



VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

FUNDAMENTINIŲ MOKSLŲ FAKULTETAS
INŽINERINĖS GRAFIKOS KATEDRA

Darius Statkevičius

INFORMACINĖS STATYBINĖS BRAIŽYBOS MODELIAI
THE DRAWING MODELS OF THE INFORMATIONAL CONSTRUCTION

Baigiamasis magistro darbas

Informacinių technologijų studijų programa, valstybinis kodas 62407T104

Inžinerinės ir kompiuterinės grafikos specializacija

Informatikos inžinerijos studijų kryptis

Vilnius, 2011

Anotacija

Vilniaus Gedimino technikos universitetas
Fundamentinių mokslų fakultetas
Inžinerinės grafikos katedra

ISBN
Egz. sk.
Data

ISSN

Informacinių technologijų studijų programos baigiamasis magistro darbas

Pavadinimas: **Informacinės statybinės braižybos modeliai**

Autorius: **Darius Statkevičius**

Vadovas: **doc. dr. Lionginas Čiupaila**

Kalba

☐

lietuvių

☐

anglų

Anotacija

Baigiamajame magistro darbe nagrinėjamos trys pagrindinės statybinės braižybos temos: metalinių ir gelžbetonio konstrukcijų bei pastato brėžiniai. Išskiriamos šių brėžinių formavimo problemos edukologijoje. Parengta racionali statybinių brėžinių braižymo metodika, buvo sudaryti arba patobulinti gelžbetonio konstrukcijų, metalinių konstrukcijų, planų, pjūvių ir fasadų standartinių grafinių elementų braižymo modeliai ir funkcijos, sudaryti ir įgyvendinti darbalaukių vizualizavimo modeliai. Sukurta sistema taikoma Vilniaus Gedimino technikos universiteto Inžinerinės grafikos katedros studentams statybiniams brėžiniams atlikti. Išvados akcentuojamas menkas IT panaudojimo lygis šiuolaikiniame mokyme, pateikiamos tolimesnio darbo tobulinimo kryptys. Darbą sudaro šios dalys: įvadas, braižyba ir automatizuotas projektavimas, statybinių brėžinių vizualizavimo modeliai, statybinių brėžinių darbo aplinkos programinis realizavimas, vartotojo dokumentacija, išvados ir rekomendacijos bei literatūra.

Darbo apimtis 56 p. teksto be priedų, 53 iliustracijos, 2 lentelės, 49 bibliografiniai šaltiniai.

Atskirai pridedami darbo priedai.

Reikšminiai žodžiai: automatizavimas, edukologija, darbalaukis, inžinerinė grafika, fasadas, gelžbetonio konstrukcijos, metalinės konstrukcijos, modelis, planas, pjūvis, statybinis brėžinys, taikomoji programa, AutoLISP, AutoCAD.

Annotation

Vilnius Gediminas Technical University
Fundamental Sciences Faculty
Engineering Graphics Department

ISBN
Copies. No.
Date

ISSN

Information Technology study programme master thesis
Title: **The drawing models of the informational construction**

Author: **Darius Statkevičius**

Academic supervisor: **doc. dr. Lionginas Čiupaila**

Language

☐

Lithuanian

☐

English

Annotation

In this final master thesis the three major subjects of the construction drawing have been looked into and analyzed: drawings of steel and reinforced concrete structures, drawing of building.

Attention is given to problems of forming drawings in education studies. Rational methods for drawing construction drawings have been prepared, their main principle consist of new or improved standard graphic element drawing models and features of reinforced concrete structures, steel structures, plans, sections and facades. Software is made by the principle of the smart systems, and it is used to make construction drawings by students of Vilnius Gediminas Technical University, Department of Graphic Engineering. The conclusions focus on low level of information technologies employed in modern training and further improvement of the working areas are being advised. Thesis consists of: introduction, drawing and computer-aided design, visualization models of construction drawings, programming based realization of work environment of construction drawings, documentation for the user, conclusion, recommendations and literature.

Working volume of 56 p. text without addendum , 53 pictures, 49 bibliographical entries.

Addendum is given separately.

Keywords: automation, education, engineering graphics, facade, construction, model, plan, section, construction drawings, application, AutoLISP, AutoCAD.

Turinys

Paveikslų sąrašas.....	5
Lentelių sąrašas.....	6
ĮVADAS.....	7
1. BRAIŽYBA IR AUTOMATIZUOTAS PROJEKTAVIMAS.....	11
1.1. Braižybos apibrėžimas ir raida.....	11
1.2. Automatizuotas projektavimas ir statybinė braižyba globaliu požiūriu	12
1.3. Statybinių brėžinių standartai	13
1.4. Taikomosios programos	14
2. STATYBINIŲ BRĖŽINIŲ VIZUALIZAVIMO MODELIAI.....	16
2.1. Sistemos koncepcinis modelis	16
2.2. Statybinio brėžinio modeliai	18
2.2.1. Planai.....	19
2.2.2. Fasadai	19
2.2.3. Skersinis pjūvis.....	20
2.2.4. Pastatų grafiniai elementai	21
2.2.5. Brėžinio formavimo modelis.....	25
2.3. Gelžbetonio konstrukcijų grafika	28
2.3.1. Grafikos elementai.....	30
2.3.2. Brėžinio formavimo eiga	30
2.4. Metalinių konstrukcijų grafika.....	31
2.4.1. Brėžinio formavimo eiga	34
3. STATYBINIŲ BRĖŽINIŲ DARBO APLINKOS PROGRAMINIS REALIZAVIMAS	36
3.1. Plano, pjūvio ir fasado brėžinių formavimas	37
3.2. Gelžbetonio konstrukcijų brėžinių formavimas.....	39
3.3. Metalinių konstrukcijų brėžinių formavimas.....	41
4. VARTOTOJO DOKUMENTACIJA.....	43
4.1. Sumani TAIGRA	43
4.2. Planų, pjūvių, fasadų sudarymas	44
4.3. Gelžbetonio konstrukcijų brėžinių sudarymas.....	47
4.4. Metalinių konstrukcijų brėžinių sudarymas.....	48
IŠVADOS. REKOMENDACIJOS	50
LITERATŪRA	52
PRIEDAI	56

Paveikslų sąrašas

1 pav. Baigiamojo darbo pagrindiniai uždaviniai.....	8
2 pav. Darbo vieta IGK bendrosios grafikos programinėje įrangoje.....	9
2.1 pav. Statybiniai brėžiniai.....	16
2.2 pav. Sistemos koncepcija.....	17
2.3 pav. Pagrindiniai pastato brėžiniai ir grafiniai elementai.....	18
2.4 pav. Plano vizualizavimas.....	19
2.5 pav. Fasado vizualizavimas.....	20
2.6 pav. Pjūvio vizualizavimas.....	21
2.7 pav. Pastato grafiniai elementai.....	21
2.8 pav. Pastovaus žingsnio ašių parametrai.....	22
2.9 pav. Sienų braižymo parametrai.....	22
2.10 pav. Langų vizualizavimas brėžiniuose.....	23
2.11 Langų vizualizavimo valdymas.....	23
2.12 pav. Laiptinės parametrai.....	24
2.13 pav. Turėklų vizualizavimo parametrai.....	24
2.14 pav. Ventiliacijos kanalų parametrai.....	25
2.15 pav. Brėžinio formavimo modelis.....	25
2.16 pav. Plano vizualizavimo eiga.....	26
2.17 pav. Fasado brėžinys.....	26
2.18 pav. Fasado vizualizavimo ypatumai.....	27
2.19 pav. Pjūvio vizualizavimas.....	27
2.20 pav. Gelžbetonio konstrukcijų brėžinio fragmentai.....	28
2.21 pav. Pagrindinių gelžbetonio konstrukcijų brėžiniai.....	29
2.22 pav. Gelžbetonio konstrukcijų brėžinio modelis.....	29
2.23 pav. Armavimas.....	30
2.24 pav. Brėžinio formavimas.....	31
2.25 pav. Metalinių konstrukcijų brėžinio fragmentai.....	32
2.26 pav. Santvaros mazgo brėžinio modelis.....	32
2.27 pav. Profilių formos.....	33
2.28 pav. Informacija internete apie profilius.....	34
2.29 pav. Brėžinio formavimas.....	35
3.1 pav. Statybinių brėžinių braižymo sistema.....	36
3.2 pav. Taikomosios inžinerinės grafikos uždavinių valdymo langas.....	37
3.3 pav. Pastato brėžinių užduočių diagrama.....	37

3.4 pav. Pastatų brėžinių darbalaukis	38
3.5 pav. Brėžinio elementų vizualizavimas	38
3.6 pav. Sienų formavimas	39
3.7 pav. Gelžbetonio konstrukcijų užduočių diagrama.....	39
3.8 pav. Gelžbetonio konstrukcijų darbalaukis	40
3.9 pav. Gelžbetonio konstrukcijų brėžinio sudėtinės dalys	40
3.10 pav. Strypyno vaizdo formavimo parametrai	41
3.11 pav. Metalinių konstrukcijų užduočių diagrama.....	41
3.12 pav. Metalinių konstrukcijų darbo aplinka	42
4.1 pav. Inžinerinės grafikos uždavinių valdymas.....	43
4.2 pav. Statybinių brėžinių pasirinkimo langas.....	44
4.3 pav. Statybinio brėžinio formato pasirinkimas	44
4.4 pav. Ašių braižymas	45
4.5 pav. Sienų braižymas.....	45
4.6 pav. Laiptinės braižymas	46
4.7 pav. Pjūvio vizualizavimo eiga	46
4.8 pav. Fasado vizualizavimo eiga	47
4.9 pav. Bendri sijos elementų vaizdai	47
4.10 pav. Žiniaraščių pildymas.....	48

Lentelių sąrašas

1.1 lentelė. Dokumentų šifrai	13
1.2 lentelė. Brėžinių braižymo standartai.....	14

IVADAS

Statybiniai brėžiniai – pagrindinė tema inžinerinės grafikos statybinių specialybių studentams. Statybiniai brėžiniai buvo sudaromi jau senovėje, kadangi kiekvienam sudėtingesnės konstrukcijos elementui reikalingas brėžinys. Tų metų brėžiniai randami senovės papirusų ritiniuose, ant pastatų sienų, antkapių. Viena iš seniausių išlikusi mokslinė medžiaga, susijusi su įvairiomis konstrukcijomis, – tai senovės Romos autoriaus Marcus Vitruvius Pollio¹ „Dešimt knygų apie architektūrą“, kurioje analizuojamos įvairios konstrukcijos bei inžinieriniai sprendimai. Šimtmečiams bėgant bei tobulėjant mokslui kito vizualizavimo būdai. Statybinių objektų brėžiniai šiuo metu braižomi kompiuterine programine įranga, tačiau dar dažnai taikomi pasenę metodai.

Kompiuterinio projektavimo sistemos padarė milžinišką perversmą visose projektavimo srityse (mašinų detalių, statybinių konstrukcijų, žemės paviršiaus ir kt.) bei suteikė galimybę inžinieriams įgyvendinti savo projektus labai vaizdžiai ir greitai. Didėjant šiuolaikinių statybos projektų sudėtingumui bei norint pasiekti efektyvų statybos projektavimą, planavimą, valdymą, atsiranda vis didesnis poreikis maksimaliai išnaudoti informacines technologijas.

Ruošiant šį darbą atsižvelgta į Valstybės švietimo 2003–2012 metų strategijoje (LRS 2003-07-04 Nr. IX-1700) akcentuojamą informacinės kultūros svarbą švietimo plėtotės kokybės užtikrinimui, kur keliama nauji uždaviniai visuose švietimo lygiuose: stiprinti informacinės kultūros ugdymą, diegti pragmatiškas kompiuterinio raštingumo programas, *ypatingą dėmesį skirti originalioms mokomosioms kompiuterinėms programoms kurti ir pritaikyti*, garso ir vaizdo priemonėms kurti, naudoti internetą mokymui ir mokymuisi.

Baigiamajame magistro darbe modeliuojama racionali, logika pagrįsta brėžinių braižymo metodika, kuriama speciali aplinka statybiniams brėžiniams braižyti.

Tyrimo objektas. Baigiamojo darbo pagrindinis tyrimo objektas – statybinių brėžinių sudarymo modeliavimas, įvertinant informacinių technologijų galimybes. Nagrinėjami metalinių konstrukcijų mazgo, gelžbetonio sijos bei pastato (planų, pjūvių ir fasadų) sudarymo brėžiniai. Statybiniai brėžiniai nagrinėjami akcentuojant mokymosi proceso problemas.

Pagrindinis darbo tikslas ir uždaviniai. Pagrindinis baigiamojo darbo tikslas – pateikti statybinių brėžinių racionalią darbo metodiką, paruošti darbo aplinką brėžiniams sudaryti ir, kiek leidžia magistro darbo apimtis, išnagrinėti galimus šių problemų sprendimo būdus.

Siekiant nurodytų tikslų, šiam darbui keliama uždaviniai pavaizduoti 1pav.:

¹ Marcus Vitruvius Pollio – Senovės Romos architektas, rašytojas, inžinierius, gyvenęs pirmajame amžiuje pr. m. e.



1 pav. Baigiamojo darbo pagrindiniai uždaviniai

1. Pirmuoju uždaviniu siekiama išanalizuoti statybinių brėžinių ypatumus. Šiame etape analizuojamos statybinių brėžinių tipai, standartų reikalavimai, kompiuterinė braižymo metodika, išskiriami brėžinių grafiniai elementai.

2. Antruoju – sudaryti statybinių brėžinių valdymo modelius. Šis uždavinys – tai vienas iš svarbiausių baigiamojo darbo etapų. Šiame etape vaizdų grafinių elementų pagrindu ruošiami racionalūs grafikos įrankiai ir jų valdymo scenarijai.

3. Trečiuoju – suprojektuoti ir parengti sudarytos sistemos programinio realizavimo modelį. Šiame etape sudaromi algoritmai, kurie skirti tobulinti esamiems bei kurti naujiems grafiniams įrankiams. Sukurta sistema pritaikoma praktinėms statybinių brėžinių užduotims atlikti.

Praktinės užduotys braižomos viena iš populiariausių projektavimo programų AutoCAD² [13; 14; 15]. Valdymo įrankiai kuriami racionali vidine AutoCAD programavimo kalba Visual LISP³ [42; 43].

Temos naujumas. Atlikus tiek Lietuvos, tiek užsienio statybinės braižybos teorijos bei literatūros analizę, temos naujumą galima pagrįsti šiais teiginiais:

1. Aukštosiose mokyklose praktiniai darbai atliekami komercinėmis programomis [21; 16]. Komercinės programos nėra racionalus sprendimas statybinių brėžinių braižymui, nes jos yra sudėtingos ir reikalauja daug papildomo darbo realizuojant standartines situacijas, kurias, mano manymu, būtina, pasinaudojant programavimu, automatizuoti.

² AutoCAD – Autodesk kompanijos grafinė automatizuoto projektavimo sistema (angl. CAD – Computer Aided Design).

³ Visual LISP – Lisp programavimo kalba sukurta automatizuoto projektavimo sistemai AutoCAD.

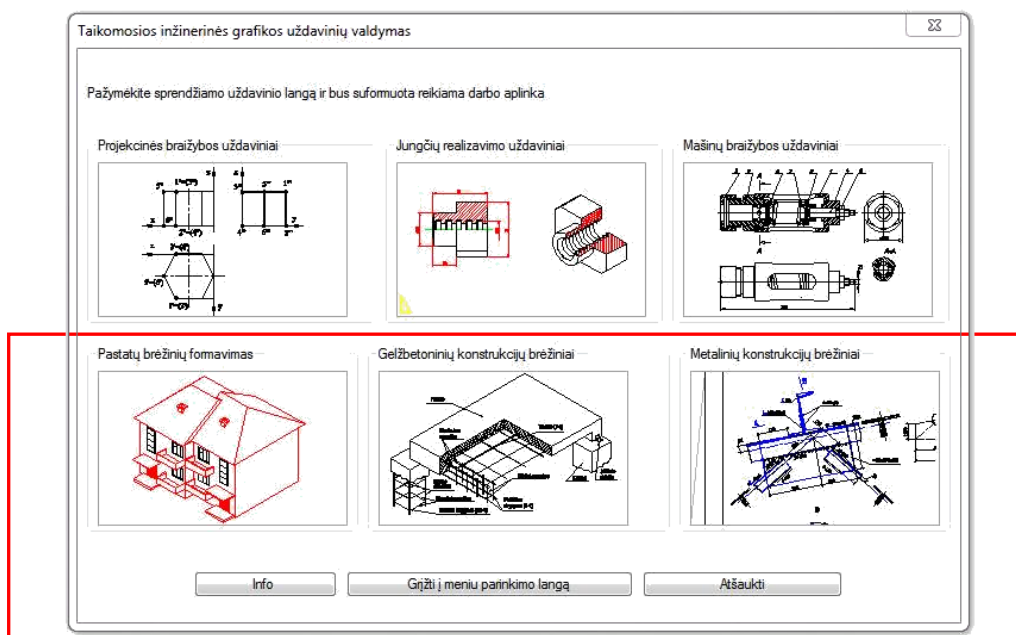
2. Edukologijoje trūksta adaptuotų taikomųjų programų. Taikomųjų programų nauda ir praktinis taikymas nagrinėjamas straipsniuose.

3. Mokomoje literatūroje daugiau dėmesio skiriama atskiroms vizualizavimo problemoms spręsti, o ne racionalios darbo metodikos paieškai.

4. Konceptualaus edukologiniu požiūriu statybinės braižybos realizavimo įrankio aptikti nepavyko.

Temos aktualumas. Temos aktualumą galima pagrįsti tuo, kad edukologijoje, palyginti su komercine veikla, keliami skirtingi uždaviniai. Mokymosi metu dažnai naudojami neracionalūs, pasenę metodai, kurie užima dideles laiko sąnaudas. Nauji pritaikyti metodai taikomose programose paspartintų brėžinių braižymą bei žinių įsisavinimą. Daugiau dėmesio būtų galima skirti brėžinių braižymo įgūdžiams tobulinti bei gilinimuisi į statybinės braižybos teoriją. Be to, įdomu pastebėti, kad mokymosi procese jau 1997 m. [18; 19] buvo bandyta kurti bei pritaikyti komercines programas. Tačiau realizavimas reikalauja daug pastangų, kurios yra nevertinamos, todėl praktikoje minėti bandymai tęsėsi neilgai ir norimų rezultatų nepasiekė.

Baigiamajame darbe formuojama racionali braižymo metodika ir kuriama akademinė taikomoji programa statybiniams brėžiniams formuoti. Nagrinėjama problema yra Inžinerinės grafikos katedros kvalifikacinio darbo sudėtinė dalis (2 pav.), kuri skirta sumanios programinės įrangos, sprendžiančios inžinerinės grafikos uždavinius, kūrimui.



2 pav. Darbo vieta IGK bendrosios grafikos programinėje įrangoje

Programinė įranga skiriama trijų temų (pastatų brėžinių, metalinių ir gelžbetonio konstrukcijų) grafikos brėžiniams atlikti.

Mano manymu, edukologijoje pagrindinis dėmesys turėtų būti skiriamas racionalių mokymosi metodų paieškai.

Tyrimo metodai. Baigiamajame magistro darbe taikomi tyrimo metodai:

1. Literatūros analizė. Šiuo tyrimu pagrindžiamas temos aktualumas, apžvelgiamos tiek Lietuvos tiek užsienio techniškujų universitetų praktinės užduotys, susijusios su statybine braižyba.
2. Statybinių brėžinių braižymo analizė, iš kurios galima daryti išvadą, kad edukologinėje praktikoje trūksta inžinerinės grafikos brėžinių braižymo priemonių.
3. Praktinis brėžinių braižymo priemonių kūrimas ir algoritmų sudarymas.

Pasirinktos bei atliekamos VGTU gelžbetonio konstrukcijų, metalinių konstrukcijų, statybinės braižybos užduotys. Braižant pastebimos problemos bei programinio paketo trūkumai. Sudaromas praktinės užduoties braižymo nuoseklus darbo planas. Šiame etape formuojami braižymo įrankiai ir darbo algoritmai.

Mokslinė darbo vertė. Baigiamojo darbo mokslinė darbo vertė:

1. Parengta racionali statybinių brėžinių braižymo metodika.
2. Sudarytos arba patobulintos gelžbetonio konstrukcijų, metalinių konstrukcijų, planų, pjūvių, fasadų standartinių grafinių elementų braižymo modeliai ir funkcijos.
3. Sudaryti darbalaukių modeliai, skirti gelžbetonio konstrukcijų, metalinių konstrukcijų, planų, pjūvių ir fasadų brėžinių formavimui, kurie realizuojami programavimo būdu.
4. Programinės įrangos vartotojui parodyta, kad šių laikų informacinės technologijos yra adaptyvios, todėl kiekvienoje veikloje, kurioje nuolat naudojamos informacinės technologijos, galimas ir būtinas komercinių programų pritaikymas darbui.

Darbo aprobacija. Darbo medžiaga, problemos, susijusios su taikomosios grafikos panaudojimu statybos inžinerijoje, buvo pateiktos keturiuose moksliniuose straipsniuose Kauno inžinerinės grafikos respublikinėje konferencijoje 2010 m. [22; 23; 24; 25]:

1. „Metalinių konstrukcijų brėžinio modeliavimo aspektai“.
2. „Statybinio brėžinio elementų modeliai“.
3. „Statybinio brėžinio modeliai IT“.
4. „Gelžbetonio konstrukcijų vizualizavimo įrankių modeliai“.

Straipsnių tekstas pateiktas A priede.

1. BRAIŽYBA IR AUTOMATIZUOTAS PROJEKTAVIMAS

Šiame skyriuje susipažįstama su braižybos apibrėžimu, jos plėtra pasaulio istorijoje, taip pat su statybiniais brėžiniais, aptariamomis automatizuoto projektavimo sistemos, taip pat taikomųjų programų nauda. Skyriaus pagrindinis tikslas – apžvelgti braižybos ir automatizuoto projektavimo pagrindinius aspektus.

1.1. Braižybos apibrėžimas ir raida

Braižyba – tai disciplina, kuri nagrinėja įvairių brėžinių braižymo ir jų skaitymo aspektus. Braižyba galima apibūdinti kaip vieną iš vaizduojamojo meno rūšių. Brėžinys – tai objekto (pastato, automobilio detalių, žemės paviršiaus, drabužių ir kt.) vaizdas, nubraižytas pagal tam tikras taisykles braižybos priemonėmis bei tam tikru masteliu [12]. Iš brėžinio galima sužinoti daug informacijos apie daiktą: gabaritus, masę, formą, sudedamąsias dalis. Brėžiniai ypač reikalingi inžinieriams, projektuotojams, konstruktoriams, dizaineriams, kadangi pagal brėžinį galima pagaminti, sukurti daiktą būtent tokį, koks pavaizduotas brėžinyje. Nors skirtingų disciplinų brėžinių apipavidalinimas skiriasi (skirtingas matmenų žymėjimas, dokumentų šifrai, masteliai bei kiti žymenys), tačiau esminiai principai lieka tie patys.

Brėžinių atsiradimas susijęs su sudėtingų pastatų statyba. Išlikę pastatų brėžiniai (tvirtovių, didikų ir imperatorių rūmų, piramidžių, šventyklų) ant antkapių, architektūrinių statinių, olų byloja, kad jų atsiradimas siekia IV – III a. pr. Kr. Egipto, Babilonijos, Kinijos, Indijos laikus.

Pradėjus statyti sudėtingas konstrukcijas, palaipsniui atsirado ir pirmieji veikalai apie braižybą. I a. pr. Kr. romėnų architektas Markas Vitruvijus savo traktate aprašė įvairių konstrukcijų, tarp jų ir pastatų projektų sudarymą pagal planą, fasadą ir perspektyvinį vaizdą, sudarymo būdus. Markas Vitruvijus savo knygoje „Dešimt knygų apie architektūrą“ nagrinėja miestų statybos bei kitas inžinerijos problemas.

Nors brėžiniai, randami dar prieš mūsų erą, tačiau braižyba, kaip mokslo šaka, pradėjo vystytis tik renesanso laikotarpiu (XV a. pab. – XVI a. pirmas ketvirtis), kai pradėjo klestėti matematika, tapybos menai, architektūra. Šios naujos mokslo šakos vystymuisi didelės įtakos turėjo garsūs genijai: italai L. Albertis (1404-1472), G. Ubaldis (1545-1607), žinoma, Leonardas da Vinčis (1452-1519), vokiečiai A. Diūreris ir kitos to laikmečio garsios asmenybės.

Didelę įtaką braižybos plėtrai davė kariniams tikslams naudojamos konstrukcijos: skraidymo aparatai, kulkosvaidžiai, povandeniniai laivai, įvairios patrankos ir kt.

Rusų patrankų meistras Andrejus Čiochovas 1586 m. pagamino patranką, kuri dėl savo dydžio buvo pavadinta „Car – puška“. Jo mokiniai XVII amžiaus ketvirtojo dešimtmečio pradžioje

gamindami įvairią karinę techniką naudojami brėžiniai. Rusų grafika ypač suklestėjo Petro I valdymo laikais.

Ž. Dezargas (1593-1662) nagrinėdamas perspektyvą naudojo koordinates, – taip buvo padaryta didelė įtaka aksonometrinių projekcijų sudarymui.

Prancūzų inžinierius – mokslininkas G. Monžas 1795 m., parengė pirmąją pasaulyje braižomosios geometrijos vadovėlį. Jame jis apibendrinio ir susistemino sukaupią informaciją apie daiktų vaizdavimo plokštumoje pagrindinius principus. Knygos tematika per daugelį metų nepasikeitė, keitėsi, atsižvelgiant į techninės įrangos tobulėjimą, tik pavadinimai, vaizdavimo principai.

Braižyba, dėl savo galimybių ir plataus taikymo, išsivysčiusiose šalyse greitai tapo perspektyviu mokslu.

Lietuvoje 1793-1832 m. Vilniaus universiteto Architektūros katedroje buvo dėstomi grafikos dalykai. Prieškariu buvo išleista keletas braižybos konspektų. Pokario laikotarpiu buvo verčiami ir leidžiami leidiniai („Braižomosios geometrijos kursas“, „Braižomoji geometrija“, „Mašinų braižybos“ vadovėlis aukštosioms mokykloms ir kt.).

1.2. Automatizuotas projektavimas ir statybinė braižyba globaliu požiūriu

Automatizuotas projektavimas statybinėje braižyboje labai išstobulėjęs. Nuolatos kuriamos naujos bei tobulinamos esamos projektavimo sistemos. Mokslininkai įvairiose šalyse kūrė ir kuria programas, kurios žymiai palengvina inžinierių darbą. Pvz., mokslininkai Murikama ir Shirai (1989 m.) sukūrė CAD/CAM sistemą [34], kuria galima apdoroti surinkimo brėžinius bei jų matmenis, tačiau dar daugelį brėžinio paruošimo etapų atlieka pats projektuotojas rankiniu būdu. Mokslininkai iš Nacionalinio Singapūro universiteto (2002) pristatė integruotą modeliavimo ir procesų planavimo sistemą, kuri gamybai žymiai sumažino laiko sąnaudas.

2010 m. S. Kumaras, R. Singhas savo straipsniuose [32] aprašo automatizuoto projektavimo sistemą, kuri paremta 27 moduliais, kurie remiasi pagrindinėmis gamybos taisyklėmis. Kiekvienas modulis yra atsakingas už tam tikrą gamybinių brėžinių paruošimo etapą, pvz., modulis CCKBS atsakingas už skylių, kiaurymių, kampų racionalų parinkimą, tikrinimą ir išdėstymą metalo lakšte. Moduliai aktyvinami interaktyviai suvedant komandas AutoCAD aplinkoje. Sistema gali automatizuoti praktiškai visus projektavimo etapus, pavyzdžiui, automatinis lakštinio metalo dalių charakteristikų nustatymas, metalo parinkimas ir t.t. Sistema gali būti įdiegta su AutoCAD programine įranga, ji yra pakankamai nebrangi ir yra prieinama mažoms ir vidutinėms įmonėms. Taip pat šie mokslininkai savo kitame straipsnyje [33], išleistame 2007 m., pristatė intelektualią sistemą AUTOPROMOD, paremtą 8 modeliais, kurie sukurti AutoCAD aplinkoje AutoLISP

programavimo kalba. Kaip jau buvo galima suprasti šių laikų mokslininkai savo straipsniuose [29; 31; 33] nori įrodyti, kad rankinis projektavimas, kiek tai įmanoma, turi būti pakeistas į intelektualų automatizuotą projektavimą.

1.3. Statybinių brėžinių standartai

Statant ar įrengiant bet kokį objektą: pastatą, inžinerinį statinį, pirmiausia paruošiamas išsamus jo projektas. Supaprastintą statinio projektą sudaro dokumentų sudėties žiniaraštis, dokumentų sąrašas, aiškinamasis raštas, statybos vieta, projektuojamą statinį apibūdinantys pagrindiniai rodikliai, sklypo planas su pažymėtais esamais ir projektuojamais statiniais, jų eksplikacija⁴ ir projektuojamų statinių pagrindiniais matmenimis plane. Taip pat architektūriniai (fasado, plano ir pjūvių) brėžiniai (pastatams, o kai reikia, – ir kitiems statiniams), statinio konstrukcijų ir inžinerinių įrenginių aprašymas, taip pat, kai statytojas pageidauja, sąnaudų kiekio žiniaraščiai, techninė specifikacija ir kiti svarbūs dokumentai [45].

Specifinės projektų dalys turi savo žymėjimą. Dalis žymenų, ne tik statybinių brėžinių, pateikti 1.1 lentelėje. Daugiau informacijos apie dokumentų šifrus pateikiama brėžinių standartuose [38].

1.1 lentelė. Dokumentų šifrai

Nr.	Dokumento pavadinimas	Šifras
1.	Aiškinamasis raštas	AR
2.	Generalinis planas	GP
3.	Generalinis planas ir automobilių transportas	GA
4.	Automobilių transportas	TA
5.	Transporto statiniai	TS
6.	Technologiniai sprendimai	TcH
7.	Architektūriniai statybiniai sprendimai	AS
8.	Interjeras	AI
9.	Gelžbetoninės konstrukcijos	GK
10.	Metalinės konstrukcijos	MK
11.	Medinės konstrukcijos	MeK
12.	Šildymas ir vėdinimas	ŠV
13.	Vidaus vandentiekis ir kanalizacija	VK
14.	Vidaus elektros įrenginiai	E
15.	Statybos organizacija	SO

Grafinė projekto dalis, kurioje vaizduojami pastatai, įvairios konstrukcijos, vadinama statybiniais brėžiniais. Statybiniai brėžiniai sudaromi pagal bendrus grafinės dokumentacijos standartų (LST, ISO) reikalavimus [38; 29]. Statybiniai brėžiniai turi savo braižymo specifiką ir

⁴ Eksplikacija – (lot. Explicatio – išaiškinimas), sąvokų, sutartinių ženklų, turinio paaiškinimas, patikslinimas; aiškinamasis tekstas.

skiriasi nuo mašinų braižybos. Brėžinių braižymo reikalavimai apibrėžti standartuose [38], dalis jų pateikti 1.2 lentelėje.

1.2 lentelė. Brėžinių braižymo standartai

Nr.	Standarto žymuo	Pavadinimas
1.	LST EN ISO 128-20	Techniniai brėžiniai. Bendrieji vaizdavimo principai. Linijos. Pagrindinės nuostatos.
2.	LST EN ISO 128-21:2002	Techniniai brėžiniai. Bendrieji vaizdavimo principai. 21 dalis. Linijos kompiuterinėse projektavimo (CAD) sistemose (ISO 128-20:1996).
3.	LST ISO 128-23:2002	Techniniai brėžiniai. Bendrieji vaizdavimo principai. Statybinių brėžinių linijos.
4.	LST ISO 128-40:2002	Techniniai brėžiniai. Bendrieji vaizdavimo principai. 40 dalis. Pjūviai ir kirtiniai. Bendrosios nuostatos (ISO 128-40:2001).
5.	LST EN ISO 4172:2001	Techniniai brėžiniai. Statybiniai brėžiniai. Surenkamųjų konstrukcijų montavimo brėžiniai (ISO 4172:1991).
6.	LST ISO 5455	Gaminio konstravimo dokumentai. Techniniai brėžiniai. Masteliai.
7.	LST EN ISO 5456-1:2002	Techniniai brėžiniai. Projektavimo metodai. 1 dalis. Bendrosios taisyklės (ISO 5456-1:1996).
8.	LST EN ISO 5456-2:2002	Techniniai brėžiniai. Projektavimo metodai. 2 dalis. Stačiakampės projekcijos (ISO 5456-2:1996).
9.	LST EN ISO 5456-3:2002	Techniniai brėžiniai. Projektavimo metodai. 3 dalis. Aksonometrinės projekcijos (ISO 5456-3:1996).
9.	LST EN ISO 5457	Techniniai gaminio dokumentai. Brėžinių lapų formatai ir jų padėtys.
10.	LST ISO 11091-:2000	Statybiniai brėžiniai. Sklypo aplinkotvarkos brėžiniai.

1.4. Taikomosios programos

Sudėtingos operacinės sistemos valdo šiuolaikinių kompiuterių darbą. Tačiau jos ne pilnai išnaudoja kompiuterių galimybes. Taigi, norint spręsti praktinius uždavinius, dar reikia ir kitokių priemonių – specialių taikomųjų programų konkrečioms vartotojo užduotims spręsti.

Populiariausios taikomųjų programų sistemos yra šios [49]:

➤ Tekstų redaktoriai. Ši tekstų ruošimo įranga skirta tekstų apdorojimui (kūrimui, trynimui, redagavimui, klaidų paieškai ir taisymui, dokumento išsaugojimui kompiuterio atmintyje, spausdinimo paruošimui ir kt.). Tekstų redaktoriai gali būti labai paprasti, pvz., Notepad, ir labai sudėtingi, pvz., Microsoft Word.

➤ Elektroninės lentelės – tai skaitmeninių duomenų apdorojimo priemonė. Sudaromos lentelės ir naudojantis formulėmis atliekami statistiniai skaičiavimai (buhalterinės apskaitos

lentelės, matematiniai skaičiavimai ir kt.). Viena iš populiariausių elektroninių lentelių – Microsoft Excel.

- Duomenų bazių valdymo sistemos – jos suteikia galimybę vartotojui valdyti didelį kiekį duomenų. Labai galinga programinė įranga, kurią nesunku įsisavinti.

- Automatizuoto projektavimo įranga. Galima teigti, kad tai inžinierių – projektuotojų svajonė. Braižymas kompiuteriu patogiais braižymo įrankiais atveria galimybes virtualiai apžiūrėti bei apdoroti norimą objektą (automobilį, pastatą, laivą ir kt.).

- Maketavimo sistemos – tai programinė įranga leidžianti tekstą ir grafinę medžiagą apdoroti viename dokumente.

Trumpai apžvelgus taikomąsias programas, vertėtų paminėti, kad baigiamasis magistro darbas, kaip jau buvo galima suprasti iš įvado bei ankstesnių poskyrių, glaudžiai susijęs su automatizuoto projektavimo įranga statybiniais brėžiniams braižyti.

Komercijoje automatizuotos projektavimo programos yra pasiekusios labai aukštą išsivystymo lygį. Modeliuojant, projektuojant naujus gaminius inžinieriai šias programas naudoja praktiškai visose srityse, kuriose kuriamas, tobulinamas koks nors gaminy (pastatai, baldai, miestai, žaislai ir t. t.). Kiekviena inžinerijos sritis turi specialiai jai pritaikytą programinę įrangą.

Kaip bebūtų keista, edukologijoje dažniausiai naudojami komerciniai programiniai paketai, nors komercijos ir edukologijos keliami uždaviniai yra skirtingi, todėl betarpiškas komercinių programų taikymas ne visada yra racionalus.

2. STATYBINIŲ BRĖŽINIŲ VIZUALIZAVIMO MODELIAI

Šiame skyriuje aptariamas kuriamos sistemos koncepcinis modelis, analizuojami statybinių brėžinių ir juos sudarančių grafinių elementų modeliai. Analizuojamos sudedamosios statybinių brėžinių dalys. Modeliuojama racionali darbo aplinka pagal siūlomą schemą (2.1 pav.).



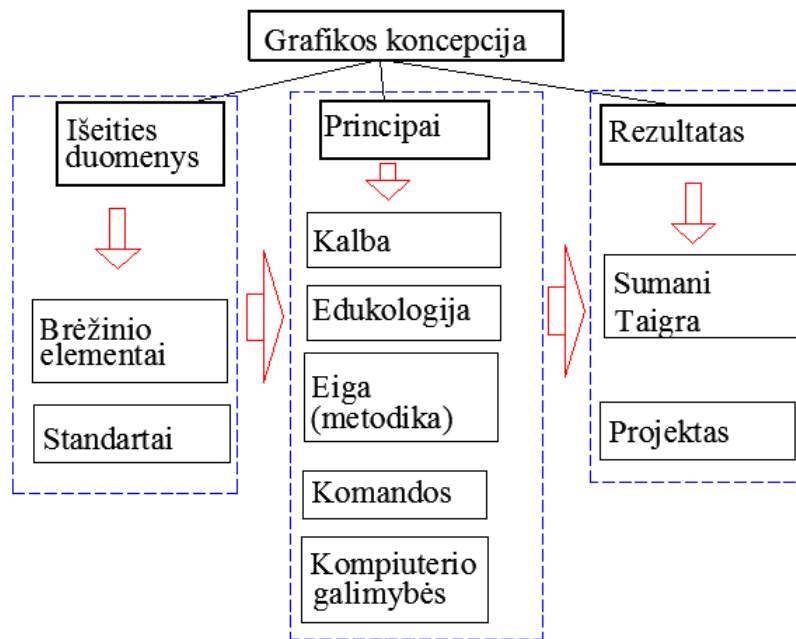
2.1 pav. Statybiniai brėžiniai

Statybiniai brėžiniai, mano nagrinėjamu atveju, apima metalinių konstrukcijų, gelžbetonio konstrukcijų, planų, pjūvių ir fasadų sudarymo brėžinius.

2.1. Sistemos koncepcinis modelis

Dabartinė padėtis mokslo disciplinose, kurios naudoja IT, nepatenkinama, kadangi nepakankamai išnaudojamos IT galimybės. Komercinėse sistemose kuriami įrankiai pritaikyti visiems gyvenimo atvejams. Dėl šios priežasties jie neracionalūs konkreitiems uždaviniams, nes reikalauja nepagrįstai daug papildomo darbo, kuris dažnai užgožia studijuojamo dalyko esmę. Tačiau įdėjus šiek tiek papildomų pastangų, situacija studijuojamoje disciplinoje gali pagerėti. Šiuo metu buitiniai prietaisai (pvz., mobilieji telefonai) daug modernesni nei universitetuose taikomi IT metodai.

Darbe grafinių problemų sprendimui pritaikomos bendrojo pobūdžio komercinės sistemos. Šiuo atveju AutoCAD [13; 39; 40; 41; 47] (bet, be didesnių pastangų, gali būti ir kitos – žymiai pigesnės) adaptavimas atliekamas pagal siūlomą koncepcinį modelį (2.2 pav.).



2.2 pav. Sistemos koncepcija

Kiekvienai temai išėities duomenis sudaro jos grafika ir ją apibūdinantys standartai, todėl optimaliai akcentuojamas dalyko turinys .

Procesas valdomas, vadovaujantis principais, kuriuose lemiamą vaidmenį atlieka šie kriterijai:

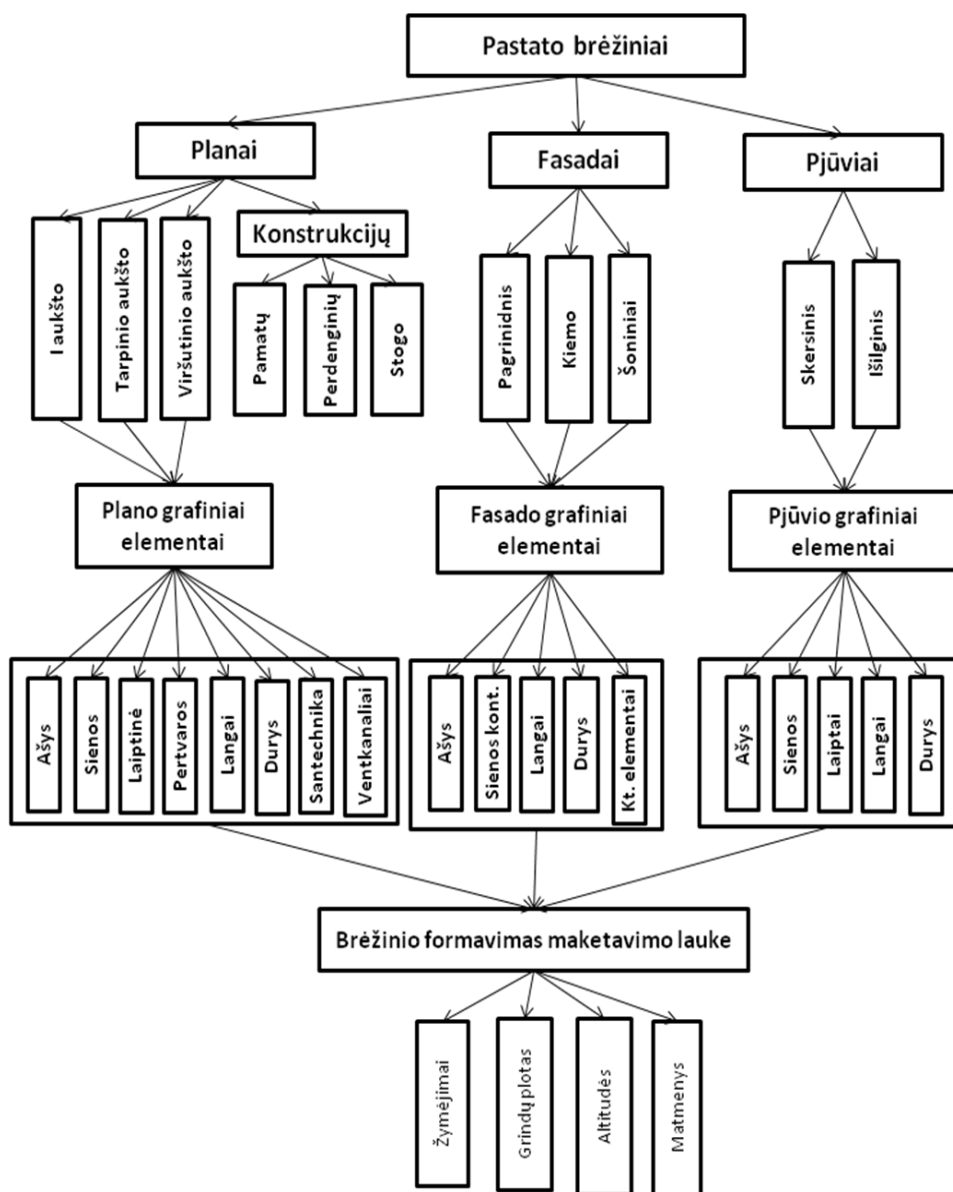
- kalba, kas yra labai svarbu mažoms šalims, kadangi joms labai retai pritaikoma nacionalinė kalba.
- edukologiniai aspektai (nuoseklumas, komentarai, vizuali pagalbė medžiaga ir kt.);
- metodika, kuri realizuojama ne tik įrankiais, bet ir racionaliu, mano nuomone, jų išdėstymu, loginiai darbų scenarijai ir kt.;
- visi grafiniai objektai (kuriuos pavyko identifikuoti) realizuojami objektinėmis komandomis, kurios pagrįstos dalykine informacija;
- maksimalus kompiuterio galimybių išnaudojimas. Kiek įmanoma, objektų vizualizavimo komandos realizuojamos programavimo būdu.

Sukurtos sistemos visa medžiaga patalpinta inžinerinės grafikos katedros formuojamoje programinėje įrangoje SumaniTaigra, kurios taikymas statybinės grafikos uždavinių sprendimą padarė žymiai efektyvesnį (tuo jau įsitikino sistemą panaudoję studentai).

2.2. Statybinio brėžinio modeliai

Pastato brėžiniai sudaro svarbią statybinių brėžinių dalį. Pagrindiniai žymenys yra standartizuoti, todėl IT atveju atsiveria puikios automatizavimo galimybės. Komerčinėje gamyboje taikomose programose automatizavimo procesas bei taikymas yra pasiekęs labai aukštą lygį (Autodesk, Bentley ir kitų gamintojų programiniai paketai), o edukologinėje praktikoje progresas nežymus, nors, turėtų būti priešingai. Šiame poskyryje pateikiami brėžinių automatizavimui būtini modeliai, kurie vėliau realizuojami darbinėmis komandomis.

Apžvelgus pastato brėžinius [1; 7; 4; 16], galima pastebėti ir išskirti pagrindinius pasikartojančius vaizdo elementus (2.3 pav.). Pastatų braižybos elementai išsamiai išnagrinėti [1; 3; 31] literatūroje.



2.3 pav. Pagrindiniai pastato brėžiniai ir grafiniai elementai

Pradėjus studijuoti statybinę braižybą, dėl žinių ir laiko stokos, dažniausiai sudaromi aukštų planai, pagrindinio fasado ir pjūvio per laiptinę brėžiniai.

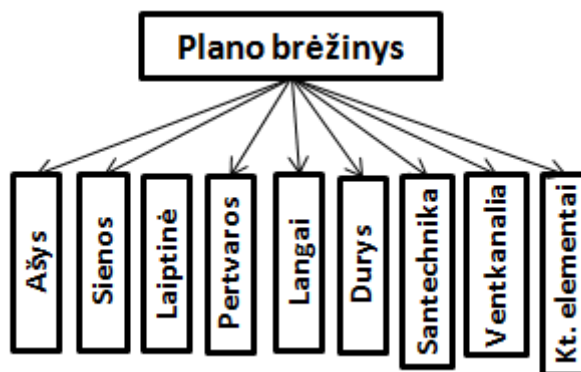
Pateikta schema įdomi tuo, kad akivaizdžiai matosi, jog trijų tipų brėžiniuose yra pasikartojančios komandos (langai, durys, ašys), tačiau jos vizualizuojamos skirtingomis komandomis.

2.2.1. Planai

Pastato planas – tai pastato horizontalus pjūvis, kuris atliekamas virš palangių arba konkrečiai nurodytame aukštyje. Iš pastato plano galima spręsti apie patalpų, san technikos prietaisų, baldų ir kitų objektų išdėstymą [7].

Pagal duotą schemą detalizuojami pirmo ir viršutinio aukštų planai. Modelio sudėtinių dalių realizacijos pavyzdžiai pateikti literatūroje [1; 5].

Darbe nagrinėjami tik aukštų planų (pirmo, tarpinio, antro ir t.t. aukštų) brėžiniai, todėl jų realizavimą atspindi grafinių elementų ir papildomų elementų vizualizavimo modelis (2.4 pav.).



2.4 pav. Plano vizualizavimas

Visi grafiniai plano elementai yra standartizuoti, todėl vizualizuoti galima ir, mano manymu, reikia atitinkamomis komandomis. Kita edukologiškai svarbi savybė yra ta, kad braižymo eiga identiška pastato statybos procesui – pradedama nuo ašių, tęsiama sienų braižymu, tuomet seka langai ir t.t. Tokiu būdu braižymo procesas tampa pradiniu gamybos žingsniu. Atskirų įrankių modeliai aptariami [3] literatūroje.

2.2.2. Fasadai

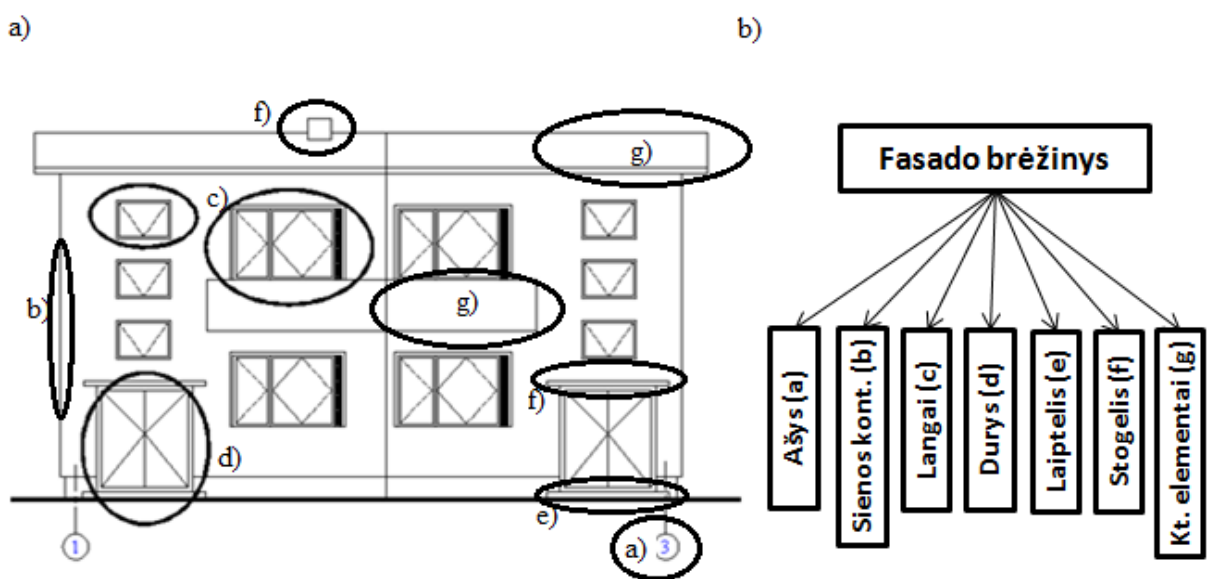
Pastato fasadas – pastato vaizdas iš kurios nors pusės. Virš fasado brėžinio užrašomas pavadinimas, pvz., „Fasadas 1-7“, kuris reiškia, kad fasadas braižomas tarp nurodytų ašių. Fasadai braižomi plonomis linijomis, išskyrus pagrindo liniją, kuri vizualiai išskiriama .

Šiame poskyryje analizuojami brėžinio ypatumai ir specifiniai žymenys. Fasado brėžinio ypatybė yra jo sąryšis su atitinkama plano siena, šio sąryšio realizavimo algoritmas, pagalbinių įrankiai ir metodika pateikti [2; 3] literatūroje.

Fasade vaizduojama tik pastato išorė, kurioje nedaug elementų (2.5a pav.), todėl vizualizavimui pakanka kelių nesudėtingų komandų (2.5b pav.).

Langų ir durų matmenys plane, fasade ir pjūvyje yra tokie patys, todėl nurodymų sumažinimui tikslinga duomenis saugoti pagalbinėje duomenų bazėje. Be grafinių elementų vizualizavimo, reikalingos papildomos altitudžių žymėjimo ir langų vietos, kuri susieta su plano duomenimis, komandos.

Pateikta darbo schema tinka mokomiesiems bei gamybiniais grafikos darbams atlikti.



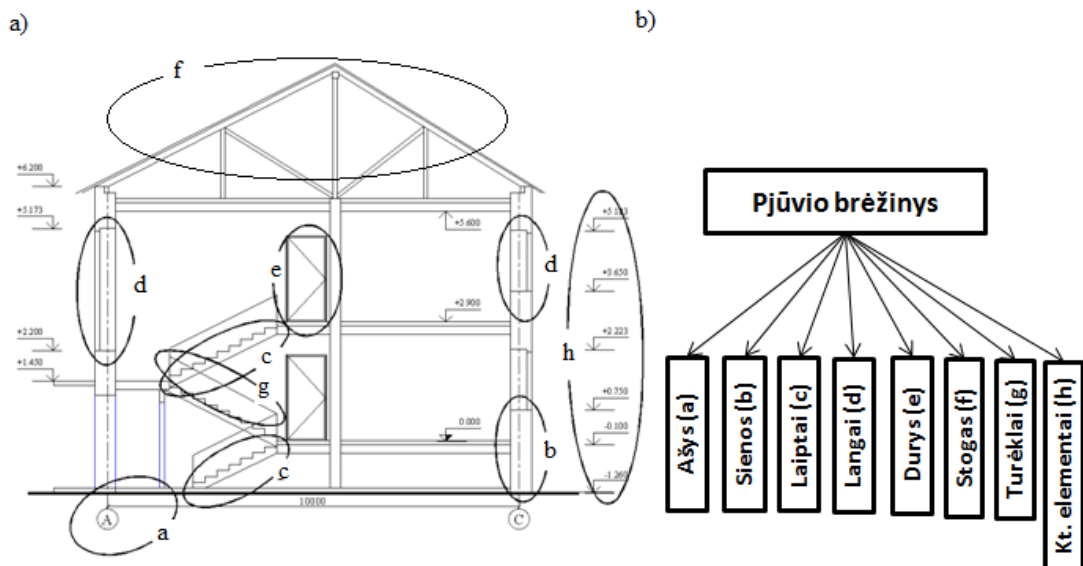
2.5 pav. Fasado vizualizavimas

2.2.3. Skersinis pjūvis

Pastato pjūvis – vaizdas, gautas atlikus pjūvį vertikalia plokštuma ir suprojektavus jį į projekcijų plokštumą, lygiagrečią kertančiajai. Dažniausiai pjūviai braižomi per laiptines, langų ar durų angas [12].

Kompiuterijoje skerspjuvio vizualizavimas įdomus tuo, kad čia slypi didžiulės optimizavimo galimybės. Suteikus plano elementams papildomus duomenis, jų vėlesnis automatizuotas naudojimas, pjūvio formavimą paverčia maloniu kūrybiniu procesu.

Skersiniame pjūvyje pateikiama daug papildomos informacijos bei vaizduojama daug grafinių elementų (2.6a pav.), todėl reikia daugiau papildomų komandų racionaliam darbui (2.6b pav.).

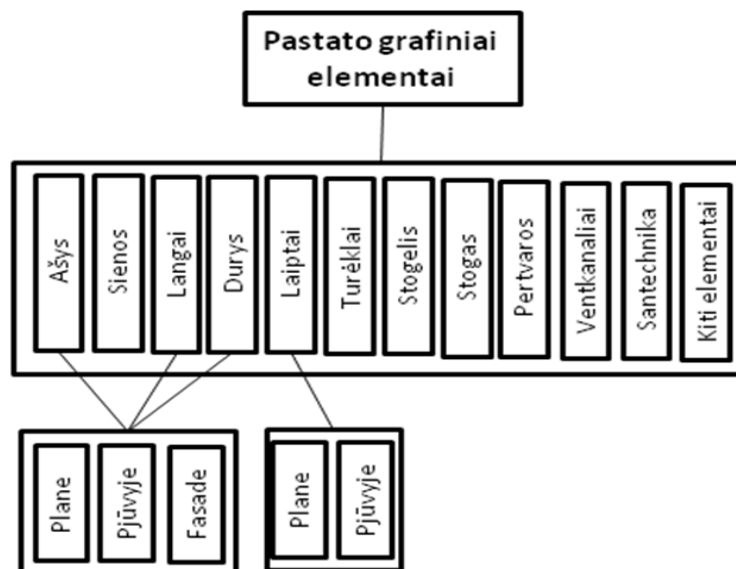


2.6 pav. Pjūvio vizualizavimas

Vaizdų formavimui sudarytus įrankius tikslinga apjungti į įrankinę, kurioje būtų ne tik aptarti vizualizavimo, bet ir pagalbiniai statybinio brėžinio formavimo įrankiai (pvz., pjūvio žymėjimas). Įrankių modeliai ir jų valdymas aptariami [4] literatūroje.

2.2.4. Pastatų grafiniai elementai

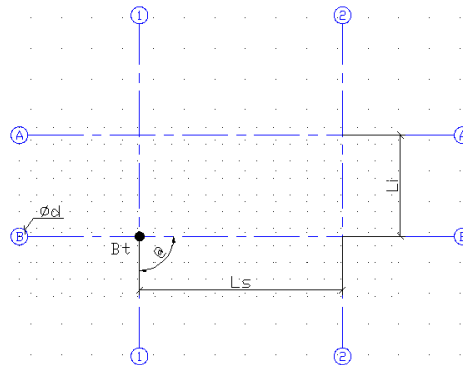
Pastato grafiniai elementai vaizduojami standartiniais žymenimis [7]. Todėl, formuojant brėžinį, labai patogu turėti kiekvienam objektui komandą (2.7 pav.).



2.7 pav. Pastato grafiniai elementai

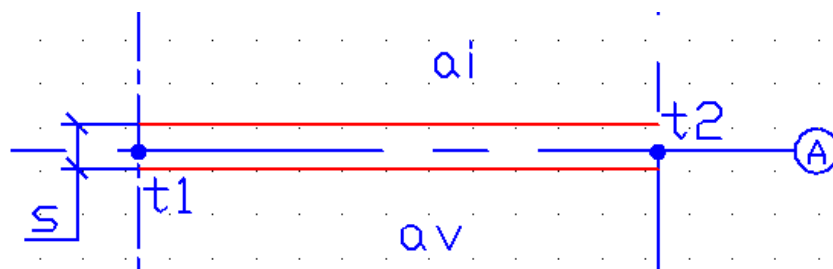
Ašys. Pastato vietai bei konstrukcinių elementų padėčiai nustatyti naudojamos koordinatinių ašys. Tai išilgai pastato išorinių ir vidinių sienų skerspjūvių nubrėžtos ortogonalios linijos, kurių atžvilgiu išdėstomi konstrukciniai elementai. Ašys brėžiamos ašinio tipo linijomis ir baigiamos 8-12

mm skersmens apskritimais, kuriuose įvardijamos ašys (skersinės ašis rekomenduojama žymėti skaičiais, išilginės – didžiosiomis raidėmis). Dažniausiai ašys išilgai sienų nebraižomos, o paliekama minimali dalis, kuri parodo sienų padėtį ašių atžvilgiu. Ašys gali būti kintamo ir pastovaus žingsnio. Plane ašys sudaro skersinių ir išilginių ašių, dažniausiai stačiakampį, tinklą (2.8 pav.). Fasade ir pjūvyje jos vizualizuojamos lygiagrečių linijų grupėmis. Pasinaudojant ašių komanda bei nurodant jų svarbiausius parametrus (bazinį tašką (Bt), skersinių ir išilginių ašių kiekį, atstumus tarp jų (L_s , L_i), ašių žymėjimo apskritimą) galima nesunkiai ir greitai vizualizuoti ašis.



2.8 pav. Pastovaus žingsnio ašių parametrai

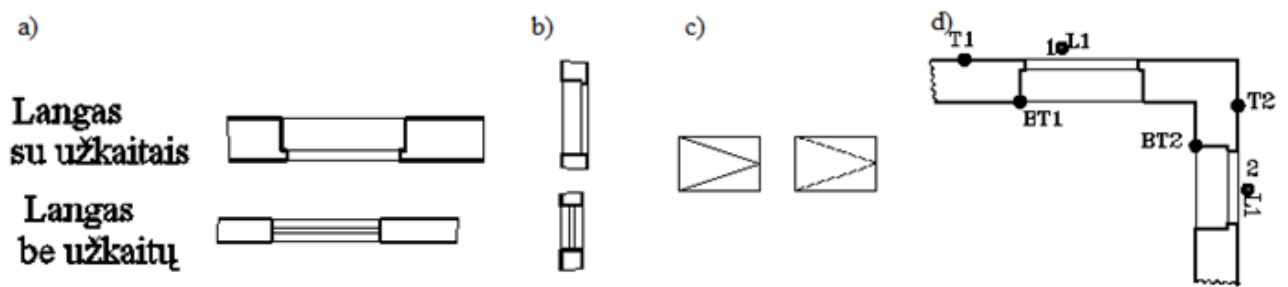
Sienos. Sienos gali būti vidinės ir išorinės. Išskiriamos laikančiosios sienos ir pertvaros. Sienos plane ir pjūvyje vaizduojamos dviem lygiagrečiomis linijomis. Fasade sienos vaizduojamas kontūrine linija. Sienų vizualizavimas, pasinaudojant IT galimybėmis, yra nesudėtingas (2.9 pav.). Automatizavus programavimo būdu sienų braižymą, nurodomi pagrindiniai parametrai (sienos storis (s), sienos pradinis taškas ($t1$), sienos galinis taškas ($t2$), išorinė pusė (ai), vidinė pusė (av)) ir sieną vizualizuoja kompiuteris. Pertvaros – tai sienos be ašių, todėl jų vizualizavimas dar paprastesnis.



2.9 pav. Sienų braižymo parametrai

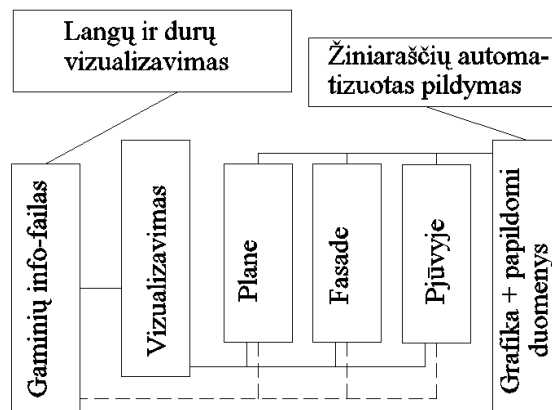
Langai. Langai gali būti su užkaitais (iš lauko pusės) ir be užkaitų. Langai pagal tam tikrus matmenis vizualizuojami sutartiniu žymėjimu, todėl jų braižymą patogu automatizuoti.

Langų žymėjimas plane (2.10a pav.), fasade (2.10b pav.) ir pjūvyje (2.10c pav.) yra skirtingas pagal tuos pačius matmenis, todėl tikslinga duomenis apie jų matmenis saugoti pagalbinėje duomenų bazėje. Tai leistų sumažinti nurodymus vizualizavimo metu.



2.10 pav. Langų vizualizavimas brėžiniuose

Informacijos judėjimas langų vizualizavime gali būti organizuojamas pagal 2.11 pav. schemą.

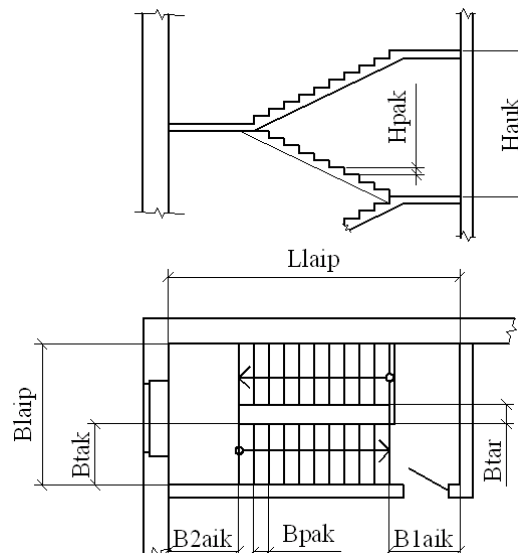


2.11 Langų vizualizavimo valdymas

Sudarius gaminių matmenų informacinį failą, braižymo metu užteks nurodyti gaminio markę ir vaizdo atraminius taškus pagal 2.10d pav. grafinius modelius. Dirbant be duomenų bazės, pakanka matmenis nurodyti interaktyviai.

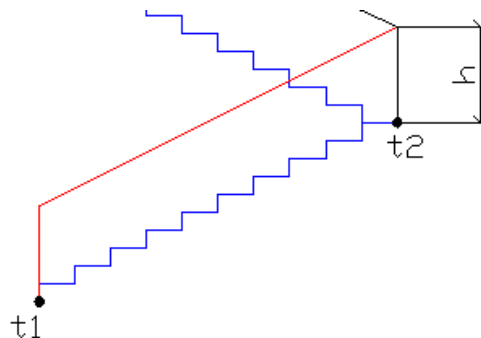
Durys. Durys, kaip ir langai, gali būti su užkaitais ir be jų [7; 12]. Durų vaizdavimas taip pat yra standartizuotas, dėl gabaritų nežymiai skiriasi lauko, balkonų, virtuvės, vonios, kambario durų vaizdavimas. Durys plane vaizduojamos nurodant dydį ir varstymo kryptį.

Laiptinė. Patalpa laiptams. Laiptinė charakterizuojama pagal aukšto aukštį (H_{auk}), laiptotakio plotį (B_{tak}), laiptų pakopos aukštį ir plotį (H_{pak} , B_{pak}), tarpą tarp laiptotakių (B_{tar}), lipimo kryptį [1; 2] ir t.t. Laiptų vaizdavimas priklauso nuo to, kuriame aukšte jie yra. Nors iš bendro brėžinio laiptinės vaizdas tiek plane, tiek skersiniame pjūvyje atrodo nesudėtingas (paprastosios linijos), tačiau daugybė parametrų jos vizualizavimui reikalauja daug pastangų ir laiko sąnaudų.



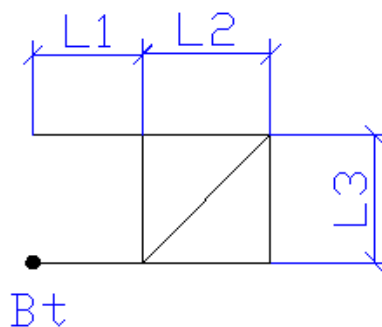
2.12 pav. Laiptinės parametrai

Turėklai. Turėklų vizualizavimas nesukelia daug problemų braižant ir *Linijos* komanda, tačiau daug maloniau tai atlikti intelektualėsniau būdu – turint specialią komandą. Turėklų braižyme aktualūs parametrai (2.13 pav.). Pažymimas apatinis (t1) ir viršutinis laiptų taškas (t2) bei nurodomas turėklų aukštis (h).



2.13 pav. Turėklų vizualizavimo parametrai

Ventiliacijos kanalai. Ventiliacijos kanalai dažniausiai įrengiami tualetuose, voniose ir virtuvėse. Šių įrengimų vaizdavimas paprastas – linijinis. Jie vaizduojami plano brėžinyje. Pagrindinius ventiliacijos kanalų parametrus, nors jų tik keletas, atspindi 2.14 pav. Nurodant tik bazinį tašką (Bt) sienos kraštinėje bei ilgį, galima labai paprastai ir greitai vizualizuoti ventiliacijos kanalą.



2.14 pav. Ventiliacijos kanalų parametrai

Santechnika. Tai įvairi santechnikos įranga: praustuvas, vonia, klozetas, skalbimo mašina, ir kt. Vaizduojami plane sutartiniais žymenys.

Tokiu būdu sumodeliavus pagrindinius pastato brėžinius bei sudarius reikiamas komandas, kurių informatyviausių modelius aptarėme prieš tai, įvertinus racionalią darbo eigą, galima modeliuoti programinės įrangos aplinką. Tai ir bus atliekama tolimesniuose skyriuose.

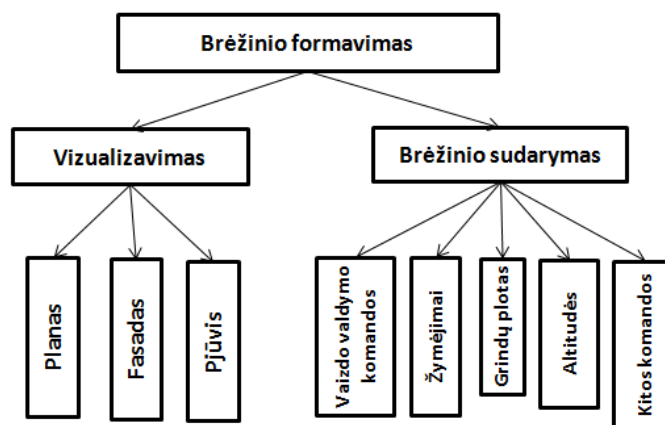
2.2.5. Brėžinio formavimo modelis

Statybiniame brėžinyje naudojami masteliai, todėl vizualizavimas atliekamas modeliavimo lauke, o brėžiniai formuojami maketavimo lauko puslapiuose.

Modeliavimo lauke masteliu 1:1 sudaromi pastato brėžinių vaizdai:

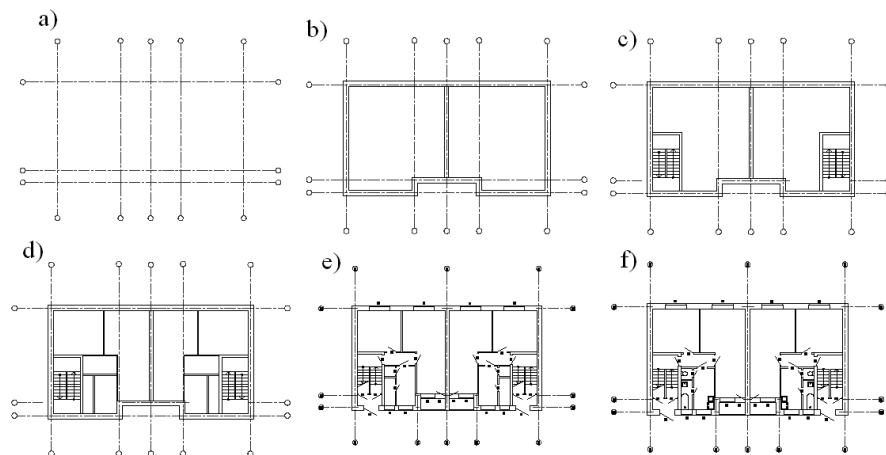
- sudaromas plano brėžinys;
- suformuojamas fasadas kaip išvestinis vaizdas naudojant plano duomenis ir automatiškai įterpiant reikiamose vietose langų ir durų vaizdus;
- sudaromas pastato skersinis pjūvis per laiptinę.

Brėžinio formavimo modelis (2.15 pav.) apima pastatų vizualizavimo ir brėžinio sudarymo etapus.



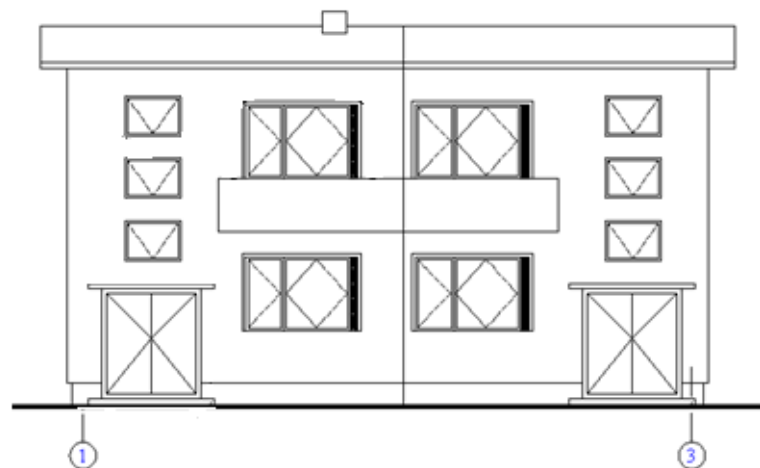
2.15 pav. Brėžinio formavimo modelis

Plano vizualizavimo eiga. Nuosekliai surenkant plano vizualizavimo komandas (**Ašys** – 2.5a pav., **Sienos** – 2.5b pav., **Laiptinės** - 2.5c pav., **Pertvaros**, **Prieangio aikštelė**, **Prieangio stogelis**, **Langai**, **Durys** - 2.5e pav., **Santechnika** - 2.5f pav.) pagal užduoties schemą ir konkrečius duomenis suformuojamas plano vaizdas. Aišku, prieš tai išsiaiškinamos ašių sistemos, sienų parametrai, nustatomi laiptinės matmenys, suformuojami langų ir durų matmenų duomenų failai.



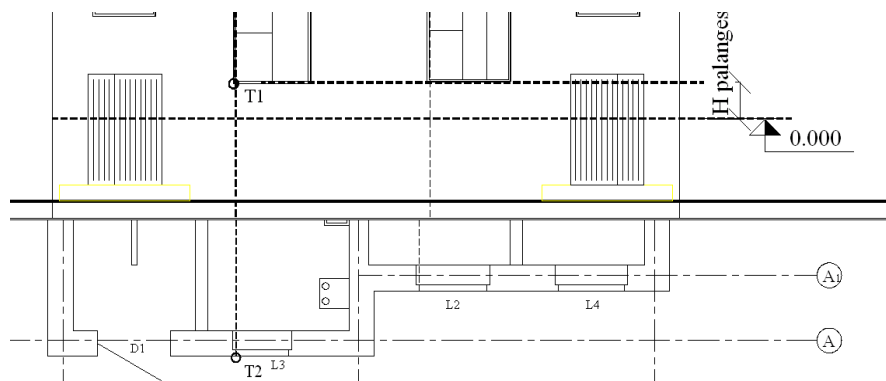
2.16 pav. Plano vizualizavimo eiga

Fasado vizualizavimo eiga. Fasadas vizualizuojamas nuosekliai surenkant komandas (2.17 pav.): **Ašys**, **Sienos briauna**, **Laiptelis**, **Fasado langai ir durys**, **Stogelis** bei kitos.



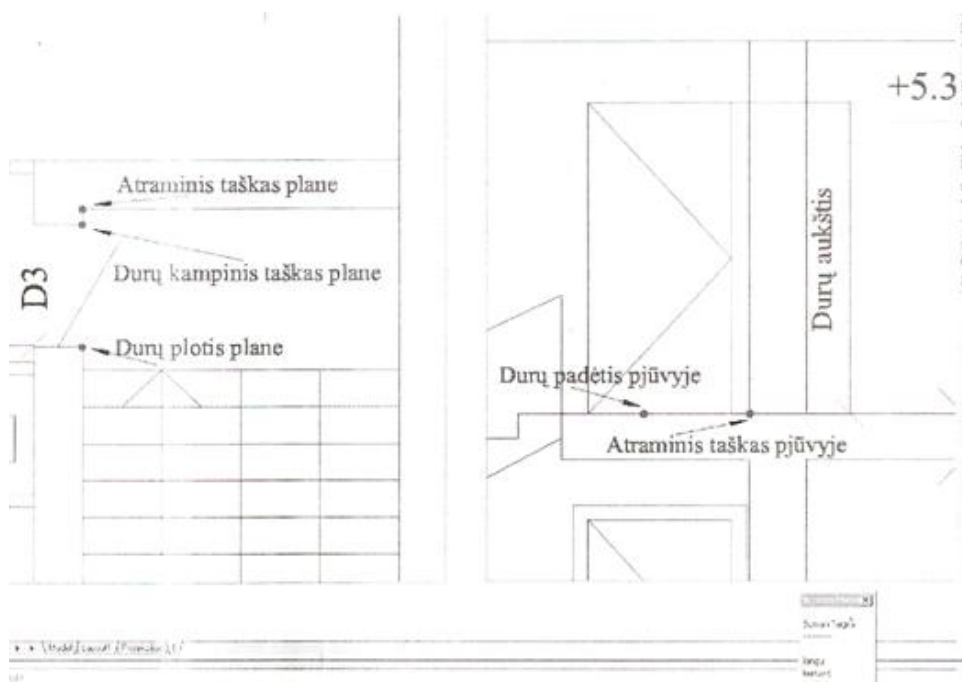
2.17 pav. Fasado brėžinys

Fasade rodomi langų ir durų vaizdai, kurių padėtis priklauso nuo vietos plane ir patalpų aukščio. Padėčiai plane nustatyti tikslinga naudoti „daugiaekranę“ techniką (2.18 pav.) ir pagalbinę komandą **Fasado langai ir durys**, susiejančią lango vietą plane T2 su lango vaizdo vieta fasade T1. Sudėliojus langus ir duris fasade pagal plano duomenis, gali pasirodyti, kad fasado vaizdas yra nekokybiškas, tuomet reiktų angų vietas pakoreguoti interaktyviai fasade, o vėliau ir plane.



2.18 pav. Fasado vizualizavimo ypatumai

Pjūvio vizualizavimo eiga. Pjūvis vizualizuojamas komandomis: **Ašys**, **Sienos**. Būdingi elementai vizualizuojami papildomomis komandomis: **Laiptai pjūvyje**, **Langai pjūvyje**, **Turėklai**, **Prieangio laiptai**, **Stogelis**, **Aikštelė**, **Supaprastintas stogas**. Kiti elementai, jei reikia, braižomi linijiniu būdu naudojant **Linija** bei **Lygiagretu** komandas. Duomenys pjūvio kryptimi (2.19 pav.) gali būti panaudoti iš kitų vaizdų.



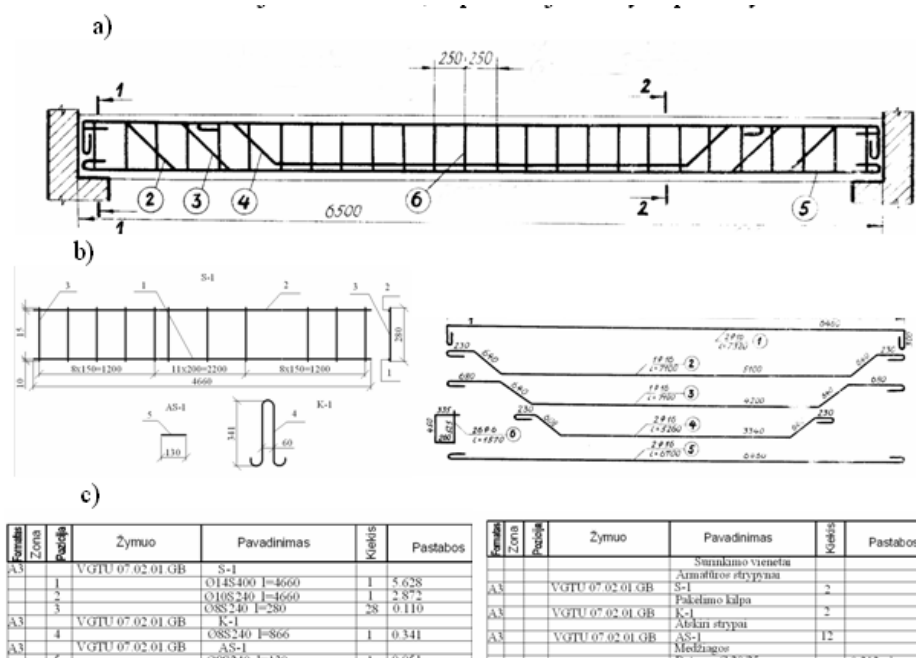
2.19 pav. Pjūvio vizualizavimas

Brėžinio formavimo eiga. Plano, fasado ir pjūvio brėžiniai formuojami maketavimo lauko puslapiuose, priskiriant lapams atitinkamus pavadinimus PLANAS, PJŪVIS, FASADAS. Kiekviename maketavimo lauke sudaromi langai [5], kuriuose vaizdo valdymo ir mastelio komandomis suformuojami reikiamų mastelių vaizdai. Languose vaizdai užrakinami, išjungiamos jų ribos, rašomi matmenys, pjūvių simboliai, sužymimos altitudės, teksto komanda surašomi papildomi žymenys. Pakoreguojami įrašai duomenų lentelėse, priskiriami linijų pločiai.

2.3. Gelžbetonio konstrukcijų grafika

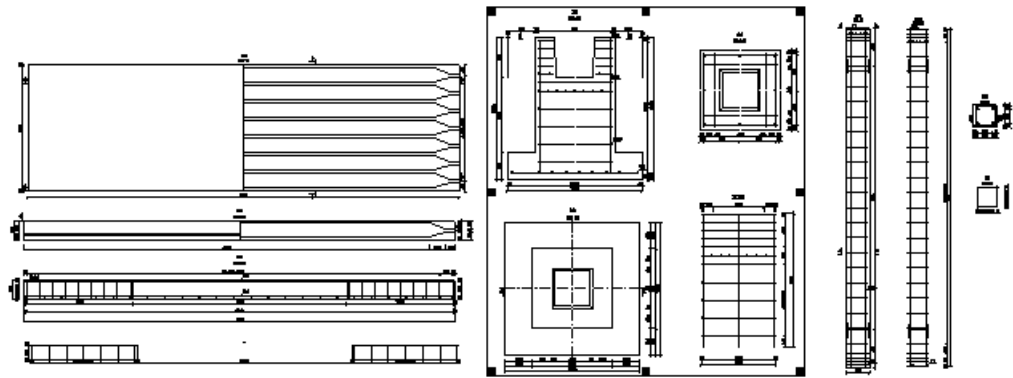
Gelžbetonio konstrukcijų brėžinys edukologiniame etape ypatingas tuo, kad grafiniai objektai įvertinami inžinerijos požiūriu kaip turintys specialius žymėjimus bei fizinius parametrus (svorį) [2; 10]. Todėl nepaisant savo nesudėtingos grafinės struktūros (dažniausiai ortogonalios linijos), atliekamas gana sunkiai. Vėlgi nesudėtingi, bet pirmą kartą sutinkami apribojimai (apsauginis betono sluoksnis, priklausomybė nuo armatūros skersmens ir kt.) taip pat sukelia problemų.

Iš gelžbetonio konstrukcijų inžinerinėje grafikoje dažniausiai sudaromas sijos (2.20a pav.) brėžinys, kadangi jame naudojami pagrindiniai gelžbetonio konstrukcijos elementai, o pats objektas yra primityvus.



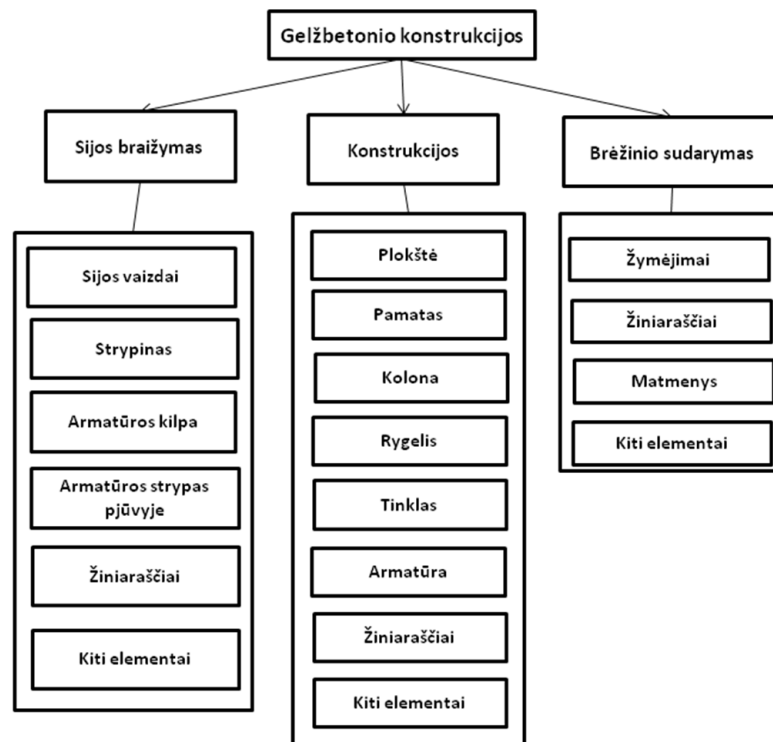
2.20 pav. Gelžbetonio konstrukcijų brėžinio fragmentai

Pagal nusistovėjusią metodiką [1; 2], brėžinio sudarymo optimizavimui reikia atlikti pagrindinių gelžbetonio konstrukcijų brėžinių sudėtinių dalių (sijos – 2.20a pav., armavimo – 2.20b pav., bei žiniaraštinės informacijos – 2.20c pav.) analizę ir modeliavimą. Modeliuojami įrankiai skirti ir tolimesnėms studijoms, vizualizuojančioms kitų konstrukcijų (2.21 pav.) sprendimus, į kuriuos reikia atkreipti besimokančiųjų dėmesį bei numatyti įrankius jiems realizuoti.



2.21 pav. Pagrindinių gelžbetonio konstrukcijų brėžiniai

Gelžbetonio brėžinio grafikos modelis apimtų 2.22 pav. pateiktus elementus.



2.22 pav. Gelžbetonio konstrukcijų brėžinio modelis

Pagal priimtą metodologiją [2], išskiriamos vizualizavimo (masteliu 1:1) ir brėžinio parengimo (reikiamu masteliu) stadijos ir jų realizavimui reikalingi įrankiai. Kadangi brėžinio formavime visą laiką optimizavome grafinių simbolių vizualizavimą, dalis standartinių žymėjimų įrankių (pjūvio žymėjimas, vaizdo kryptis) jau buvo naudojami kituose darbuose (pvz., projekcinė braižyba) ir yra žinomi. Specifiniai įrankiai (*armatūros svoris*, *betono tūris*, *strypynas* ir pan.) modeliuojami papildomai ir įtraukiami į gelžbetonio grafikos įrankinę.

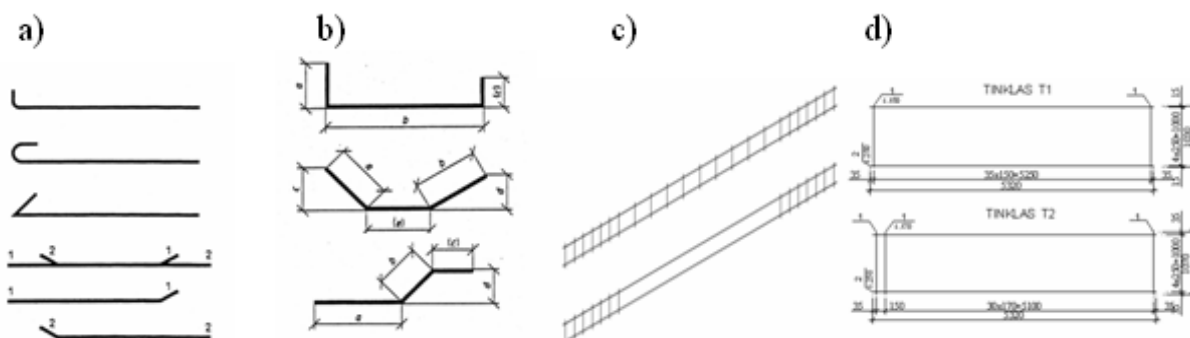
Dirbant būtina išskirti darbo grafinę esmę, o ją realizuojančius įrankius paversti kompiuterinėmis komandomis. Tai, grafikos požiūriu, yra svarbu:

1. Armatūros vizualizavimas (strydynai, atskiri strypai, tinklai).
2. Sutartiniai žymenys;
3. Vaizdų išdėstymas ir taikomi masteliai;
4. Medžiaginiai resursai ir jų nustatymo būdai.

Kadangi įrankiai yra informatikos problema, belieka sudaryti jų modelius ir apipavidalinti juos komandų pavidalu: **strydynas**, **armatūros_svoris**, **betonas** ir t.t. Tik turint gerus įrankius galima „raštingai“ spręsti grafikos problemas.

2.3.1. Grafikos elementai

Gelžbetonio gaminių formos vizualizavimas problemų nekelia, kadangi ji paprastai yra primityvi (stačiakampiai, cilindrai ir pan.). Armatūra, pagal standartus, – atskiri strypai (2.23a pav.), jų formos (2.23b pav.), strydynai (2.23c pav.) ir tinklai (2.23d pav.).



2.23 pav. Armavimas

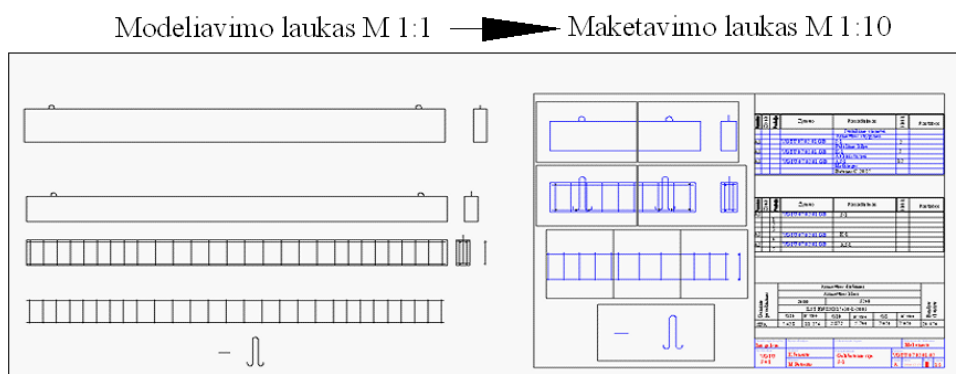
Grafiškai tai nesudėtingi, daugiaparametriniai dariniai. Todėl interaktyviai vizualizuoti juos netikslinga, nes didžioji pastangų dalis skiriama aritmetiniams skaičiavimams ir elementariems braižymams, kurie turi būti automatizuojami.

Kita dalis grafinių simbolių, kaip ir visuose gamybiniuose statybos brėžiniuose, yra konstrukcinių elementų bei sutartinių elementų žymenys. Pakanka tik pažymėti jų valdymo komandas darbo aplinkoje.

2.3.2. Brėžinio formavimo eiga

Kaip akcentuojama [3] literatūroje, realius statybinius objektus sudarančių elementų matmenys yra skirtingi ir gali skirtis šimtus ir daugiau kartų. Todėl jų brėžiniai pateikiami skirtingais masteliais, o racionalus darbas priklauso nuo darbo eigos. Kompiuterijoje galimi įvairūs variantai. Kadangi konstrukcijų brėžiniai yra netaisyklingų vaizdų grupės [4], brėžinys sudaromas dviem etapais (2.24 pav.). Pirmame etape atliekamas objekto vizualizavimas, o jo brėžinys sudaromas antrajame etape naudojant reikiamus mastelius, pažymint sutartinius simbolius ir kt.

Pagal modeliavimo lauke sudarytus vaizdus, sijos brėžinys formuojamas maketavimo lauko puslapyje. Maketavimo puslapyje sudaromi langai, kuriuose vaizdo valdymo, mastelio bei vaizdų išlyginimo komandomis suformuojami reikiamų mastelių vaizdai. Kadangi brėžinio struktūra gana sudėtinga, maketavimo lauke sukuriami atitinkama langų sistema (2.18 pav.).



2.24 pav. Brėžinio formavimas

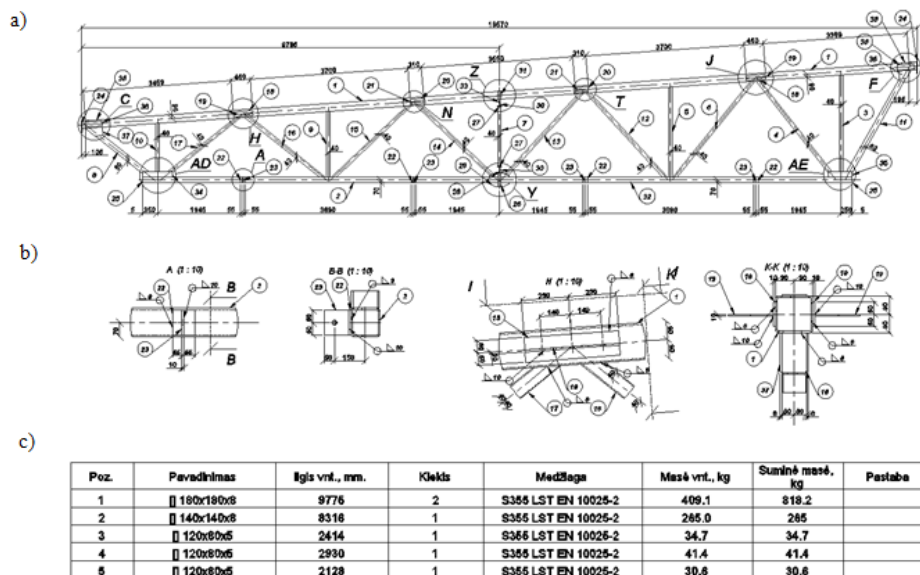
Žinoma, langų šabloną galima parengti iš anksto, tačiau edukologiniame procese tikslinga tobulinti įgūdžius, todėl paliekama ir šiek tiek interaktyvaus darbo. Suformuoti languose vaizdai užrakinami, išjungiamos jų ribos, rašomi matmenys, pjūvių simboliai. Pakoreguojami įrašai duomenų lentelėse, priskiriami linijų pločiai.

2.4. Metalinių konstrukcijų grafika

Metalinių konstrukcijų brėžinys inžinerinėje grafikoje nagrinėjamas keliais požiūriais. Be specifinių grafikos klausimų, čia nagrinėjami realios inžinerinės konstrukcijos brėžinio ypatumai. Edukologiniame etape nagrinėjami standartai, naujos grafinės sąvokos studijuojančiam sukelia papildomų sunkumų.

Racionalios metodikos, sprendžiančios grafikos ir inžinerijos problemas, paieška aktuali dar dėl IT galimybių platesnio panaudojimo. Tenka atsižvelgti ir į komercinių sistemų, kurios bus taikomos gamyboje, koncepcijas.

Metalinių konstrukcijų brėžinys inžinerinėje grafikoje sudaromas santvaros (2.25 pav.), dažnai naudojamos specifinės konstrukcijos, pagrindu [1; 9].



2.25 pav. Metalinių konstrukcijų brėžinio fragmentai

Norint optimizuoti brėžinio sudarymą, reikia atlikti pagrindinių metalinių konstrukcijų brėžinių sudėtinių dalių (santvaros 2.25a pav., jos mazgų – 2.25b pav., bei žiniaraštinės informacijos – 2.25c pav.) analizę ir modeliavimą. Darbo tikslas yra maksimaliai išnaudoti kompiuterio galimybes, todėl brėžinio grafikos modelis apimtų 2.26 pav. pateiktus elementus.



2.26 pav. Santvaros mazgo brėžinio modelis

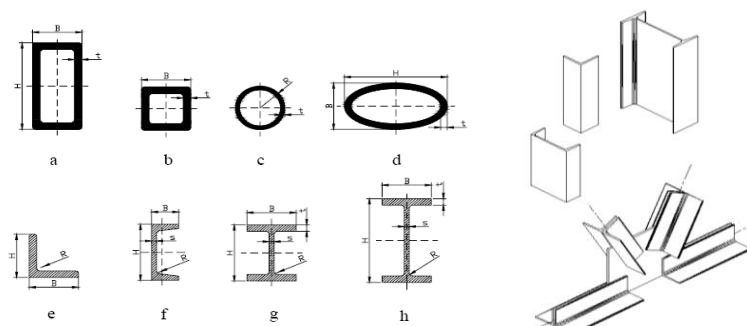
Brėžinio formavime dalis grafinių simbolių yra bendro naudojimo (pjūvio žymėjimas, vaizdo kryptis), o specifiniai modeliuojami pagal konkretaus vaizdo reikalavimus (pvz., ašys metalinių konstrukcijų plane ir skersiniame pjūvyje ir kt.).

Taikomosios grafikos darbai nėra sudėtingi, dažniausiai sudaryti iš linijų, bet jų priklausomybė, matmenys, forma sukelia nemažai realizavimo problemų bei reikalauja pastangų. Konkrečiame metalinių konstrukcijų darbe grafikai svarbu:

- elementų forma ir jos sudarymas (profiliai);
- sutartiniai žymenys;
- vaizdų išdėstymas ir taikomi masteliai;
- medžiaginiai resursai ir jų nustatymo būdai.

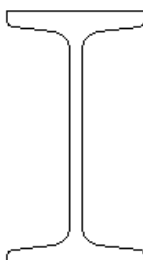
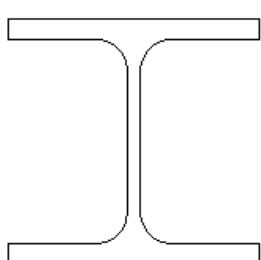
Grafiką realizuojantys įrankiai yra informatikos problema, todėl vartotojas turi tikėtis tokių darbo įrankių : **profilis, mazgo ašių iškirpimas, vaizdo kryptis** ir t.t. Išsprendus vizualizavimo įrankių problemas, daugiau laiko galima skirti grafikai.

Grafikos elementai. Pirmajame metalinių konstrukcijų darbe paprastai sudaromas metalinės santvaros (2.25a pav.) vieno mazgo darbo brėžinys. Santvara konstruojama iš plieninių elementų, vadinamų profilių, turinčių įvairų skerspjūvį (kampuočio – 2.27e pav., lovinio – 2.27f pav., dvitėjinio – 2.27g, h pav.) Be abejo, galimi ir kiti skerspjūviai (2.27a-d pav.), kurie naudojami gamyboje ir metalinių konstrukcijų projektavime atitinkamų disciplinų studijose. Santvaros elementai tarpusavyje jungiami lakštais (2.27i pav.) suvirinant, varžtais arba kniedėmis, kurie turi savo grafinius žymėjimus.



2.27 pav. Profilių formos

Žinoma, yra įvairių būdų gauti informacijos apie skerspjūvius, pvz., visai modernus būdas – paieška internete (2.28 pav.).



http://www.cadlibris.com/cad-blocks/steel-sections/H_K_GOST26020#tableData

Save	i-drop	Name	h, mm	b, mm	s, mm	t, mm	R, mm	A, cm²
Filter	min							
Clear	max							
dwg	CAD	20K1	195	200	6.5	10.0	13	52.82
dwg	CAD	20K2	198	200	7.0	12.0	13	59.70
dwg	CAD	23K1	227	240	7.0	11.0	14	66.51
dwg	CAD	23K2	230	240	8.0	12.0	14	75.77
dwg	CAD	26K1	255	260	8.0	12.0	16	83.08
dwg	CAD	26K2	258	260	8.0	14.0	16	93.19
dwg	CAD	26K3	262	260	10.0	16.0	16	105.90

Toks būdas yra racionalesnis nei ieškoti informacijos bibliotekos žinynuose. Tačiau tai pagalbinė priemonė, nes prireikia daug laiko aiškintis mastelių bei parametrų reikšmes. Žymiai patogiau informaciją turėti vienoje vietoje ir patogiu formatu, nesaugoti papildomų, nereikalingų duomenų kompiuterinėje aplinkoje (pvz., plotas), kadangi, prireikus, juos galima gauti grafinėje aplinkoje. Žinoma, bendram suvokimui internetinių galimybių žinojimas nekenkia, tačiau praktiniam darbui tai mažai naudinga. Taigi reikia sukurti maksimaliai patogų įrankį grafinių vaizdų optimaliam vizualizavimui. Tai leidžia valdyti optimaliai reikiamus parametrus: tiek 2D, tiek ir 3D atveju, nors pastarosios mokomajame grafikos etape mažai naudojamas.

Suformuotos grafinių elementų žymėjimo komandos yra būtina, bet dar nepakankama, racionalaus darbo sąlyga. Galutinį darbo rezultatą (tikslumą, spartą) lemia įrankių išdėstymas ir darbo eigos numatymas. Nustatyta, kad šie procesai yra susiję ir įtakoja vienas kitą. Įrankių išdėstymas įtakoja darbo eigą ir atvirkščiai, belieka suformuoti racionalių modelių.

2.4.1. Brėžinio formavimo eiga

Realūs statybiniai objektai ypatingi tuo, kad juos sudarančių elementų matmenys yra skirtingų dydžių. Todėl jų brėžiniai pateikiami skirtingais masteliais, nors braižyti (bent kompiuteryje) yra patogiausia natūraliu dydžiu. Racionalus darbas priklauso nuo darbo eigos. Be abejo, kompiuterijoje visuomet galimi ir yra naudojami skirtingi variantai. Formavimo eigoje tikslinga išskirti brėžinio vizualizavimo (konstrukcinių elementų vaizdavimo) ir brėžinio sudarymo (masteliai, sutartiniai dalykai ir kt.) eigą.

Brėžinio sudarymo eiga. Kadangi brėžinyje naudojami masteliai, vizualizavimas atliekamas modeliavimo lauke, o brėžiniai formuojami maketavimo lauko puslapiuose. Kadangi metalinių konstrukcijų brėžinių spektras yra didelis, aptarkime vizualizavimo eigą santvaros mazgo konstravimo atveju.

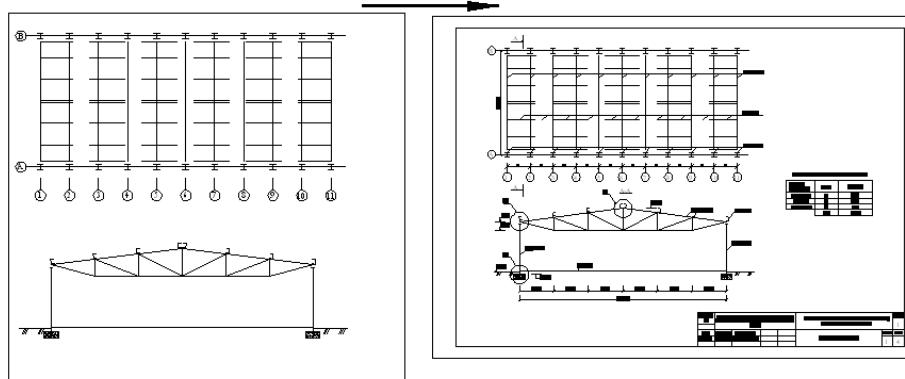
Modeliavimo lauke masteliu 1:1 sudaromi konstrukcijos brėžinio (santvaros ašių, mazgų) vaizdai:

- sudaroma santvaros ašių schema (kadangi santvarų formų kiekis yra baigtinis, racionali turėti jų formavimo šablonus [1; 2]);
- kopijuojama projektuojamo mazgo ašių sistema;
- taikant profilių vizualizavimo pjūvyje ir plane komandas, konstruojami mazgų vaizdai;
- darbui su skirtingo dydžio objektais, tikslinga naudoti vaizdų valdymo komandą.

Brėžinio formavimo eiga. Pagal modeliavimo lauke sudarytus vaizdus, konstrukcijų brėžiniai formuojami maketavimo lauko puslapiuose (2.29 pav.), priskiriant lapams atitinkamus pavadinimus PLANAS, PJUVIS, MAZGAI. Šio nedidelio pirmojo metalinių konstrukcijų

(santvaros mazgo konstravimo) grafinio darbo rezultatai talpinami paprastai viename maketo lape KONSTRUKCIJOS. Bendru atveju, maketavimo puslapiuose sudaromi langai, kuriuose vaizdo valdymo ir mastelio komandomis suformuojami reikiamų mastelių vaizdai. Languose vaizdai užrakinami, išjungiamos jų ribos, rašomi matmenys, pjūvių simboliai, sužymimos altitudės, žymės ir t.t. Nestandartiniai elementai (pastabos) surašomi teksto komanda. Įterpiami žiniaraščiai, kurie gali būti pildomi interaktyviai teksto rašymo komanda arba suformuojami automatiškai atitinkamomis komandomis. Pakoreguojami įrašai duomenų lentelėse, priskiriami linijų pločiai.

Modeliavimo laukas M 1:1 Maketavimo laukas M 1:200



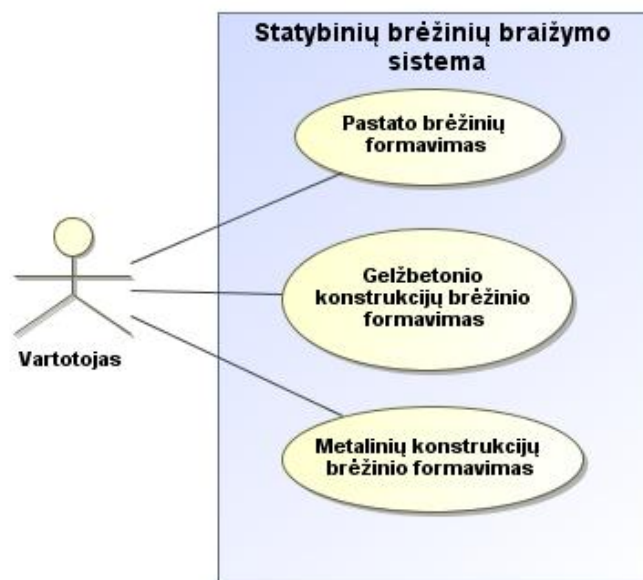
2.29 pav. Brėžinio formavimas

3. STATYBINIŲ BRĖŽINIŲ DARBO APLINKOS PROGRAMINIS REALIZAVIMAS

Šiame skyriuje pateikiamas statybinių brėžinių darbalaukių kūrimo bei realizavimo aprašymas. Darbalaukiai pagrindžiami diagramomis bei jau realizuotos darbo aplinkos pavyzdžiais.

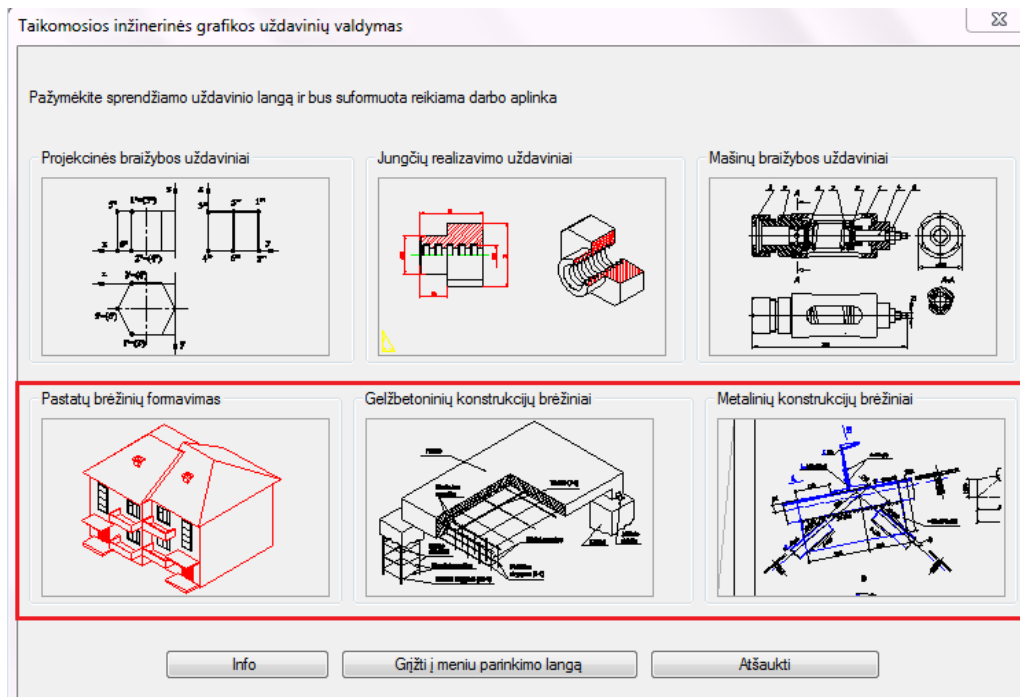
Kaip jau buvo minėta, edukologijoje statybinėje braižyboje išskiriami pagrindiniai pasikartojantys vaizdo elementai – pastatų, metalinių konstrukcijų, gelžbetonio konstrukcijų brėžiniai. Taigi, turint svarbiausius modelius, galima projektuoti programinės įrangos darbo aplinką (3.1 pav.), kurioje vartotojas, šiuo atveju studentas arba dėstytojas, galėtų lengvai ir savarankiškai formuoti brėžinius.

Darbo aplinkos ir grafiniai įrankiai projektuojami AutoCAD [15] bei SumaniTaigra [48] aplinkose Visual Lisp programavimo kalba [17; 39; 42].



3.1 pav. Statybinių brėžinių braižymo sistema

3.2 pav. pateikiamas suprojektuotas taikomosios inžinerinės grafikos uždavinių valdymo langas. Iš paveikslėlio galima matyti, kad pasirinkimo lange galima rinktis ne tik statybinius brėžinius, bet ir projekcinės braižybos, jungčių realizavimo bei mašinų braižybos uždavinius. Pasirinkimo galimybė yra praplėsta dėl sistemos universalios naudojimo.

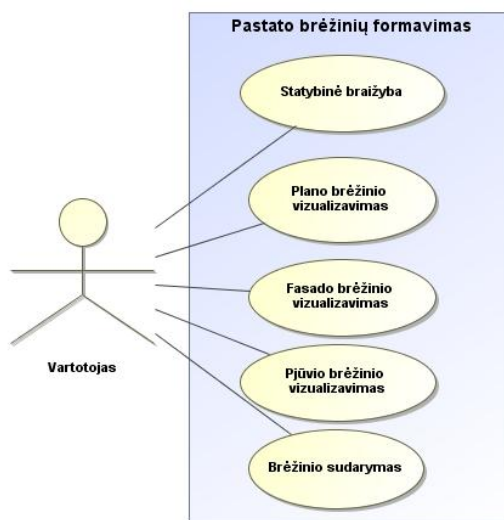


3.2 pav. Taikomosios inžinerinės grafikos uždavinių valdymo langas

Toliau nagrinėjami statybiniai brėžiniai individualiai.

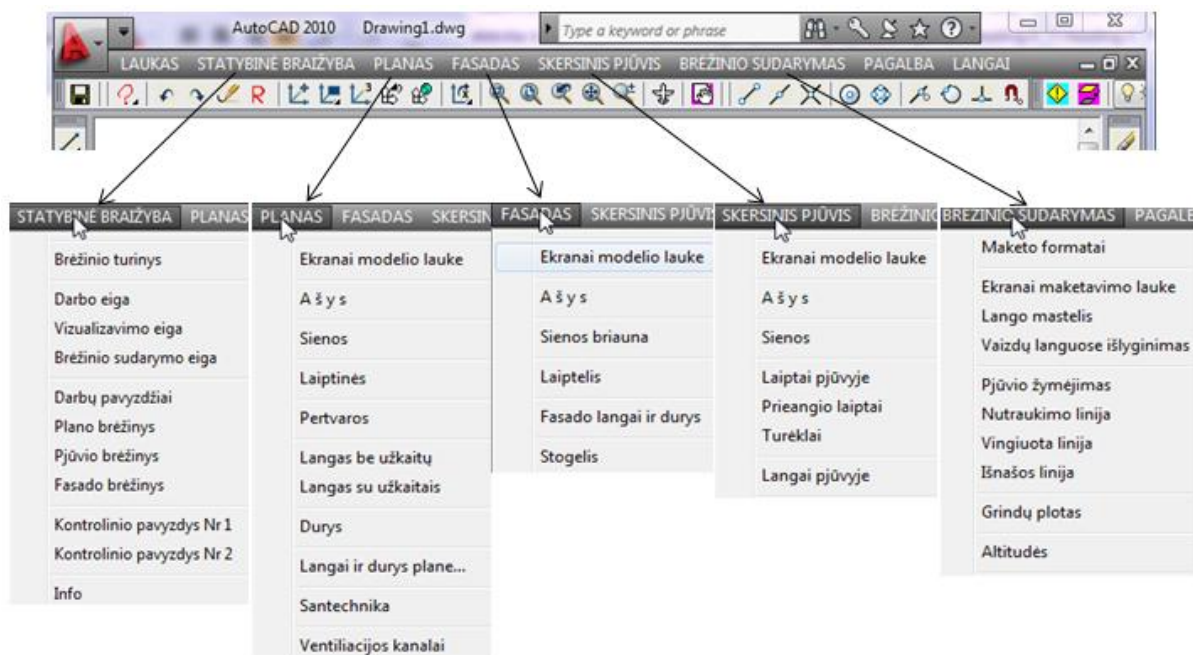
3.1. Plano, pjūvio ir fasado brėžinių formavimas

Išanalizavus pastato brėžinių ypatumus, sudaromas racionalios darbo aplinkos užduočių diagrama (3.3 pav.).



3.3 pav. Pastato brėžinių užduočių diagrama

Vartotojas šiuo atveju naudoja 5 pagrindinius brėžinių formavimo laukus (3.4 pav.)



3.4 pav. Pastatų brėžinių darbalaukis

Pirmajame – *Statybinė braižyba* pateikiami pavyzdžiai, darbo eiga ir kt. skaidrių pavidalu. 3.5 pav. pateikiamas skaidrės pavyzdys, kurioje pavaizduotas nuoseklus brėžinio elementų vizualizavimas.

Brėžinio elementų vizualizavimas (A etapas)

1 - sudaromas brėžinio laukas komanda:

BRĖŽINIO LAUKAS/ Formatus statybiniam brėžiniui

2 - PLANAS rinkinio komandomis formuojamas plano vaizdas

Ašys, Sienos, Laiptinės, Pertvaros, Langai, Durys, Santechnika, Ventkanalai

3 - FASADAS rinkinio komandomis formuojamas fasado vaizdas

Ašys, Sienų briauna, Laiptelis, Langai ir Durys, Stogelis

4 - SKERSINIS PJŪVIS rinkinio komandomis formuojamas pjūvio vaizdas

Ašys, Laiptai, Langai

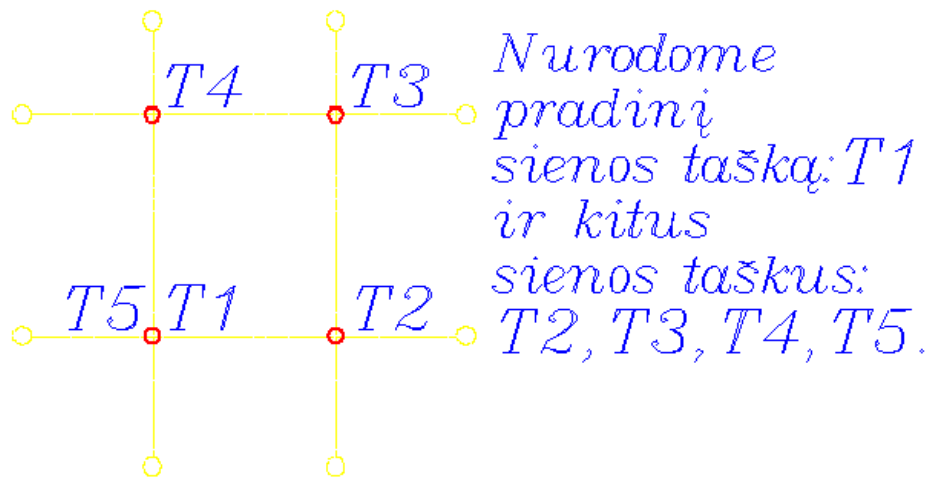
Vadovaujantis sveiku protu, darbo eigos detaliu aprašymu, vaizdų formavimas turi būti atliekamas greitai ir tiksliai

**Tęsiniai nuspauškite
ENTER**

3.5 pav. Brėžinio elementų vizualizavimas

Antrajame valdymo lauke – **Planas** (pagal modelį 2.4 pav.) pateikiamos pagrindinės funkcijos ir komandos, kurios padeda vartotojui formuoti plano brėžinį nuoseklia braižymo tvarka. Trečiajame lauke – **Fasadas** (pagal modelį 2.5 pav.) pateikiamos funkcijos ir komandos, kurios padeda vartotojui formuoti fasado brėžinį nuoseklia eiga. Ketvirtajame lauke – **Skersinis pjūvis** (pagal modelį 2.6 pav.) pateikiamos funkcijos ir komandos, kurios padeda vartotojui formuoti pjūvio brėžinį nuoseklia eiga. Penktajame lauke – **Brėžinio sudarymas** pateikiamos komandos

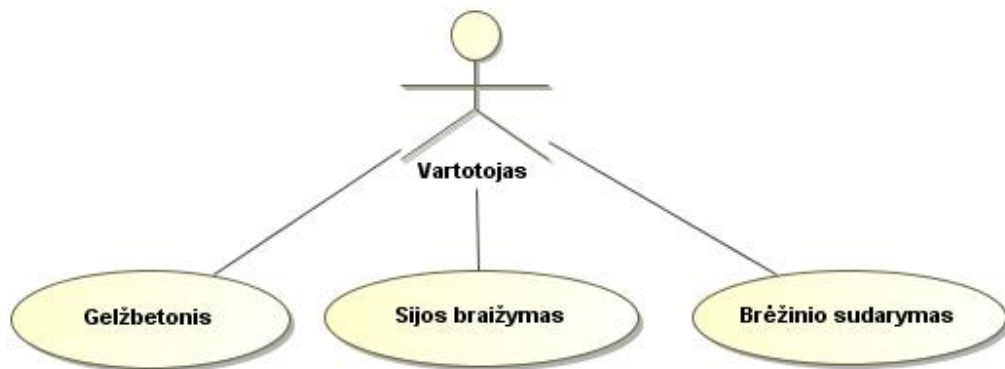
reikalingos sudaryti brėžinį. Taip pat yra ir pagalbiniai laukai: **Laukas**, kuriame yra standartinės komandos (spausdinimo, failo atidarymo ir kt.); **Pagalba**, kuriame galima rasti papildomos informacijos apie komandas bei funkcijas. 3.6 pav. pateikta viena iš skaidrių, kurioje pateikiamas sienų formavimo principas.



3.6 pav. Sienų formavimas

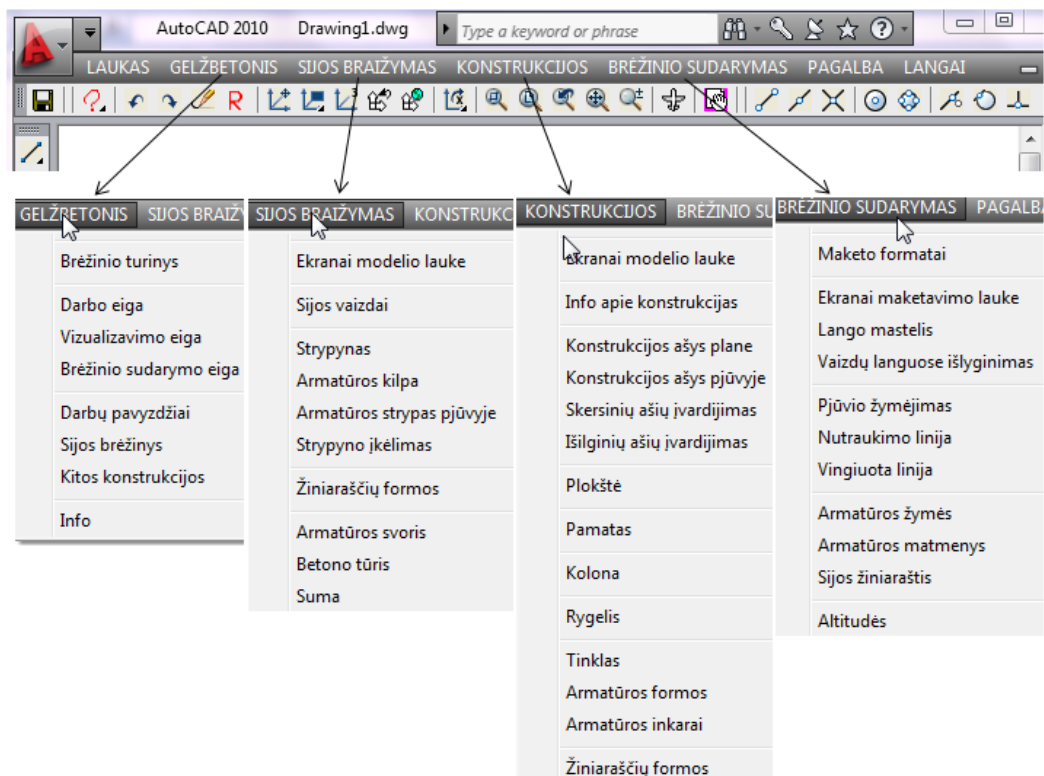
3.2. Gelžbetonio konstrukcijų brėžinių formavimas

Pagal pateiktą supaprastintą užduočių diagramą [35; 37] (3.5 pav.) kuriamas darbalaukis.



3.7 pav. Gelžbetonio konstrukcijų užduočių diagrama

Realizuotoje gelžbetonio konstrukcijų brėžinio formavimo darbo aplinkoje (3.8 pav.), sudarytoje pagal modelį 2.22 pav., išskiriamos pagrindinės funkcijos ir komandos, kuriomis galima patogiai suformuoti gelžbetonio konstrukcijų brėžinius.

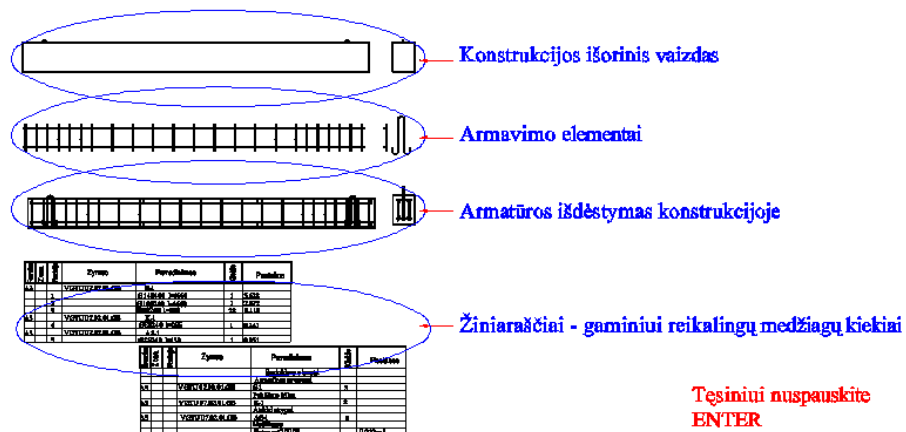


3.8 pav. Gelžbetonio konstrukcijų darbalaukis

Skiltyje **Gelžbetonis** pateikiama brėžinių darbo eiga, pavyzdžiai bei kita aktuali informacija.

3.9 pav. pateikta skaidrė, kurioje pateiktos gelžbetonio konstrukcijų brėžinio sudėtinės dalys.

Gelžbetonio konstrukcijų brėžinio sudėtinės dalys

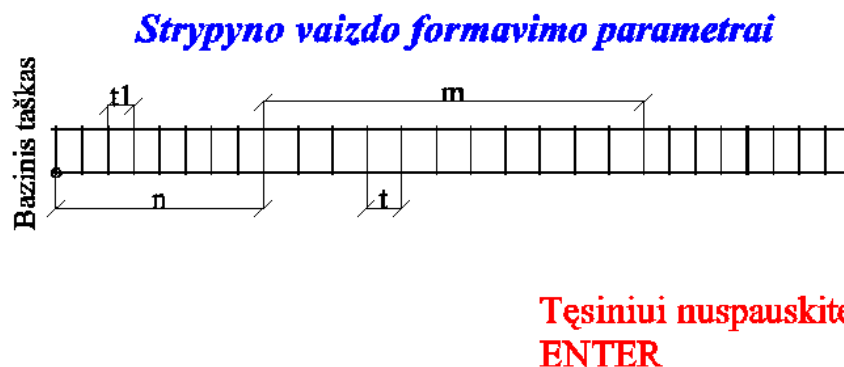


Tęsiniai nuspauskite
ENTER

3.9 pav. Gelžbetonio konstrukcijų brėžinio sudėtinės dalys

Skiltyje **Sijos braižymas** nuosekliai išdėstytos sijos brėžiniui realizuoti reikalingos komandos ir funkcijos. **Konstrukcijos**, šiuo atveju šis laukas yra kaip papildomas. Šios komandos sukurtos jau 1997 m. (R. J. Tamkienė). Skiltyje **Brėžinio sudarymas** pateiktos funkcijos brėžinio galutiniam suformavimui. Taip pat yra ir pagalbiniai laukai, analogiškai kaip ir pastatų brėžiniuose: **Laukas**, kuriame yra standartinės komandos (spausdinimo, failo atidarymo ir kt.); **Pagalba**,

kuriame galima rasti papildomos informacijos apie komandas bei funkcijas. 3.10 pav. pateikiama viena iš pagalbinių skaidrių, kurioje matyti strypyno vaizdo formavimo parametrai.

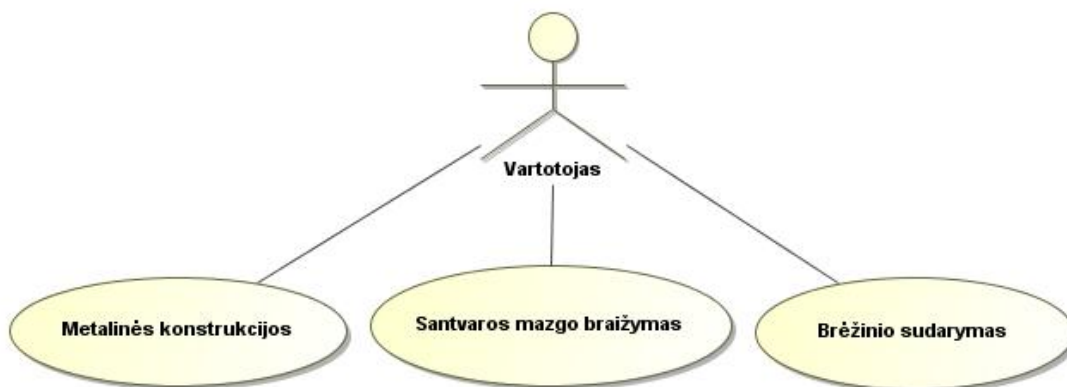


3.10 pav. Strypyno vaizdo formavimo parametrai

Gelžbetonio konstrukcijų vizualizavimo sukurtoje darbo aplinkoje yra visos komandos, kurių pakanka pilnai suformuoti brėžinį.

3.3. Metalinių konstrukcijų brėžinių formavimas

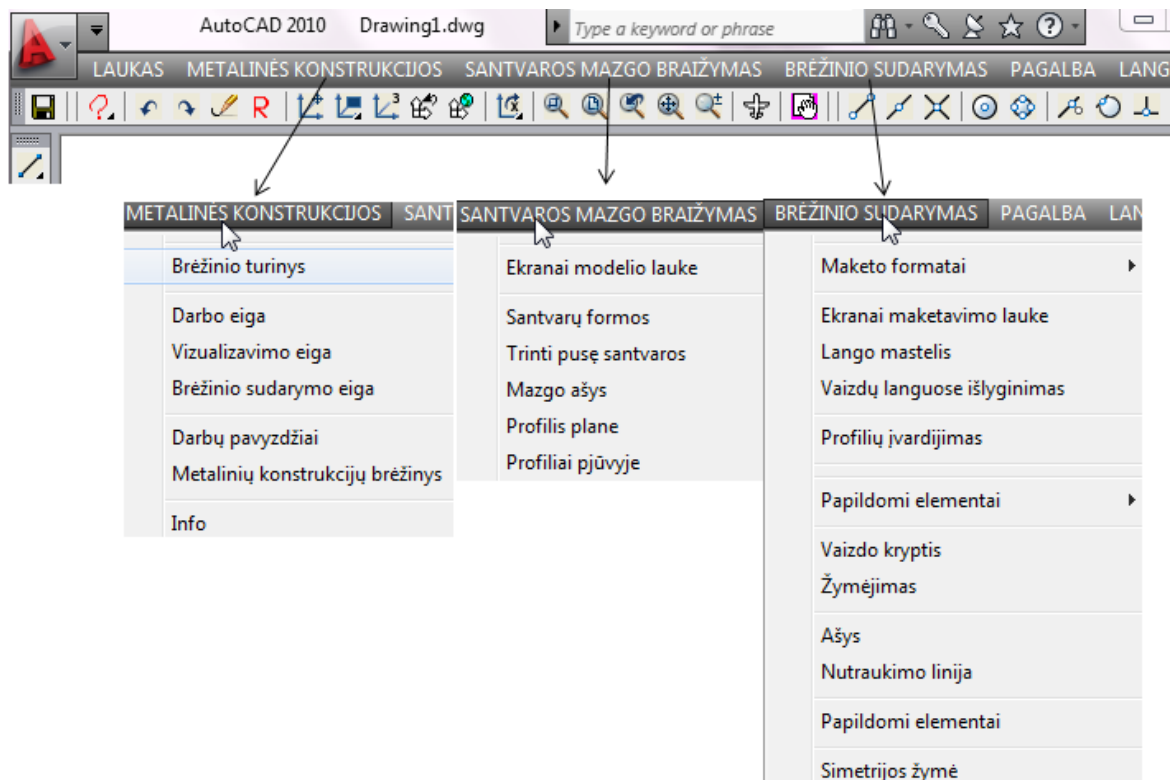
Pagal pateiktą supaprastintą užduočių diagramą (3.11 pav.) kuriamas darbalaukis.



3.11 pav. Metalinių konstrukcijų užduočių diagrama

Realizuotoje metalinių konstrukcijų brėžinio formavimo darbo aplinkoje (3.12 pav.), sukurtoje pagal modelį, išskiriamos pagrindinės funkcijos ir komandos, kuriomis galima suformuoti metalinių konstrukcijų brėžinius. Skiltyje ***Metalinės konstrukcijos*** pateikiama informacija apie metalines konstrukcijas, brėžinių darbo eigą, pavyzdžiai bei kt. Skiltyje ***Santvaros mazgo braižymas*** nuosekliai išdėstytos santvaros mazgo brėžiniui realizuoti reikalingos komandos ir funkcijos. Skiltyje ***Brėžinio sudarymas*** pateiktos funkcijos brėžinio galutiniam suformavimui. Taip pat yra ir pagalbiniai laukai, analogiškai kaip ir ankstesnėse aprašytose darbo aplinkose: ***Laukas***,

kuriame yra standartinės komandos (spausdinimo, failo atidarymo ir kt.); **Pagalba**, kuriame galima rasti papildomos informacijos apie komandas bei funkcijas.



3.12 pav. Metalinių konstrukcijų darbo aplinka

Suformuota racionali darbo aplinka metalinių konstrukcijų brėžiniams braižyti.

4. VARTOTOJO DOKUMENTACIJA

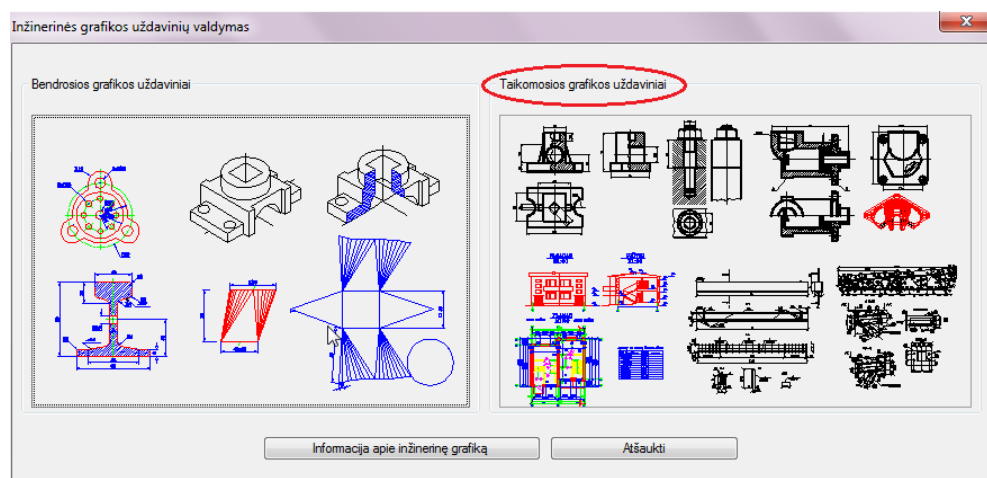
Šiame skyriuje pateikiama Sumani TAIGRA programos įdiegimo principas bei statybinių brėžinių darbo metodika.

Darbo metodika apima statybinės braižybos (planas, pjūvis, fasadas), gelžbetonio konstrukcijų, metalinių konstrukcijų brėžinių sudarymą.

4.1. Sumani TAIGRA

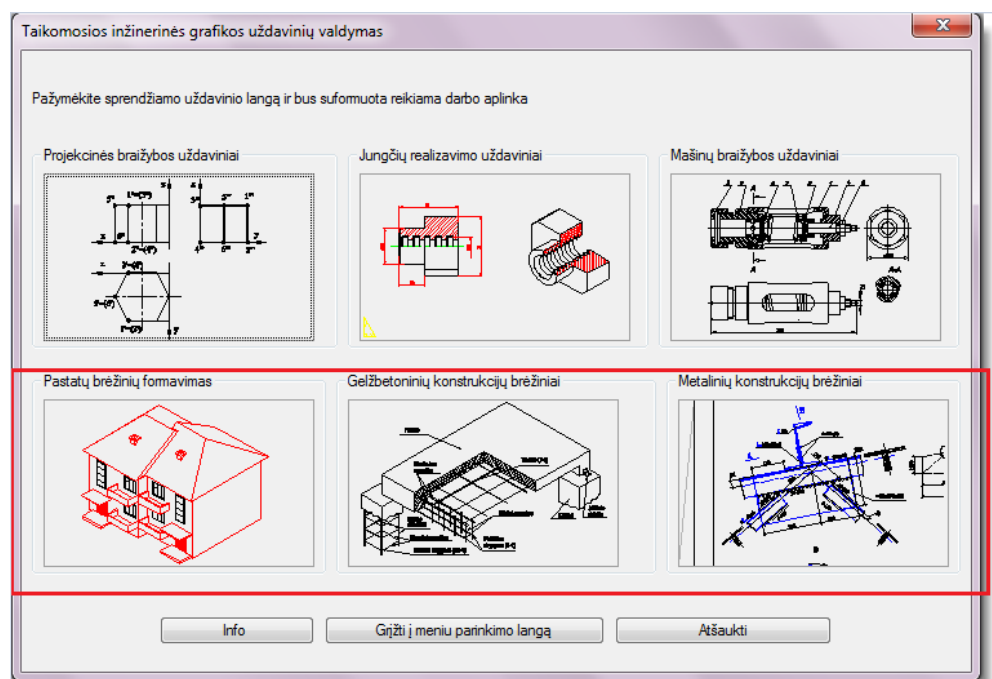
Statybinių brėžinių (pastatų, gelžbetonio ir metalinių konstrukcijų) darbalaukai yra naudojami VGTU Inžinerinės grafikos katedroje sukurtoje sistemoje Sumani TAIGRA (TAikomoji GRAfika), kuri dirba komercinės sistemos AutoCAD aplinkoje. Programinis paketas patalpintas Inžinerinės katedros tinklapyje [48]. Norint naudoti programą, ją galima, be jokių įsipareigojimų, atsisiųsti į asmeninį kompiuterį (kompiuteryje turi būti bet kuri AutoCAD versija). Programos išsamus įdiegimo aprašymas pateiktas [48] literatūroje. Be to, pakoregavus Sumani TAIGRA aplinką, ją galima taikyti nemokamai platinamose sistemose (pvz., ProgeCADLT, ZWCAD ir kt.), tai gali būti finansiškai naudinga atliekant komercinius projektus.

Paleidus programą, iškviečiamas Inžinerinės grafikos uždavinių valdymo langas (4.1 pav.). Ši sistema sukurta Inžinerinės grafikos specialybių studentams, todėl šioje sistemoje yra įdiegta ne tik statybinių brėžinių braižymui skirta darbo aplinka. Šiame programiniame pakete taip pat galima atlikti bendrosios grafikos uždavinius. Daugiau informacijos apie šių uždavinių sprendimą – braižymą suteikiama Inžinerinės grafikos puslapyje dėstytojo doc. dr. L. Čiupailos svetainėje [48].



4.1 pav. Inžinerinės grafikos uždavinių valdymas

Pasirenkamas Taikomosios grafikos pasirinkimo laukas ir vartotojas nukreipiamas į konkrečių uždavinių pasirinkimo meniu (plano, pjūvio ir fasado braižymą, gelžbetonio konstrukcijų braižymą, santvaros mazgo formavimą, pažymėtas raudonu stačiakampiu, (4.8 pav.).



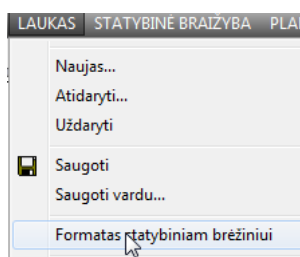
4.2 pav. Statybinių brėžinių pasirinkimo langas

Pasirinkus konkrečių uždavinių braižymą, suformuojama darbo aplinka, kurioje nuosekliai išdėstytos racionali braižymo komandos. Apie trijų šių temų brėžinių formavimo eigą aptariama tolesniuose skyriuose.

4.2. Planų, pjūvių, fasadų sudarymas.

Šiame poskyryje pateikiama trumpa pastatų braižymo darbo eiga.

1. Paleidžiama SumaniTAIGRA darbo aplinka pastato brėžiniams braižyti bei suformuojamas darbo laukas pastato brėžiniams vizualizuoti. SumaniTAIGRA yra speciali komanda (***LAUKAS/Formatas statybiniam brėžiniui***), kuri suformuoja pagrindinius sluoksnius (ASYS, SIENOS ir kt.), bei priskiria reikiamą lauko dydį.

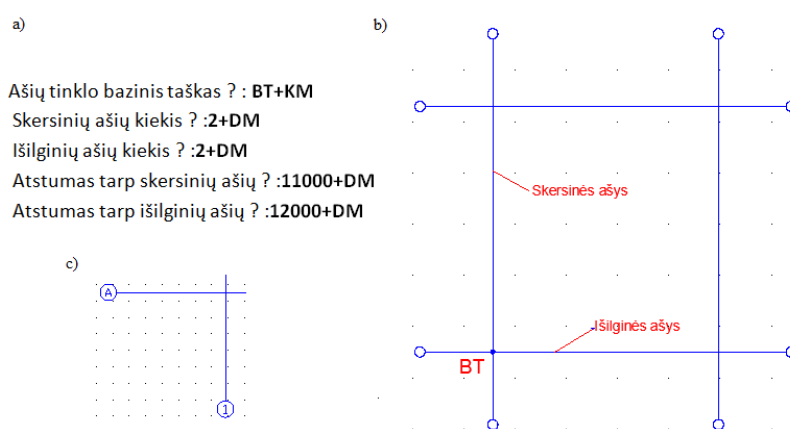


4.3 pav. Statybinio brėžinio formato pasirinkimas

2. Modeliavimo lauke masteliu 1:1 formuojami pastato brėžiniai:

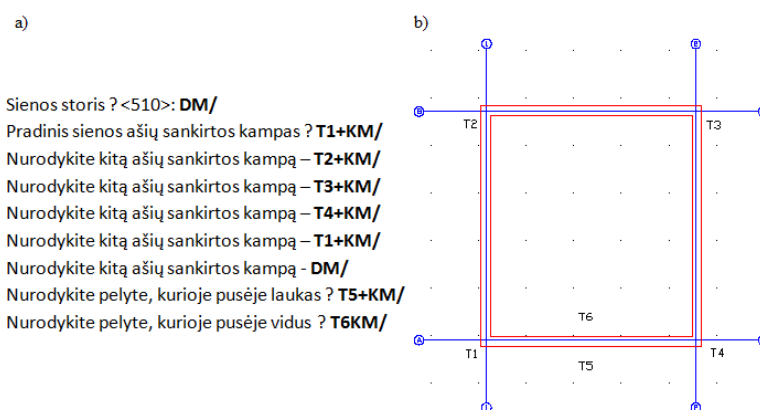
a) sudaromas plano brėžinys, nuosekliai surenkant SumaniTAIGRA komandas 4.9 pav. (*Ašys, Sienos, Laiptinės, Pertvaros, Langai, Durys, Santechnika*) pagal savo užduoties schemą ir konkrečius duomenis. Daugelis komandų yra automatizuotos, todėl individualius parametrus reikia suvesti interaktyviai.

Ašių komandos braižymas, pasinaudojus komanda *Planas/Ašys/Pastovaus žingsnio* ir interaktyviai nurodžius svarbiausius parametrus (4.4a pav.), pavaizduotas 4.4b pav. Ašių įvardijimas (4.4c pav.) atliekamas komanda *Planas/Ašys/Skersinių ašių įrašymas* ir *Išilginių ašių įrašymas*.



4.4 pav. Ašių braižymas

Sienos, atsakius į dialogo klausimus (4.5a pav.), suformuojamos (4.5b pav.) komanda *Planas/Sienos*.



4.5 pav. Sienų braižymas

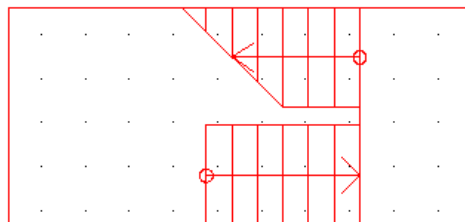
Laiptinės formavimas atliekamas taip pat interaktyviai suvedant laiptinės parametrus. Priklausomai nuo aukšto, pasirenkama komanda *Planas/Laiptinės*, suvedami laiptinės parametrai ir laiptai plane nubraižomi automatiškai. 4.6 pav. pateiktas pirmo aukšto laiptinės braižymas.

Interaktyviai pagal individualią užduotį suvedami laiptinės parametrai (4.6a pav.) ir automatiškai nubraižoma pirmo aukšto laiptinė (4.6b pav.).

a)

Lipimo kryptis (prieš l.rodyklę - 1, pagal - 2) <1> ? **:+DM**
 Laiptinės patalpos ilgis (mm) ? **:5280+DM**
 Laiptinės patalpos plotis (mm) ? **:2480+DM**
 Aukšto aukštis (mm) ? **:2800+DM**
 Šaligatvio altitudė (m) ? **:1.24+DM**
 Pakopos aukštis (mm) ? **:155.5+DM**
 Pakopos plotis (mm) ? **:290+DM**
 Prieangio altitudė <1.085> ? **: +DM**
 Laiptų aikštelės plotis <1480> ? **:1300+DM**
 Bazinis laiptinės kampas ? **:BT+DM**
 Tarpas tarp laiptotakių ? <200> : **+DM**

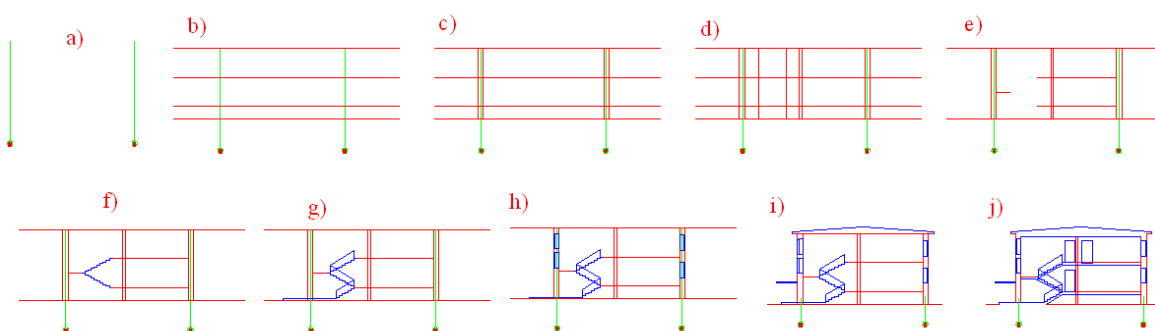
b)



4.6 pav. Laiptinės braižymas

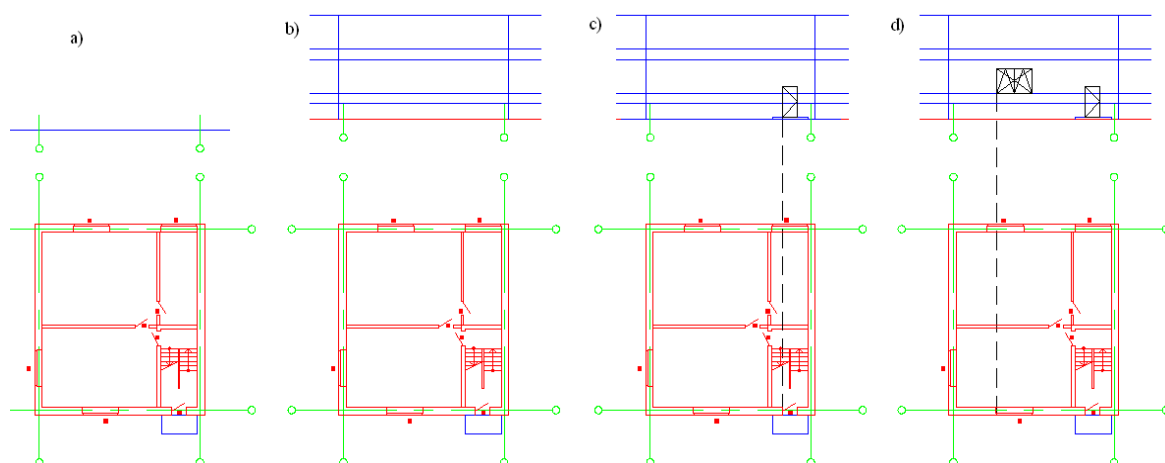
Analogiškai, surenkant kitas plano komandas suformuojamas plano vaizdas. Tokiu būdu dialoge vartojami grafikos ir vizualizuojamo objekto pavadinimai, o ne grafinių primityvų terminai.

b) Sudaromas pastato skersinis pjūvis per laiptinę. Pjūvis vizualizuojamas SumaniTAIGRA komandomis (4.7 pav.): *Ašys* (a), *Linija ir lygiagretu* (b), *Sienos* (c), *Lygiagretu ir Trinti tiksliai* (d, e), *Laiptai pjūvyje* (f), *Turėklai* (g), *Langai pjūvyje*, *Durys pjūvyje* (h, j). Kiti reikalingi objektai (perdanga, stogas, konstrukcijų storis ir kt. i, j) braižomi linijiniu būdu.



4.7 pav. Pjūvio vizualizavimo eiga

c) Fasadas suformuojamas kaip išvestinis vaizdas naudojant plano duomenis, pagal kurį įterpiami reikiamose vietose langų ir durų vaizdai (4.8 pav.): *Ašys* (a), *Lygiagretu* (b), *Laiptelis ir Durys* (c), *Langai* (d) ir t.t.



4.8 pav. Fasado vizualizavimo eiga

3. Maketavimo lauko puslapiuose nurodytu masteliu sudaromi planų, fasado, pjūvio brėžiniai. Sudaromi maketavimo laukai (**BRĖŽINIO SUDARYMAS/Maketo formatai/A3**) rekomenduojamais pavadinimais PLANAS, PJUVIS, FASADAS reikiamo mastelio brėžiniams formuoti. Kiekviename maketavimo lauke suformuojami langai (**BRĖŽINIO SUDARYMAS/Ekranai maketavimo lauke/Vienas**), kuriuose panoramavimo ir mastelio komandomis suformuojami atitinkami vaizdai su reikiama masteliais. Languose išjungus jų ribas nužymimi matmenys, pjūvių simboliai, sužymimos altitudės, teksto komanda surašomi papildomi žymenys.

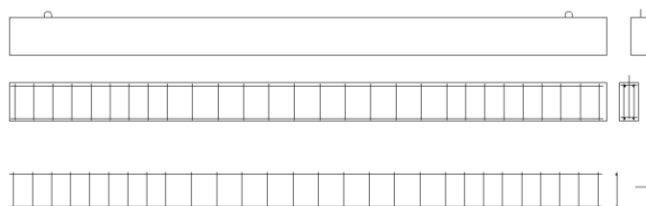
4. Brėžinys paruošiamas spausdinimui. Pakoreguojami įrašai duomenų lentelėse, priskiriami linijų pločiai.

4.3. Gelžbetonio konstrukcijų brėžinių sudarymas

Šiame poskyryje pateikiama trumpa gelžbetonio konstrukcijų braižymo darbo eiga.

1. Paleidžiama SumaniTAIGRA darbo aplinka gelžbetonio konstrukcijų brėžiniams braižyti bei suformuojamas darbo laukas brėžiniams vizualizuoti. SumaniTAIGRA yra speciali komanda (**LAUKAS/Gelžbetonio konstrukcijos formatas**), kuri suformuoja pagrindinius sluoksnius (armatūra, betonas ir kt.) bei priskiria reikiamą lauko dydį.

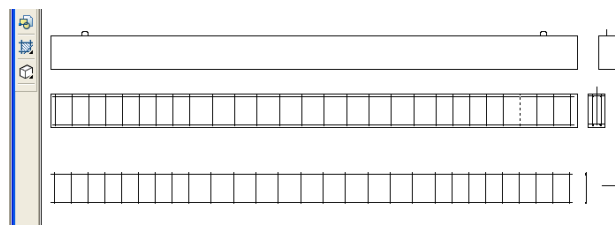
2. Naudojant SumaniTAIGRA komandas, masteliu 1:1 atitinkamai vizualizuojami sijos brėžinio elementai (bendras sijos vaizdas, armavimas, pjūviai ir kiti elementai (4.9 pav.));



4.9 pav. Bendri sijos elementų vaizdai

3. Kai suformuoti pagrindiniai gelžbetonio konstrukcijos objektai, formuojamos žiniaraščių formos (**SIJOS BRAIŽYMAS/Žiniaraščių formos/Pagrindinis žiniaraštis** arba **Sąnaudų žiniaraštis**).

Darbo patogumui modeliavimo laukas specialia komanda (**SIJOS BRAIŽYMAS/Ekranai modelio lauk/Du vertikalūs**) padalinamas į dvi dalis 4.10 pav., tokiu būdu galima patogiai dirbti su skirtingų dydžių objektais.



Formos Zona	Padaļa	Žymuo	Pavadinimas	Kiekis	Pastabos
A3	1	VG TU 07.02.01.GB	S-1		
	2		Ø14S400 l=4660	1	5.628
	3		Ø10S240 l=4660	1	2.872
			Ø8S240 l=280	28	0.110
A3	4	VG TU 07.02.01.GB	K-1		
			Ø8S240 l=866	1	0.341
A3	5	VG TU 07.02.01.GB	AS-1		
			Ø8S240 l=130	1	0.051

4.10 pav. Žiniaraščių pildymas

Pavadinimo, kiekio ir pastabų grafos, kuriose yra skaičiuojamieji dydžiai, pildomos komanda **Armatūros svoris**. Kitos grafos, su teksteine informacija, pildomos teksto rašymo komanda.

4. Maketavimo lauke formuojamas brėžinys. Tam suformuojamas A3 formato laukas, reikiama brėžinio konfigūracija sudaroma naudojant maketavimo langus. Languose panoramavimo ir mastelio komandomis suformuojami reikiami vaizdai. Išjungus langų ribas sužymimi matmenys.

5. Brėžinys paruošiamas spausdinimui. Pakoreguojami įrašai duomenų lentelėse, priskiriami linijų pločiai.

4.4. Metalinių konstrukcijų brėžinių sudarymas

Šiame poskyryje pateikiama trumpa metalinių konstrukcijų braižymo darbo eiga.

1. Paleidžiama SumaniTAIGRA darbo aplinka metalinių konstrukcijų brėžiniams braižyti bei suformuojamas darbo laukas brėžiniams vizualizuoti. SumaniTAIGRA yra speciali komanda (**LAUKAS/Metalinės konstrukcijos formatas**), kuri suformuoja pagrindinius sluoksnius (mazgai, profiliai, ašys, lakštai ir kt.) bei priskiria reikiamą lauko dydį.

2. Komanda **Santvarų formos** sudaroma santvaros ašių schema, komanda **Trinti pusę santvaros** nutrinama dalis santvaros, tokiu būdu sutaupoma brėžinio vietos. Panaudojant SumaniTAIGRA komandą **Mazgo ašys** iškerpamas mazgas. **Profilių pjūvyje** ir **plane** bei kitomis pagalbinėmis komandomis suformuojamas svarbiausias mazgo vaizdas. Ryšio linijų bei lygiagretumo komandomis sudaromi reikalingi papildomi vaizdai.

3. Brėžinio formavimas. Reikalingas maketavimui (spausdinimui) lauko dydis A3 sudaromas automatiškai komanda **BRĖŽINIO SUDARYMAS / Maketo formatai/A3**. Komanda

BRĖŽINIO SUDARYMAS / Ekranai maketavimo lauke sudaromas reikiamas kiekis langų, kuriuose suformuojami reikiamo mastelio vaizdai, atliekamas matmenų bei papildomų užrašų įrašymas.

4. Brėžinys paruošiamas spausdinimui.

IŠVADOS. REKOMENDACIJOS

Baigiamajame darbe „Informacinės statybinės braižybos modeliai“ informacinių technologijų metodika modeliuojami statybiniai brėžiniai. Atlikta literatūros ir situacijos analizė, suformuoti modeliai ir programinė įranga leidžia teigti, kad:

1. Dabartiniu metu Lietuvos (taip pat ir kaimyninių valstybių) universitetuose statybiniai brėžiniai atliekami neracionaliai IT galimybių atžvilgiu, kadangi taikoma pieštukinė technologija. Todėl išsamesnis IT galimybių taikymas (vaizdų sudarymo, informacijos į (iš) brėžinio gavimo automatizavimas) nenagrinėjamas.

2. Atlikta brėžinių ir jų reikalavimų analizė leido išskirti brėžinių grafinius elementus, įvertinti vizualizavimo standartus ir sudaryti IT įrankius, kur monotonišką darbą atlieka kompiuteris, o studentui paliekamas grafinių problemų sprendimas.

3. Išanalizuotos trys pagrindinės statybinės braižybos temos (metalinės ir gelžbetonio konstrukcijos bei pastato brėžiniai) leido suformuoti individualius įrankius ne formalioje (Edit, View ir t.t.), o konstruktyvioje (Brėžinio laukas, Brėžinio sudarymas ir t.t.) loginėje valdymo grandinėje, kuri formuojama išmaniųjų sistemų veikimo principu. Tai minimizuoja informatikos žinių ir įgūdžių poreikį, o dėmesys koncentruojamas grafikos uždavinių sprendimui.

4. Darbas atliktas remiantis koncepciniu modeliu, kuriame akcentuojama programinio dialogo kalbos svarba (braižyboje taip pat svarbu nacionalinė kalba), edukologijos principai, maksimalus IT galimybių panaudojimas (brėžinio grafikos elementų ir standartų taikymo automatizavimas).

5. Programinės įrangos vartotojui parodyta, kad šių laikų informacinės technologijos yra nesudėtingai pritaikomos, todėl kiekvienoje veikloje, kurioje nuolat naudojamos informacinės technologijos, galimas ir būtinas komercinių programų adaptavimas darbui. Mokyme tai padėtų likviduoti atotrūkį tarp edukologijoje naudojamų neracionalių sprendimų ir gamybos automatizuotų įrankių, nes mokyme beprasmiškai gaištamas laikas komandų rinkimui, o ne grafikos problemų sprendimui.

6. Sukurta sistema yra taikoma Vilniaus Gedimino technikos universiteto Inžinerinės grafikos katedros studentų statybiniams brėžiniams atlikti. Manau, kad tai yra gera pradžia tolesniam jos tobulinimui, kad dar racionaliau galima būtų įsisavinti tiek moderniosios braižybos pagrindus, tiek raštingai spręsti grafikos uždavinius metalinių, gelžbetonio konstrukcijų bei pastatų projektavimo darbuose.

7. Ateityje galima tobulinti intelektinių galimybių panaudojimą:

a) dialoge įvesti daugiau teorijos;

- b) automatizuoti analizę, papildžius pradines funkcijas;
- c) galbūt riboti darbo eigą ar ją pateikti reglamentine eiga.

Sudarius pradinį daugiausiai pastangų reikalaujantį darbą, jo tobulinimui atsiveria patrauklios galimybės. Norėtusi, kad universitetuose naudojamos technologijos neatsiliktų nuo buitinių prietaisų intelektualumo.

Šią sistemą nesudėtinga nuolatos papildyti bei tobulinti, atsižvelgiant į studentų bei dėstytojų pastabas ir siūlymus (kaip ir buvo daroma jos kūrimo metu). Taip pat, mano manymu, vertėtų studentus supažindinti su darbo aplinkos redagavimo, naujų komandų kūrimo galimybėmis, kurios padėtų užsiimti saviraiška.

LITERATŪRA

1. Čiupaila, L. Taikomoji grafika statybos inžinerijoje: kompiuterinė braižyba, geometrinio modeliavimo ir automatizuoto brėžinių valdymo pagrindai. Programinė įranga, teorija, praktinių darbų užduotys ir pavyzdžiai. Vilnius: Technika, 2002. 312 p.
2. Čiupaila, L.; Zemkauskas, J. Bendrosios inžinerinės grafikos darbai. Vilnius: Technika, 2004. 154 p.
3. Čiupaila, L. Grafikos valdymas: taikomosios geometrijos ir grafikos modeliai, algoritmai bei programos. Vilniaus Gedimino technikos universitetas: mokomoji knyga. Vilnius: Technika, 2005. 236 p.
4. Čiupaila, L.; Vinogradova, J.; Zemkauskas, J. Taikomoji inžinerinė grafika: teorija, metodiniai nurodymai ir kontrolinių darbų užduotys : mokomoji knyga. Vilnius: Technika, 2008. 356 p.
5. Čiupaila, L. Taikomosios grafikos darbai II. Grafikos įrankiai – Taigra II. Projekcinė braižyba. Statybinė objektinė braižyba. Mašinų braižybos pagrindai. Vilnius: Technika, 1998. 177 p.
6. Gerdžiūnas, P.; Plakys V. Bendrieji akademinių darbų įforminimo reikalavimai. Vilnius: Technika, 2005. 76 p.
7. Gerdžiūnas, P.; Juodagalvienė, B.; Kvietkauskas, R. Statybinė braižyba: užduotys ir metodikos nurodymai. Vilnius, Technika, 2001. 150 p.
8. Gerdžiūnas, P.; Vdovinskienė, S.; Vilkevič, V. Inžinerinė kompiuterinė grafika. Projekcinė braižyba. Mokomoji knyga. Vilnius: Technika, 2008. 56 p.
9. Gerdžiūnas, P.; Plakys, V.; Grabys, J. ir kt. Inžinerinė ir kompiuterinė grafika. Vilnius: Technika, 2006. 140 p.
10. Juocevičius, B. Bendrieji reikalavimai gelžbetoninių konstrukcijų projektavimui pagal euronormas. Vilnius: Technika, 2007. 60 p.
11. Juodagalvienė, B. Bendroji inžinerinė grafika AutoCAD 2008 aplinkoje. Mokomoji knyga. Vilnius: Technika, 2008. 172 p.
12. Mickevičius, V.; Gerdžiūnas, P. ir kt. Inžinerinė grafika statybininkams. Vilnius: Technika, 2005. 269 p.
13. Omura, G. AutoCAD 2005 ir AutoCAD LT 2005 vadovas. Kaunas: Smaltija, 2005. 1128 p.
14. Sinkevičius, V. AutoCAD 2005-2006 pradžios. Kaunas: Smaltija, 2006. 854 p.
15. Sinkevičius, V. AutoCAD 2006. Atmintinė. Kaunas: Smaltija, 2006. 32 p.

16. Sliesoriūnas, V.; Jurgaitis, J.; Čiuprinas, V. Inžinerinė grafika: vadovėlis aukštųjų m-klių studentams. Vilnius: "Žiburio" leidykla, 1998. 479 p.
17. Smith, J.; Gesner, R. Inside AutoLISP. New Riders Publishing, 1997. 403 p.
18. Čiupaila, L. „TAIGRA-II“ – taikomosios grafikos praktinių uždavinių sprendimas ESM. Iš Inžinerinė ir kompiuterinė grafika: konferencijos pranešimų medžiaga. Kaunas: Technologija, 1997. 102 - 106 p.
19. Čiupaila, L.; Žiūrienė, R. Mokomųjų sistemų intelektika. Iš Inžinerinė ir kompiuterinė grafika: konferencijos pranešimų medžiaga. Kaunas: Technologija, 1997. 102 - 106 p.
20. Gerdžiūnas, P.; Gailienė, A. Techninių gaminių dokumentų standartai inžinerinėje grafikoje. Fundamentalieji mokslai aukštosiose neuniversitetinėse mokyklose: konferencijos pranešimai. Vilnius: Vilniaus technikos kolegija, 2006. 4-8. p. 15-20.
21. Gulbinienė, A. L.; Kumpikas, P. Inžinerinė grafika universitete. Iš Inžinerinė ir kompiuterinė grafika: konferencijos pranešimų medžiaga. Kaunas: Technologija, 1999. 9 - 12 p.
22. Statkevičius, D.; Zemkauskas, J. Metalinių konstrukcijų brėžinio modeliavimo aspektai. Iš Inžinerinė ir kompiuterinė grafika: konferencijos pranešimų medžiaga Kaunas: Technologija. 2010, p. 136-141.
23. Statkevičius, D.; Zemkauskas, J. Statybinio brėžinio elementų modeliai. Iš Inžinerinė ir kompiuterinė grafika: konferencijos pranešimų medžiaga Kaunas: Technologija. 2010, p. 142-147.
24. Statkevičius, D.; Zemkauskas, J. Statybinio brėžinio modeliai IT. Iš Inžinerinė ir kompiuterinė grafika: konferencijos pranešimų medžiaga Kaunas: Technologija. 2010, p. 148-154.
25. Statkevičius, D.; Zemkauskas, J. Gelžbetonio konstrukcijų vizualizavimo įrankių modeliai. Iš Inžinerinė ir kompiuterinė grafika: konferencijos pranešimų medžiaga Kaunas: Technologija. 2010, p. 155-160.
26. Vilmovič, A.; Čiupaila, L. Informacinės geometrinės braižybos realizavimo aspektai. Iš Inžinerinė ir kompiuterinė grafika: konferencijos pranešimų medžiaga. Kaunas: Technologija, 2004. 47 - 51 p.
27. Vaitonytė, J.; Čiupaila L. Taikomosios grafinės sistemos modelio analizė ir realizavimas. Iš Inžinerinė ir kompiuterinė grafika: konferencijos pranešimų medžiaga. Kaunas: Technologija, 2005, 124–128 p.
28. Čiupaila, L.; Zemkauskas, J. Peculiarities of computing in the modelling of contemporary graphics. The Journal of Polish Society for Geometry and Engineering Graphics, 2004, Vol. 14, 64–69 p.
29. Bo-Christer, B.; Laakso, M. CAD standardisation in the construction industry - A process view. Automation in Construction 19 (2010) 398–406 p.

30. Bor-Tsuen L., Shih-Hsin, H. Automated design system for drawing dies. Expert Systems with Applications (2008). 1586-1598 p.
31. Halil, Z. A.; Mesut, B. A building elements selection system for architects. Building and Environment 39 (2004) 307 – 316 p.
32. Kumar, S. An automated design system for progresine die, Expert Systems with Applications (2010). 8 p.
33. Kumar, S. An intelligent system for automatic modeling of progressive die. Journal of Materials Processing Technology, 2007. 176–183 p.
34. Shirai, K.; & Murkami, H. (1989). A compact and practical CAD/CAM system for progressive dies. Bulletin of the Japan Society of Precision Engineering, 23, 25–30.
35. Pardillo, J. 2010. Domain-specific language modelling with UML profiles by decoupling abstract and concrete syntaxes, The Journal of Systems and Software: 2591-2606 p.
36. Briand, L. C.; Labiche, Y.; He, S. 2009. Automating regression test selection based on UML designs, Journal Information and Software Technology: 16-30.
37. Willard, B. 2007. UML for systems engineering, Journal of Computer Standards & Interfaces 69–81 p.
38. Brėžinių standartai. [Žiūrėta 2011-01-20]. Interneto prieiga: http://www3.lrs.lt/pls/inter2/dokpaieska.showdoc_l?p_id=224317
39. AutoCAD, Bricscad ir Intellicad įrankiai. [Žiūrėta 2010-01-10]. Interneto prieiga: http://www.kitox.com/kitoxtools_lt.php.
40. AutoCAD pradžiamokslis – UAB InfoEra. [Žiūrėta 2010-01-04]. Interneto prieiga: <http://www.infoera.lt/Autocad-2010-pradžiamokslis-724.html>.
41. AutoLISP Commands. [Žiūrėta 2010-01-17]. Interneto prieiga: <http://www.autodraw.com/Commands.htm>.
42. AutoLISP Home. [Žiūrėta 2010-01-19]. Interneto prieiga: <http://www.jefferypsanders.com/autolisp.html>.
43. Autodesk – Training – AutoLISP Learning Series. [Žiūrėta 2010-01-24]. Interneto prieiga: <http://usa.autodesk.com/adsk/servlet/item?siteID=123112&id=2309353>.
44. AutoLISP Quick Start. [Žiūrėta 2010-05-01]. Interneto prieiga: <http://www.afralisp.net/lispa/lisp.htm>.
45. Statinio projekto rengimo etapai. [Žiūrėta 2011-02-22]. Interneto prieiga: <http://www.asa.lt/cgi-bin/str1.cgi?grp=12>
46. Statybiniai brėžiniai. Sumani Taigra. Interneto prieiga <http://e-stud.vgtu.lt/users/?p=121627.83303&id=942>

47. Learn CAD on the Internet. [Žiūrėta 2010-01-19]. Interneto prieiga: <http://www.cad institute.com/>.
48. SumaniTaigra – VGTU studentų – dėstytojų virtuali bendravimo aplinka. [Žiūrėta 2011-05-15]. Interneto prieiga <http://e-stud.vgtu.lt/users/?p=44307.33503&id=942>.
49. Taikomoji programinė įranga. [Žiūrėta 2011-02-15]. Interneto prieiga: <http://distance.ktu.lt/kursai/informatika1/3/teorija8.html>.

PRIEDAI

Kauno technologijos universitetas



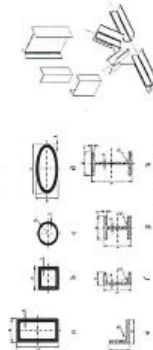
INŽINERINĖ IR KOMPIUTERINĖ GRAFIKA

Konferencijos pranešimų medžiaga



UDK 621.744(474.5)(06) In-171	
Redakcinė kolegija:	Tilmūtė Pilkaitė (ats. redaktorė), KTU Aleksandra Laimutė Gulbinienė, KTU Vidmantas Nenora, KTU Nomedė Puodžiūnienė, KTU Robertas Keršys, KTU Mykolas Žnuidas, KTU Algimantas Vasylius, KTU Pranas Kumpikas, KTU Daiva Makutėnienė, VGTU Jonas Zemkauskas, VGTU Anatanas Vansevicius, LŽŪU
Konferenciją organizuoja:	<i>Kauno technologijos universiteto Inžinerinės grafikos, Grafinių darbų katedros kartu su Vilniaus Gedimino technikos universiteto Inžinerinės grafikos katedra ir Lietuvos inžinerinės grafikos ir geometrijos draugija</i>
Konferencijos pranešimų medžiaga recenzuojama. Autorių kalba netaisyta.	
	© Kauno technologijos universitetas, 2010
ISBN 978-9955-25-818-6	
	TURINYS
	Andriuskevičiūtė, G., Čiupaila, L. JUNGČIŲ BRAIŽYMO ALGORITMAS IR IRANKIŲ MODELIAI..... 5
	Astrauskas, E., Čiupaila, L. GEOMETRINIS BRAIŽYBOS UŽDUOČIŲ PARENGIMO MODELIAVIMAS..... 10
	Astrauskas, E., Čiupaila, L. GEOMETRINIS BRAIŽYBOS DARBAI..... 14
	Čiupaila, L. INŽINERINĖ GRAFIKA VAKAR, ŠIANDIEN, RYTOJ..... 20
	Čiupaila, L. INŽINERINIS GRAFIKOS IRANKIAI VAKAR, ŠIANDIEN, RYTOJ..... 26
	Čiupaila, L. INŽINERINIS GRAFIKOS PRAKTINIAI DARBAI..... 33
	Danalius, K.S., Usovaitė, A. 3D PROJEKTAVIMO TECHNOLOGIJOS TEORINIAI PAGRINDAI..... 39
	Dauskurdis, D. GARSO RINKMENOS „WAVE“ NUSKAITYMAS IR ATVAIZDAVIMAS „VB“ PAGALBA..... 43
	Gečys, R., Žnuidas, M. INŽINERINIS GRAFIKOS EGZAMINO REZULTATŲ ANALIZĖ..... 47
	Gendžiūnas P., Plakys, V. FUNDAMENTINIŲ MOKSLŲ STUDIJŲ ANALIZĖ..... 52
	Gulbinienė, A. L., Kumpikas, P., Jasukaitienė, J. SIENŲ KONSTRUKCIJŲ FORMAVIMAS..... 59
	Gulbinienė, A. L., Kumpikas, P., Jasukaitienė, J. PASTATO PAMATŲ FORMAVIMAS..... 63
	Juodagalvienė, B., Viršickas, A. TAIKOMOSIOS GRAFIKOS ĮGŪDŽIŲ PANAUDOJIMAS SIENČS VARŽOS SKAIČIAVIME..... 69
	Juodagalvienė, B., Mačiulytė, J. GRAFIKOS IRANKIŲ PASIRINKIMO YPATUMAI RENGIANČIŲ PASTATO PROJEKTO ARCHITEKTŪRINĖ DALĮ..... 75
	Nagreckienė, R. MOKYMO AUTOCAD PROGRAMINIŲ PAKETŲ METODŲ TYRIMAS..... 81
	Narydas, E. VAIZDINIO IR ERDVINIO MĄSTYMO REIKSMĖ IR LAVINIMAS STUDIJŲ PROCESE..... 87
	Nenora, V. BRĖŽNĮ SKENUOJANČIO SPINDULIO TAIKYMAS TECHNINIŲ UŽDAVINIŲ SPRENDIMUI..... 93
	Nikončukas, A., Čiupaila, L. BRĖŽINIO AUTOMATIZUOTOS ANALIZES ALGORITMAS..... 97
	Pankrašovalė, I. PAVIRŠINIS MODELIAVIMAS MOKYMO PROCESE..... 101

jungiami lakštais (3i pav.) suvirinant, varžtais arba kniedėmis, kurie turi savo grafinius žymėjimus.



3 pav. Profilių formos

Yra įvairių būdų gauti informacijos apie skerspjūvius, pvz., visai modernus būdas – pateška internete – 4 pav.

4 pav. Informacija internete

Toks būdas yra racionalesnis nei teškoti informacijos bibliotekos žinynuose. Tačiau tai pagalbinė priemonė, nes prireikia daug laiko aiškintis apie mastelių bei parametru reikšmes. Žymiai patogiau informaciją turėti vienoje vietoje ir patogiu formatu, nesaugoti papildomų, nereikalingų duomenų kompiuterinėje aplinkoje (pvz., plotas), kadangi, prireikus, juos galima gauti grafinėje aplinkoje. Žinoma, bendram suvokimui internetinių galimybių žinojimas nekenkia, tačiau praktiniam darbui tai mažai naudinga. Taigi reikia sukurti maksimaliai patogų irankį grafinių vaizdų optimaliam vizualizavimui. Tai leidžia valdyti optimaliai reikiamus parametrus: tiek 2D, tiek ir 3D atveju, kuris mokomajame grafikos etape mažai naudojamas.

Preliminarus profilių valdymo laukas galėtų būti panašus į 5 pav.



5 pav. Profilių valdymas

Tokia forma leidžia saugoti minimalų kiekį informacijos, automatiškai paimti reikiamą parametru (tarkim svorio šios vietą mazgo modeliavime), formuoti 3D elementus ir iš jų kurti erdvinės konstrukcijos.

Kita grafinių simbolių dalis yra konstrukcinių elementų bei sutartinųjų elementų žymėjimai (6 pav.).



6 pav. Žymėjimų valdymas

Suformuotos grafinių elementų žymėjimo komandos yra būtina, bet nepakankama racionalaus darbo sąlyga. Galutinį darbo rezultatą (tikslumą, spartą) lemia irankių išdėstymas ir darbo eigos numatymas. Jau nustatyta, kad šie procesai yra susiję ir įtakoja vienas kitą. Irankių išdėstymas įtakoja darbo eigą ir atvirkščiai, beieka suformuoti racionalų modelį.

3. Vizualizavimo eigos modeliai

Realūs statybiniai objektai ypatingi tuo, kad juos sudarančių elementų matmenys yra skirtingų eilių ir gali skirtis šimtus ir daugiau kartų. Todėl jų brėžiniai pateikiami skirtingais masteliais, nors brėžyti (bent kompiuteriškai) yra patogiau natūraliu dydžiu. Racionalus darbas priklauso nuo darbo eigos. Be abejo, kompiuterioje visuomet galimi ir yra naudojami skirtingi variantai. Formavimo eigoje tikslinga išskirti brėžinio vizualizavimo (konstrukcinių elementų vaizdavimo) ir režinio sudarymo (mastelių, sutartiniai dalykai ir kt.) eigą.

3.1. Brėžinio vizualizavimo eiga

Kadangi brėžinyje naudojami masteliai, vizualizavimas atliekamas modeliavimo lauke, o brėžiniai formuojami maketavimo lauko puslapiuose. Kadangi metalinių konstrukcijų brėžinių spektras yra didelis, aptarkime vizualizavimo eigą santveros mazgo konstravimo atveju.

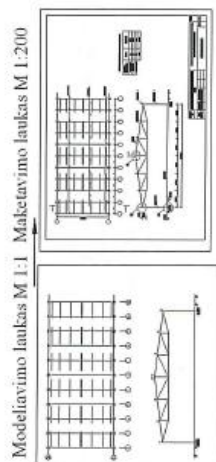
- Modeliavimo lauke masteliu 1:1 sudaromi konstrukcijos brėžinio (santveros ašių, mazgų) vaizdai;
- sudaroma santveros ašių schema (kadangi santvarų formų kiekis yra baigtinis, racionalu turėti jų formavimo šablonus [1, 2]);
- kopijuojama projektuojamo mazgo ašių sistema;
- taikant profilių vizualizavimo pūvyje ir plane komandas, konstruojami mazgų vaizdai;

LAUREAS	METALAS	SANTYVALA	MAZAMAS	RAJOS	REZINO DUDANYMAS
Alkylid		Shumai	Mezo dyis	Plato dyis	Mokras: AS, Al
Narjaj	Dumgo italya	Shumolzi	Mezo dyis	Plato	
Uzbyz		Fomoz	Mezo dyis	Plato	Leqar kalyas
Uzbyz	Uzbyz	Tianj puz	Fredas pilyze	Plato	Mokdi
Sogod			Fredas plar	Sopragant	Plyvo dyisuzine
Sogod			Vingarda lapa	Plato	Vozda lopyz
Sogod				3D kosmatklyz	Kozmatklyz
Sogod					Mezo dyis
Sogod					Mezo dyis
Sogod					Nerendimo lapa
Sogod					Vingarda lapa
Sogod					Zharatay
Sogod					Mokdi *

7 pav. Metalų komandų santrauka (darbo eiga)

3.2. Brėžinio formavimo eiga

Pagal modeliavimo lauke sudarytus vaizdus, konstrukcijų brėžinius formuojami mąkstinimo lauko puslapiuose, priskiriant apam atitinkamus pavadinimus PLANAS, PUVIS, MAZGAL. Šio nedidelio pirmojo metalinių konstrukcijų (santvaros mazgo konstravimo) grąfino darbo rezultatai taplinami paprasčiau vienam maketo lape KONSTRUKCIJOS. Bendru atveju, maketavimo puslapiuose sudaromi langai, kuriuose planuojamavo ir nasteliso komandomis suformuojami reikiamų masteliu vaizdai. Languose vaizdai suformuojami, išjungiamos jų ribos, rašomi matmenys, įpjuvų simboliai, sužymimos altitudės, žymės ir t.t. Nestandartiniai elementai (pastabos) sužymami teksto komanda. Įterpiami žiniaiaračiai, kurie gali būti pildomi interaktyviai teksto rašymo komanda arba suformuojami automatiškai atitinkamomis komandomis. Pakoreguojami įrašai dmenų lentelėse, atitinkamomis linijų pločiai.



8 pav. Brėžinio formavimas

4. Išvados

Konstrukcijų brėžinių sudėtinės dalys yra standartizuotos, todėl IT aplinkoje ne tik galimi, bet ir pagaiduini įrankiai, leidžiantys iš esmės paspartinti vizualizavimo procesą automatizavimo principu.

Sprendimui modeluoti objektiniai irankiai siejami su vizualizuojamo objekto ar proceso turiniu. Sujungiami keli etapai (braižymas, komentavimas ir kt.), todėl darbui atlikti reikia mažiau komandų, jos intelektualesnės.

Suformuotas metalinių konstrukcijų brėžinio modelis ir vizualizavimo komandų poreikis, kuris realizuotas bendromis pastangomis, atviras tobulinimui, kuris galimas iki neracionalių veiksmų blokavimo.

Internetu pateikiamas pilnas darbo aprašymas [3], praktinių užduočių rinkinys [4] ir darbą realizuojanti programinė įranga [5], viskas prieinama laisvam vartojimui.

Literatura

1. **Sūskaitė Ž.** Dvimėčių geometrijų sistemų projektavimo modeliavimas ir analizė. – Magistro tezis, 2004.
2. **Sūskaitė Ž.** Metalinių sandarių projektavimo automatizavimo tyrimai. – Inžinerinė ir kompiuterinė grafika. – Konferencijos pranešimų medžiaga. – Kaunas: Technologija, 2003. p. 138-141.
3. **L. Čiupla.** Metalinių konstrukcijų brėžiniai – laboratorinio darbo medžiaga. <http://es.smd.vtu.lt/buses/files/desi/942/metallo-suvinisrnis-03729.doc>
4. Metalinių konstrukcijų darbo užduotys.
<http://es.stud.vtu.lt/buses/files/desi/942/metalas.u.doc>
5. Programinis modulis TAIGRA-12.
<http://es.smd.vtu.lt/buses/?p=44307&id=942> (kadangi internetinės laikmenos keičia savo krepinius, tikslinga teksto patikra raktą „TAIGRA-12 įdiegimas“)

MODELS ASPECTS OF METAL CONSTRUCTIONS DRAWING

Darius Statkevičius, Jonas Zemkauskas

Summary

Drawing model of metal constructions is being presented, it evaluates possibilities of information technologies as well as allows it to minimize monotonic activities. Graphics are realized by object-oriented commands, in which monotonic activities are automated, additional calculations made optimally. Model of visualization and drawing preparation is being presented.

STATYBINIO BRĖŽINIO ELEMENTŲ MODELIAI

Darius Statkevičius, Jonas Zemkauskas
Vilniaus Gedimino technikos universitetas

Pastato brėžinių elementai yra standartizuoti, todėl IT atveju atsiveria didžiulės automatizavimo galimybės, kurių realizavimui reikalingi grafiniai, skaitmeniniai bei programiniai modeliai. Edukologinėje praktikoje paprastai netaikomos sudėtingos komercinės sistemos, todėl daug laiko sugaistama pasikartojančioms, daug laiko sąnaudų reikalaujančioms operacijoms atlikti. Patogios programinės priemonės leidžia kurti reikiamus įrankius.

1. Įvadas

Pastato brėžinio grafikoje galima išskirti pagrindinius vaizdo elementus pagal I pav. pateiktą schemą.



1 pav. Pastato brėžinių grafika

Pateikta schema įdomi tuo, kad akivaizdžiai matosi, jog trijų tipų brėžiniuose yra langų komandos. Tai reiškia, kad visuose vaizduose langai vizualizuojami skirtingai. Dvigubi kreipiniai rodo, kad ašys fasade ir pļūvyje bei sienos plane ir pļūvyje vizualizuojamos tomis pačiomis komandomis.

Plano grafika. Ašys. Plane ašys sudaro skersinių ir išilginių ašių dažniausiai stačiakampį tinklą.

Sienos. Plane ir pļūvyje vizualizuojamos dviem lygiagrečiom linijom.

Langai ir durys. Plane vizualizuojami nurodant dydį ir varstymo kryptį.

Laiptinės. Daugiaparametrinė įvairiatipė konstrukcija.

Ventkanalai. Linijinis vizualizavimas.

San technika. Konkretų matmenų suartintai vaizdai, todėl racionaliai paprastu blokų technika.

Fasado grafika. Ašys. Fasade ir pļūvyje ašys vizualizuojamos lygiagrečių linijų grupėmis.

Langai ir durys. Fasade rodomas dydis ir varstymo kryptis.

Pļūvio grafika. Langai. Pļūvyje suartintai vaizdavimas.

Laiptai. Laiptų pakopos pločio, aukščio ir aukšto aukščio sistema.

Turekliai. Linijos eukstyje, lygiagrečios laiptotaktui.

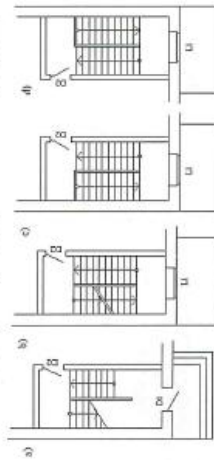
Plačiau panagrinėkime laiptinių plane vizualizavimo kaip daugiaparametrinės ir langų kaip visų vaizdų elementus, susietus matmenimis ir skirtinga grafika. Be abejoj, visos sistemos valdymo modelį.

2. Laiptinės

Laiptinė yra daugiaparametrinis vaizdas, kuris skiriasi aukštuose forma ir projektavimo sąlygomis. Visa tai reikia įvertinti komandos modeliuose. Be to, laiptinės vizualizavimui kažkodėl daug dėmesio skiriama interaktyviems skaičiavimams, kurie užima daug laiko.

2.1. Laiptinės standartai

Standartai nusako skirtingus vaizdus pagal aukštus: pirmo aukšto (2a pav.), tarpinio aukšto (2b pav.), viršutinio aukšto (2c pav.), lipimo krypties: prieš laikrodžio rodyklę (2a-c pav.), pagal laikrodžio rodyklę (2d pav.).



2 pav. Laiptinių aukštai

Nors laiptinės vaizdas plane sudarytas iš atkarpų ir grafiškai atrodo nesudėtingas, tačiau daugybė parametru jos vizualizavimui reikalauja nemažai pastangų. Kita vertus, parametrizavimas leidžia automatizuoti žymėjimą. Laiptinių matmenys gali būti duoti (pvz., mokomojoje užduotyje) arba projektuojami individualiai. Kiekvienu atveju bus skirtingi parametru valdymo būdai bei interaktyvus dialogas. Be to, parametrai yra tarpusavyje susiję arba ribojami konstruktyviai:

- laiptų aukštelio pločiai B_{laik} ir B_{2laik} turi būti ne mažesni už laiptotakio plotį B_{tak} - $B_{laik} = B_{2laik} \geq B_{tak}$ (3a pav.);

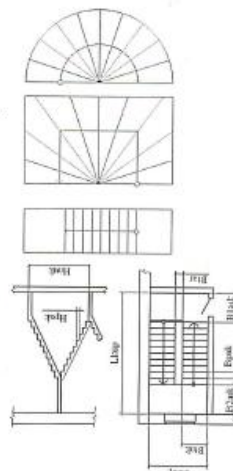
- laiptinės ilgis L_{laip} priklauso nuo laiptų aikštelių pločio B_{laik} , B_{2aik} , patalpų aukščio H_{auk} ir pakopos aukščio H_{pak} . Esant įprastai dviejų laiptotakių konstrukcijai:

$$L_{laip} = B_{1aik} + B_{2aik} + (H_{auk} / (2 \times H_{pak})) \times B_{pak};$$

- laiptinės plotis B_{laip} lygus laiptotakių pločių B_{laik} ir tarpui tarp laiptotakių B_{tar} sumai: $B_{laip} = B_{laik} + B_{tar} + B_{tar}$;

- tarpas tarp laiptotakių ribojamas priešgaisrinių reikalavimų ir negali būti mažesnis negu 100 mm: $B_{tar} \geq 100$;

- pakopos plotis B_{pak} konstruktyviai priimamas 300 mm, o aukštis $H_{pak} = 150$ mm : $B_{pak} = 300$ ir $H_{pak} = 150$, arba nurodomas interaktyviai.



3 pav. Laiptinių geometrija a – tipinė, b – vieno laiptotakio, c – sraigtinė

Praktiškai sutinkami du variantai:

- kai visi parametrai nustatomi interaktyviai ir pateikiami komandai;
- kai nurodomi pagrindiniai parametrai (aukšto aukštis - H_{auk} , laiptotakio plotis - B_{laik}), dalis primama konstruktyviai (laiptų pakopos aukštis ir plotis - H_{pak} , B_{pak} , bei tarpo tarp laiptotakių dydis - B_{tar}), o likę, reikalingi braižymui, nustatomi vizualizavimo komandoje.

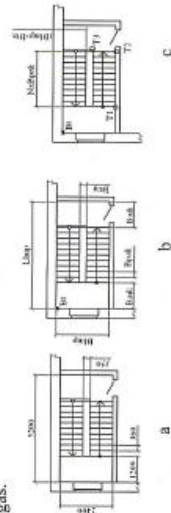
Pagrindinės laiptinių formos plane gali būti tradicinė (3a pav.), vieno laiptotakio (3b pav.), sraigtinio tipo (3c pav.).

2.2. Laiptinių grafiniai modeliai

Jei laiptinių matmenys žinomi iš anksto (4a pav.), programavimui pakanka juos parametrizuoti (4b pav.) ir parengti programinį modelį su būdingaisiais taškais (4c pav.), kurių pakakų vaizdo elementams nubraižyti.

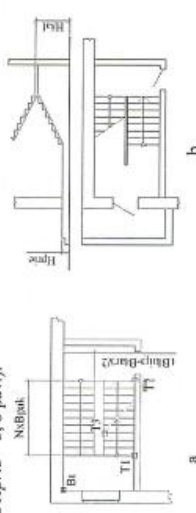
Universalesnis vaizdas gaunamas projektuojant individualiai. Tuomet nurodomi tik pagrindiniai parametrai (taikim laiptotakio plotis B_{laik} , aukšto aukštis H_{auk} ir pakopos aukštis H_{pak}), o kiti nustatomi komandoje skaitiavimo

būdu. Kiekvienam atvejui bus skirtingi parametrai valdymo būdai bei interaktyvus dialogas.



4 pav. Grafiniai modeliai a – užduotis, b – pradiniai duomenų modelis, c – programinis

Tarpinio aukšto viršutinis laiptotakis yra pjaunamas (5, a pav.), o pirmo aukšto laiptinėje atsiranda plane nematomi matmenų (šaligatvio altitudė H_{sol} – atstumas nuo pirmo aukšto grindų iki žemės paviršiaus bei priengio laiptelių kiekis $H_{prte} = S_1$, b pav.).

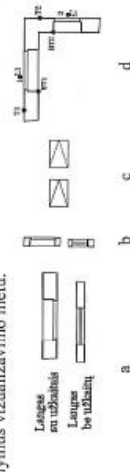


5 pav. Laiptinių modeliai

Dirbant interaktyviai tai sukelia papildomų skaitiavimų, kurių galima išvengti programuojant specialias komandas.

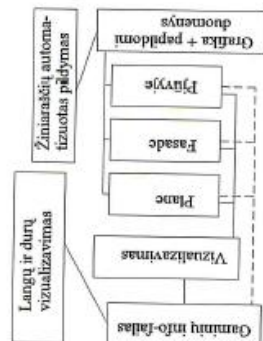
3. Langų vizualizavimo modeliai

Langų ir durų žymėjimas plane (6, a pav.), fasade (6, b pav.) ir pjūvyje (6, c pav.) yra skirtingas pagal tuos pačius matmenis, todėl tikslinga duomenis apie jų matmenis saugoti pagalbinėje duomenų bazėje. Tai leis sumažinti nurodymus vizualizavimo metu.



6 pav. Langų žymėjimas ir vizualizavimas brėžiniuose

Informacijos judėjimas langų vizualizavime gali būti organizuojamas pagal 7 pav. schemą.

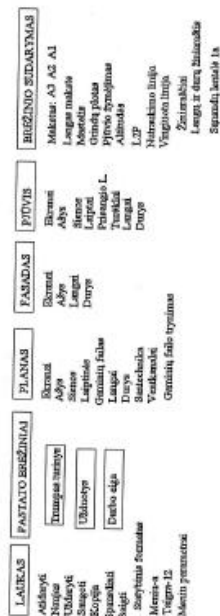


7 pav. Langų vizualizavimo valdymas

Sudarius gaminių matmenų informacinį failą, braižymo metu užteks nurodyti gaminio markę ir vaizdo atraminę taską pagal 6d pav. grafinius modelius.

4. Pastato programinės įrangos modeliai

Tokiu būdu sumodeliavus pagrindinius pastato brėžinius [3] bei sudarius reikiamas komandas, kurių informatyviausių modelių aptarnė auksčiau, įvertinus racionalią darbo eigą, galima modeliuoti programinės įrangos aplinką (8 pav.).



8 pav. Pastato vizualizavimo įrankinė (ir eiga)

Konkrečioms brėžiniams komandos išdėstomos nuosekliai. Tokiu būdu, sumažėja neracionalių veiksmų tikimybė. Komandų rinkinių kiekis priklauso nuo sudaromų vaizdų ir brėžinių kiekio (planas, fasadas, pjūvis, kiti brėžiniai), informacinio rinkinio "Pastato brėžiniai" bei bendrojo rinkinio "Laukas", kuriame būtiniausios septynios

komandos darbai su failais bei meniu keitimo galimybės ir pradinio formato komanda.

Pastato brėžinių sudarymo pavyzdžiai pateikiami aprašymuose [2, 1], kurie prieinami internete [2, 4].

5. Išvados

Pastato brėžinių grafikos analizė leidžia teigti, kad vizualizavimui reikia nedidelio kiekio įrankių, kurie leistų žymiai patogiau formuoti reikiamus brėžinius.

Nagrinėti sudėtingiausių grafinių vaizdų vizualizavimo klausimai ir pateikti modeliai rodo, kad reikiamus įrankius sukurti reikia palyginti nedidelių laiko sąnaudų ir tai būtų galima realizuoti aukštesiose mokyklose. IT laikotarpyje reiktų dėmesį skirti grafikai, kadangi vaizdinė medžiaga lengviau įsimenama.

Atlikta analizė leido sudaryti darbų atlikimo programinę aplinką, kurioje minimizuoti neracionalūs veiksmai.

Skaitmeninių duomenų susiejimas su grafiniiais vaizdais sudaro galimybę automatizuotai rengti statistinę informaciją (žiniaraščių pildymas) bei daryti intelektualėsnį susietų procesų vizualizavimą (pvz., laiptinės pjūvio parametų sufleravimas pagal plano duomenis ir t.t.).

Literatūra

1. Čiupaila L., Vinogradova J., Zemkauskas J. Taikomoji inžinerinė grafika. – Vilnius: Technika, 2008. 354 p.
2. Čiupaila L. Statybinė braižyba. Prieiga per internetą: <http://c-stud.vgtu.lt/users/files/des/942/statyba-2a.doc>
3. Statkevičius D., Zemkauskas J. Statybinio brėžinio modeliai IT.
4. Programinis modulis TAIGRA. Prieiga per internetą: www.vtu.lt/fm/fike/TAIGRASI – 450 psl.

MODELS OF THE ELEMENTS OF THE CONSTRUCTIONS DRAWING

Darius Statkevičius, Jonas Zemkauskas

Summary

Graphics of the building drawings is being examined and arrived at the conclusion: supply of programming tools is not sufficient compared to possibilities of IT. Models are being analyzed and designed to overcome this shortage, they are created in the form of software.

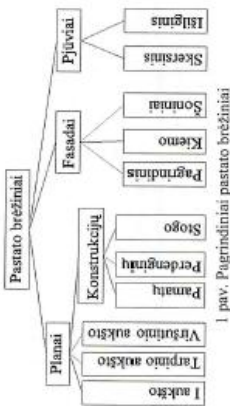
STATYBINIO BRĖŽINIO MODELIAI IT

Darius Statkevičius, Jonas Zemkauskas
Vilniaus Gedimino technikos universitetas

Pastato brėžiniai sudaro žymią statybinės braižybos dalį. Žymėjimai yra standartizuoti, todėl IT atveju atsiveria didžiulės automatizavimo galimybės. Komercinėje gamyboje taikomos programose automatizavimo procesas bei taikymas pasiekė labai aukštą lygį, o edukologinėje praktikoje progresas nežymus, nors turėtų būti priešinagai. Darbe pateikiami automatizavimui būtinai modeliai, kurie vėliau realizuojami komandomis.

1. Įvadas

Pastato brėžinį sudaro trijų pagrindinių dokumentų grupės: planai, fasadai ir pjūviai (1 pav.).



1 pav. Pagrindiniai pastato brėžiniai

Pradiniame mokymosi etape (dėl žinių ir laiko stokos) paprastai sudaromi aukštų planai, pagrindinio fasado ir pjūvio per laiptinę brėžiniai.

Planai. Pagal duotą schemą detalizuojami pirmo ir viršutinio aukštų planai. Modelio sudėtinų dalių realizacijos pavyzdžiai pateikti darbų aprašymuose [1, 2].

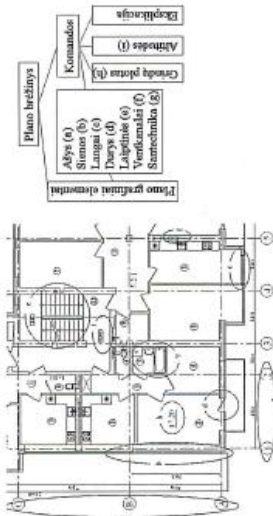
Fasadai. Analizuojami brėžinio ypatumai ir elementų specifiniai žymėjimai. Fasado brėžinio ypatybė yra jo sąryšis su atitinkama plano siena, šio sąryšio realizavimo algoritmas, pagalbiniai įrankiai ir metodika pateikti [3] literatūroje.

Skersinis pjūvis. Kompiuterioje skerspjūvio vizualizavimas įdomus tuo, kad čia slėpi didžiulės optimizavimo galimybės. Suteikus plano elementams papildomus duomenis, jų vėlesnis automatizuotas nuskaitymas, pjūvio formavimą paverčia naulonių kūrybiniu procesu.

Visi brėžiniai tarpusavyje yra glaudžiai susiję. IT turi priemones, kuriomis efektyviai galima pasinaudoti.

2. Planai

Darbe nagrinėjami tik aukštų planų brėžiniai (2, a pav.), todėl jų realizavimą atspindi grafinių elementų ir papildomų dalių vizualizavimo modelis (2, b pav.).



a

b

2 pav. Plano vizualizavimas IT

Dažniausiai visi grafiniai plano elementai yra standartizuoti, todėl vizualizuoti galima ir reikia atitinkamomis komandomis. Kita edukologikai svarbi savybė yra ta, kad braižymo eiga identiška pastato statybos procesui – ašys, sienos, langai ir t.t. Tokiu būdu braižymo procesas tampa pradiniu gamybos žingsniu. Atskirų įrankių modeliui aptariamai atskirai [3] literatūroje.

3. Fasadai

Fasade rodomi tik langai ir durys (3a pav.), todėl vizualizavimui pakanka tik kelių komandų (3b pav.).

Langų ir durų matmenys plane, fasade ir pjūvyje yra tokie patys, todėl nurodymų sumažinimui tikslinga duomenis saugoti pagalbinėje duomenų bazėje. Be grafinių elementų vizualizavimo, reikalingos papildomos altitudžių žymėjimo ir langų vietos, kuri susieta su plano duomenimis, komandos.

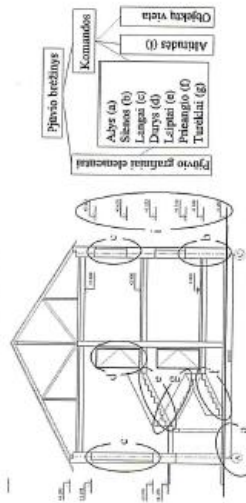
Pateikta darbo schema tinka mokymosiems bei gamybiniais grafikos darbams atlikti.



3 pav. Fasado vizualizavimas IT

4. Pjūviai

Skersiniame pjūvyje pateikiama daug papildomos informacijos bei vaizduojama daug grafinių elementų (4a pav.), todėl reikia daugiau papildomų komandų racionaliam darbui (4b pav.).



4 pav. Pjūvio vizualizavimas

Tiesa, pjūvio vizualizavimui dalis komandų (ašys, sienos, durys, altitudės) bus tos pačios, kurios naudojamos plano ar pjūvio vaizdams sudaryti. Vaizdų formavimui sudarytus franksius tikslinga apjungti į įrankinę, kurioje būtų ne tik aptarti vizualizavimo, bet ir pagalbiniai statybinio brėžinio formavimo įrankiai (pvz., pjūvio žymėjimas). Įrankių modeliai ir jų valdymas aptariami [4] literatūroje.

5. Vizualizavimo eigos modeliai

Tokių būdu sumodeliavus pagrindinius pastato brėžinius matome, kad visas telpa trijuose puslapiuose. Deja, laboratorinių darbų praktikoje brėžiniai formuojami labai ilgai. Tai atsitinka dėl kelių priežasčių: nesilaikoma darbo tvarkos, trūksta žinių bei patirties. Brėžinio pateikimo eiga yra labai svarbi.

5.1. Brėžinio vizualizavimo eiga

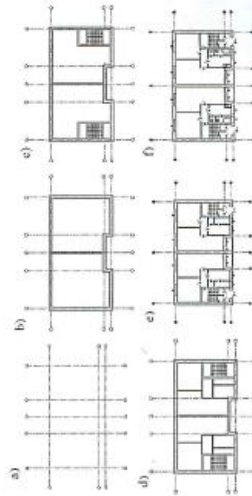
Kadangi brėžinyje naudojami masteliai, vizualizavimas atliekamas modeliavimo lauke, o brėžiniai formuojami maketavimo lauko puslapiuose. Modeliavimo lauke masteliu 1:1 sudaromi pastato brėžinių atvaizdai:

- sudaromas plano brėžinys;
- suformuojamas fasadas kaip išvestinis vaizdas naudojant plano duomenis ir automatiskai įterpiant reikiamose vietose langų ir durų vaizdus;
- sudaromas pastato skersinis pjūvis per laipinę.

Maketavimo lauko puslapiuose formuojami plano, fasado ir pjūvio brėžiniai, kuriuose atitinkamiems vaizdams priskiriami reikiami masteliai, surašomi matmenys bei žymėjimai.

5.2. Plano vizualizavimo eiga

Nuosekliai surenkant plano vizualizavimo komandas (Ašys - 5, a pav., Sienos - 5, b pav., Laipinės - 5, c pav., Langai, Durys - 5, e pav., Santechnika - 5, f pav.) pagal užduoties schemą ir konkrečius duomenis suformuojamas plano vaizdas. Aišku, ryšiai tai išsiaiškinamos ašių sistemos, sienų parametrai, nustatomi laipinės matmenys, suformuojami langų ir durų matmenų duomenų failai.



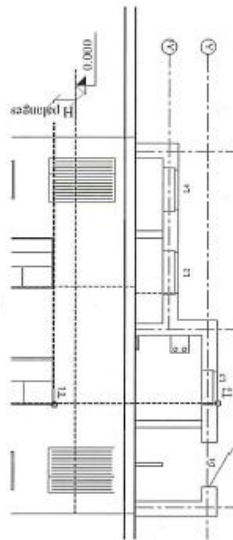
5 pav. Plano vizualizavimo eiga

152

Kai kurie primityvūs linijiniai objektai (pertvaros - 5, d pav.) vizualizuojami *Linija* ir *Lygiagretu* komandomis.

5.3. Fasado vizualizavimo eiga

Fasade rodomi langų ir durų vaizdai, kurių padėtis priklauso nuo vietos plane ir patalpų aukščio. Padėčiai plane nustatyti panaudojame „daugiaekranę“ techniką (6 pav.) ir pagalbines komandas *Langų vieta-F*, susiejancią langų vietą plane T2 su langų vaizdo vieta fasade T1. Sudėliojus langus ir duris fasade pagal plano duomenis, gali pasirodyti, kad fasado vaizdas yra nekokybiškas ir reiktų angų vietas pakoreguoti interaktyviai fasade, o vėliau ir plane. Tam praverstų atvirkstinė komanda *Langų vieta-P*.

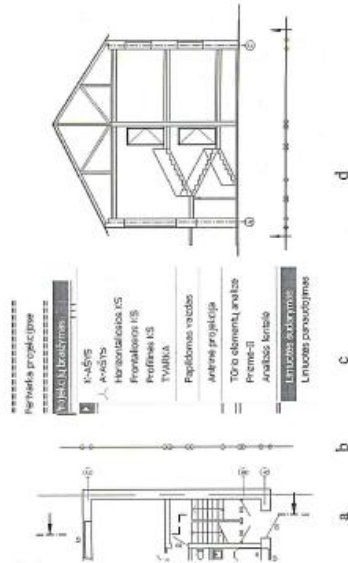


6 pav. Fasado vizualizavimo ypatumai

5.4. Pjūvio vizualizavimo eiga

Dalis pjūvio elementų vizualizuojama plano komandomis: *Ašys*, *Sienos*, *Būdingi elementai vizualizuojami papildomomis komandomis: Laipiai pjūvyje, Langai pjūvyje, Turėklai, Priekinio laipiai*. Kiti elementai (perdanga, stogas ir kt.) braižomi linijiniu būdu naudojant *Linija* bei *Lygiagretu* komandas. Duomenys pjūvio kryptimi (7, a pav.) paprastai žinomi (tai laiptinės matmenys), tačiau juos galima efektyviai perkelti naudojant klasikinį "popierinės linuotės" metodą (7, b pav.), kadaise taikytą braižomojoje geometrijoje. Ankstyvojoje TAIGRA versijoje (7, c pav.) buvo sudarytos šio būdo taikymo komandos. Jomis galima trūkstantis dydžius perkelti vizualizuojant pjūvį (7, d pav.).

153



7 pav. Pjūvio vizualizavimas IT

Elementų vieta vertikalia kryptimi nustatoma pagalbine pjūvių vizualizavimo komanda *Objektų vieta*.

5.5. Brėžinio formavimo eiga

Plano, fasado ir pjūvio brėžiniai formuojami maketavimo lauko puslapiuose, priskiriant lapams atitinkamus pavadinimus *PLANAS*, *PIUVIS*, *FASADAS*. Kiekviename maketavimo lauke sudaromi langai, kuriuose „panoramavimo“ (vaizdo valdymo) ir mastelio komandomis suformuojami reikiamų mastelių vaizdai. Languose vaizdai užrakunami, išjungiamos jų ribos, rašomi matmenys, pjūvių simboliai, sužymimos altitudės, teksto komanda surašomi papildomi žymėjimai. Pakoreguojami įrašai duomenų lentelėse, priskiriami linijų pločiai.

Konkretūs darbo pavyzdžiai pateikiami aprašymuose [1, 3, 5], kurie prieinami internete [5, 5].

6. Išvados

Pastato brėžiniai ypatingi tuo, kad jų vaizdų sudėtinės dalys yra standartizuotos, todėl IT aplinkoje galimi įrankiai, leidžiantys iš esmės paspartinti vizualizavimo procesą.

Sprendimams modeliuoti objekciniai įrankiai ypatingi tuo, kad įrankis siejasi su vizualizuojamo objekto ar proceso turiniu, todėl sumažėja komandų kiekis, jos tampa intelektualesnės.

Suformuotas statybinio brėžinio modelis ir vizualizavimo komandų poreikis, kuris yra nedidelis, todėl įveiktinas palyginti nežnyiomis pastangomis.

Įvertinete pateiktas pilnas darbo aprašymas [5], praktinių užduočių rinkinį ir darbą realizuojanti programinė įranga [6].

Literatūra

1. Čiupaila L. Taikomoji grafika statybos inžinerijoje. Kompiuterinė braižyba, geometrinio modeliavimo ir automatizuoto brėžinių valdymo pagrindai. Programinė įranga, teorija, praktinių darbų užduotys ir pavyzdžiai. – Vilnius: Technika, 2002. 312 p.
2. Čiupaila L. Grafikos valdymas. – Mokomoji knyga. – Vilnius: Technika, 2005. 236 p.
3. Čiupaila L., Vinogradova J., Zemkauskas J. Taikomoji inžinerinė grafika. – Vilnius: Technika, 2008. 354 p.
4. Čiupaila L. Inžinerinės grafikos įrankiai vakar, šiandien, rytoj – šiame rinkinyje.
5. Čiupaila L. Statybinė braižyba. Priega per internetą: <http://e-stud.vgtu.lt/users/files/dest/942/statyba-2a.doc>
6. Programinis modulis TAIGRA. Prieiga: www.vgtu.lt/fmf/fagk/TAIGRA – 550 psl.

MODELS OF THE CONSTRUCTION DRAWING IT

Darius Statkevičius, Jonas Zemkauskas

Summary

A model of drawing of the building is being presented, it evaluates a potential of information technology and allows to minimize monotonic activities. Graphics is optimized using object-oriented commands, by which monotonic processes are being automated and additional calculations made optionally.

GELŽBETONIO KONSTRUKCIJŲ VIZUALIZAVIMO ĮRANKIŲ MODELIAI

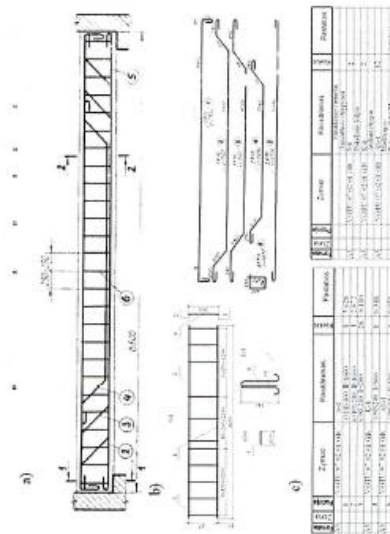
Darius Statkevičius, Jonas Zemkauskas
Vilniaus Gedimino technikos universitetas

Gelžbetonio konstrukcijų brėžinys edukologiniame etape ypatingas tuo, kad grafiniai objektai įvertinami inžinerijos požiūriu kaip turintys specialius žymėjimus bei fizinius parametrus (svorį). Todėl nepaisant savo nesudėtingos grafinės struktūros (dažniausiai ortogonalios linijos), atliekamas gana sunkiai. Vėlgį nesudėtingi, bet pirmą kartą sutinkami apribojimai (apsauginis betono sluoksnis, priklausomybė nuo armatūros skersmens ir kt.) sprendžiami sunkiai.

Pateiktas praktinis požiūris, kurio esmė minimizuoti bet kokius skaičiavimus, akcentuoti tik vaizdų turinį ir brėžinio formavimo bei racionalaus gavimo metodiką.

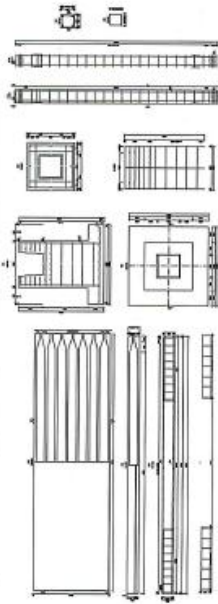
1. Įvadas

Iš gelžbetonio konstrukcijų inžinerinėje grafikoje dažniausiai sudaromas sijos (1a pav.) brėžinys, kadangi jame naudojami pagrindiniai gelžbetonio konstrukcijos elementai, o pats objektas yra primityvus.



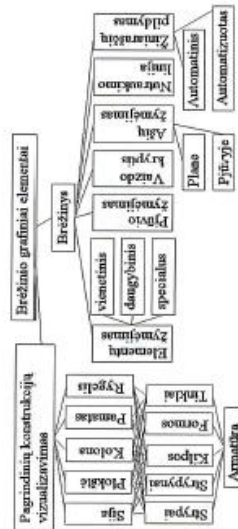
1 pav. Gelžbetonio konstrukcijų brėžinio fragmentai: a – sija, b – armavimas, c – žinaraščiai

Pagal nustatęvęsiją metodiką [1, 2], bręžinio sudarymo optimizavimui reikia atlikti pagrindinių gelžbetonio konstrukcijų bręžinių sudėtinę dalių (šijos – 1a pav., armavimo – 1b pav., bei žiniaištines informacijos – 1c pav.) analizę ir modeliavimą. Modeliuojami įrankiai skirti ir tolimesnėms studijoms, vizualizuojančioms kitų konstrukcijų (2 pav.) sprendimus, i kuriuos reikia atkreipti besimokančių dėmesį bei numatyti įrankius jiems realizuoti.



2 pav. Pagrindinių gelžbetonio konstrukcijų bręžiniai

Darbo tikslas – kompiuterio galimybių maksimalus panaudojimas. Gelžbetonio bręžinio grafikos modelis apimtų 3 pav. pateiktus elementus.



3 pav. Gelžbetonio konstrukcijų bręžinio modelis

Pagal priimtą metodologiją [2], išskiriamos vizualizavimo (masteliu 1:1) ir bręžinio parengimo (reikiamu masteliu) stadijos ir jų realizavimui reikalingi įrankiai. Kadangi bręžinio formavime visą laiką optimizavome grafinių simbolių vizualizavimą, dalis standartinių žymėjimų įrankių (pvz., projekcinė vaizdo kryptis) jau buvo naudojami kituose daruose (pvz., projekcinė braižyba) ir yra žinomi. Specifiniai įrankiai (armatūros svoris, betono tūris, strypynas ir pan.) modeliuojami papildomai ir įtraukiami į gelžbetonio grafikos įrankinę.

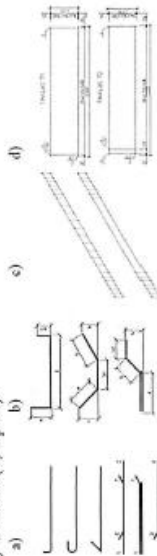
Darbe būtina išskirti darbo grafinę esmę, o ją realizuojančius įrankius paversti kompiuterinėmis komandomis. Tai, grafikos požūriū, yra svarbu:

- armatūros vizualizavimas (strypynai, atskiri strypai, tinklai);
- sutartiniai žymėjimai;
- vaizdų išcėstymas ir taikomi masteliai;
- medžiaginiai resursai ir jų nustatymo būdai.

Kadangi įrankiai yra informatikos problema, belieka sudaryti jų modelius ir apipavidalinti juos komandų pavidalu: *strypynas*, *armatūros svoris*, *betonas* ir t.t. Mūsų nuomone, tik turint gerus įrankius galima „raštingai“ spręsti grafikos problemas.

2. Grafikos elementai

Gelžbetonio gaminių formos vizualizavimas problemų nekelia, kadangi ji paprastai yra primityvi (stačiakampiai, cilindrai ir pan.). Armatūra, pagal standartus, – atskiri strypai (4, a pav.), jų formos (4, b pav.), strypynai (4, c pav.) ir tinklai (4, d pav.).



4 pav. Arnavimas

Grafikai tai nesudėtingi parametrizuoti dariniai. Todėl interaktyviai vizualizuoti juos netikslinga, nes didžioji pastangų dalis skiriama aritmetiniams skaičiavimams ir elementarėms braižymams, kurie turi būti automatizuojami.

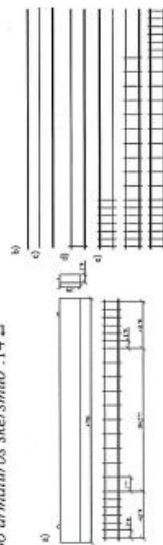
Kita dalis grafinių simbolių, kaip ir visuose gamybiniuose statybos bręžiniuose, yra konstrukcinių elementų bei sutartinų elementų žymėjimai, kurių didžioji dauguma yra analogiška metalinių konstrukcijų žymėjimams ir jau aprašyta [3]. Pakanka tik pažymėti jų valdymo komandas darbo įrankinėje.

3. Vizualizavimo turinio aspektai

Mokomajame procese aktualūs klausimai: kiek ir ko vizualizuoti specialiai sukurtais atitinkamais įrankiais ar pagalbinėmis komandomis (pvz., *LINE*). Šijos (5, a pav.) strypyną galima vizualizuoti *Line* (5, b pav.), *Offset* (5, c pav.), *Line* (5, d pav.), kelis kartus panaudojus *Array* (5, e pav.), bet galima visą šį procesą sujungti į vieną komandą *Strypynas*, kuri strypyno vaizdą be jokių papildomų skaičiavimų, suformuos po tokio dialogo: *Strypynas* ↓

158

Sijos ilgis (mm) :4700 ↓
 Sijos aukštis (mm) :390 ↓
 Armatūros tankis-1 (t1) <150> : ↓
 Armatūros tankis-2 (t2) <200> :275 ↓
 Kraštinio armavimo kiekis :6 ↓
 Vidurinio armavimo kiekis :10 ↓
 Darbo armatūros skersmuo :14 ↓



5 pav. Vizualizavimo tipai

Informatikos požiūriu svarbi pirmoji versija, grafikos – antroji. Pastaroji operuoja visais esmės terminais: sijos ilgis, ... ir t.t., todėl jokių nesupratimų su konstravimo teorija nekyla. Bendrosios grafikos sistemos (pvz., AutoCAD) tiesioginis komandų taikymas negali racionaliai tarnauti taikomųjų uždavinių sprendimui.

4. Vizualizavimo eigos modeliai

Jau minėjome [3], kad realius statybinius objektus sudarančių elementų matmenys yra skirtingi ir gali skirtis šimtus ir daugiau kartų. Todėl jų brėžiniai pateikiami skirtingais masteliais, o racionalus darbas priklauso nuo darbo eigos. Nors kompiuterijoje galimi įvairūs variantai, patirtis diktuoja tam tikrą eigą. Kadangi konstrukcijų brėžiniai yra netaisyklų vaizdų grupės [4], formuojami dvistadijiniu metodu, kai pirmame etape atliekamas brėžinio vizualizavimas, o brėžinys sudaromas antrame etape naudojant reikiamus mastelius, pažymint suartinčius simbolius ir kt.

4.1. Brėžinio vizualizavimo eiga

Vizualizavimas atliekamas modeliavimo lauke, o brėžiniai formuojami maketavimo lauko puslapiuose. Darbo eigą iliustruokime paprasčiausio gelžbetonio konstrukcijos – sijos konstravimo atveju.

Modeliavimo lauke masteliu 1:1 sudaromi sijos ir jos armavimo elementų atvaizdai:
 – sudaromas sijos vaizdų kompleksas (tam pakanka nurodyti sijos matmenis – komanda *Sijos_vaidai* [5]);
 – sudaromi armatūros brėžiniai (strydynas, kilpa, askri styriai);

159

- formuojami skersiniai ir išilginiai pjūviai;
- įterpiamos žiniaraščių formos ir pildomos pagalbinų armatūros svorio austatymo ir sumavimo komandomis;
- darbai su skirtingo dydžio objektais, tikslinga naudoti ekranavimo komandą. Vizualizavimui taikomos komandos LAUKAS – SIJA imtinai (6 pav.).

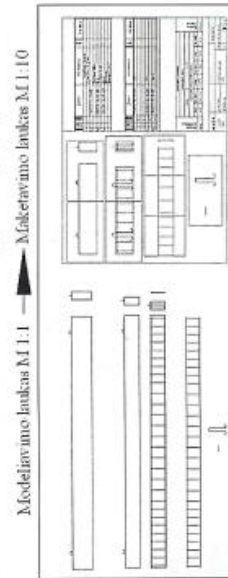


6 pav. Gelžbetonio komandų santrauka (darbo eiga)

Pagal siūlomą eigą sudeliojamos komandos įrankinėje, tuomet tik reikia eilės tvarka jas naudoti.

4.2. Brėžinio formavimo eiga

Pagal modeliavimo lauke sudarytus vaizdus, sijos brėžinys formuojamas maketavimo lauko puslapyje. Maketavimo puslapyje sudaromi langai, kuriuose panoramavimo, mastelio bei vaizdų išlyginimo komandomis suformuojami reikiamų mastelių vaizdai. Kadangi brėžinio struktūra gana sudėtinga, maketavimo lauke sukuriamas atinkama langų sistema (7 pav.).



7 pav. Brėžinio formavimas

Žinoma, langų sąrašą galima parengti iš anksto, tačiau edukologiniame procese tikslinga tobulinti įgūdžius. Suformuoti languose vaizdai užrašunami, išjungiamos jų ribos, ršomi matmenys, pjūvių simboliai.
 Pakoreguojami įrašai duomenų lentelėse, priskiriami linijų pločiai. Konkretus darbo pavyzdžiai – aprašymuose [6], kurie prieinami internete [7].

5. Išvados

Nagrinėjamas gelžbetonio konstrukcijų brėžinio sudarymo IT modelis, kurio tikslas yra maksimalus kompiuterijos galimybių išnaudojimas. Tai leidžia padidinti darbų atlikimo greitį bei geriau susipažinti su grafikos esminiais principais.

Sumodeliuoti objektiniai įrankiai atspindi vizualizuojamo objekto ar proceso turinį, tačiau jų taikymas racionalus tik tuomet, jei pilnai įsisavinami ankstesniųjų darbų atlikimo metodai. Jie leidžia atlikti darbą ir ne pilnai suprantant jo esmę, kadangi didžioji dalis atliekama automatiškai, todėl reikalauja gilesnių diskusijų, gynimo ir pan.

Suformuotas gelžbetonio konstrukcijų brėžinio modelis leidžia pagrįsti vizualizavimo komandų poreikį ir įrankių išdėstymo tvarką, kuri minimizuoja neracionalių veiksmų kiekį.

Integruojamas pilnas darbo aprašymas [6], praktinių užduočių rinkinys [7] ir darbą realizuojanti programinė įranga [5], viskas prieinama laisvam vartojimui.

Literatūra

1. Čiupaila L. Inžinerinės grafikos įrankiai vakar, šiandien, rytoj – šiame rinkinyje.
2. Čiupaila L. Inžinerinės grafikos praktiniai darbai – šiame rinkinyje.
3. Statkevčius D., Zemkauskas J. Metalinių konstrukcijų brėžinio modeliavimo aspektai – šiame rinkinyje.
4. Čiupaila L. Taikomoji grafika statybos inžinerijoje – Kompiuterinė braižyba, geometrinio modeliavimo ir automatizuoto brėžinių valdymo pagrindai. – Programinė įranga, teorija, praktinių darbų užduotys ir pavyzdžiai. – Vilnius: Technika, 2002, 312 p.
5. Programinis modulis TAIGRA-12. Prieiga per internetą: <http://e-stud.vgtu.lt/users/?p=44307.33503&id=942>
6. L.Čiupaila. Gelžbetoninių konstrukcijų brėžiniai – laboratorinio darbo medžiaga. Prieiga per internetą: <http://e-stud.vgtu.lt/users/files/des/942/gelzbetonis-2.doc>
7. Gelžbetoninių konstrukcijų darbo užduotys. Prieiga per internetą: <http://e-stud.vgtu.lt/users/files/des/942/gelzbetonis-u.doc>

MODELS OF THE CONCRETE CONSTRUCTIONS VISUALIZATION TOOLS

Darius Statkevčius, Jonas Zemkauskas

Summary

Model of the drawing of concrete design is being presented, in which the most attention is given to solution of the problems related to graphics. For this purpose the object-oriented commands are being applied, which automates monotonous processes and necessary arithmetical calculations. The model of visualization and drawing preparation is being presented, it is provided with unique software.

AutoCAD SPAUSDINIMO GALIMYBIŲ IŠSKIRTINĖ APŽVALGA

Ana Usovaitė, Konstantinas Stanislovas Danaitis
Vilniaus Gedimino technikos universitetas

Labai dažnai kyla klausimų kaip norima forma atspausdinti brėžinį, sukurtą DWG formate. AutoCad terpėje galima paruošti įvairaus tipo ir sudėtingumo brėžinius. Netgi vienas iš paprasčiausių brėžinių – techninis kontūras su rėmelio ir įrašų lentele, jau studentams kelia nesiškimų ir netikslumų. Del daromų klaidų turime didelius kiekius sugadinto popieriaus, išeikvoję braižytuvo rašalą, ir kaip viso to pasekmė – žemesnio lygio darbų įvertinimas ir nepusienkinimas darbu.

Jau nuo pirmųjų darbų studentai mokinami dirbti modelio ir popieriaus erdvėje. Čia iškyla pirmas klausimas, ar paruošta brėžinį spausdinti iš modelio ar popieriaus erdvės. Vienareikšmiško atsakymo į šį klausimą nėra ir todėl verta išnagrinėti šių abiejų spausdinimo būdų ypatybes, privalumus ir trūkumus.

Modelio erdvė skirta 2D ar 3D objekto geometrijos sukūrimui. Į modelio erdvę galima įkelti atskirus vaizdo langus naudojant komanda **VPORTS**, bet yra tam tikri apribojimai. Nepriklausomai nuo sukurtų langų skaičiaus jie turi pilnai užpildyti brėžinio langą ir tarp jų neturi būti tarpų. Sie langai panašūs į atskirus vaizduoklius, kur brėžinys matomas skirtingai (1 pav., a). Sie langai nėra objekto, kurio galima parinkti (pažymėti) ar redaguoti, bet galima sukurti. Tai yra fiksuota ekrano sritis, todėl šių langų formos keisti negalima. Tokį langą galima tik įjungti ir išjungti. Autorių manymu, vienintelis spausdinimo iš modelio erdvės privalumas – aiškumas. Tokį spausdinimą patartina nauduoti paprastiems brėžiniams (pvz., dvimatis techninis kontūras) ir pradedantiesiems vartotojams, kad nekiltų papildomų klėblumų.

Popieriaus erdvė yra specialiai vieta montavimui, kur galima sudėti kiek norima daug vaizdų ir objektų, sukurtų modelio erdvėje. Tai panašu, jei prie kulmano pritvirtinti dideli popieriaus lapai ir prie jo priklijuoti mažesnių dydžių lapus. Jei vieno iš mažesnio lapo vieta netenkina, jį galima perkelti. Taip pat galima lengvai pašalinti nereikalingą lapą. Be to, kai mažesni lapai jau savo vietoje, ant didelio lapo galima išdėstyti papildomas linijas ar užrašus, brėžinio pavadinimą. Vaizdo langas popieriaus erdvėje dažnai vadinamas plaukiančiuoju vaizdo langu, todėl kad tai yra objektas, kurį galima pažymėti ir redaguoti. Sie ekranai gali būti įvairių formų. Taip pat galima sukurti ekraną su salėlėmis (1 pav., b).

Be paminėtų brėžinio formavimo popieriaus erdvėje galimybių, reikia išvardinti ir trūkumus. Negalima tuo pačiu metu pažymėti (parinkti) objektus esančius modelio erdvėje ir popieriaus erdvėje. Negalima naudoti objektus, esančius modelio erdvėje neįsėinant iš popieriaus erdvės, t.y. aktyvuojant