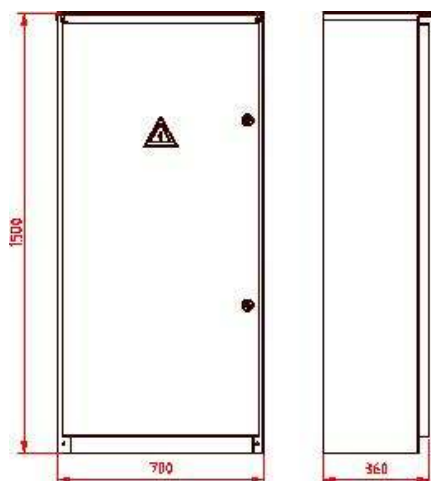
3. TSAS-2-4, TSAS-3-6, TSAS-4-8 (lentelē 3.3)

Eilēs Nr.	Pavadinimas	L(plotis)	H(aukštis)	B(gylis)
3	TSAS-4-8	1000	1700	360
3	TSAS-3-6	700	1700	360
3	TSAS-2-4	500	1700	360
3	TSAS-8-4	1000	1700	360
3	TSAS-6-3	700	1700	360
3	TSAS-4-2	500	1700	360



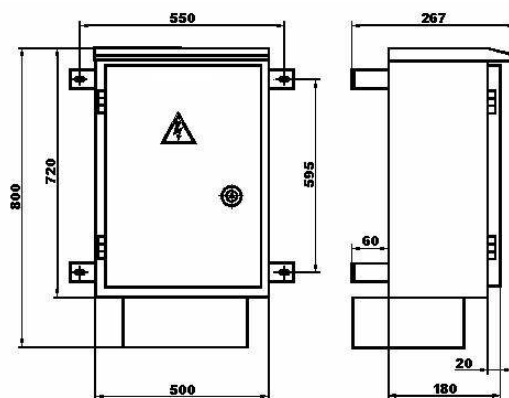
4. TSAS-4-4, TSAS-4-6 (lentelē 3.4)

Eilēs Nr.	Pavadinimas	L(plotis)	H(aukštis)	B(gylis)
4	TSAS-4-4	1000	1200	360
4	TSAS-4-6	1200	1200	360



**5. TKS-6, TKS-4, TKS-3** (lentelē 3.5)

Eilēs Nr.	Pavadinimas	L(plotis)	H(aukštis)	B(gylis)
5	TKS-6	700	1500	360
5	TKS-4	700	1000	360
5	TKS-3	500	1000	300



**6. ĪAD-101, ĪAD-102, ĪAD-104, ĪAD-106, ĪAD-110, ĪAD-201, ĪAD-204**  
(lentelē 3.6)

Eilēs Nr.	Pavadinimas	L(plotis)	H(aukštis)	B(gylis)
6	ĪAD-101	300	450	180
6	ĪAD-102	500	600	200
6	ĪAD-104	600	700	200
6	ĪAD-106	700	700	200
6	ĪAD-110	800	700	200
6	ĪAD-201	400	600	200
6	ĪAD-204	500	800	200

#### 4. Plonalakščio plieno gaminių gamybos sąnaudų nustatymo ankstyvoje gaminio kūrimo stadijoje modelis

Iš kiekvienos gaminių klasės pasirinkau po vieną ar kelius gaminius ir atlikau šių gaminių detalių gamybos laikų chronometražą. Gautus duomenis surašiau į žemiau pateiktas lenteles.

Įvadinės apskaitos dėžutės IAD -7-101 gamybos laikai.

(lentelė 4.1)

Detalės	Laikai s.							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Dangtis	48		16					
Dangtelis	30		31					
Dangčio laikiklis	21		6	6				
Durys	27		21					
Dugnas	39		27					
Apkaba		11				4		
Kronšteinas	12					11		
Laikiklis	9		11					
Korpusas	80		33					
Priekinė sienelė	10				5			
Stogas	22		21					
Apsauga	42		16					
Kampainis	12		5					
Kaištis						2		
Nulinė šyna	23		14	17				
Skydelis	26		16					
Laikiklis aut.	21		14					
Lovelis	17					3		
Prispaudėjas		9						
Plokštelė						2		
Plokštelė						2		

Gamybos operacijos: 1. Kirtimas 2. Pjovimas Lazeriu 3. Lenkimas 4. Presavimas  
5. Formavimas 6. Štampavimas 7. Suvirinimas 8. Sriegimas

Pateikti detalių iškirtimo laikai galioja tik tom detalėm kurios gaminamos nepirmą kartą ir kurioms yra suvesta ir išsaugota kirtimo programa jei detalė buvo keista ar naujai padaryta detalė prisideda programos sudarymo laikas kuris priklauso nuo detalės sudėtingumo skylių ir iškirtimų skaičiaus, bei skylių konfigūracijų ir diametrų įvairovės. Taip pat laikai priklauso nuo to su kokiomis staklėmis detalės yra kertamos. Nes naujesnės staklės greičiau kerta detales taip pat greičiau pasikeičia įrankį.

Lenkimo laikai taip pat pateikti be programos sudarymo laiko jei detalė buvo gaminama anksčiau programa taip pat galima išsaugoti tuomet užtrunkama žymiai trumpiau tereikia susirasti programa pagal brėžinio numerį ir paleisti programą. Vienas lenkimas apytiksliai trunka 5 s. Jei detalės nesudėtingos jos lankstomos su neprogramuojamomis lankstymo staklėmis tuomet atsiranda staklių derinimo laikas.

Įvadinės apskaitos dėžutės IAD -7-201 gamybos laikai.

(lentelė 4.2)

Detalės	Laikai s.							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Dangtis	53		16					
Dangtelis	30		31					
Dangčio laikiklis	23		6	6				
Dugnas	43		27					
Durys	39		21					
Apkaba		11				4		
Kronšteinas	12					11		
Apsauga	47		16					
Korpusas	91		33					
Stogas	25		21					
Priekinė sienelė	12				5			
Laikiklis	23		14					
Kampainis	12		5					
Kaištis						2		
Nulinė šyna	27		14	23				
Skydelis el.sk.	31		16					
Laikiklis	11		11					
Prispaudėjas		9						
Lovelis L=55	20					3		
Plokštelė						2		
Plokštelė						2		

Gamybos operacijos: 1. Kirtimas 2. Pjovimas Lazeriu 3. Lenkimas 4. Presavimas  
5. Formavimas 6. Štampavimas 7. Suvirinimas 8. Sriegimas

Laiptinių skydo LS -209 gamybos laikai.

(lentelė 4.3)

Detalės	Laikai s.							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Kairysis šonas	98		27		9			
Dešinysis šonas	98		27		9			
Nugara	183		32					
Apatinis Laik.	71		22					
Viršutinis Laik.	67		22					
Skersinis aps.	54		5				18	
Kampuotis	23		5					
Skersinis	48		27					
Apkaba		11				4		
Kronšteinas	12					11		
Nulinė šyna		46		115				
Dugnas	110		35					
Stogas	142		35					
Dangtis	180		38					
Dangtis apat.	72		11					
Durys k.	104		27					
Durys d.	98		35					
Perforuotas sker.	57		5					
Skersinis	30		27					
Plokštelė						2		
Plokštelė						2		
Lovelis	64					6		

Gamybos operacijos: 1. Kirtimas 2. Pjovimas Lazeriu 3. Lenkimas 4. Presavimas  
5. Formavimas 6. Štampavimas 7. Suvirinimas 8. Sriegimas

Tranzitinės kabelių spintos TKS -4 gamybos laikai

(lentelė 4.4)

Detalės	Laikai s.							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Durys	85		24					
Dugnas	72		17					
Dugno priekis	55		6					
Nugara	125		28					
Kairysis šonas	82		24		7			
Dešinysis šonas	70		24		7			
Stogas	84		22					
Priekinė sienelė	52				5			
Apkaba		11				4		
Kronšteinas	12					11		
Kilpa	17							
Nulinė šyna		28					42	
Kamputis	32		6					
Skersinis	58		12				18	
Dugno dangtis	90							
Juosta		20						18
Plokštelė						2		
Plokštelė						2		

Gamybos operacijos: 1. Kirtimas 2. Pjovimas Lazeriu 3. Lenkimas 4. Presavimas  
5. Formavimas 6. Štampavimas 7. Suvirinimas 8. Sriegimas



Tranzitinės skirstomosios atskaitos spintos TSAS -2-2 gamybos laikai.

(lentelė 4.5)

Detalės	Laikai s.							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Durys	63		22					
Durys	85		24					
Dangtelis	30		31					
Apkaba		11				4		
Kronšteinas	12					11		
Laikiklis aps.	54		12					
Dugnas	68		16					
Kairysis šonas	102		26		7			
Dešinysis šonas	89		26		7			
Nugara	183		30					
Stogas	72		22					
Pertvara	76		23		5			
Vidurinė sienelė	38				5			
Kampainis	32		5					
Priekinė sienelė	32				5			
Dugno priekis	38		5					
Dangtis	112		27					
Nulinė šyna		29					42	
Viršutinis laik.	48		22					
Apatinis. Laik.	40		22					
Laikiklis aut.	52		36					
Skersinis	42		5					
Kampuotis	36		5					
Kilpa	17							
Nulinė šyna 2		42					131	
Gaubtas	42		27					
Plokštelė						2		
Plokštelė						2		
Lovelis	33					6		

Gamybos operacijos : 1. Kirtimas 2. Pjovimas Lazeriu 3. Lenkimas 4. Presavimas  
5. Formavimas 6. Štampavimas 7. Suvirinimas 8. Sriegimas

Tranzitinės skirstomosios atskaitos spintos TSAS -4-4 gamybos laikai.

(lentelė 4.6)

Detalės	Laikai s.							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Kairysis šonas	97		26		7			
Kair. virš. durys	92		23					
Dešn. virš. durys	86		29					
Nugara	180		30					
Dešinysis šonas	25		26		7			
Gaubtas	42		27					
Gaubtas	42		27					
Dugno priekis	42		5					
Dugnas	82		16					
Stogas	85		24					
Priekinė sienelė	35				5			
Vidurinė sienelė	46				5			
Pertvara	92		25		5			
Durys	104		24					
Laikiklis1	21		3					
Laikiklis2	21		3					
Dangtis	142		30					
Nulinė šyna		32					46	
Nulinė šyna 2		49					143	
Viršutinis laik.	62		23					
Apatinis laik.	54		23					
Laikiklis auto.	62		36					
Perforuotas kmp.	57		27					
Kampuotis	30		5					
Kilpa	17							
Apkaba		11				4		
Kronšteinas	12					11		
Plokštelė						2		
Plokštelė						2		

Gamybos operacijos : 1. Kirtimas 2. Pjovimas Lazeriu 3. Lenkimas 4. Presavimas  
5. Formavimas 6. Štampavimas 7. Suvirinimas 8. Sriegimas

Tranzitinės skirstomosios atskaitos spintos TSAS -6-3 gamybos laikai.

(lentelė 4.7)

Detalės	Laikai s.							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Durys	72		23					
Durys	98		26					
Apkaba		11				4		
Kronšteinas	12					11		
Laikiklis apsau.	62		12					
Dugnas	74		16					
Kairysis šonas	102		26		7			
Dešinysis šonas	89		26		7			
Nugara	196		30					
Stogas	79		24					
Pertvara	84		25		5			
Sienelė vidurinė	42				5			
Apatinis kamp.	32		5					
Priekinė sienelė	34				5			
Dugno priekis	48		5					
Skersinis	32		5					
Dangtis	120		28					
Šyna		30					40	
Viršutinis laik.	51		23					
Apatinis laik.	47		23					
Laikiklis auto.	48		28					
Skersinis	36		5					
Kamputis	40		5					
Kilpa	17							
Nulinė šyna 2		45					130	
Perf.kamputis	50		23					
Plokštelė						2		
Plokštelė						2		

Gamybos operacijos : 1. Kirtimas 2. Pjovimas Lazeriu 3. Lenkimas 4. Presavimas  
5. Formavimas 6. Štampavimas 7. Suvirinimas 8. Sriegimas

Tranzitinės skirstomosios atskaitos spintos TSAS -8-4 gamybos laikai.

(lentelė 4.8)

Detalės	Laikai s.							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Durys k.	92		23					
Durys d.	86		29					
Apkaba		11				4		
Kronšteinas	12					11		
Laikiklis aps. 1	21		3					
Laikiklis aps. 2	21		3					
Nugara	195		31					
Dugnas	82		16					
Kairysis šonas	112		26		7			
Dešinysis šonas	93		26		7			
Stogas	85		24					
Priekinė sienelė	35				5			
Pertvara	92		25		5			
Kampainis	30		5					
Sienelė vidurinė	48				5			
Dugno priekis	42		5					
Perforuotas sker.	57		27					
Dangtis	142		30					
Šyna		32					46	
Viršutinis laik.	62		23					
Apatinis laik.	54		23					
Kamputis	38		5					
Kilpa	17							
Skersinis	36		5					
Laikiklis auto.	62		36					
Nulinė šyna		49					143	
Plokštelė						2		
Plokštelė						2		
Juosta		48						32
Gaubtas k.	53		27					
Gaubtas d.	53		27					
Durys	114		24					

Gamybos operacijos : 1. Kirtimas 2. Pjovimas Lazeriu 3. Lenkimas 4. Presavimas  
5. Formavimas 6. Štampavimas 7. Suvirinimas 8. Sriegimas

Laiptinių skydo LS -204S gamybos laikai.

(lentelė 4.9)

Detalės	Laikai s.							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Kairysis stovas	72		34					
Dešinysis stovas	72		34					
Viršutinis skers.	65		34				136	
Apatinis skers.	65		34				132	
Vidurinis stovas	18		21					
Pertvara	90		6					
Skydo rėmas	80		34				138	
Laikiklis	25		5					
Dangčio laikiklis	40		11				15	
Dangtis	53		16					
Plokštelė						3		
Durys	67		23					
Durys	42		21					
Skersinis loveliui	42		18					
Kamputis	32		5					
Skersinis	39		5					
Montavimo pl.	42							
Laikiklis 1	21		3				5	
Laikiklis 2	21		3				5	
Kronšteinas	12					11		
Ašis	.					3		6
Lovelis L=250	64					6		
Plokštelė						2		
Plokštelė						2		

Gamybos operacijos : 1. Kirtimas 2. Pjovimas Lazeriu 3. Lenkimas 4. Presavimas  
5. Formavimas 6. Štampavimas 7. Suvirinimas 8. Sriegimas

(lentelė 4.10)

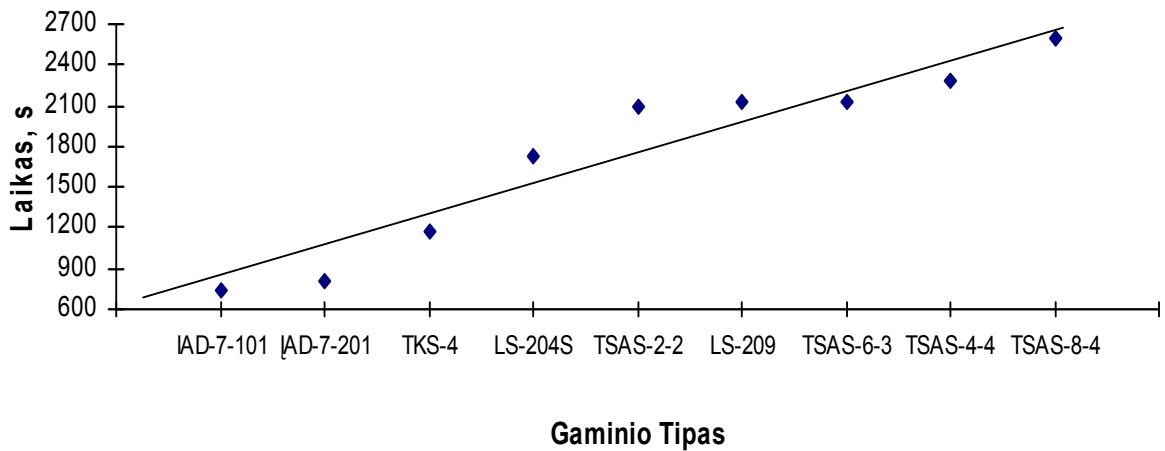
Eilės numeris	Pavadinimas	Tūris (m <sup>3</sup> )	Detalių skaičius
1	LS -204	0.19	19
1	LS -204S	0.15	22
2	LS -209	0.23	22
2	LS -212	0.34	24
2	LS -215	0.37	24
3	TSAS -4-8	0.61	30
3	TSAS -3-6	0.42	30
3	TSAS -2-4	0.30	30
3	TSAS -8-4	0.61	32
3	TSAS -6-3	0.42	28
3	TSAS -4-2	0.30	30
4	TSAS -4-4	0.43	29
4	TSAS -4-6	0.51	29
5	TKS -6	0.37	18
5	TKS -4	0.18	18
5	TKS -3	0.15	18
6	ĮAD -101	0.03	21
6	ĮAD -102	0.06	21
6	ĮAD -104	0.08	21
6	ĮAD -106	0.1	24
6	ĮAD -110	0.11	24
6	ĮAD -201	0.05	21
6	ĮAD -204	0.08	21

Gaminio tūris ir detalių skaičius.

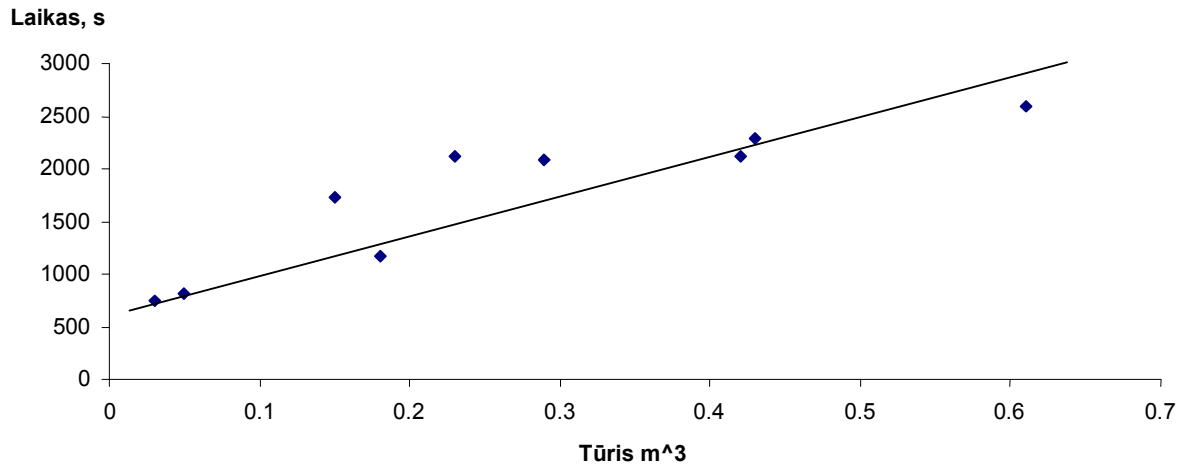
(lentelė 4.11)

Tipas	Tūris	Pagaminimo laikas
IAD-7-101	0.03	742
IAD-7-201	0.05	808
LS-204S	0.15	1723
TKS-4	0.18	1172
LS-209	0.23	2124
TSAS-2-2	0.29	2091
TSAS-4-4	0.43	2289
TSAS-6-3	0.42	2127
TSAS-8-4	0.61	2596

Gaminio detalių pagaminimo laiko priklausomybė nuo tūrio.



4.1 pav. Iš šio grafiko matome kiek laiko užtrunka pagaminti visas tam tikro gaminio detales.



4.2 pav. Dėžutės detalių pagaminimo laiko priklausomybės nuo tūrio.

4.2 pav. Pateiktame matome, kaip kinta gaminių detalių pagaminimo laikas priklausomai nuo gaminio tūrio. Grafike matyti, kad gaminio detalių pagaminimo laikas didėja gaminio tūriui didėjant. Tačiau matyti, kad trečiasis grafike taškas yra pakilęs žymiai aukščiau ketvirtąjį nepriklausomai nuo gaminio tūrio, tai galima paaiškinti tuo, kad gaminiui atitinkančiam trečiąjį tašką pagaminti reikalinga ilgiau trunkanti operacija suvirinimas. Suvirinimo operacija naudojama gaminant ir kitus gaminius, tačiau pastarajam gaminiui pagaminti yra virinama daugiau detalių nei kituose. Virinimas yra viena iš daugiausiai laiko trunkanti operacija iš tų kurios naudojamos dėžučių gamyboje todėl šios dėžutės pagaminimo laikas žymiai pailgėja.



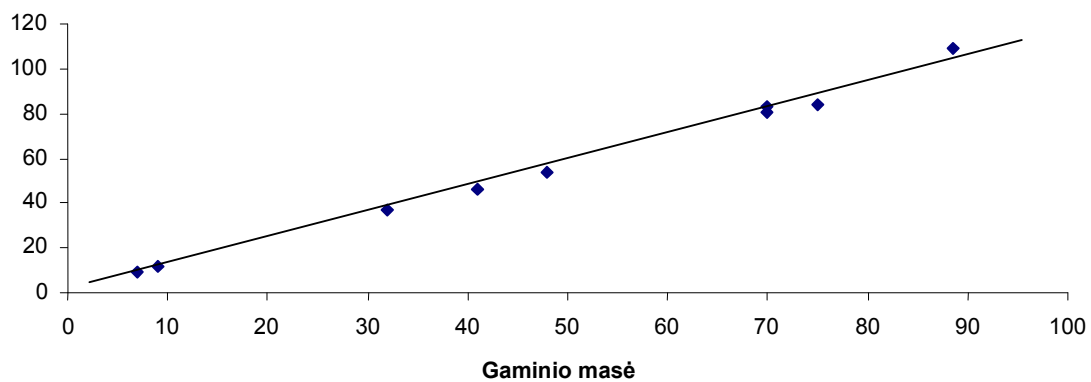
Programų MicroStation ir ToPs 300 pagalba suskaičiuoju kiekvieno gaminio metalo sąnaudas.

(lentelė 4.12)

Pavadinimas	Svoris kg.	Metalo sąnaudos
ĮAD-101	7	9
ĮAD-201	9	12
TKS-4	32	37
LS-204S	41	46
TSAS-2-2	48	56
TSAS-6-3	70	80.5
LS-209	70	83
TSAS-4-4	75	84
TSAS-8-4	88,5	109

Gaminių svoriai ir metalo sąnaudos.

**Metalo sąnaudos**



4.3 pav. Metalo sąnaudų priklausomybė nuo gaminio masės.

## 5. Eksperimentinis sukurto modelio testavimas

Naudodamas lentelės (4.11) duomenis surandu koeficientus  $m$  ir  $c$  ir jais naudodamasis perskaičiuoju gaminio detalių pagaminimo laikus .

(lentelė 5.1)

X (tūris)	Y (laikas)	$X^2$	XY
0.03	742	0.0009	22.26
0.05	808	0.0025	40.4
0.15	1723	0.0225	258.45
0.18	1172	0.0324	210.96
0.23	2124	0.0529	488.52
0.29	2091	0.0841	606.39
0.42	2127	0.1764	893.34
0.43	2289	0.1849	984.27
0.61	2596	0.3721	1583.56
$\sum X = 2.39$	$\sum Y = 15672$	$\sum X^2 = 0.9287$	$\sum XY = 5088.15$

Skaičiuoju tūrio ir laikų aritmetinius vidurkius pagal (5.1) ir (5.2) formules

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n}; \quad (5.1)$$

čia  $\bar{X}$  - tūrio aritmetinis vidurkis;  
 $\sum X$  - tūrių suma ;  
 $n$  - gaminių kiekis.

$$\bar{X} = \frac{2.39}{9} = 0.27$$

$$\bar{Y} = \frac{\sum Y}{n}; \quad (5.2)$$

čia  $\bar{Y}$  - tūrio aritmetinis vidurkis;  
 $\sum Y$  - tūrių suma ;  
 $n$  - gaminių kiekis.

$$\bar{Y} = \frac{15672}{9} = 1741.3$$

Skaičiuoju koeficientą  $m$

$$m = \frac{n \sum XY - \sum X \sum Y}{n \sum X^2 - (\sum X)^2}; \quad (5.3)$$

$$m = \frac{9 \cdot 5088.15 - 2.39 \cdot 15672}{9 \cdot 0.9287 - (2.39)^2} = \frac{8337.27}{2.6462} = 3150.66$$

Panaudojus reikšmes gautas iš formulių (5.1), (5.2) ir (5.3) suskaičiuoju koeficientą  $c$

$$c = \bar{Y} - m \bar{X} \quad (5.4)$$

$$c = 7836 - 3150.66 \cdot 0.27 = 1741.3 - 850.68 = 890.65$$

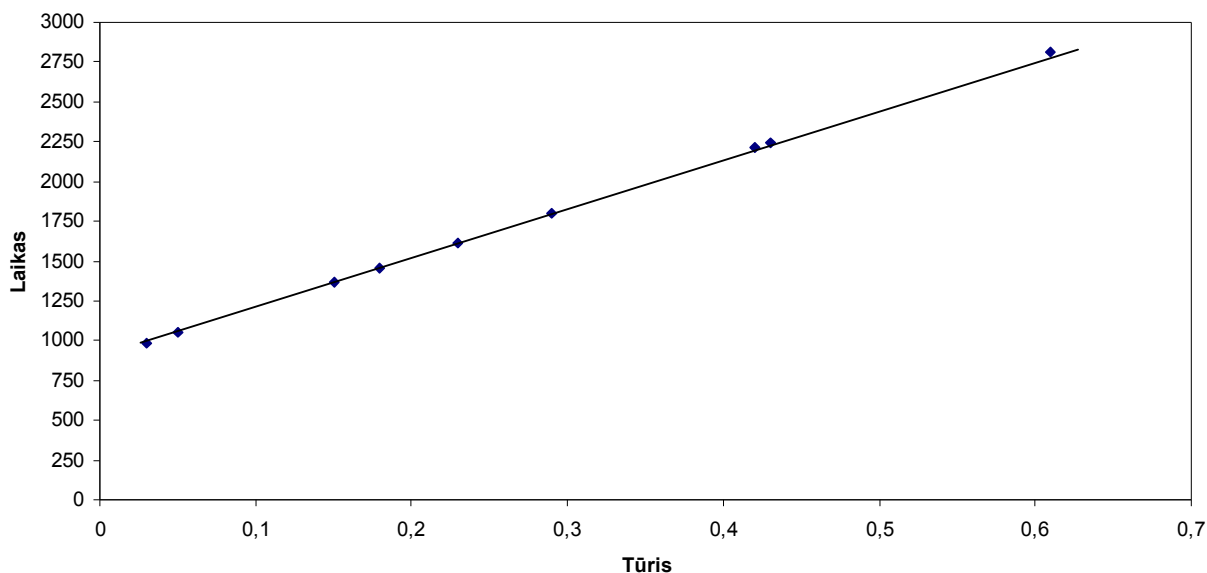
Suskaičiuoju gaminio detalių pagaminimo laikus naudojantis gautais koeficientais  $m$  ir  $c$

$$Y = X \cdot m + c \quad (5.5)$$

(lentelė 5. 2)

Tūris (X)	Laikas (Y)
0.03	985
0.05	1048
0.15	1363
0.18	1458
0.23	1615
0.29	1804
0.42	2214
0.43	2245
0.61	2812

Eksperimentiniu būdu suskaičiuota laiko priklausomybė nuo gaminio tūrio.



5.1 pav. Gaminio detalių pagaminimo laiko priklausomybė nuo gaminio tūrio.

Gautos teorinės detalių pagaminimo laikų reikšmės apytikriai sutampa su reikšmėmis gautomis eksperimentiniame modelyje. Vadinasi šis metodas tinkamas norint nustatyti būsimo gaminio detalių pagaminimo laikus žinant gaminio tūrį. Sukurto modelio matematinis formalizavimas leidžia jį naudoti programinėje įrangoje, kuria galima integruoti į standartines CAD sistemas.

## Išvados

1. Projektuojant gaminius serijinėje gamyboje labai svarbu atsižvelgti į gaminio savikainą ir jo pagaminimo paprastumą. Tai pasiekama naudojant standartizavimo ir unifikavimo principus.
2. Išnagrinėjau plonalakščio plieno gaminių gamybos procesus, jų operacijas ir naudojamus įrenginius. Nustačiau, kad naudojant gamykloje turimus įrengimus galima greitai ir kokybiškai gaminti visų gamykloje projektuojamų plonalakščio plieno gaminių detales.
3. Sukūriau plonalakščio plieno gaminių klasifikatorių, kuriuo naudodamasis konstruktorius kurdamas naują gaminį gali jį priskirti kuriam nors esamų gaminių tipui ir taip apytiksliai nustatyti būsimas gamybos sąnaudas.
4. Buvo sukurtas plonalakščio plieno gaminių gamybos sąnaudų nustatymo ankstyvoje gaminio kūrimo stadijoje modelis. Naudojant šį modelį nustačiau, kad gaminio metalo sąnaudos vidutiniškai 17% didesnės už gaminio masę.
5. Sukurto modelio matematinis formalizavimas leidžia jį naudoti programinėje įrangoje, kuria galima integruoti į standartines CAD sistemas.

## Literatūra

1. Bargelis A. Integruotos gamybos pagrindai. Kaunas KTU 1998
2. Data Management in Concurrent Engineering. Information from IIDSP – integrated knowledge – based inter-discipline study program on the web. (Silesian University of Technology). Prieiga per internetą: <http://www1.polsl.katowice.pl/~petern/index-eng.htm> [žiūrėta 2005 07 13]
3. Gaminių aplinkosauginio projektavimo integravimas į aplinkos apsaugos vadybą <http://www.apini.lt/lt/Zurnalas/Straipsniai/20/41-48%20psl.pdf> [žiūrėta 2006 01 18]
4. Eidukynas V. Kodėl erdvinis projektavimas ir kodėl dabar? / V. Eidukynas, V. Grygas, V. Popovas // Nauja industrija Nr. 6 2004 gruodis.
5. Servo-Electric Turret Punch Press. Prieiga per internetą: <http://www.amada.com/products/turrets/turretshome.asp> [žr. 2005 11 17]
6. Kompiuterinės gamybos integravimas. Prieiga per internetą: <http://distance.ktu.lt/cdk/courses/272/fcontent.html> [žr. 2005 08 03]
7. Hydraulic Press Brake. Prieiga per internetą: <http://www.amada.com/products/pressbrakes/DownActing/HFE5020sSPECS.asp>
8. Employee motivation, the organizational environment and productivity. Prieiga per internetą: <http://www.accel-team.com/motivation/index.html> [žr. 2006 02 10]
9. Brynjolfsson E, Lorin M. Hitt, Beyond the Productivity Paradox: Computers are the Catalyst for Bigger Changes Forthcoming in the Communications of the ACM. August 1998, June 1998.
10. Concurrent engineering in TM. Information from IIDSP – integrated knowledge – based inter-discipline study program on the web. (Silesian University of Technology). Prieiga per internetą: <http://www1.polsl.katowice.pl/~petern/index-eng.htm> [žiūrėta 2006 02 14]
11. Apskaitos ir automatikos skydai. Prieiga per internetą: <http://www.elga.lt/article/articleview/151/1/157/> [žiūrėta 2005 08 03]
12. TRUMPF Gruppe - Globale Website. Prieiga per internetą: [http://www.trumpf.com/scripts/redirect2.php?domain=www.trumpf.com&nr=1&content=1.TRUMATIC3000\\_LASERPRESS.html](http://www.trumpf.com/scripts/redirect2.php?domain=www.trumpf.com&nr=1&content=1.TRUMATIC3000_LASERPRESS.html)

**Pastaba** Darbas buvo pristatytas „Jaunųjų mokslininkų“ konferencijoje vykusioje Šiaulių universitete 20060517. Pristatytas darbas pridedamas priede 1.

**PLONALAKŠČIO PLIENO GAMINIŲ IR  
JŲ GAMYBOS PROCESŲ PROJEKTAVIMO  
INTEGRAVIMAS**

Šiuolaikinėje gamyboje yra plačiai panaudojami plieno lakštai jie naudojami įvairiose pramonės šakose. Statyboje plieno gaminiai iš plieno lakšto naudojami skardinti stogams, lietvamzdžiams, palangėm, automobilių pramonėje iš skardos gaminami visi automobilių kėbulai, energetikos pramonėje gaminama elektros prietaisu korpusai, skydai, dangčiai. Gaminiai iš plonalakščio plieno padengti cinku arba milteliniais dažais yra ilgaamžiai ir nereikalauja daug priežiūros. Šiame darbe nagrinėju vienos įmonės gaminančios gaminius iš plonalakščio plieno darbą. Analizuoju gaminius ir jų gamybos procesus siekiant palengvinti įmonėje dirbančių projektuotojų darbą padaryti jį lengvesniu ir paprastesniu. Pasinaudojus gautais rezultatais projektuotojas jau ankstyvoje projektavimo stadijoje galėtų nustatyti apytiksles naujai projektuojamo gaminio gamybos sąnaudas.

**Darbo tikslas** – sukurti plonalakščio plieno gaminių gamybos sąnaudų nustatymo modelį ankstyvoje jo konstravimo stadijoje.

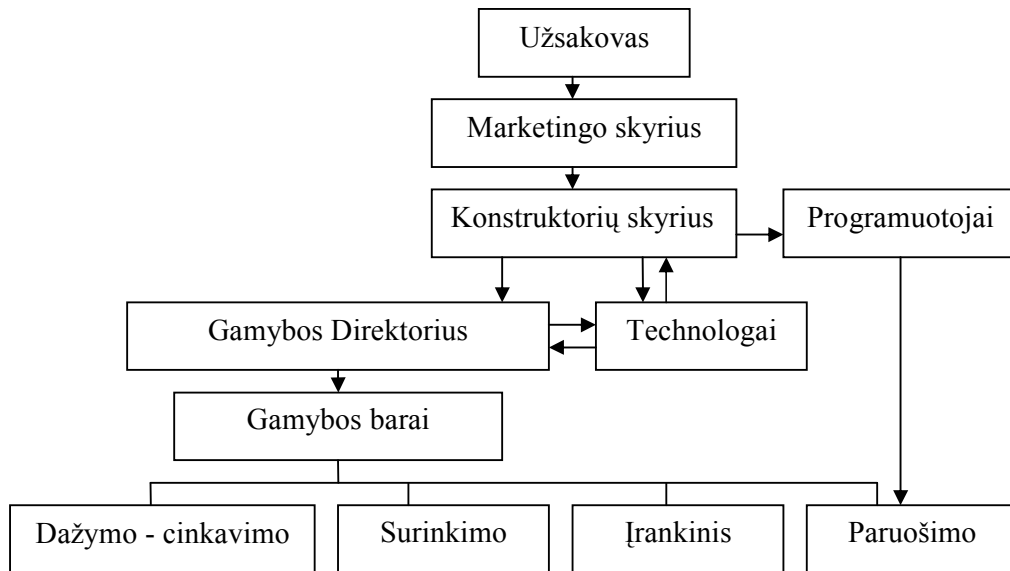
Siekdami įgyvendinti darbo tikslą yra išsikeliama tokie **uždaviniai**:

6. išanalizuoti plonalakščio plieno gaminių projektavimo ypatumus serijinėje gamyboje;
7. išnagrinėti plonalakščio plieno gaminių gamybos procesus, jų operacijas ir naudojamus įrenginius;
8. sudaryti plonalakščio plieno gaminių klasifikatorių, kuris palengvintų gamybos sąnaudų nustatymą ankstyvoje gamybos stadijoje;
9. sukurti plonalakščio plieno gaminių gamybos sąnaudų nustatymo ankstyvoje gaminio kūrimo stadijoje modelį;
10. atlikti eksperimentinį sukurto modelio testavimą ir įvertinimą.

**Darbo naujumas ir originalumas.**

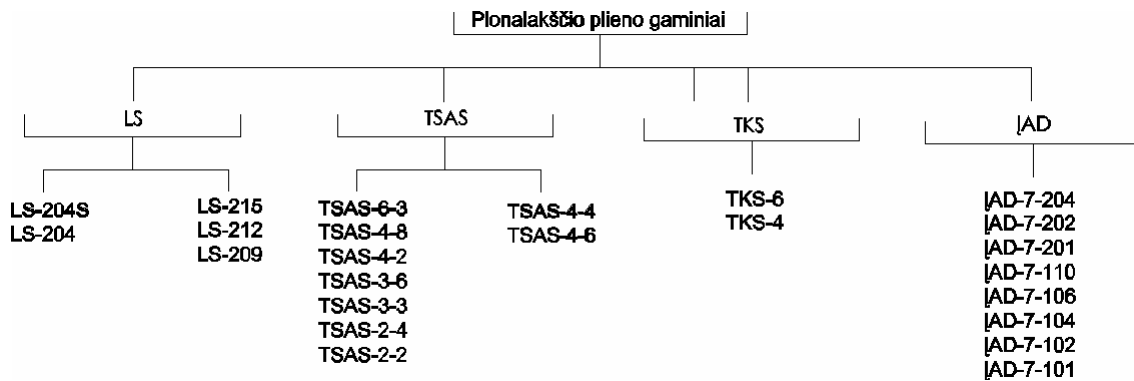
Plonalakščio plieno gaminių gamybos sąnaudoms nustatyti buvo naudojamas matematinės statistikos metodas bei sukurtas gaminių klasifikatorius.

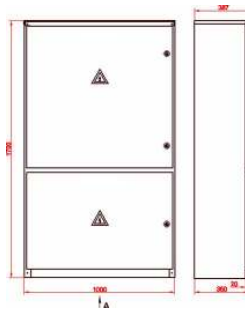
Buvo išnagrinėta keletas gaminių projektavimo modelių vienas iš jų plačiau tai gaminių projektavimo modelis pagal Roozenburg ir Eekels. Pagal išnagrinėtus modelius sudariau konkrečios nagrinėjamos įmonės gamybos procesų eigą.



1 pav. Įmonės gamybos proceso eiga

Ankstyvojoje gaminio konstravimo stadijoje būdinga jo variantų įvairovė. Šioje konstravimo stadijoje turime tik kelis pradinius duomenis; gaminio kokybinius ir kiekybinius parametrus. Tačiau šie parametrai nesumažina neapibrėžtumo, nes kiekvienas gaminytis turi savybių nepanašių į kitą gaminį, bet kartu kiekvienas gaminytis yra kažkuo panašus į kitą. Gaminio neapibrėžtumas sumažinamas juos klasifikuojant. T.y. produkcija suskirstoma į klases, grupes pagal kažkokius tai požymius. Dažniausiai klasės sudaromos taip, kad joms būtų galima taikyti tipinius technologinius procesus. Šis procesas palengvina pačią gamybą ir gamybos rengimą. Sudariau nagrinėjamų gaminių klasifikatorių grupėmis.





Eilės Nr.	Pavadinimas	L(plotis)	H(aukštis)	B(gylis)
3	TSAS-4-8	1000	1700	360
3	TSAS-3-6	700	1700	360
3	TSAS-2-4	500	1700	360
3	TSAS-8-4	1000	1700	360
3	TSAS-6-3	700	1700	360
3	TSAS-4-2	500	1700	360

Iš kiekvienos gaminių klasės pasirinkau po vieną ar kelius gaminius ir atlikau šių gaminių detalių gamybos laikų chronometražą. Naudodamasis gautais duomenimis sudariau detalių pagaminimo laikų lenteles. Suskaičiavau bendrą kiekvieno gaminio detalių pagaminimo laiką.

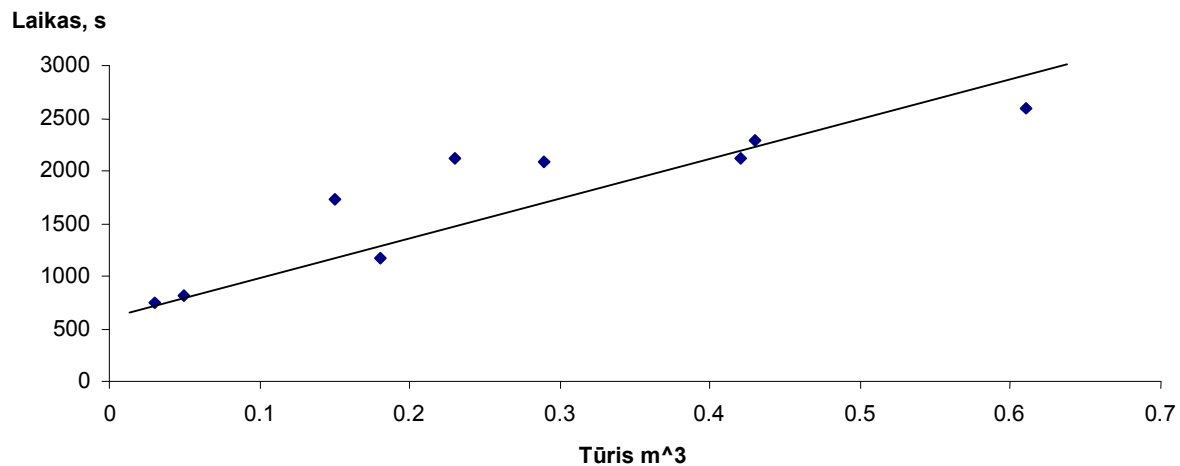
(lentelė 1)

Tipas	Tūris	Pagaminimo laikas
IAD-7-101	0.03	742
IAD-7-201	0.05	808
LS-204S	0.15	1723
TKS-4	0.18	1172
LS-209	0.23	2124
TSAS-2-2	0.29	2091
TSAS-4-4	0.43	2289
TSAS-6-3	0.42	2127
TSAS-8-4	0.61	2596

Gaminio detalių pagaminimo laiko priklausomybė nuo tūrio.

Naudodamasis gautais duomenimis nubraižiau gaminio detalių pagaminimo laiko priklausomybės nuo gaminio tūrio grafiką.



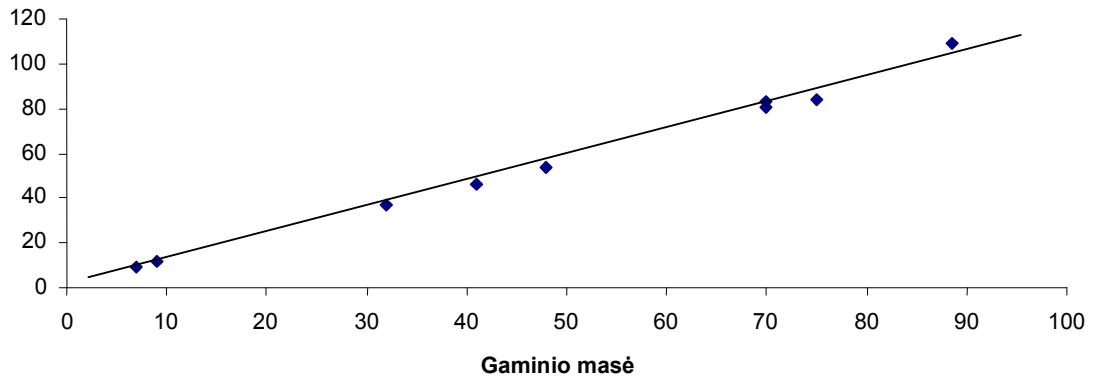


Naudodamasis programomis MicroStation ir ToPs 300 suskaičiuoju kiekvieno gaminio metalo sąnaudas. MicroStation programos pagalba nubraižomos gaminamų detalių išklotinės, o programos ToPs 300 pagalba nustatome kokios metalo lakšto sąnaudos .

Pavadinimas	Svoris kg.	Metalo sąnaudos
ĮAD-101	7	9
ĮAD-201	9	12
TKS-4	32	37
LS-204S	41	46
TSAS-2-2	48	56
TSAS-6-3	70	80.5
LS-209	70	83
TSAS-4-4	75	84
TSAS-8-4	88,5	109

Gaminių svoriai ir metalo sąnaudos.

### Metalo sąnaudos



### Metalo sąnaudų priklausomybė nuo gaminio masės.

Suskaičiuoju gaminio detalių pagaminimo laiko priklausomybę nuo gaminio tūrio matematiškai .  
Naudodamas lentelės (1) duomenis surandu koeficientus m ir c ir jais naudodamasis perskaičiuoju gaminio detalių pagaminimo laikus .

(lentelė 2)

X (tūris)	Y (laikas)	X <sup>2</sup>	XY
0.03	742	0.0009	22.26
0.05	808	0.0025	40.4
0.15	1723	0.0225	258.45
0.18	1172	0.0324	210.96
0.23	2124	0.0529	488.52
0.29	2091	0.0841	606.39
0.42	2127	0.1764	893.34
0.43	2289	0.1849	984.27
0.61	2596	0.3721	1583.56
$\sum X = 2.39$	$\sum Y = 15672$	$\sum X^2 = 0.9287$	$\sum XY = 5088.15$

Skaičiuoju tūrio ir laikų aritmetinius vidurkius pagal (5.1) ir (5.2) formules

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n}; \quad (5.1)$$

čia  $\bar{X}$  - tūrio aritmetinis vidurkis;  
 $\sum X$  - tūrių suma ;  
n - gaminių kiekis.

$$\bar{X} = \frac{2.39}{9} = 0.27$$

$$\bar{Y} = \frac{\sum Y}{n}; \quad (5.2)$$

čia  $\bar{Y}$  - tūrio aritmetinis vidurkis;  
 $\sum Y$  - tūrių suma ;  
n - gaminių kiekis.

$$\bar{Y} = \frac{15672}{9} = 1741.3$$

Skaičiuoju koeficientą  $m$

$$m = \frac{n \sum XY - \sum X \sum Y}{n \sum X^2 - (\sum X)^2}; \quad (5.3)$$

$$m = \frac{9 \cdot 5088.15 - 2.39 \cdot 15672}{9 \cdot 0.9287 - (2.39)^2} = \frac{8337.27}{2.6462} = 3150.66$$

Panaudojus reikšmes gautas iš formulių (5.1), (5.2) ir (5.3) suskaičiuoju koeficientą  $c$

$$c = \bar{Y} - m \bar{X} \quad (5.4)$$

$$c = 7836 - 3150.66 \cdot 0.27 = 1741.3 - 850.68 = 890.65$$

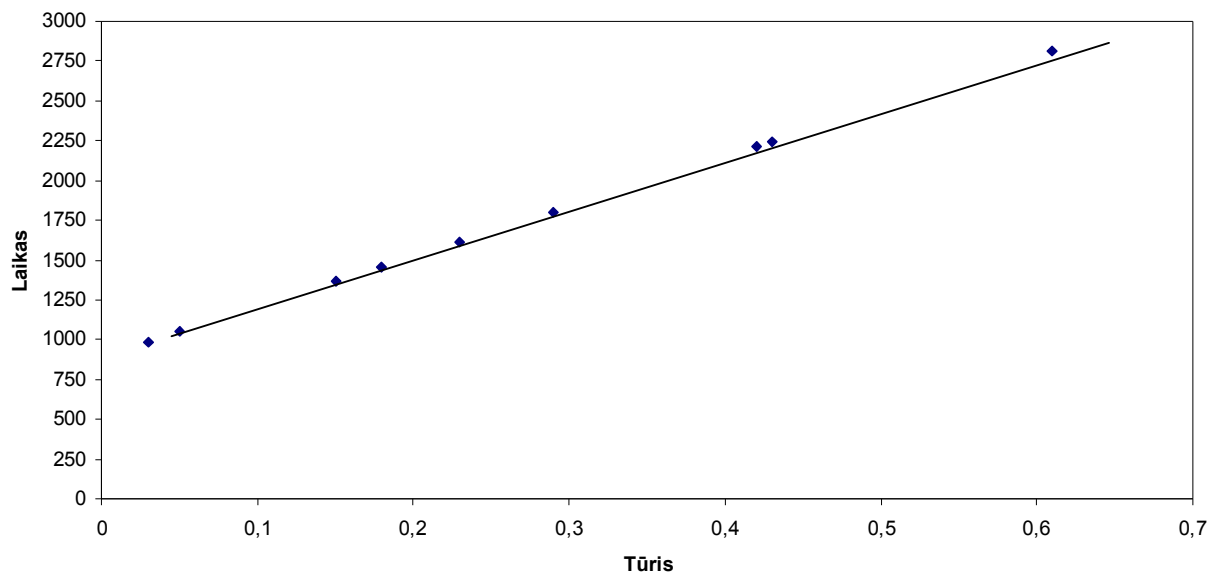
Suskaičiuoju gaminio detalių pagaminimo laikus naudojantis gautais koeficientais  $m$  ir  $c$

$$Y = X \cdot m + c \quad (5.5)$$

(lentelė 5. 2)

Tūris (X)	Laikas (Y)
0.03	985
0.05	1048
0.15	1363
0.18	1458
0.23	1615
0.29	1804
0.42	2214
0.43	2245
0.61	2812

Eksperimentiniu būdu suskaičiuota laiko priklausomybė nuo gaminio tūrio.



5.1 pav. Gaminio detalių pagaminimo laiko priklausomybė nuo gaminio tūrio.

## Išvados

1. Projektuojant gaminius serijinėje gamyboje labai svarbu atsižvelgti į gaminio savikainą ir jo pagaminimo paprastumą. Tai pasiekama naudojant standartizavimo ir unifikavimo principus.
2. Išnagrinėjau plonalakščio plieno gaminių gamybos procesus, jų operacijas ir naudojamus įrenginius. Nustačiau, kad naudojant gamykloje turimus įrengimus galima greitai ir kokybiškai gaminti visų gamykloje projektuojamų plonalakščio plieno gaminių detales.
3. Sukūriau plonalakščio plieno gaminių klasifikatorių, kuriuo naudodamasis konstruktorius kurdamas naują gaminį gali jį priskirti kuriam nors esamų gaminių tipui ir taip apytiksliai nustatyti būsimas gamybos sąnaudas.
4. Buvo sukurtas plonalakščio plieno gaminių gamybos sąnaudų nustatymo ankstyvoje gaminio kūrimo stadijoje modelis. Naudojant šį modelį nustačiau, kad gaminio metalo sąnaudos vidutiniškai 17% didesnės už gaminio masę.
5. Sukurto modelio matematinis formalizavimas leidžia jį naudoti programinėje įrangoje, kuria galima integruoti i standartines CAD sistemas.

## SUMMARY

Zalieskis R. Integration of designing sheet steel products and their manufacturing processes : Master thesis of mechanical engineer / research advisor associate prof. habil. dr. A.Bargelis, Šiauliai university, department of technologic, department of mechanical engineering. – Šiauliai, 2006. – 38 p.

Sheet steel is used wide in a modern manufacturing. In this paper I researched the work one of the factories manufacturing sheet steel products. It was analysed all manufacturing operations and equipment needed to make a box. I researched the designing of sheet steel products and their manufacturing processes on purpose to improve designing process. The designer can use results obtained from this paper and estimate outlay of newly designed product in early design stage.

### **Scientific novelty of the work**

In this paper method of mathematical statistics was used and firstly created classifier of sheet steel products on purpose to estimate outlay of manufacturing.