

ŠIAULIŲ UNIVERSITETAS
TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS
MECHANIKOS INŽINERIJOS KATEDRA

Žygimantas Juodkūnas

MECHANINIŲ GAMINIŲ GAMYBOS NAŠUMO DIDINIMAS
MODERNIOJE GAMYBOS APLINKOJE

Magistro darbas

Darbo vadovas
Prof. A.Bargelis

ŠIAULIAI 2006

TURINYS

LENTELIŲ SĄRAŠAS	3
PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS	4
ĮVADAS	5
1. GAMYBOS NAŠUMO ESMĖ	6
1.1 NAŠUMO SVARBA	6
1.2 KOKYBĖS IR NAŠUMO SANTYKIS	6
1.3 NAŠUMO KONCEPCINIS MODELIS	7
1.4 NAŠUMO ĮGYVENDINIMO VEIKSNIAI	9
1.4.1 Vienalaikė inžinerija.....	9
1.4.2 Vienalaikės inžinerijos reikalavimai darbuotojams.....	10
1.4.3 Gaminio duomenų valdymas.....	11
1.4.4 Darbas ir našumo augimas	12
1.5 NAŠUMO VALDYMAS	12
1.6 KOKYBĖS KONTROLĖ.....	15
1.7 NAŠUMO SKAIČIAVIMAS	17
2. PROJEKTAVIMO NAŠUMO DIDINIMAS	19
2.1 PROTINGAS PROJEKTAVIMAS.....	19
2.2 PROGRAMINĖS ĮRANGOS INTEGRAVIMO AKTUALUMAS	20
2.3 KOMPIUTERINIO PROJEKTAVIMO SĄVOKOS SUPRATIMAS	20
2.4 PROJEKTAVIMO NAŠUMO DIDINIMO YPATUMAI	21
2.5 ERDVINIO PROJEKTAVIMO PRANAŠUMAI.....	21
2.6 2D CAD PROBLEMŲ SPRENDIMAS	22
2.7 NAŠUMO DIDINIMO PRIEMONĖS	26
2.7.1 3D CAD sistemų įdiegimas	26
2.7.2 Dvikryptis asociatyvumas ir parametris projektavimas.....	26
2.7.3 Duomenų valdymas ir jų panaudojimas atskiroms funkcijoms	27
2.7.4 3D CAD sistemų naudojimas.....	27
2.7.5 Kliento ir įrangos tiekėjo bendradarbiavimas	28
3. GAMYBOS YPATUMAI SIEKiant AUKŠTESNIO NAŠUMO	29
3.1 NAUJŲ TECHNOLOGIJŲ DIEGIMAS	29
3.2 RUOŠINIŲ APDIRBIMO TECHNOLOGIJOS	29
3.3 GAMYBOS SĄNAUDŲ MAŽINIMAS	32
3.4 GAMINIŲ KLASIFIKAVIMAS	34
4. PRAKTINĖ DALIS	35
IŠVADOS	38
LITERATŪRA	39
SUMMARY	41

LENTELIŲ SĄRAŠAS

1.	<i>3.1 lentelė.</i> Skirtingų pjovimo metodų palyginimas [20].....	31
2.	<i>3.2 lentelė.</i> Skirtingų pjovimo būdų staklių palyginimas.....	31
3.	<i>4.1 lentelė.</i> Gamybės procesas.....	36

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

1.	<i>1.1 pav.</i> Našumo koncepcinis medis [9]	8
2.	<i>1.2 pav.</i> Nuoseklios ir vienalaikės inžinerijos sandaros palyginimas [6]	9
3.	<i>1.3 pav.</i> Nuoseklios ir vienalaikės inžinerijos palyginimas laiko atžvilgiu [6].....	10
4.	<i>2.1 pav.</i> Bokšto vamzdžių sujungimo flanšai.....	19
5.	<i>2.2 pav.</i> Erdvinis modelis [7]	22
6.	<i>2.3 pav.</i> Dvikryptis asociatyvumas	26
7.	<i>3.1 pav.</i> Detalių pavyzdžiai [14].....	30
8.	<i>3.2 pav.</i> Pjovimo paviršiaus kokybės pavyzdžiai [14].....	30
9.	<i>3.3 pav.</i> Konteinerio rėmo profilių išklotinės	33
10.	<i>3.4 pav.</i> Hierarchinis (daugialaipsnis) produkcijos planavimas [1].....	34
11.	<i>4.1 pav.</i> Konteinerinis namelis	35
12.	<i>4.2 pav.</i> Konteinerinio namelio rėmas	35
13.	<i>4.3 pav.</i> Rėmo kampinis sujungimas	37

IVADAS

Visos šalys siekia didesnės gerovės. Šiuolaikinis kelias į gerovę eina per ekonomikos augimą. Visuotinai sutariama, kad šiandien ekonomikos augimą lemia šalies (o kartu ir įmonės) konkurencingumas tarptautiniu mastu. Siekdama tapti konkurencinga, šalis (įmonė) turi pasiekti bent jau tokį pat arba didesnę produktyvumo ir inovacijų lygį, kokį turi kitos lyginamos grupės šalys. Norint išlikti konkurencingu, produkcija turi būti kokybiška, o gamyba efektyvi ir naši. Tik esant šiai sąlygai organizaciją gali lydėti sėkmė [3].

Kol kas mūsų gamintojai gali pagaminti pigią produkciją, tačiau neilgai. Galinga ir nuolat besivystanti rytų šalių (Kinija, Indija) pramonė kainos atžvilgiu nukonkuruos vakarų šalių gamintojus. Taigi lieka vienas faktorius – kokybė ir našumas. Tik aukštų technologijų, kokybiška produkcija pajėgi konkuruoti pasaulinėje rinkoje.

Vienos tarptautinių ekonominių tyrimų instituto (WIIW) ir jos tyrėjų Havlik (2001), Stehrer ir Wörz (2003), bei Dulleck ir kt. (2004) atliktų studijų duomenimis, šaliai yra naudingiau (produktyvumo ir augimo didinimo potencialo prasme) specializuotis aukštųjų technologijų pramonės segmente [18]. Todėl Lietuvos ekonomikai gyvybiškai svarbu plėtoti ir skatinti aukštesnės kokybės aukštųjų technologijų pramonės šakas. Našumo didinimas yra vienas iš svarbiausių elementų norint išlikti konkurencingu, nes įsigijus naują techniką, įdiegus modernias technologijas reikia ir dirbti naujoviškai – t.y. našiai ir kokybiškai.

Darbo tikslas – išanalizuoti našumo didinimo galimybes modernioje gamybos aplinkoje.

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

1. nustatyti našumo svarbą šiuolaikinėje gamybos aplinkoje;
2. nustatyti našumo ir kokybės santykį;
3. nurodyti tikslesnius našumo skaičiavimo būdus;
4. pateikti didesnio našumo įgyvendinimo veiksniai ir priemones,
5. išnagrinėti projektavimo priemonių ypatybes,
6. išanalizuoti gamybos ypatumus siekiant aukštesnio našumo.

Magistriniame darbe pirmiausia yra aptariama našumo svarba šiuolaikinėje gamybos aplinkoje. Taip pat nustatomas našumo ir kokybės santykis, bei našumo įgyvendinimo veiksniai, pateikiami našumo skaičiavimo būdai. Antrame skyriuje akcentuojamas projektavimo našumo didinimas ir jo ypatumai. Aptariami erdvinio projektavimo pranašumai ir programinės įrangos integravimo klausimai. Trečiame skyriuje apžvelgiamas naujų technologijų diegimas. O ketvirtame skyriuje pateikiama praktinė dalis.

1. GAMYBOS NAŠUMO ESMĖ

1.1 NAŠUMO SVARBA

Šiuolaikinėse, moderniose įmonėse našumas ir kokybė yra vieni iš pagrindinių rodiklių. Dėl vis augančios konkurencijos ir vis kylančių kokybės reikalavimų šiuolaikinė įmonė negali nustoti gerinusi efektyvumo, našumo [1]. Našumas yra neatsiejamas nuo kokybės. Tai vienas iš organizacijos sėkmės rodiklių kaip ir efektyvumas, naudingumas, pelningumas. Šie rodikliai apibūdina santykį gautų iš gamybos pajamų su jos organizavimui išleistų lėšų dydžiu. Efektyvumas yra santykinis rodiklis. Absoliutus rodiklis yra efektas. Tai yra konkreti pinigų suma, grynasis pelnas, kuris panaudojamas tolesnių tikslų įgyvendinimui [10].

Našumas ir kokybė yra neatsiejami rodikliai. Norint sėkmingai dirbti jie turi būti nuolat palaikomi, tobulinami ir vystomi. Nes *nesant* vienam iš šių faktorių, t.y. gaminant našiai, bet nekokybišką produkciją arba priešingai, gaminant aukštos kokybės produkciją, bet ganėtinai ilgą laiką (darbo našumas mažas) įmonei garantuojama nesėkmė.

Taigi, norint išlikti konkurencingu turi būti:

- ✓ aukšta gaminio kokybė;
- ✓ didelis darbo našumas;
- ✓ nuolat tobulinama ne tik produkcija, bet ir organizacijos valdymas;
- ✓ pakankamai pigi produkcija.

Taip pat kiekvienas gaminytis turi atitikti ir pilnai tenkinti vartotojo lūkesčius, o norint tą pasiekti reikalingas glaudus ryšys tarp gamintojo ir vartotojo. Norint pasiekti tokį gamybos lygį reikia įmonėse įdiegti integruotos gamybos sistemą.

1.2 KOKYBĖS IR NAŠUMO SANTYKIS

Lygiai kaip ir našumas, kokybė yra neatsiejamas rodiklis nuo modernios, konkurencingos, pelningos įmonės. Kokybė yra netgi svarbesnis elementas. Taigi, kodėl yra svarbi kokybė? Tyrimais įrodyta, kad:

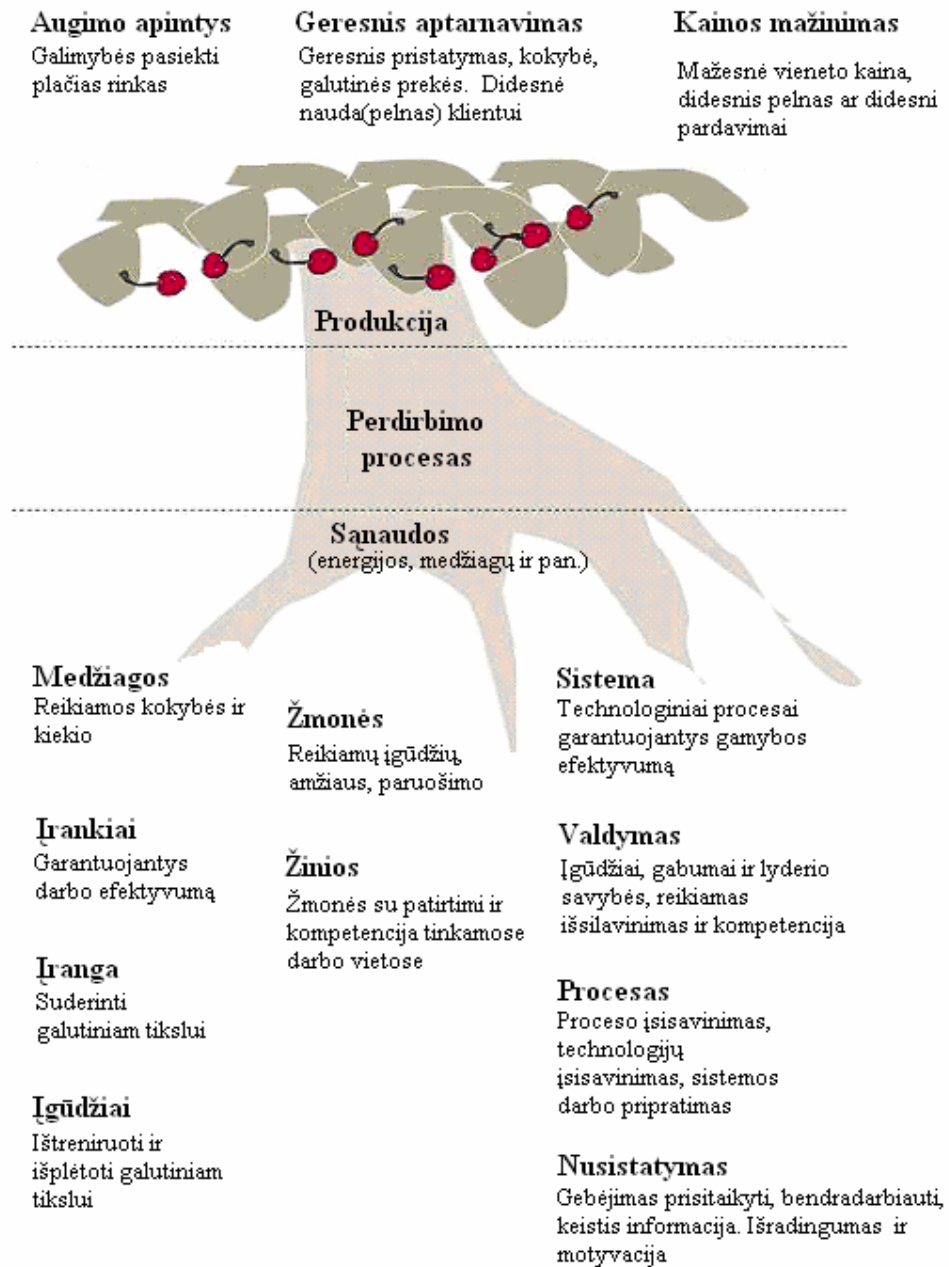
- produktų ir paslaugų kokybė yra esminis verslo pelningumo veiksnys;
- verslininkai, siūlantys geresnės kokybės produktus, užima didesnę rinkos dalį ir turi galimybių ją plėsti;
- kokybė tiesiogiai gerina investicijų efektyvumą, ir yra pamatas aukštesnei kainai nustatyti [16].

Modernioje įmonėje turi būti nuolatos siekiama aukšto našumo ir kokybės. Turi būti nuolatos tobulinami šių rodiklių pasiekimo veiksmai. Priklausomai nuo esamos vidinės, išorinės situacijos įmonėje turi būti nusistatomi tikslai. Užtikrintas nustatytų tikslų siekimas. Norint įgyvendinti savo aukštos kokybės (o ir našumo) tikslus, reikia patobulinti (reikalui esant ir įdiegti naują) kokybės vadybos sistemą [16].

1.3 NAŠUMO KONCEPCINIS MODELIS

Vienas pirmųjų ir paprasčiausių kelių suprasti našumą verslo organizacijoje yra susipažinti su našumo modeliu (1.1 pav.). Našumas yra santykinis matavimo vienetas. Jis parodo kaip įmonė, organizacija paverčia išteklius (darbą, medžiagas ir t.t.) į prekes ar paslaugas. Tai dažniausiai išreiškiama kaip santykis tarp pagamintos produkcijos ir gamybos sąnaudų [9].

Našumo koncepcinis modelis parodytas „našumo medyje“ (1.1 pav.). Šaknys vaizduoja sąnaudas, kamienas – perdirbimo procesą, o lapai ir vaisiai – produkciją [9].



1.1 pav. Našumo koncepcinis medis [9]

Šiame modelyje struktūriškai paaiškinta kiekviena grandis ir kokios kokybės ji turi būti norint turėti aukštą našumą.

1.4 NAŠUMO ĮGYVENDINIMO VEIKSNIAI

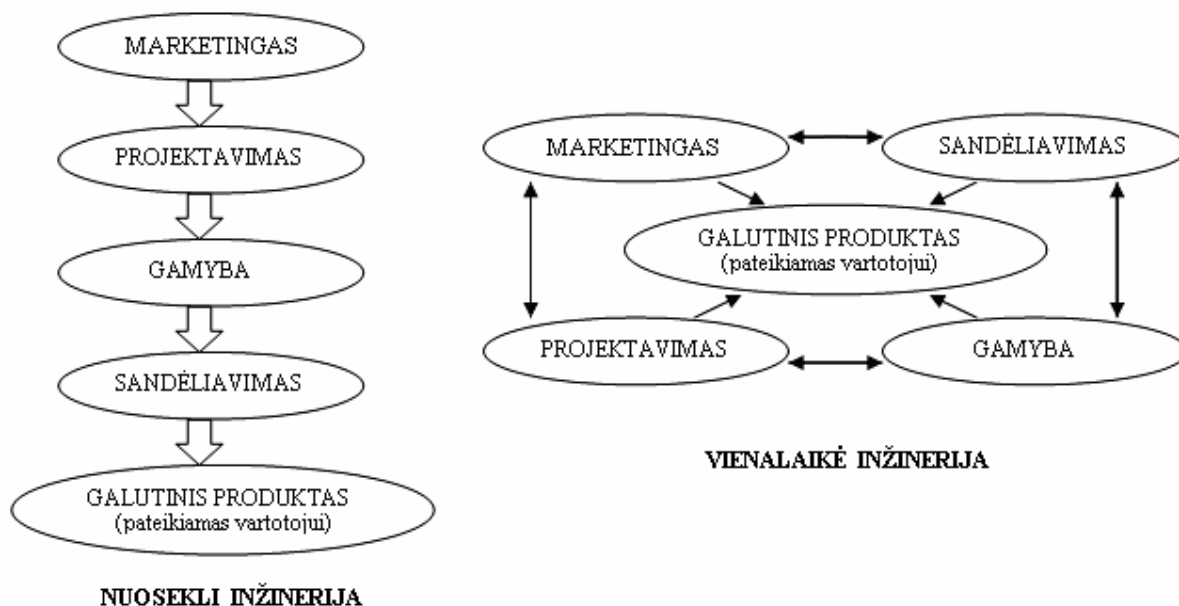
1.4.1 Vienalaikė inžinerija

Mechaninių komponentų gamybos našumo didinimas ir kokybės gerinimas prasideda nuo visos valdymo sistemos kūrimo. Ši sistema turi jungti visą įmonės veiklą. Kokybė turi pasireikšti nuo administracijos iki produkcijos tiekimo vartotojui, įskaitant projektavimą ir gamybą. Žodžiu turi būti stengiamasi nuolatos gerinti organizavimo procesus. Tokia vadybos sistema yra viena iš *kompiuterinės integruotos gamybos (KIG)* dalių.

Vienalaikė inžinerija (Concurrent engineering) yra naujas požiūris į šiuolaikinę įmonę [16]. Ši sistema tinkamai taikoma padeda pasiekti užsibrėžtus tikslus; t.y. pakelti našumą, kokybę, gamybos lygį. Ir apskritai padeda pradėti dirbti naujoviškai, šiuolaikiškai [1].

Vienalaikė inžinerija gali būti apibūdžiama kaip sisteminis požiūris į integravimą, integruotą gaminių projektavimą ir su tuo susijusius procesus įskaitant gamybą ir patvirtinimą. Šis požiūris skirtas supirkėjams, iš pradžių atsižvelgiama į visas gaminio gyvavimo ciklo dalis, nuo idėjos iki perdirbimo įskaitant kokybės kontrolę, išlaidų planavimą ir vartotojų reikalavimus [3]

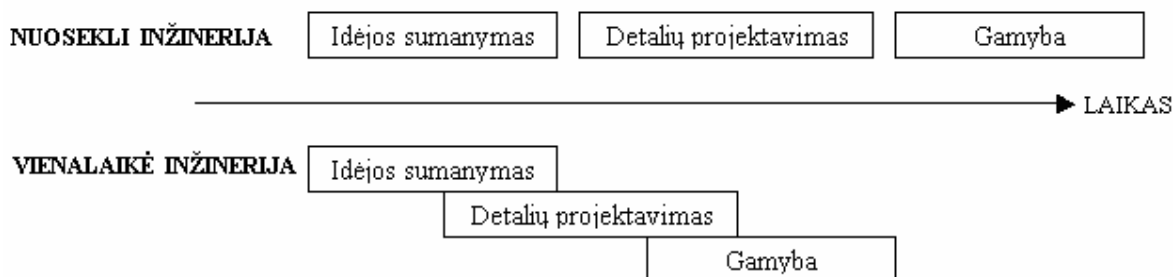
Norint įsitikinti akivaizdžia integruotos gamybos nauda palyginkime nuoseklia ir vienalaikę inžineriją:



1.2 pav. Nuoseklios ir vienalaikės inžinerijos sandaros palyginimas [6]

Iš 1.2 paveikslo matome, kad vienalaikė inžinerija yra labiau glaudesnė. Tai yra, tarp kiekvieno sektoriaus vyksta intensyvesnis bendradarbiavimas, greitesnis, abipusis informacijos apsikeitimas. Tokia gamybos sistema leidžia greičiau reaguoti į rinkos norus.

Vienalaikė inžinerija naudą laiko atžvilgiu galime pamatyti 1.3 paveiksle.



1.3 pav. Nuoseklios ir vienalaikės inžinerijos palyginimas laiko atžvilgiu [6]

Galima matyti užimamo laiko skirtumą nuo idėjos sumanymo iki galutinio proceso išplėtojimo. Vienalaikė inžinerija leidžia greičiau pastebėti projektavimo klaidas ir jas laiku ištaisyti. Kas sunkiai įmanoma nuosekliosios gamybos atveju. Ten darbai seka nuosekliai vienas po kito, todėl visas gamybos procesas užima daugiau laiko. Automatiškai krenta našumas, brangsta pats gaminy.

Esant pilnai integruotai gamybai, vyksta intensyvus bendradarbiavimas tarp atskirų darbuotojų ir įmonės padalinių, sektorių. Čia visi darbai, praktiškai vystomi vienu metu [6].

Taip yra taupomas laikas, žaliavos ir pinigai. Greičiau pagaminama produkcija ir pateikiama vartotojui. Žodžiu, išauga našumas.

1.4.2 Vienalaikės inžinerijos reikalavimai darbuotojams

Naujoji gamybos aplinka iš darbuotojų reikalauja geros orientacijos ir įvairių disciplinų aukštų įgūdžių. Taigi norint įmonėje įdiegti vienalaikę inžineriją, pirmiausia reikia, kad visi įmonės darbuotojai būtų aukštos kvalifikacijos. Pagrindinis, pasaulinių ir vietinių gamybinių kompanijų turtas yra darbuotojai ir jų sugebėjimai ypač naujų technologijų ir naujų įrengimų panaudojime.

Naujose, moderniose gamybinėse įmonėse darbuotojai dirba komandose ir geras bendravimas pasiekiamas tada, kai kiekvienas komandos narys žino pagrindinius darbo principus artimose disciplinose. Tai liečia projektavimą, skaičiavimą, gamybą, informacijos valdymą ir perdavimą tarp skirtingų įmonės sektorių. Būtina išmokti pagrindinius integruotos gamybos, kompiuterizuotos integruotos gamybos ir informacijos apsikeitimo gaminių kokybės tobulinimo klausimais, principus. [1]. Todėl pavyzdžiui, mechanikas inžinierius turi šiek tiek išmanyti ir informacines technologijas, elektrotechniką, statybos inžineriją ir panašiai. Tai liečia visų rūšių pramonę.

Be šių minėtų reikalavimų (aukštos kvalifikacijos) taip pat turi būti ir darbuotojų vidinė motyvacija. Jie turi patys norėti pasiekti reikiamą kokybę, padidinti darbo našumą. Taip pat siūlyti

vadovams savo idėjas kaip patobulinti esamą gamybos sistemą. Tai turi įsisavinti visų grandžių darbuotojai. Todėl turi būti skiriama nemažai lėšų darbuotojų apmokymams ir profesiniam rengimui. Panaši koncepcija, kai darbuotojai patys prisideda prie gamybos tobulinimo yra Japonijos kompanijose [1]. Tokia koncepcija leidžia sukurti gamybos sistemą, siekiančią aukštos kokybės gaminių nedidinant gamybos išlaidų.

Kokybė turi pasireikšti ne tik produkto gaminime, bet ir informacijos surinkime, jos perdavime, pristatyme vartotojui. Vienu žodžiu, kokybė turi būti visose srityse.

1.4.3 Gaminio duomenų valdymas

Viena iš vienalaiškės inžinerijos dalių yra sistemos atsakomybė už informacijos perdavimą (apsikeitimą) tarp projektuotojų (konstruktorių, technologų) ir įmonės vadybininkų. Sistema padaranti vienalaiškę inžineriją efektyvesne yra – gaminio duomenų valdymas (GDV) (Product Data Management). Tai yra speciali sistema skirta techninei dokumentacijai ir projektams valdyti. Ji daugiau skirta administracijai. Sistema organizuoja darbą su projekto grafinais ir tekstiniais dokumentais, sukuria bendrą brėžinių ir dokumentų duomenų bazę. Ji valdo esamą gamybos padėtį ir pateikia įvairius variantus su perspėjimu jei bandoma panaudoti pasenusius brėžinius ir dokumentus.

GDV sistema reikalauja sugeneruoti, sukaupti visų rūšių tyrimus ir ataskaitas: užsakymų sąrašus, brėžinius ir kt.

Produktas susideda iš daugybės detalių, kurias reikia suprojektuoti. Kiekviena detalė turi būti sukurta, modifikuota, apžiūrėta, patikrinta ir patvirtinta daugybės įvairių žmonių, galbūt net keletą kartų. Taip pat kiekviena detalė reikalauja skirtingų gamybos būdų, skirtingos informacijos apie detalę. GDV sistema leidžia projekto vadovui kontroliuoti projekto eigą. Sistema kiekvieną detalę ar jų grupę pateikia jos gamybinio proceso būklėje. Tai yra parodo kokioje ji dabar situacijoje: „naujai užsakyta“, „pateikta projektavimui“, „patikrinta“, „patvirtinta“, „paleista į gamybą“ [6].

Norint, kad efektyviai veiktų GDV sistema reikia, kad visoje įmonėje būtų įdiegtos ir gerai išplėtos kompiuterinės sistemos [6]. Kompiuterinės integruotos gamybos sistemos pagrindą sudaro vietiniai kompiuteriniai tinklai. Jų yra kelių tipų [1]. Aišku darbuotojai taip pat turi būti pakankamai išprusę informacinėse technologijose, kad galėtų pilnai išnaudoti kompiuterinių sistemų teikiamas galimybes.

Šiuolaikinės gamybos įmonėse pastoviai didėja informacijos srityje dirbančių žmonių skaičius. Apskritai pereinama prie informacinės visuomenės. Dėl to vis svarbesnis tampa informacijos vadybos klausimas. Informacija vis greičiau perduodama ir vadovai turi vis mažiau

laiko sprendimams priimti. O tai verčia tobulinti ryšius tarp atskirų valdymo lygių ir atskirų padalinių. Konkurencijos paprastai neišlaiko tos organizacijos, kurios naudoja pasenusią informacijos techniką. Tiek vidiniai, tiek išoriniai ryšiai turi būti labai operatyvūs, veiksmingi.

1.4.4 Darbas ir našumo augimas

Toliau trumpai panagrinėsime kas sukelia našumo augimą. Tiksliau, iš kur atsiranda tas našumo augimas?

Iš esmės tai neateina nuo darbo „sunkumo“ (dirbimo daug ir sunkiai) – nes tai gali padidinti gamybos apimtį (produkciją, išėigą), bet tai taip pat padidina ir darbo pastangas (indėlį).

Taip pat, naudojant didesnę kapitalą ar kitus gamybos faktorius nebūtinai išauga produktyvumas (našumas). Našumo išaugimas atsiranda nuo „protingo darbo“ (dirbimo protingai, sumaniai). Tai reiškia, naujų technologijų, naujos technikos įsisavinimą [2]. Tačiau neužtenka tik nupirkti naujus įrengimus. Norint pilnai išnaudoti įrengimų teikiamas galimybes, reikia įmonėje įdiegti ir naują darbo sistemą. Įdiegus naujus įrengimus ir naują darbo sistemą, su ja reikia ir naujoviškai dirbti. Negalima naujus įrengimus priversti dirbti kaip senus. T.y. naujoje darbo aplinkoje dirbti senoviškai, jeigu mes norime padidinti efektyvumą, pakelti našumą [2].

1.5 NAŠUMO VALDYMAS

Našumas yra ne vien tik į sistemą patekusių išteklių transformavimas į baigtą produkciją, bet jį veikia daugybė vidaus ir išorės veiksnių: valdymo sprendimai, gamybos ir darbo organizavimas, motyvavimas, mokėjimas bendrauti ir kt. Visi šie veiksniai tarpusavyje susieti ir įvairiausiais būdais vienas kitą veikia.

Vidiniai veiksniai arba komponentai, darantys įtaką našumui ir kokybei yra:

- produkcijos tarnavimo laikas;
- techniniai parametrai;
- forma, išvaizda, dizainas ir t.t.

Paslaugų charakteristikomis gali būti aptarnavimo greitis, nedidelės kainos, paslaugą teikiančių žmonių patikimumas ir kt.

Išorinis komponentas parodo, kaip produktas patenkina vartotojo poreikius, jo vertingumas, saugumas ir kt. rodikliai. Čia įtaką daro defektų lygis. Kai kurios įmonės siekia visiems priimtino defektų lygio, t.y. mažo gaminių, turinčių defektus, skaičiaus. Bet vartotojui priimtinas tik vienas lygis - defektų iš viso neturi būti. Net mažas defektų skaičius gali turėti tragiškas pasekmes organizacijai.

Permainų, pokyčių metu vertingumo rodikliai greitai keičiasi. Kas anksčiau buvo aukščiausios kokybės, rytoj gali būti iš viso nuvertinta. Todėl gamintojai, paslaugų tiekėjai nuolatos susieti su rizika. Bet kokio technologinio proceso išėiga gali turėti neigiamų rezultatų. Beveik visi valdymo sprendimai kažkam turi kokių nors neigiamų pasekmių, pvz.: didinant našumą ir gerinant kokybę automatiškai mažėja gamybos apimtis, atleidžiami darbininkai ir bedarbystė neigiamai veikia visuomenę. Šiuolaikiniame pasaulyje visos organizacijos yra susijusios ir pokyčiai, vykstantys vienoje organizacijoje, veikia visas kitas. Pvz.: bloga komplektuojamų detalių kokybė sukelia neigiamus procesus organizacijoje, kur jos gaminamos, įmonėje, kur jos surenkamos ir pas vartotoją, kur tie gaminiai vartojami. Kiekviena organizacija yra atvira sistema ir jai daro įtakos aplinkos veiksniai - energijos kaina, gamtos apsauga, informacija, mokesčiai, alkoholizmas, narkomanija, vagystės, sukčiavimai ir t.t. Darbo rezultatyvumui didelės įtakos turi ir vidaus aplinka.

Visos organizacijos, tame tarpe ir konkurentai, yra vienodai veikiami išorinės aplinkos, tik skirtingų organizacijų vadovai skirtingai reaguoja į išorės jėgų poveikį. Išorinė aplinka nustato tik žaidimo taisykles, o kas laimės, nulemia vidinė aplinka. Dažniausiai praktikoje pralaimi tie, kurie mano, kad pasiekė viršūnę ir daugiau stengtis nebeverta. Čia pamokančiu pavyzdžiu gali būti, kaip japonai pralenkė amerikiečius pagal darbo našumą, produktyvumą ir produkcijos kokybę. [10].

Darbo našumas, rezultatyvumas yra svarbiausias valdymo klausimas. Aukštą našumą, stabilų rezultatyvumą galima pasiekti efektyviai operuojant visomis valdymo funkcijomis ir ryšiais. Čia reikalingas sistemingas darbas, aukšto našumo negalima pasiekti spontaniškai. Impulsyviai reaguojant į atsirandančias problemas, jų neišsprendus, sukuriamą begalę naujų, ir todėl vadovybė negali užtikrinti darbo rezultatų be plano, neturėdama konkrečių tikslų, orientyrų, kriterijų. Vadybos specialistų nuomone, rezultatyvumas, našumas ir yra tas matas, kriterijus, kuris lemia išteklių ir gamybinių pajėgumų panaudojimą, produkcijos kokybę ir kitus svarbius rodiklius.

Organizacijos darbas nebus rezultatyvus, kai ji nežinos, ko reikia vartotojui. Tai reiškia, kad būtina rinkos analizė, konkurentų galimybių tyrimai ir sava strategija nugalėti. Praktikoje naudojami du darbo našumo planavimo būdai - trumpalaikis ir ilgalaikis. Trumpalaikis apima ketvirčio, pusmečio, metų laikotarpį. Ilgalaikis 5-10 metų laikotarpį. Norint stabilų darbo našumo augimą užtikrinti ilgus metus, reikia visus uždavinius ir tikslus orientuoti į ateitį. Formalus darbo našumo planavimas turi būti juntamas visame vadybos procese. Jis turi būti skatinamas, nuolat organizuojamos priemonės, apjungiančios išteklius, technologiją, informaciją ir mokėjimą dirbti. Organizuojamos priemonės turi būti teisingai suprojektuotos.

Norint pasiekti aukštą našumą reikia ne tik naujų technologijų, modernių projektavimo sistemų, bet taip pat svarbu sutvarkyti ir organizacijos struktūrą ir jos valdymą. Kadangi darbas yra svarbiausias rezultatyvumo veiksnys, todėl darbų projektavimas yra svarbesnis net už technologijas.

Darbo našumui didelę įtaką daro organizacijos struktūra. Struktūros poveikis pasireiškia administracijos personalo skaičiaus santykiu su kitų darbuotojų skaičiumi. O administracijos išlaikymas brangiai atsieina. Struktūra veikia darbo našumą ir netiesiogiai. Jis priklauso nuo struktūrinių padalinių vadovų kvalifikacijos, ryšių tarp atskirų padalinių ir kitokių veiksnių. Norint ką nors pasiekti, reikia įgaliojimus suteikti vienam žmogui arba padaliniui. Sprendžiant našumo klausimus veiksmingiausios yra mažos laikinos specialistų grupės, kurioms suteikiami įgaliojimai projektams įgyvendinti. Gerai veikiančių organizacijų tyrimai rodo, kad visų jų valdymas orientuotas į žmogaus reikmes. Ši teorija remiasi tokiais principais [10]:

1. atsisakymas atleidimų politikos;
2. darbuotojo dalyvavimas rengiant su juo susijusius sprendimus;
3. karjeros programa numato įvairių funkcijų rotaciją;
4. orientacija nuolatos rūpintis visų darbuotojų gerove.

Su darbuotojų gerove tamptai susieta gamybos technologija. Kuo aukštesnis technologijos lygis, tuo žmoniškesni turi būti santykiai. Jie turi pašalinti baimę, sumišimo jausmą, susvetimėjimą.

Svarbų vaidmenį vaidina ir ryšiai su kiekvienu darbuotoju. Idėjoms surinkti, gauti ir joms operatyviai įgyvendinti reikalingas pasitikėjimas. Darbuotojai turi nebijoti atvirai kalbėti apie tai, kas jiems trukdo gerai dirbti. Žymiai greičiau paruošti valdymo sprendimus padeda asmeniniai kompiuteriai. Jais renkant informaciją atsiranda prielaidos mažinti vadovų skaičių. Našumui daug įtakos daro neformalios grupės ir jų lyderiai. Lyderiai gerai žino, kas padeda ir kas trukdo didinti našumą. Savo žinioje jie laiko visas našumą nulemiančias smulkmenas, apie kurių buvimą vadovai net neįtaria. Todėl telieka vienintelis kelias - vadovai turi palaikyti gerus santykius su lyderiais.

Našumas ir kokybė turi rūpėti visiems ir ypač pokyčių, konfliktų ir stresų aplinkybėmis. Vidutinio rango vadovai pateikia didžiąją dalį informacijos, kuria remiantis aukščiausia vadovybė priima sprendimus ir juos įgyvendina. Žemutinės grandies vadovai vaidina svarbiausią vaidmenį realizuojant projektus. Nuo jų priklauso darbininkų požiūris į realizuojamus projektus. Jeigu meistrai nesiseka sudaryti pasitikėjimo su pavaldiniais aplinkos, tai negalima laukti, kad darbininkai siūlys ką nors rezultatyvumui padidinti. Čia ir didžiausios aukščiausios vadovybės pastangos nueina niekais. Didelę įtaką valdant naujovių realizavimą daro konkurencija, paaugstinimas pareigose ir karjera, taip pat naujos žinios, nauji įgūdžiai, naujas mąstymas, mokėjimas bendrauti su žmonėmis [10].

1.6 KOKYBĖS KONTROLĖ

Įmonė gali dirbti našiai, gaminti kokybiškus gaminius, tačiau norint visa tai išlaikyti reikia nuolatos tikrinti kokybę. Palaikyti nusistatytą kokybės lygį. To nedarant, gaminių kokybė nejučia gali suprastėti. Visa tai gali atsiliepti darbo našumui, nes užsakovo gražintus brokuotus ar neatitinkančius kokybės reikalavimų gaminius reikės ištaisyti, perdaryti. O tai ne tik papildomi kaštai, bet ir sugaištas laikas, per kurį įmonė galėtų pagaminti kitą gaminį ir gauti iš jo pajamas. Galima sakyti, kad įmonė nukenčia dvigubai.

Viso to išvengti galima tik tikrinant kokybę.

Kokybei tikrinti naudojami įvairūs būdai. Plačiai taikomas atrankos metodas, kuomet gaminamos didelės prekių partijos. Šis būdas naudojamas ir priimant medžiagas iš tiekėjų, komplektuojančias detales, elementus ir kt. Tokia kontrolė yra pigesnė, negu ištisinė, tik jai būdinga tam tikra rizika darant atranką. Praktikoje gamintojas su vartotoju susitaria kaip bus tikrinama kokybė. Technologijos proceso kontrolei naudojami specialūs lapai, kuriuose gamybos metu pažymimi proceso parametrai. Šios kontrolės tikslas yra nustatyti momentą, kai technologinis procesas pradeda nukrypti nuo nustatytų režimų. Technologinis procesas paprastai tikrinamas periodiškai. Kokybė valdoma vadovaujantis keliomis koncepcijomis. Pirmiausia reikia turėti nuolatinę, visapusišką, viską apimančią programą kokybei gerinti. Ši programa turi apjungti tiekėjus, vartotojus, investitorius, projektuotojus ir gamintojus. Šiuo požiūriu didelį vaidmenį vaidina *statistinė gaminamo produkto kontrolė* [10]. Tačiau norint pasiekti aukštą kokybę ar ją išlaikyti reikia tikrinti ne tik patį gaminį, bet ir visą jo pagaminimo procesą. Nevykdant proceso kontrolės ir atsiradus gaminio defektui, ne visą laiką įmanoma surasti defekto atsiradimo priežastis.

Tik kokybiškai suprojektuoti ir pagaminti gaminį nepakanka. Dar reikia, kad pagamintas produktas pilnai atitiktų suprojektuotą. Tai įgyvendinti mums padeda *statistinė proceso kontrolė* (SPK) (Statistical process control). Statistinė proceso kontrolė apima statistinius matavimo būdus ir procesų kitimų analizę. Dažniausiai tai naudojama gamybos procese. SPK tikslas yra kontroliuoti gaminio kokybę ir išlaikyti nustatytus rodiklius. Statistinė kokybės kontrolė remiasi statistiniais matavimo metodais ir kokybės procesų tobulinimu. Į SPK įeina ir kitokie metodai. Tokie kaip:

- atrankos metodai;
- eksperimentinis (bandomasis) projektavimas;
- nukrypimų mažinimas;
- procesų pajėgumų analizė;
- ir procesų tobulinimo būdai.

Taip pat SPK naudojama kontroliuoti procesų nuoseklumą gamyboje, gaminant gaminį pagal planą. Tuo siekiama pasiekti ir išlaikyti procesus nuolatinėje kontrolėje [15].

Nesvarbu, gera ar bloga konstrukcija (projektas), SPK gali garantuoti, kad produktas yra pagamintas taip kaip suprojektuota ir sumanyta. Taigi, SPK nepagerina prastai suprojektuoto gaminio patikimumo, bet gali būti naudojamas kontroliuoti produkto gamybos nuoseklumą ir todėl pagamintas pats produktas ir pats projektas yra patikimas, tiksliau patikimai įgyvendintas [15].

Svarbiausia priemonė naudojama statistinėje procesų kontrolėje yra kontrolės diagramos, grafikai. Tai grafiškai pavaizduojami specifiniai kiekybiniai gamybos proceso matai. Ši taikomoji (vaizduojamoji) statistika yra pavaizduojama kontrolės grafikuose, kur galima palyginti, pamatyti kontrolės matmenų pasiskirstymą. Palyginimas atskleidžia bet kokius neįprastus gamybos proceso pakitimus, kurie gali parodyti atsiradusią problemą. Yra keletas skirtingų taikomosios statistikos metodų naudojamų kontrolės grafikuose ir yra keletas įvairių kontrolės diagramų tipų, kurios gali nustatyti įvairias problemas. Taip pat kontrolės diagramos naudojamos gaminio matmenų analizėje, procesų pajėgumui nustatyti ir nuolatiniame procesų gerinime [5].

SPK teikiama nauda gamybai:

- numatoma priežiūra ir grįžtamasis ryšys norint kontroliuoti procesus;
- duodamas signalas kai atsiranda problema;
- aptinkamos galimos nukrypimų priežastys;
- tikrinama procesų kontrolė;
- sumažinami apžiūrų reikalavimai ir kt.

SPK galimybės:

- visų formų SPK kontrolės diagramos;
- parenkami matavimo matai;
- procesų ir mechanizmų pajėgumų analizė;
- procesų charakterizavimas;
- nukrypimų mažinimas;
- eksperimentinis projektavimas;
- kokybės problemų išsiaiškinimas ir išsprendimas;
- priežasčių ir padarinių (rezultatų) grafikai ir kt.

Įmonėse dažnai kuriami kokybės rateliai, kurie reguliariai susirenka aptarti kokybės problemų. Ratelio nariai specialiai mokomi, kad galėtų spręsti kokybės klausimus. Tačiau reikia atsiminti, kad nei statistiniai kontrolės metodai, nei kokybės būreliai, nei racionalizacinių pasiūlymų

skatinimo sistemos, nei programos ar bet kuri priemonė, vartojama atskirai neišspręs kokybės ir efektyvumo gerinimo problemų. Šioms problemoms spręsti reikia visų šių priemonių kartu [10].

Svarbų vaidmenį vaidina visų dirbančiųjų įtraukimas į kokybės valdymą, o pirmiausia neformalių grupių. Produkcijos kokybės valdymo klausimai yra aukščiausios valdžios prerogatyva. Organizacijos vadovas negali šio darbo perduoti niekam. Kokybės klausimai turi kompleksinį pobūdį, jie nagrinėjami visuose valdymo lygiuose ir visuose padaliniuose [10].

1.7 NAŠUMO SKAIČIAVIMAS

Našumas yra santykinis matavimo vienetas parodantis kaip gerai organizacija (ar individas, pramonė, šalis) paverčia išteklius (darbą, medžiagas, mašinas ir t.t.) į prekes ar paslaugas [4].

Norint sužinoti kaip įmonė efektyviai dirba, reikia skaičiuoti našumą. Našumo apskaičiavimui reikalingi matai gali būti labai įvairūs, todėl yra gana sudėtinga charakterizuoti patį našumą. Trumpai tariant, našumas yra produkcija padalinta iš sąnaudų (1 formulė). [12].

$$Našumas = \frac{Pagaminta\ produkcija}{Gamybos\ sąnaudos} \quad (1)$$

Pagaminta produkcija yra pagamintos produkcijos vertė arba gali būti perskaičiuota į kainų normą. Produkcija paprastai priimta laikyti grynąjį pardavimą. Į gamybos sąnaudas gali būti įtraukiami įvairūs dalykai, priklausomai nuo to kaip našumas yra skaičiuojamas. Įvairiose šalyse šiek tiek skiriasi našumo skaičiavimo metodikos, todėl toks tarptautinis nesuderinamumas šiek tiek komplikuoja tiksliai palyginti įvairių šalių ar netgi įmonių našumą. Vakarų šalyse našumas dažniausiai reiškia darbo našumą. Gamybos sąnaudos našumo formulėse reiškia arba tiesiogines darbo valandas, arba tiesioginio darbo kainą. Bet yra ir neatitikimas susijęs su darbo našumu kaip matu. Svarbiausias netikslumas yra tai, kad darbas sudaro tik apie 10 proc., vertės įdedamos į gaminamą produktą. Todėl darbo efektyvumas nebūtinai reikš, kad produkcija gaminama efektyviai. Neseniai buvo atrasta, kad padidinus darbo našumą, kai kuriais atvejais gali netgi sumažinti pelningumą, negu padidinti kaip buvo manoma iš pradžių. [12]

$$Našumas = \frac{Gamybos\ pajamos}{Darbo\ užmokestis\ už\ darbo\ valandas} \quad (2)$$

Yra daugybė našumo skaičiavimo būdų. Pavyzdžiui, Japonijoje galime rasti kelis našumo skaičiavimo būdus. Vienas kurių yra “įdėtos” į gaminį vertės našumas (3 formulė). Šio principo esmė yra gauti kaip galima didesnę vertę per gamybos procesą. [12].

$$Našumas = \frac{Gamybos pajamos}{Gamybos pajamos - Gamybos sanaudos} \quad (3)$$

Kitas populiarus našumo matas yra **Suminis Našumo Koeficientas** (SNK). SNK yra sudėtingesnis našumo matas, kadangi jį sudaro visi ištekliai įeinantys į gamybos procesą. Pavyzdžiui medžiagų kaina, mašinų (mechanizmų) kaina ir net pridėtinės išlaidos būna įtrauktos kartu su darbo kaina. SNK yra vertinamas kaip tiksliausias skaičiavimo metodas (4 formulė). [12].

$$Našumas = \frac{Gamybos pajamos}{Darbo + medžiagų + energijos + mašinų ir t.t. kaina} \quad (4)$$

Vienintelis neigiamas SNK aspektas yra tai, kad šis metodas reikalauja daug daugiau duomenų negu tradicinė matavimo sistema (pagaminta produkcija per darbo valandas). Konkrečiai, reikia detalizuoti apskaitos duomenis lemiančius kainos dalį [17].

Pastaruoju metu našumo matas žinomas kaip **Svarbiausių Išteklių Našumas** (SIN) (5 formulė), tampa vis populiariesnis, kadangi yra lengva jį išmatuoti. Pavyzdžiui, automobilių pramonėje nuo 7 iki 10 proc., įdėtos vertės sudaro darbas, o 50 – 60 proc., medžiagos. Vadinasi, medžiagos yra svarbiausias išteklis (dominuojantis komponentas) ir medžiagų našumas yra labiau reikšmingas negu darbo našumas (bendram našume) [12].

$$Našumas = \frac{Gamybos pajamos}{Svarbiausių išteklių kaina} \quad (5)$$

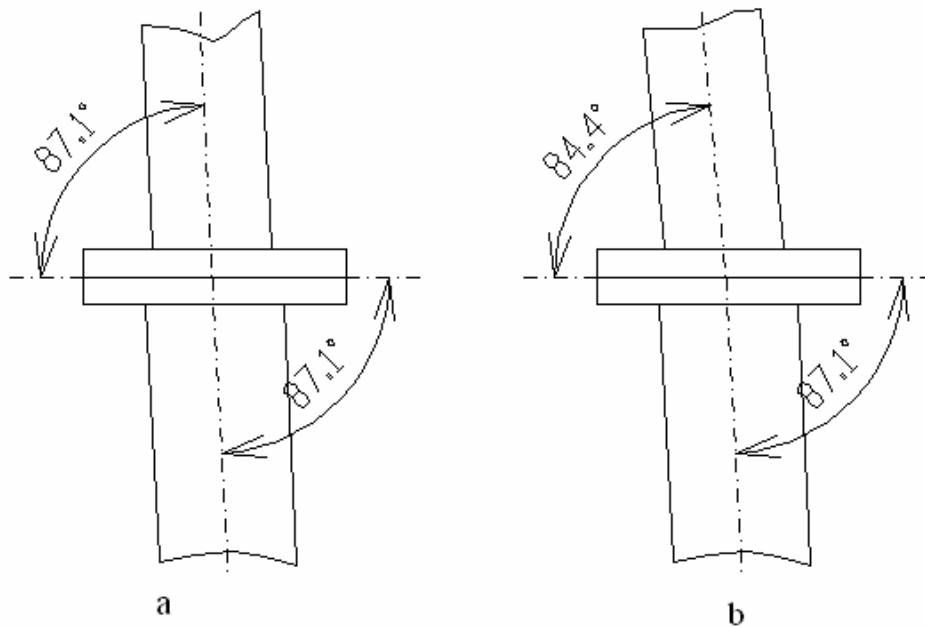
2. PROJEKTAVIMO NAŠUMO DIDINIMAS

2.1 PROTINGAS PROJEKTAVIMAS

Projektuotojas norintis padidinti savo darbo našumą turi stengtis, kad jo projektuojama konstrukcija būtų technologiška. Kad būtų patikima, bet kartu ir paprastai pagaminama, paprastai valdoma. Turi būti stengiamasi naudoti kuo daugiau standartinių detalių, unifikuotų mazgų, kad tą pačią detalę būtų galima panaudoti ir kituose gaminiuose.

Pateikime pavyzdį su ryšio antenų bokštais.

Viena didžiausių problemų iškyla, kai yra ne technologiškai suprojektuotas bokštas. Problema iškyla gaminant bokšto sekcijų suvirinimo konduktorius, kai kiekvienos sekcijos flanšai yra suprojektuoti skirtingu kampu su vamzdžiu (2.1 pav.).



2.1 pav. Bokšto vamzdžių sujungimo flanšai

a – technologiška; b – netechnologiška konstrukcija

Dėl šios priežasties tenka kiekvienai sekcijai projektuoti skirtingus suvirinimo konduktorius, kadangi skiriasi flanšo pasvirimo kampas. Todėl reikia stengtis vengti panašių klaidų, kurie sumažina darbo našumą, o taip pat padidina gaminio savikainą, darbo atlikimo laiką.

Technologiškumas, standartinės detalės, unifikuoti mazgai padidina projektavimo našumą, tačiau nepakankamai. Žymiai daugiau padidina našumą naujos projektavimo sistemos, tokios kaip 3D erdvinio modeliavimas.

2.2 PROGRAMINĖS ĮRANGOS INTEGRAVIMO AKTUALUMAS

Programinės įrangos integravimas automatizuoto kompiuterinio projektavimo srityje visada buvo ir yra labai svarbus. 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 sunkus uždavinys reikalauja gana tobulo tarpusavio projektavimo, valdymo, informacijos kaupimo sistemų integravimo. Tokių sistemų integravimą bando įgyvendinti visi programinės įrangos gamintojai. Pagrindiniu integravimo klausimu lieka standartų, reikalingų duomenų apsaugai, kūrimas ir palaikymas [13].

Pati naujausia programinė įranga, skirta spręsti inžinerinius uždavinius, kuriama bandant apjungti analizės metodus ir dirbtinį intelektą imituojančių programų galimybes. Savaime 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 [13].

2.3 KOMPIUTERINIO PROJEKTAVIMO SĄVOKOS SUPRATIMAS

Iš pradžių išsiaiškinkime kas yra tas kompiuterinis projektavimas.

Santrumpa CAD (Computer Aided Design) reiškia kompiuterinį projektavimą arba projektavimą, naudojant kompiuterį. Vyravo nuomonė, kad brėžinių atlikimas kompiuteriu ir yra kompiuterinis projektavimas. O daug kas iki šiol mano, kad CAD yra ne kas kita, kaip populiarė grafinės aplinkos programa AutoCAD'as [13].

Iš tikrųjų sąvoka CAD yra žymiai platesnė. Šiuolaikinis kompiuterinis projektavimas yra ištisa veiksmų seka prasidedanti nagrinėjamo objekto (detalės, statinio, inžinerinės sistemos) virtualios formos arba modelio sukūrimu, aprašant visus realiam objektui būdingus fizikinius parametrus (tankį, stiprį ir deformacines charakteristikas, šilumines konstantas ir t.t.), apibūdinant jo padėties sąlygas (atramas, kraštines sąlygas arba sąveiką su kitais objektais). Vėliau atliekama modelio elgsenos analizė realiose eksploatacinėse sąlygose - aprašomi įvairaus pobūdžio poveikiai (statinės ir dinaminės apkrovos, temperatūros ir drėgmės pokyčiai, vidinis slėgis ir t.t.). ir analizuojami gauti rezultatai (reakcijos, įrašos, įtempimai ir deformuotas būvis). Šios analizės pagrindu priimami konstrukciniai sprendimai, atliekamas projektavimas, optimalių sprendimų paieška. Kitu žingsniu gauti rezultatai pateikiami įprastine techninės dokumentacijos forma - generuojami brėžiniai, atliekamas mazgų ir elementų detalizavimas, sudaromos specifikacijos ir sąmatos. Kai kuriose inžinerinio projektavimo srityse, pvz. mašinų gamyboje, ši grandinė pasipildo dar vienu etapu: gamybos proceso modeliavimu, projektavimu ir valdymu. Taigi, šiuolaikinės

kompiuterinės technologijos dar projektavimo stadijoje suteikia galimybę, su virtualiu modeliu elgtis kaip su realiu objektu ir imituoti įvairiausias "gyvenimiškas" situacijas, matyti rezultatą, nuolat turėti atsakymą į klausimą: "o kas, jeigu?". Tai leidžia daryti teisingus techninius sprendimus siekiant optimalaus rezultato [13].

Šiandien CAD santrumpa jau neatspindi šiuolaikinio kompiuterinio projektavimo, inžinerinių sistemų ir gamybos procesų valdymo galimybių visumos. Atsirado dar smulkesnis suskirstymas: CAE (Computer Aided Engineering), CAM (Computer Aided Manufacturing), AEC (Architecture Engineering Construction), GIS (Geographic Information Systems) ir t.t. [13].

2.4 PROJEKTAVIMO NAŠUMO DIDINIMO YPATUMAI

Norint padidinti projektavimo našumą reikia neišvengiamai keisti arba bent jau tobulinti esamas projektavimo sistemas. Kadaisė 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. Taip pat paspartėjo bendradarbiavimas tarp įmonių. Elektroninio pašto pagalba brėžiniai gali būti tuoj pat perduodami, kad ir į kitą pasaulio kraštą. Dvi toli viena nuo kitos esančios įmonės gali realiu laiku derinti projektą, konstrukcinius sprendimus ir keistis brėžiniais. Viso to dėka, ženkliai sumažėjo projektavimo sąnaudos.

Šiandien tobulindami produkto projektavimo ir kūrimo procesus vis daugiau gamintojų prieina išvados, kad perėjimas nuo 2D (dvimačio) kompiuterizuoto projektavimo prie 3D erdvinio modeliavimo sistemų yra labai svarbus norint sėkmingai konkuruoti rinkoje [7].

2.5 ERDVINIO PROJEKTAVIMO PRANAŠUMAI

Iki šiol daugumos projektavimo ir gamybos procesų pagrindas buvo 2D CAD sistemos, tačiau spartus kompiuterinės įrangos tobulėjimas ir galingos, bet paprastos naudoti 3D CAD programinės įrangos sukūrimas sudarė prielaidas dar labiau pagerinti produkto kokybę ir sutrumpinti laikotarpį, per kurį produktai turi pasiekti rinką [7].

Naudojant erdvinį modeliavimą galima ženkliai padidinti projektavimo našumą, o dėl to gali ženkliai išaugti įmonės konkurencingumas. Todėl vis daugiau kompanijų projektuodamos mechanines sistemas, naudoja nebe 2D CAD, o erdvinio modeliavimo sistemas. Erdvinis modeliavimas sutrumpina projektavimo ciklą ir supaprastina gamybos procesus, įdiegus tokią sistemą bus efektyvesnis bendradarbiavimas tiek tarp ją vartojančios organizacijos padalinių, tiek ryšiai tarp tiekėjo, gamintojo ir jo produkcijos pirkėjų bei vartotojų. Greičiau pateikus rinkai

aukštesnės kokybės produktus juntamos didesnės finansinės įplaukos, o sumažėjusios projektavimo išlaidos didina pelno maržą [7].

2.6 2D CAD problemų sprendimas

Dabartinė 3D CAD programinės įrangos karta pasižymi labai svarbiais privalumais, kurie padeda šalinti kliūtis, dėl kurių naudojant 2D CAD pailgėja projektavimo ciklas ir padidėja konstravimo bei gamybos išlaidos. Padėjęs išspręsti pagrindines 2D sistemų problemas erdvinis modeliavimas leidžia padidinti našumą ir kokybę, o tai ypač svarbu gamintojams siekiant laimėti konkurencinėje kovoje. CAD modelis iš esmės yra inžinieriaus sukurtas konstruojamo objekto kompiuterinis atitikmuo, pagal kurį galima spręsti tiek apie patį konstruojamą objektą, tiek ir apie inžinieriaus kūrybiškumą bei kvalifikaciją. Naudodami 2D CAD inžinieriai ar gamybinis personalas konstruojamą mechaninę sistemą, kuri dauguma atvejų yra trimatė, turi suvokti pagal „plokščiuose“ (2D) brėžiniuose pateikiamą informaciją.

Kartais interpretuojant 2D brėžinius kuriama mechaninė sistema suvokiama neadekvačiai, todėl tenka gaišti laiką ir eikvoti lėšas klaidoms ištaisyti. Erdvinio modeliavimo atveju daugumos tokių klaidų išvengiama be didesnių pastangų [7].



2.2 pav. Erdvinis modelis [7]

Toliau, detaliau išnagrinėsime iškilusias problemas 2D CAD sistemoje ir kaip to galima išvengti naudojant 3D erdvinį projektavimą. Žemiau pateikta 10 punktų įrodančių, kad erdvinis projektavimas yra pranašesnis už dvimatį [7].

1. Surenkamumas ir tolerancijų įvertinimas

Naudojant 2D CAD iš keleto dalių ar surinkimo vienetų sudarytoms konstrukcijoms modeliuoti labai sunku pastebėti surenkamumo ir tolerancijos problemas, nes pagal atskirų konstrukciją sudarančių elementų ar net surinkimo vieneto 2D brėžinius, kuriuose matyti tik konstrukcijos dalių projekcijų kontūrai ir matmenys bei tarpusavio padėtis, projektuotojams dažnai sunku suvokti, kaip iš tikrųjų dera 3D konstrukciją sudarantys elementai. Labai dažnai dėl šios priežasties iškyla surenkamumo ir tolerancijų įvertinimo problemų, kurios išaiškėja tik vėlesniame projektavimo etape, kai joms pašalinti prireikia daug laiko ir lėšų.

Naudodamas erdvinio modeliavimo programinę įrangą minėtas problemas projektuotojas gali įvertinti ir tinkamai išspręsti jau pradiniam projektavimo etape [7]. 2.2 paveikslėlyje pavaizduotas erdvinis modelis tą puikiai įrodo. Jau projektavimo stadijoje galime įsitikinti kaip dera detalės (ar nekliūva viena už kitos ir pan.). Tas ypač naudinga projektuojant sudėtingus mazgus.

2. Didelių ir sudėtingų surinkimo vienetų modeliavimas

Kai projektuojamą konstrukciją sudaro keli sudėtiniai mazgai, suformuoti iš šimtų ar tūkstančių elementų, darbas naudojant 2D projektavimo technologijas tampa labai sunkus ir varginantis. Ypač daug laiko atima daugybės brėžinių tvarkymas. Naudojant erdvinio modeliavimo programinę įrangą tokių surinkimo vienetų konstravimo, brėžinių bei gamybos ruošimo procesai reikalauja kur kas mažiau sąnaudų bei yra lengviau vykdomi [7].

Taip pat projektavimo procese naudojant 2D CAD dažnai tenka gaminti bandomąjį gaminio pavyzdį, kad būtų galima pamatyti, kaip jis atrodys iš tikrųjų, kaip judės erdvėje jo judančiosios dalys, ar jos nesusikerta, nekliudo viena kitai, ar užtikrinami reikiami atstumai tarp komponentų. Naudojant erdvinio projektavimo įrangą tą patį galima atlikti kompiuteriu, taupant laiką ir mažinant sąnaudas.

3. Projektavimo klaidos ir jų taisymas

Naudojant 2D modeliavimą dažnai sunku išvengti ilgo, daug pastangų reikalaujančio klaidų taisymo proceso, kurio metu taip pat labai lengva suklysti. Tikrintojai praleidžia daugybę valandų prie brėžinių analizuodami matmenų suderinamumą ir tolerancijas [7].

Klaidų taisymas reikalauja daug brangaus laiko, nes projektuotojas jas turi ištaisyti, o paskui vėl brėžiniai pateikiami tikrintojui, kad juos patvirtintų. Kai naudojama erdvinio projektavimo įranga, klaidas patikrinti ir net jų išvengti būna kur kas lengviau, nes konstruktorius jau projektuodamas įvertina surenkamumo ir tolerancijų reikalavimus [7].

4. Greitas brėžinių kūrimas

Brėžinio kūrimas gali gerokai užtrukti ir ženkliai padidinti projekto kainą, ypač, kai projektuojamos įmantrios formos detalės ar sudėtingi mazgai. 2D modeliavimo proceso metu konstruktorius paprastai sukuria konstrukcijos bei jos elementų projekcinius vaizdus [7]. Prireikus papildomų projekcijų, kirtimų, junginio vaizdų ir pan., konstruktorius turi juos sukurti ir nubraižyti iš naujo. Tuo tarpu erdvinio projektavimo specialistai detalių ar surinkimo vienetų projekcinius vaizdus sukuria kur kas greičiau detalių bei surinkimo vienetų erdvinių kompiuterinių modelių pagrindu [7].

5. Greitas ir paprastas projekto keitimas

Projekto keitimas 2D sistemoje – nuobodus ir varginantis, daug laiko užimantis procesas. Daugeliui konstrukcijų ir net jų detalių išsamiai aprašyti reikalingas ne vienas brėžinys su keliomis pagrindinėmis projekcijomis ir įvairiausiais papildomais vaizdais. Vos vienos konstrukcijos dalies pakeitimas paprastai turi įtakos keliems vieno ar net kelių brėžinių vaizdams, todėl projektuotojas juos visus turi pakeisti, perbraižyti. Dėl šios priežasties tenka dar kartą tikrinti brėžinius, o tai susiję su papildomomis sąnaudomis. Naudojant erdvinio modeliavimo sistemas, pakeitus konstrukcijos erdvinį modelį, visi su projektu susiję brėžiniai ir vaizdai pakeičiami automatiškai [7].

6. Panašios konstrukcijos gaminių grupių modeliavimas

Daugelyje įmonių gaminama keletas panašios konstrukcijos gaminių, daugiau ar mažiau besiskiriančių dydžiu, matmenimis ar svoriu. Naudojant 2D CAD beveik neįmanoma greitai sukurti keleto tokių nedaug besiskiriančių gaminių modelių, nes kiekvieną gaminį reikia projektuoti atskirai, vadinasi, reikia daugiau laiko. Tuo tarpu 3D CAD sistemos leidžia projektuotojui vieno gaminio kompiuterinio modelio pagrindu greitai ir paprastai jį modifikuojant sukurti keletą viso tokio gaminio variantų, besiskiriančių nuo pradinio jį sudarančiais elementais, jų skaičiumi ar kitomis savybėmis [7].

7. CAD duomenų naudojimas kitoms funkcijoms

Projektavimo metu 2D darbo brėžiniuose kaupiama informacija mažai tinka kitoms inžinerijos ir gamybos funkcijoms, pavyzdžiui, konstrukcijos ar jos elementų stiprumo analizei atlikti, gamybos technologinių procesų parametrų parinkti, skaitmeninio valdymo įrengimų programoms sudaryti. Čia reikalingi 3D projektavimo duomenys, kuriuos tenka sukurti 2D duomenų pagrindu, o tai susiję su papildomomis laiko sąnaudomis bei išlaidomis.

Naudojant 3D CAD, pirminis erdvinis modelis gali būti naudojamas visoms minėtoms funkcijoms [7].

8. *Analizės trukmės mažinimas*

Kuriamos konstrukcijos stiprumo ar pan. analizei atlikti šiuolaikiškais skaitiniais metodais, pavyzdžiui, baigtinių elementų, dauguma atvejų būtinas visos konstrukcijos 3D kompiuterinis modelis. Tokiu atveju projektavimui naudojant 2D CAD tenka papildomai kurti ir trimačius konstrukcijos modelius, todėl dažnai atsisakoma atlikti detalią visos konstrukcijos analizę, vietoje to apskaičiuojant tik jos atskirų dalių stiprumą, nors visos konstrukcijos analizė gali daug efektyviau padėti projektuotojams optimizuoti projektus didinant gaminio patikimumą, mažinant medžiagų sąnaudas ir su tuo susijusias išlaidas. Kai gamintojai siekia pasinaudoti tokios analizės teikiamais privalumais, gaminio išleidimo ciklas pailgėja, nes iškyla būtinybė sukurti projekto 3D modelį, reikalingą baigtinių elementų modeliui sukurti.

Naudojant 3D CAD, projekto inžinerinę analizę galima atlikti remiantis pirminiu erdvinio modeliu, dėl ko sumažėja šio gaminio kūrimo etapo trukmė. Kai kurie įrankiai tokiai analizei atlikti jau būna įdiegti 3D modeliavimo sistemose [7].

9. *Gamybos ciklo trumpinimas*

Būdinga 2D modeliavimo ypatybė yra tai, kad pradiniam projektavimo etape sukurtas būsimo gaminio modelis negali būti tiesiogiai, be pakeitimų panaudotas kituose jo projektavimo, gamybos ar tobulinimo etapuose, nes daugumai jų, pavyzdžiui, inžinerinei analizei, prototipų kūrimui, stereolitografiniai informacijai gauti, gamybos procesų technologiniams ir kt. parametrų parinkti reikalinga 3D erdvinė geometrija, todėl kaskart tenka gaišti laiką vis naujai apdorojant ir paruošiant turimą 2D informaciją, todėl projektavimo ir gamybos procesas be reikalo pailgėja. Naudojant 3D CAD visų šių problemų išvengiama, nes visa reikiama informacija nesunkiai gaunama iš pirminio erdvinio modelio, dėl ko paspartėja gamyba ir sutrumpėja laikas, per kurį produktas pasiekia rinką [7].

10. Galiausiai erdvinį modelį pateikus klientui, jam nebereikės įsivaizduoti kaip atrodys jo norimas gaminys. Tą patį, 3D CAD sistemomis sukurtą gaminio vaizdą galima pateikti prezentacijose, reklaminiuose bukletuose ir kitur, kaip vaizdinę priemonę.

2.7 NAŠUMO DIDINIMO PRIEMONĖS

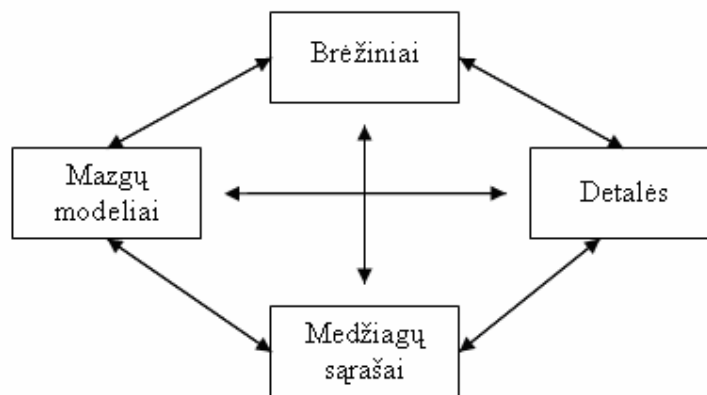
2.7.1 3D CAD sistemų įdiegimas

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 [8]. Atsižvelgiant į šiuos veiksnius, organizacijos turi pasirinkti labiausiai jų poreikius atitinkantį paketą, o perėjimas nuo 2D prie 3D turi būti sklandus.

Savaime suprantama, kad erdvinio modeliavimo sistema turi gerokai pranokti 2D paketus, ypač kai kalbama apie kreives, derinius, apvadus ir kitus unikalius projekto ypatumus. Kai kurios 3D sistemos yra pranašesnės už kitas [8].

2.7.2 Dvikryptis asociatyvumas ir parametrinis projektavimas

Dvikryptis asociatyvumas ir parametrinis projektavimas yra labai svarbūs elementai, kuriuos reikėtų įvertinti pereinant nuo 2D prie 3D. Dvikryptis asociatyvumas užtikrina, kad visi modelio elementai būtų susieti ir sujungti. Pavyzdžiui, mazgų modeliai, brėžiniai, detalės ir medžiagų sąrašai turėtų būti susieti abejomis kryptimis (2.3 pav.).



2.3 pav. Dvikryptis asociatyvumas

Tuomet keičiant bet kurį iš šių informacinių elementų, jie automatiškai keičiami visose rinkmenose. Pavyzdžiui, detalių junginyje pakeičiami kokie nors parametrai (ilgis, plotis ir pan.) automatiškai pakeičiami matmenys ir atskirų detalių brėžiniuose. Siekiant visiškai išnaudoti 3D sistemos teikiamus privalumus, labai svarbus yra parametrinio projektavimo funkcionalumas.

Kuriant modelį 3D pakete, visi ypatumai ir matmenys turėtų būti saugomi kaip projekto parametrai, nes tai leidžia projektuotojams žaibiškai atlikti pakeitimus, tiesiog pakeičiant parametro vertę. Modelis automatiškai atnaujinamas pagal naujai įvestą vertę, o visos kitos modelio charakteristikos ir matmenys, kuriems įtakos turi ši kaita, taip pat pakoreguojami. Tuo tarpu 2D sistemoje visas projektas keičiamas rankiniu būdu. Taigi įvertinus, ar 3D paketai yra asociatyvūs abiem kryptimis, galima išvengti nuobodaus klaidų tikrinimo proceso ir būti tikriems, kad nieko nebus praleista atlikus tam tikrus pakeitimus projektavimo eigoje [8].

2.7.3 Duomenų valdymas ir jų panaudojimas atskiroms funkcijoms

Daugelis gaminių kūrimo organizacijų atidėlioja perėjimą prie 3D erdvinio modeliavimo, nes abejoja dėl didelio kiekio jau turimų 2D duomenų ir kuriais projektuotojai dažnai naudojasi kurdami naujus produktus. Turimų duomenų formatai gali būti įvairūs, įskaitant 2D ir 3D CAD failus. Pereidami prie 3D, gamintojai turi apsvarstyti, kaip jie pasieks turimus duomenis ir jais naudosis, bei ieškoti erdvinio modeliavimo sistemos, turinčios efektyvias duomenų formatų interpretacijos bei 2D ir kitų formų turimų duomenų perkėlimo į 3D erdvinius modelius priemones.

Gamintojas turėtų įvertinti, ar pasirinkta erdvinės geometrijos sistema gali derėti su kitomis projektavimo ir gamybos funkcijomis, tokiomis kaip mašininis apdorojimas, prototipo kūrimas, analizė, surinkimas ir dokumentacijos ruošimas. Kai projektuotojas sukuria 3D modelį, geometrinė sistema viso gamybos proceso metu turėtų leisti produkto kūrimo grupėms dirbti savarankiškai be būtinybės atkurti, iš naujo modeliuoti ar perbraižyti [8].

Paprastai projektą sudaro mazgai ir mazgų deriniai, bei atskiros dalys. Todėl yra būtina, kad 3D sistema leistų su vienu mazgu dirbti keliems projektuotojams.

2.7.4 3D CAD sistemų naudojimas

Erdvinio modeliavimo programa turi būti paprasta naudoti. Ji turi būti pakankamai „intuityvi“, kad projektuotojas greitai ją perprastų. Būtina atkreipti dėmesį, ar lengva pakartotinai naudoti projekto duomenis ar automatizuoti pasikartojančias užduotis, ar projektavimo įranga turi atvirą sąsają tarp programinės ir techninės įrangos (API), kad būtų galima individualizuoti tam tikras funkcijas. Projektuotojas turėtų per dieną ar dvi išmokti naudotis erdvinio projektavimo programa, o po kelių savaičių, bet ne mėnesių, tapti profesionaliu vartotoju. Taip pat - renkant 3D CAD programas reikia atsižvelgti į integraciją su darbalaukio darbo našumo programomis. Erdvinio projektavimo programos turėtų būti integruotos ir palaikyti darbalaukio darbo našumo programų naudojimą. Modelių ir brėžinių vaizdus turėtų būti paprasta įkelti į Microsoft Office dokumentus,

taip pat PowerPoint programa ruošiamas prezentacijos. Projekto duomenys turėtų būti lengvai perkelti į Excel programos lentelę [8].

Nemažai svarbus ir 3D CAD programos lankstumas ir galimybė automatiškai atlikti kai kurias funkcijas. Nors dauguma 3D CAD sistemų palengvina darbą su dideliais, sudėtingais mazgais, reikėtų įvertinti, ar sistema leidžia greitai ir paprastai automatiškai konfigūruoti mazgų variantus. Gamintojai, kurie gamina produktų grupes ir skirtingų dydžių, matmenų, svorių ir pajėgumų produktus, gali pasinaudoti programos lankstumo teikiamais privalumais, leidžiančiais greitai ir paprastai automatiškai atlikti mazgo variantų konfigūravimą. Užuoat kūrę atskirus mazgo variantus, gamintojai turėtų pasinaudoti erdvinio modeliavimo sistemomis, kurios leidžia automatiškai sukurti išvestinius produktus ar produktų grupes [8].

2.7.5 Kliento ir įrangos tiekėjo bendradarbiavimas

Pereidami prie 3D gamintojai turi įvertinti CAD sistemą siūlančios įmonės dydį, padėti pramonėje, klientams teikiamą pagalbą ir ateities viziją. Kompanija turi būti finansiškai patikima ir pakankamai stipri, kad ir toliau tęstų aktyvią plėtrą ir tiriamąjį darbą, t.y. nuolat tobulintų savo programas ir pan. 3D CAD programinė įranga turėtų būti plačiai naudojama ir išbandyta toje pramonės srityje, kurioje gamintojas plėtoja savo veiklą. Taip pat būtina įvertinti, kiek programinės įrangos vienetų reikia įsigyti ir naudoti. Ne mažiau svarbu yra įvertinti ne tik erdvinio modeliavimo sistemą, bet ir CAD tiekėją, jo specializaciją ir galimybes.

Pereidami prie 3D, gamintojai turi apsisvarstyti, ar 3D CAD sistema palaiko ir palengvina informacijos perdavimą tarp įrangos tiekėjų ir klientų. Ar paketas leidžia perkelti įprastų formatų duomenis, pavyzdžiui, DWG, DXF™, IGES®, STL ir STEP? Ar erdvinio projektavimo sistema suderinama su kitomis CAD sistemomis? Ar programinė įranga turi priemones informacijos perdavimui internetu, palengvinančias sąveiką tarp įrangos tiekėjų ir klientų?

Be pagrindinio erdvinio mechanizmo modeliavimo funkcionalumo gamintojai taip pat turėtų apsisvarstyti, ar 3D CAD paketas pasižymi ypatumais, kurie atitiktų specifinius įmonės poreikius.

Pasirinkdami 3D CAD paketą, reikia atsižvelgti, ar jis turi internetinės komunikacijos priemones, leidžiančias įrangos tiekėjams ir klientams dalintis projektavimo duomenimis, bendradarbiauti su kolegomis ir partneriais. Programinės įrangos dalimi turėtų būti priemonės, skirtos operatyviai išsiųsti projekto duomenis elektroniniu paštu bei kurti internetinės svetainės su erdviniais kūnais [8].

3. GAMYBOS YPATUMAI SIEKiant AUKŠTESNIO NAŠUMO

3.1 NAUJŲ TECHNOLOGIJŲ DIEGIMAS

Norint pakelti pačios gamybos našumą, įmonėje reikia sukurti naują gamybos aplinką. Tai reiškia, naujų technologijų, naujos technikos įdiegimą ir įsisavinimą. Tačiau neužtenka tik nupirkti naujus įrengimus. Atitinkamai reikia paruošti ir darbuotojus su ta technika dirbti. Juk negalima naujus įrengimus priversti dirbti kaip senus, t.y. naujoje darbo aplinkoje dirbti senoviškai. [2]. Darbuotojai taip pat turi būti aukštos kvalifikacijos.

Šiuolaikinė, moderni mechaninių komponentų gamybos įmonė turi būti įsisavinusi šiuolaikines medžiagų pjovimo sistemas (lazeriu, plazma, vandeniu), modernius apdirbimo centrus, įvairias lankstymo, kirtimo, šampavimo stakles ir t.t.

Įmonė įsigydama šias technologijas turi atsižvelgti ne tik į staklių galimybes, bet ir staklių gamintojų suteikiamą servisą, papildomą įrangą.

3.2 RUOŠINIŲ APDIRBIMO TECHNOLOGIJOS

Dauguma Lietuvos įmonių specializuojasi tradicinių technologijų mažos pridėtinės vertės gamyboje, todėl populiariausios yra įvairios metalo lakštų kirtimo, lankstymo staklės, lazerio pjovimo sistemos. Taip pat įvairaus lygio ir kokybės apdirbimo centrai ir kitos staklės.

Toliau plačiau apžvelgsime naujausias medžiagų pjovimo technologijas. Kadangi nuo ruošinių atpjovimo, atkirtimo ir prasideda visas gamybos kelias.

Pjovimas plazma – tai našus, pigus ir pakankamai tikslus pjovimo būdas, ypač tinkantis apdirbti plieną bei aliuminį [14]. Plieno ar aliuminio lakštai gali būti pjaustomi po vandeniu, kuris užtikrina lygumą. Pagrindiniai tokio pjovimo minusai yra terminis poveikis pjūvio vietoje ir didesnis pjūvio kūgiškumas, lyginant su pjovimu vandens abrazyvo srove. Tačiau yra pakankamai maža kaina ir didelis pjovimo greitis [14]. Maksimalus pjovimo storis 40 mm, tikslumas - +/-0,5 mm.

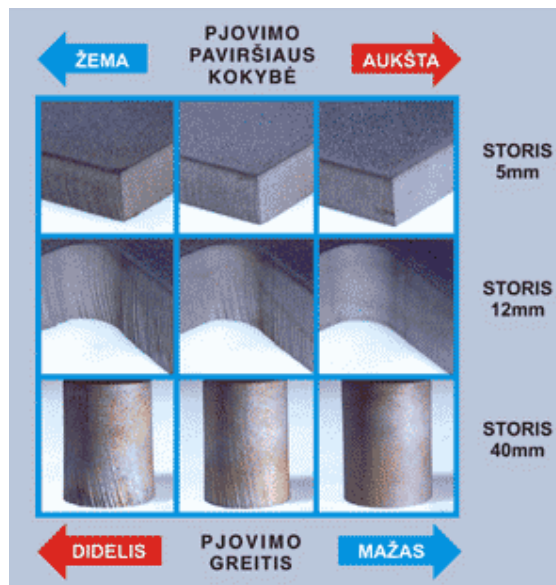
Pjovimas dujomis naudojamas didele sparta, aukštu tikslumu ir žema kaina pjauti ypač storus plieno lakštus [14]. Tai taip pat pigus pjovimo būdas. Pagrindiniai minusai: terminis poveikis pjūvio vietoje, ilgas papildomo įsipjovimo laikas, maksimalus storis – 130mm, tikslumas +/-0,5mm.

Abrazyvine vandens srove galima pjauti beveik visas medžiagas – tai plienai, spalvotieji metalai, kietlydiniai, lydiniai, bimetalai, akmuo, keramika, stiklas (išskyrus grūdintą stiklą), medis, fanera, medžio drožlių plokštė. Pjaunant vandens srove nėra karščio paveiktos zonos, savaiminio užsigrūdinimo, plastinės deformacijos. Nėra dulkių ir dūmų. Daugeliui medžiagų didelis pjovimo

greitis. Pjovimo procesas vyksta maksimaliai pastoviu greičiu, išlaikomas pastovus pjūvio kampas, išlieka nepakitusi medžiagos struktūra ir tai atliekama +/- 0,05 mm tikslumu nepriklausomai nuo medžiagos storio (iki 200 mm) [14]. Abrazyvine vandens srove atpjautų medžiagų paviršiaus kokybės priklausomybė nuo pjovimo greičio pateikta 3.2 paveiksle.



3.1 pav. Detalių pavyzdžiai [14]



3.2 pav. Pjovimo paviršiaus kokybės pavyzdžiai [14]

Pjovimas lazeriu, dėl riboto galingumo ir sudėtingo fokusavimo pjauna ribotą medžiagos storį: plieną iki 25 mm, nerūdijantį plieną iki 12 mm. Didelis pjovimo greitis, siauras pjūvis, visi kompiuterinio valdymo privalumai. Tačiau negali pjauti legiruotų plienų [11].

Iš čia paminėtų pjovimo būdų universaliausias, sparčiausiai besivystantis ir labai efektyvus mažinant gamybos kaštus yra pjovimas vandens abrazyvine srove.

Norėdami išsirinkti tinkamiausią pjovimo būdą, reikia atsižvelgti ir į pjovimo charakteristikas. Tam reikia palyginti skirtingus pjovimo metodus (3.1 lentelė).

Skirtingų pjovimo metodų palyginimas [20]

Kriterijus	Vandens srove	Lazerinis	Plazminis	Dujinis
Medžiagos storis	++	-	+	++
Medžiagų įvairovė	++	+	-	--
Pjovimo kokybė	+	+	-	-
Pjovimo greitis	+	++	+	+
Universalumas	++	--	+	-
Pjovimo tikslumas	++*	+	-	--
Detalių užbaigtumas	+	-	-	--
Saugumas aplinkai	+	-	-	--
Lankstumas	++	+	--	-
Bendras mašininio apdorojimo laikas	+	+	-	-

čia: (++) Labai gerai

(+) Gerai

(-) Patenkinamai

(--) Blogai

* su *FLOW Dynamic Waterjet* technologija

Renkantis įvairias stakles reikia atsižvelgti į daug faktorių ir pasirinkti priimtinausią variantą. Norint tai atlikti reikia palyginti įvairių apdirbimo būdų, įvairias stakles ir t.t.

Skirtingų pjovimo būdų staklių palyginimas

	Pjaunamos medžiagos	Stalo gabaritai, mm.	Pjovimo galvučių skaičius	Maksimalus pjovimo storis, mm.	Pozicionavimo tikslumas, mm	Pjovimo tikslumas, mm.
Vandens abrazyvo srovės staklės	Visos, išskyrus grūdintą stiklą	3000x3000	2	200	+/-0,1	+/-0,2
Plazminio pjovimo staklės	Plienas, nerūdijantis plienas, aliuminis	3000x13000	1	40	+/-0,1	+/-0,5
Dujinio pjovimo staklės	Plienas	3000x13000	1	130	+/-0,1	+/-0,5
Lazerinio pjovimo staklės	Plienas, nerūdijantis plienas	-	-	25	+/-0,1	+/-0,5

Beabejos galimi ir kiti metalo atpjovimo būdai. Tokie kaip mechaninis lakštų kirtimas ir panašiai. Priklausomai nuo vykdomos gamybos tokios technologijos tai pat turi būti vystomos, plėtojamos. Renkantis stakles reikia atsižvelgti ne tik į konkrečias charakteristikas, beabejos visa tai

reikia derinti su pjovimo būdų, staklių kaina. Reikia atsižvelgti ar greitai atsipirks vienos ar kitos staklės. Ir tik visa tai įvertinus išsirinkti priimtinausią būdą.

Panašius parinkimo būdus, lenteles galima sudaryti ir kitų rūšių staklių rinkimuisi. Pasirenkant stakles, apdirbimo būdą ir panašiai, reikia atkreipti dėmesį ir į ateities perspektyvas, galimas konkrečių apdirbimo būdų tobulėjimo tendencijas.

3.3 GAMYBOS SĄNAUDŲ MAŽINIMAS

Norėdami pakelti įmonės našumą, neišvengiamai turime mažinti gamybos sąnaudas.

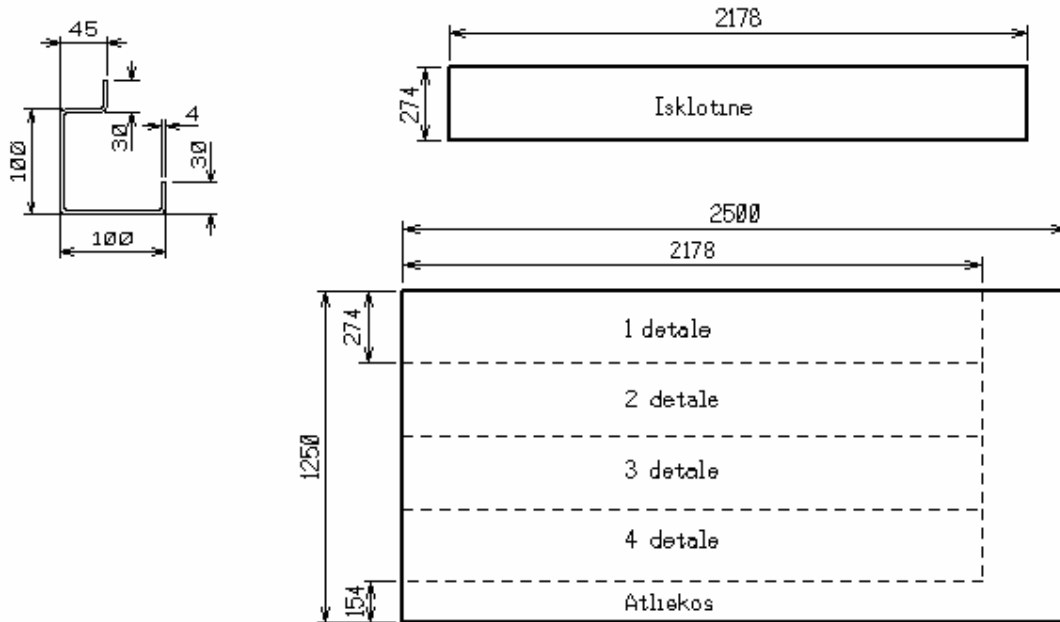
Gamybos sąnaudos susideda iš:

- medžiagų (reikalingų gamybai) sąnaudų;
- darbo sąnaudų;
- bei pridėtinių sąnaudų.

Taigi, norėdami sumažinti gamybos sąnaudas galima mažinti kiekvieną iš šių dedamųjų. Optimaliausias variantas gaunamas jei pavyksta sumažinti visas tris gamybos sąnaudų dedamąsias. Didžiausią reikšmę, gamybos sąnaudų mažinime turi medžiagos, o po to darbas. Kadangi medžiagų sąnaudos sudaro 65 - 75% visų sąnaudų, o darbo sąnaudos tik apie 15%.

Mažinti medžiagų sąnaudas reikia pradėti nuo projektavimo stadijos. Konstruktorius, projektuodamas gaminį turi išspręsti ne tik gaminio konstruktyvinius klausimus, bet ir visą laiką stengtis mažinti tiek medžiagų, tiek ir darbo sąnaudas. Tai yra, turi stengtis, kad kuo mažiau medžiagų nueitų į atliekas. Paimkime pavyzdį iš jau minėto konteinerio – namelio. Konteinerio rėmo profiliai gaminami iš 3 – 4 mm (priklausomai nuo užsakovo reikalavimų) plieno lakštų.

Taigi, norėdami sumažinti medžiagų sąnaudas reikia taip parinkti profilių matmenis, kad juos atkirtus iš lakšto, atliekos būtų minimalios (3.3 pav.). Beabejo vien tik tuo vadovautis neužtenka. Profiliai turi atitikti ir stipruminius reikalavimus.



3.3 pav. Konteinerio rėmo profilių išklotinės

Likusias atliekas reikia panaudoti maksimaliai. Iš jų galima gaminti smulkias detales. Tai įvairius laikiklius, prispaudėjus ir panašiai.

Taip pat reikia atsižvelgti ir į detalės tam tikrų matmenų (storio, ilgio ir t.t.) tikslumą. Pavyzdžiui, ar tikrai mums reikalingi profiliai iš 4 mm lakšto. Galbūt užtenka ir iš 3 mm. Gaminant atsakingas konstrukcijas (pvz., ryšių stiebus, bokštus) šiuos klausimus tikslinga spręsti konstrukcijos kompiuterinės analizės būdais (pvz., baigtinių elementų metodas ir kt.).

Nors darbo sąnaudos sudaro tik apie 15% visų sąnaudų, tačiau jas taip pat būtina mažinti. Vienas iš būdų mažinti darbo sąnaudas yra kiek galima supaprastinti operacijas, aišku jei tai įmanoma. Tuomet sutrumpės operacijos laikas. Pavyzdžiui, kertant skyles metalo kirtimo staklėmis, būtina visas skyles parinkti pagal esamus įrankius. Nes jei bus parinktos ne standartinės skylės, jos bus kertamos standartiniu įrankiu per kelis kartus, o tai labai pailgina operacijos laiką.

Visa tai reziumuojant galima paminėti tokias projektuotojo pareigas.

Projektuotojas turi:

1. Parinkti optimaliausias (fizinėmis savybėmis, tikslumu konkrečiai konstrukcijai, kainos atžvilgiu ir t.t.) medžiagas;
2. Parinkti detalių optimaliausius matmenis;
3. Stengtis mažinti atliekas;
4. Stengtis mažinti operacijų skaičių. Jas supaprastinti.

3.4 GAMINIŲ KLASIFIKAVIMAS

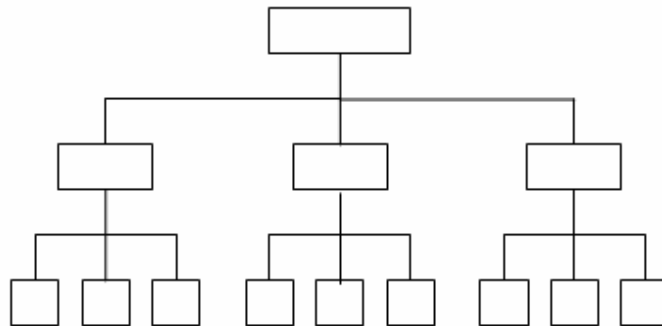
Tiek gamyboje, tiek ir projektavime labai palengvina, o kartu ir padidina našumą gaminių klasifikavimas. Klasifikuoti reikia visas gaminius, juos sudarančias detales, jų konstrukcinius elementus.

Pirminėje 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 [1].

Gaminio klasė

Panašūs gaminiai

Konkretūs gaminiai



3.4 pav. Hierarchinis (daugialaipsnis) produkcijos planavimas [1]

Klasifikavimas bus tuo tikslesnis, kuo daugiau klasifikavimo požymių naudojama. Todėl gaminiai ir suskirstomi, suklasifikuojami į keletą grupių. Pradedant nuo stambesnių grupių gaminytis suskaidomas į panašius gaminius, šie dar smulkiai suskirstomi pagal jiems būdinga technologinį procesą, pagal panašias ar tokias pačias detales, elementus.

4. PRAKTINĖ DALIS

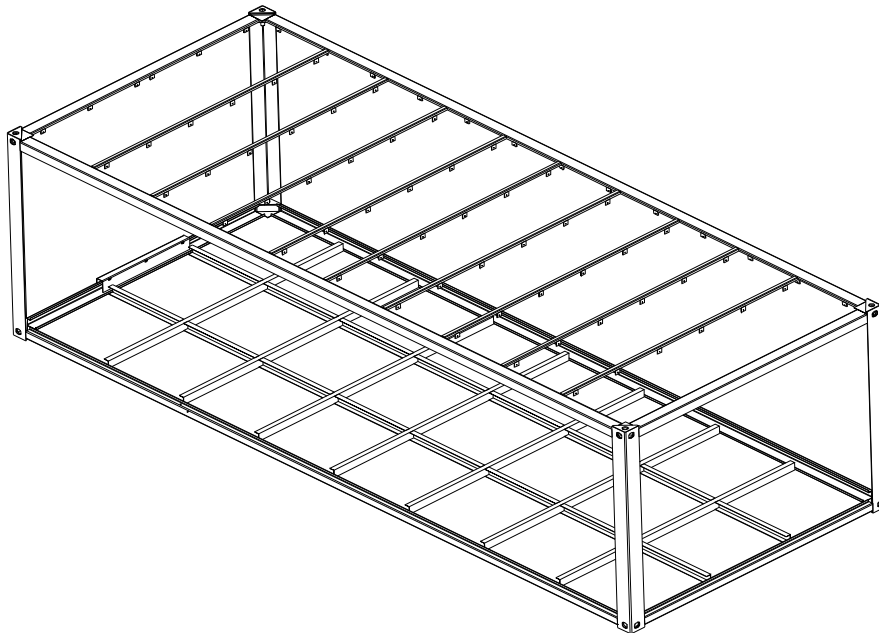
Šioje dalyje pabandysime panagrinėti našumo didinimo problemas su konkrečiais pavyzdžiais. Lyginamuoju pavyzdžiu priimsime gyvenamuosius konteinerius – namelius (4.1 pav.).



4.1 pav. Konteinerinis namelis

Kaip jau žinome vienalaikė inžinerija yra daug glaudesnė už nuosekliają. Čia tarp kiekvieno sektoriaus (marketingo, projektavimo, gamybos skyrių) vyksta intensyvesnis bendradarbiavimas, greitesnis informacijos apsikeitimas.

Sakykim gavus užsakymą pagaminti kažkokių konkrečių matmenų konteinerinį namelį ir atliekant projektavimo darbus, bet dar galutinai jų nebaigus, jau galima pradėti gamybą. Pavyzdžiui, galima pradėti gaminti konteinerio rėmą (4.2 pav.), nors tokių smulkesnių elementų kaip langai, ventiliacijos angų rėmeliai ar jų išdėstymas dar gali būti ir nebaigti projektuoti.



4.2 pav. Konteinerinio namelio rėmas

Tai padeda taupyti laiką, ir gamybos sąnaudas.

Konteineris – namelis nėra technologiškai sudėtingas gaminys. Jis gaminamas iš šalto valcavimo plieno lankstytų profilių, kurie tarpusavyje yra suvirinami. Sienos užpildomos “SANDVICH” tipo daugiasluoksnėmis statybinėmis plokštėmis su šiltinamuoju sluoksniu iš putų plasto arba mineralinės vatos, arba padengiami profiliuotais plieno lakštais. Priklausomai nuo užsakovo, konteineriai gali būti apšildomi, įrengiamos biuro patalpos, dušai, tualetai ir t.t. Gamybos procesas pateiktas 4.1 lentelėje.

4.1 lentelė.

Gamybos procesas

Proceso pavadinimas	Konkretūs darbai	
Ruošinių paruošimas	1. Kirtimas	Iš plieno lakštų, kirtimo staklėmis atkertami reikiamų matmenų ruošiniai.
	2. Lenkimas	Išlankstomi reikiami profiliai.
Rėmo surinkimas	1. Virinimas	Visa konstrukcija suvirinama.
Dažymas	1. Paviršiaus paruošimas	Konstrukcija šratuojama.
	2. Gruntavimas	
	3. Dažymas	Dažomi specialiais epoksidiniais, aplinkai atspariais dažais
Galutinis surinkimas	1. Sienų užpildymas	Priklausomai nuo konteinerio paskirties, sienos yra užpildomos “SANDVICH” tipo plokštėmis (biuro patalpos, gyvenamieji nameliai ir kt.) arba uždengiami profiliuotais plieno lakštais (sandėlių tipo patalpos, ryšių konteineriai ir kt.), apšildomi “PAROC” akmens vata.
	2. Elektros instaliacija	Sumontuojama elektros instaliacija, apšvietimas.
	3. Papildomi darbai	Montuojama vidinė ir išorinė apdaila, vidaus įranga. Tai priklauso nuo konkretaus tipo konteinerio, nuo užsakovo pageidavimų.

Viena iš svarbiausių našumo didinimo priemonių slypi projektavime. Konkrečiau projektavimo sistemose, t.y. ar naudojamos 2D projektavimo priemonės, ar darbai vykdomi erdvinio modeliavimu. Erdvinis modeliavimas arba 3D labai palengvina projektavimą. Žymiai sumažėja ir laiko sąnaudos. Beabejo 3D tikslingumas labai priklauso ir nuo vykdomos gamybos. Naudojant 3D projektavimo sistemas sudėtingų gaminių projektavime (tokių kaip automobilių, lėktuvų ir pan.) našumas žymiai išauga. Vykiant nesudėtingų gaminių projektavimą našumo

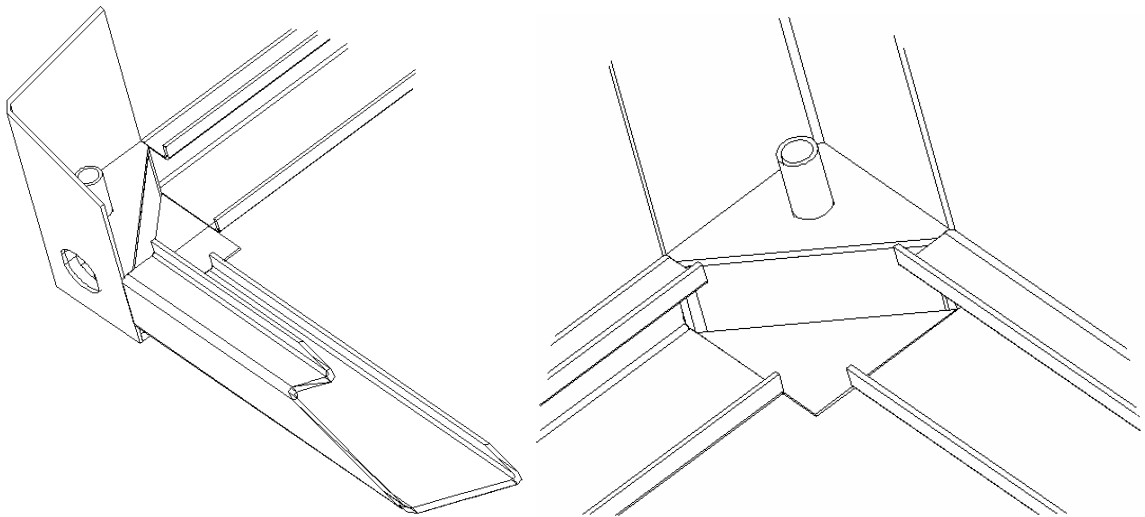
augimas gal yra ne toks ir didelis, tačiau vien perėjimas prie aukštesnės projektavimo kultūros yra sveikintinas.

Atliekant projektavimą 2D sistemomis dažnai tą pačią detalę reikia braižyti kelis kartus: bendrame gaminio vaizde, junginyje ir pačią detalę. Pati detalė braižoma mažiausiai dviejose projekcijose. Palyginus su 3D projektavimo sistemomis, kur detalė yra nubraižoma tik vieną kartą (trimačiam vaizde). Daugiau pakartotinai jos braižyti nereikia. Ji savo realiu dydžiu atvaizduojama tiek bendrame vaizde, tiek junginyje. Pati detalė (esant neaiškumams) gali būti pavaizduota įvairiais rakursais (4.3 pav.).

Taip pat iš detalės trimačio vaizdo yra lengvai padaromas visos reikiamos projekcijos, netgi automatiškai uždedami matmenys, kuriuos po to lengvai pasikoreguojame. Lengvai padaromi pjūviai. Nebereikia papildomai nieko braižyti, viską padaro pati programa. Beabejo visa tai priklauso ir nuo pačios programos lygio.

3D sistemų privalumai pasireiškia ir atliekant esamo brėžinio pakeitimus. Pavyzdžiui, sumažinus konteinerio matmenis, atskirų detalių brėžinių nebereikia perbraižyti. Tai padaro automatiškai pati programa.

Esant konstrukciniams neaiškumams erdvinio modeliavimo sistema taip pat ateina į pagalbą. Čia visą suprojektuotą gaminį galima sukoti, vartyti įvairiais rakursais, taip kaip mes norime. Tai palengvina ne tik projektavime (sujungimų įvertinime ir pan.), bet ir gamyboje. Darbininkui lengviau skaityti brėžinius, paprasčiau suprasti visą gaminį.



4.3 pav. Rėmo kampinis sujungimas

Šiuos erdvinio modeliavimo privalumus ypatingai įvertiname kai reikia atlikti sudėtingo gaminio projektavimą ir gamybą.

IŠVADOS

1. Norint pasiekti aukštą našumą reikia: sutvarkyti organizacijos struktūrą ir valdymą, įdiegti šiuolaikiškas projektavimo sistemas (erdvinis projektavimas), ir įsisavinti naujas gamybos technologijas, bei techniką.
2. Dėl vis augančios konkurencijos šiuolaikinė įmonė negali nustoti didinusi našumo, nes našumas yra vienas iš pagrindinių įmonės sėkmingos veiklos rodiklių.
3. Našumas ir kokybė yra neatsiejami rodikliai nuo modernios, pelningos įmonės. Nesant vienam iš šių faktorių, t.y. gaminant našiai, bet nekokybišką produkciją arba priešingai, gaminant aukštos kokybės produkciją, bet ganėtinai ilgą laiką (darbo našumas mažas) įmonei garantuojama nesėkmė.
4. Našumo skaičiavimo būdai priklauso nuo daugelio veiksnių: gamybos sąnaudų, gamybos pajamų, darbo užmokesčio ir kita. Tai priklauso nuo konkrečios šalies, bet daugiausia nuo įmonės viduje taikomų skaičiavimo metodikų.
5. Gamybos našumo didinimas turi prasidėti nuo visos valdymo sistemos kūrimo. Ši sistema turi jungti visą įmonės veiklą. Tai įgyvendinti gali tik viena laikė inžinerija.
6. Norėdami padidinti projektavimo našumą reikia neišvengiamai keisti arba bent jau tobulinti esamas projektavimo sistemas. Norint sėkmingai konkuruoti rinkoje reikia pereiti nuo 2D (dvimačio) kompiuterizuoto projektavimo prie 3D erdvinio modeliavimo sistemų.
7. Šiuolaikinė, moderni mechaninių komponentų gamybos įmonė turi būti įsisavinusi šiuolaikines metalo pjovimo sistemas (lazeriu, plazma, vandeniu), modernius apdirbimo centrus, įvairias lankstymo, kirtimo, šampavimo stakles ir kt.

LITERATŪRA

1. Bargelis A. Integruotos gamybos pagrindai. Kaunas KTU 1998
2. 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.
Prieiga per internetą: <http://grace.wharton.upenn.edu/~lhitt/bpp.pdf> [žr. 2005 12 05]
3. 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 2005 03 20]
4. Cover Feature Of Productivity Digest, August 2001 Prieiga per internetą:
http://www.spring.gov.sg/portal/newsroom/epublications/pd/2001_08/Perserverance_01.htm
1 [žr. 2005 12 10]
5. Čereška A, Pauža V. Kokybės analizė ir valdymas. Mokomoji knyga. Vilnius: Technika, 2005. 133 p. ISBN 9986-05-894-5
6. 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 03 20]
7. Eidukynas V. Kodėl erdvinis projektavimas ir kodėl dabar? / V. Eidukynas, V. Grygas, V. Popovas // Nauja industrija Nr. 6 2004 gruodis.
8. Eidukynas V. Kodėl erdvinis projektavimas ir kodėl dabar? / V. Eidukynas, V. Grygas, V. Popovas // Nauja industrija Nr. 7 2004 gruodis.
9. Employee motivation, the organizational environment and productivity.
Prieiga per internetą: <http://www.accel-team.com/motivation/index.html>
[žr. 2006 02 10]
10. Našumo valdymas.
Prieiga per internetą: <http://www.straipsniai.lt/articles.php?id=2768> [žr. 2005 10 15]
11. Medžiagų pjovimas aukšto spaudimo abrazyvine vandens čiurkšle. Prieiga per internetą:
<http://www.asa.lt/cgi-bin/sna.cgi?grp=445>
12. Plenert G. International Operations Management 2002. 483p. . ISBN 8763000687
13. Popovas V, Sniečkus V, Jarmolajev A. Kompleksinis inžinerinių uždavinių sprendimas, taikant integruotas kompiuterinio projektavimo sistemas. Prieiga per internetą
http://www.inre.lt/download/publikacijos/m_1999_1.pdf [žr. 2006 01 20].

14. Pjovimas plazma, pjovimas dujomis, pjovimas vandens srove. Prieiga per internetą:
http://www.karbonas.lt/pov_plazma.html [žr. 2006 01 20].
15. Renetu J.K and Kinsel M.L, W.D. Statistical Process Control (SPC) For Use in Monitoring Herd BTSCC//Sanders Publisher, 2001. Prieiga per internetą:
<http://www.ansci.umn.edu/dairy/QUALITY%20COUNTS/REFERENCE%20MATERIAL/Statistical%20Process%20Control.pdf> [žr. 2005 11 22].
16. Respublikinės konferencijos pranešimų medžiaga. Kaunas, 2001. 241 p. (Vanagas P. Visuotinės kokybės vadybos vaidmuo, Lietuvai integruojantis į Europos Sąjungą). SBN 9955-09-088-X [žr. 2006 01 20].
17. Townsend D.N., Stern P.A. Productivity and price cap. Regulation: Theory and Practice. Prieiga per internetą http://www.ntc.gov.ph/cd_on_retail_appx-c.pdf [žr. 2005 11 22].
18. Tradicinių technologijų/žemos kokybės sąlytose. Lietuvos investicijų klimato įvertinimas. Ataskaitos projektas. ECSPF 2004 gruodis. Prieiga per internetą:
http://siteresources.worldbank.org/INTLITHUANIA/Resources/ICA_Report_2005_Lt.doc [žr. 2006 04 18].
19. Techninė informacija iš “Machinery” tinklapio. Prieiga per internetą:
http://www.machinery.lt/index.php?lang=lt&content=pages&page_id=16&cat_id=13&PHPS ESSID=152d77a82c6d6ac47e704677ce5e2888 [žr. 2006 04 18].
20. Žurnalas „Suvirinimas“ Nr.3(5) 2003m, ISSN 1648–2611. Prieiga per internetą:
<http://www.serpantinas.com/news/zurnalas.pdf> [žr. 2006 05 10].

SUMMARY

Juodkūnas Ž. Increasing productivity of mechanical products manufacturing in modern production environment: Master thesis of mechanical engineer/research advisor prof. A.Bargelis; Šiauliai University, Technological Faculty, Mechanical Engineering Department. – Šiauliai, 2006. – 41p.

It is generally agreed that the growth of economy is determined by competitiveness of a country (also of a company) on the international scale. To become competitive, a country (a company) must reach at least the same or a higher level of productivity and innovation than other countries of the comparative group. To stay competitive, products should be of high quality and production should be effective and efficient.

Only under such conditions an organization can be successful.

The purpose of the thesis is to analyze productivity increase in modern production environment. The thesis considers the importance of productivity in contemporary production environment, describes the relation between productivity and quality, factors of productivity realization, provides methods of productivity calculation. Much attention is paid to increasing of design productivity. The advantages of space designing and also the problems of software integration are discussed. Instillation of new technologies is examined.

After examination of the theory some conclusions are drawn for reaching high productivity: to put in order structure and management of an organization, to instill modern designing systems (space designing) and to develop new production technologies and machinery.

Productivity is one of the most important indicators of any company's activity; therefore the results of the thesis are important for companies' managers who try to raise their companies to a new production level.