



STATYBINIŲ KONSTRUKCIJŲ INTEGRUOTAS AUTOMATIZUOTAS PROJEKTAVIMAS

Vladimir Popov¹, Tatjana Grigorjeva²

Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius, Lietuva

El. paštas: ¹gelz@vgtu.lt; ²tatjana.grigorjeva@vgtu.lt

Gauta 2010 02 02; priimta 2010 03 09

Santrauka. Straipsnyje aptariamos šiuolaikinės statybinų konstrukcijų automatizuoto projektavimo sistemos, jų privalumai visais statybos objekto gyvavimo etapais. Šiuolaikinė statybinų konstrukcijų projektavimo metodologija paremta grafinio informacinio modelio (BIM) koncepcija, kai kuriamas virtualus trimatis objekto modelis. Standartinis projekto dokumentų rinkinys generuojamas tiesiog iš bendrojo pastato trimačio modelio. Viena iš svarbiausių projekto dalių – tai statybinų konstrukcijų skaičiavimas ir analizė. Naudojant integracijos tarp grafinių platformų ir skaičiavimo sistemų galimybes, statybinų konstrukcijų ir jungčių skaičiavimas ir detali analizė gali būti plėtojama dviem kryptimis: perkeliant modelį kaip supaprastintą strypinę schemą arba kaip fizinių modelių su jam būdingais geometriniais ir fiziniais rodikliais.

Reikšminiai žodžiai: statybinės konstrukcijos, automatizuoto projektavimo sistemos, objekto grafinis informacinis modelis, konstrukcijų analizė.

1. Įvadas

Besivystant informacinėms technologijoms kompiuterinio projektavimo srityje vis dažniau vartojamos sąvokos *BIM (Building Information Modelling* – pastato informacinis modelis), *FIM (Fabrication Information Modelling* – gamybos informacinis modelis), *ISM (Integrated Structural Modelling* – konstrukcijos integruotas modelis), *BLM (Building Lifecycle Management* – pastato gyvavimo ciklo valdymas), žymincios naują automatizuoto projektavimo koncepciją. Šios koncepcijos esmę atspindi kompiuteriniu objekto modeliu paremta bendra statybos objekto projektavimo, gamybos ir statybos strategija, realizuota grafinės ir skaitinės informacijos srautų, susijusių su projekto realizavimu, integruotu valdymu, skirtingų procesų dalyvių sujungimu į bendrą erdvę (Eastman *et al.* 2008; Jernigan 2007; Maute, Rauli 2004; Migilinskas, Ustinovichius 2006; Popov, Grigorjeva 2007; Popov *et al.* 2006).

Projektuojantiems statybos objektą architektui ir inžinieriui tenka spręsti daugybę problemų: kaip griežtomis laiko limitu sąlygomis sukurti kokybišką produktą – pastato arba kitokio statinio projektą. Projektas turi

garantuoti racionalių konstrukcinių sprendimų pasirinkimą, realizuojant architektūrinės formos ir erdvės koncepciją, leisti kuo tiksliau įvertinti realias laiko, išteklių sąnaudas, išvengti klaidų ir netikslumų, užtikrinti greitą ir sklandžią statybą (Bauke *et al.* 2003; Ford 1994; Hoekstra 2003; Popovas *et al.* 2003, 2004).

Statinio konstrukcinės dalies projektavimas – tai laikančiųjų konstrukcijų gamybos ir montavimo techninių dokumentų, pagrįstų inžineriniais skaičiavimais, rengimas. Dokumentų kiekis turi būti pakankamas kiekvienu projekto realizacijos etapu: projektavimo, ekspertizės, konstrukcijų gamybos ir montavimo (Popovas *et al.* 2003; Popov, Grigorjeva 2007). Šiandien statinio projekto konstrukcijų dalis pateikiama kaip statinio konstrukcijų elementų ir jungčių bendri ar detalizuoti brėžiniai su gaminių ir medžiagų kiekių žiniaraščiais, sąmatomis. Konstrukcijų gamintojai papildo šią dalį skaičiavimais, mazgų ir detalių brėžiniais, gamybiniais dokumentais. Statant objektą dokumentai koreguojami ir papildomi. Dėl šių priežasčių nukenčia projektavimo dokumentų kokybė, atsiranda klaidų. Klaidos stabdo projektavimo ir statybos procesus, prarandama laiko ir

pinigų, blogiausiu atveju klaidos ryškėja pastatyta objekte (Popovas *et al.* 2003).

2. Tradicinės automatizuoto projektavimo sistemos

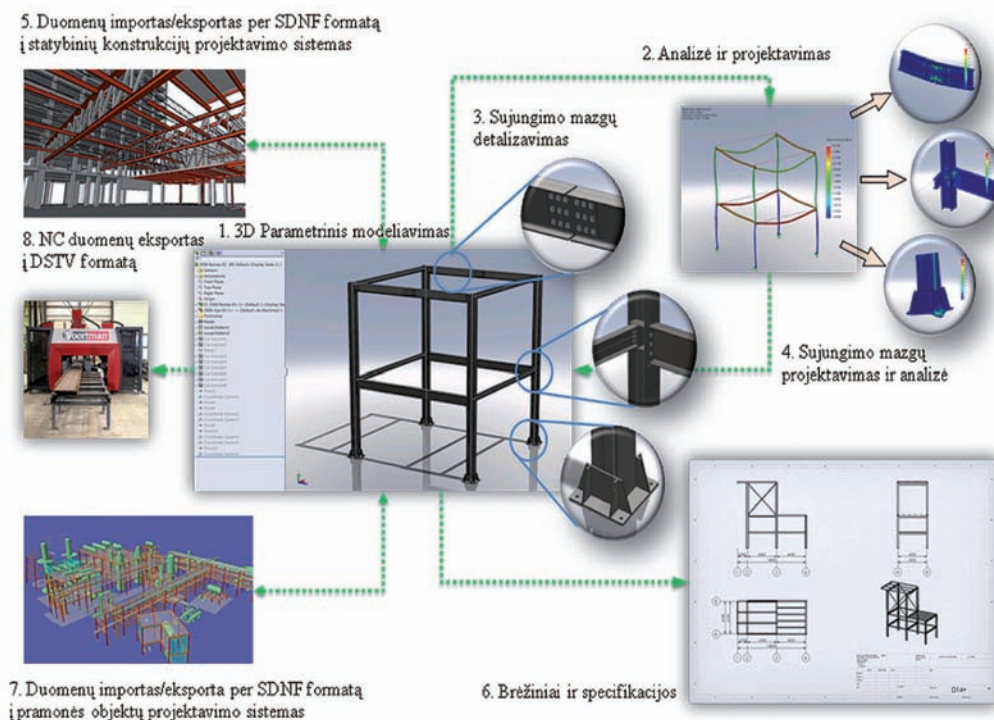
Įprasta manyti, kad kompiuterinio projektavimo technologijos padeda automatizuoti ir paspartinti ne tik brėžinių sukūrimą, bet ir lydymųjų dokumentų generavimą, gaminio ruošimą gamybai ir montavimui. Tačiau šiandien brėžiniams braižyti ir kitokiems projektavimo dokumentams rengti dažnai naudojamos bendrosios paskirties grafinės sistemos (CAD) ir visiškai mažai inžineriniams skaičiavimams naudojama konstrukcijų skaičiavimo ir analizės sistema (CAE). Toks požiūris jokių būdu neužtikrina išvardytų problemų sprendimo. Esant tokiai technologijai kiekvienas brėžinys saugomas atskiroje byloje, o vieninteliu informacijos generavimo ir kontrolės šaltiniu lieka žmogus, kuris iš pradžių kuria atskirus brėžinius, paskui juos koreguoja ir atnaujina, seka ir taiso klaidas. Be jokios abejonės, tokia projektavimo dokumentų sukūrimo technologija turi savo privalumų, tačiau neišsprendžia nei standartinės projektavimo dokumentų rinkinio sukūrimo problemos, nei suderinto tarp visų projektavimo proceso dalyvių informacijos atnaujinimo visose projektavimo proceso stadijose.

Statybinių konstrukcijų skaičiavimas – viena iš svarbiausių projekto dalių. Bet kuris konstrukcinis

sprendinys turi būti pagrįstas skaičiavimais ir atitikti stiprumo, patikimumo ir ilgaamžiškumo reikalavimus. Projektuotojas, siekdamas teisingai atlikti konstrukcijos elgsenos analizę, nustatyti jos įtempių ir deformacijų būvį ir išspręsti projektavimo ar tikrinimo uždavinius, priverstas adekvačiai formalizuoti realią konstrukciją, paverčiant ją idealizuota skaičiuojamąja schema.

Istoriškai susiklostė, kad kompiuterinės grafikos sistemos ir konstrukcijų skaičiavimo ir analizės sistemos ilgą laiką vystėsi kartu kaip savarankiškos kryptis, tačiau šiandien šiuolaikinėse automatizuoto projektavimo sistemose įdiegta skirtingų lygių integraciją tarp grafinės aplinkos ir skaičiavimo bei analizės programų (Eastman 2008; Kymmel 2008). Šiuolaikinės automatizuoto projektavimo sistemos nuskaito ir įrašo standartinis formatus, naudojamus daugelyje standartinių pramonės šakų. Tai ne tik užtikrina jos integraciją su kitomis standartinėmis statybinių konstrukcijų projektavimo sistemomis, bet ir palaiko ryšį su konstrukcijų gamintojais (Eastman 2008; Hardin 2009; Howard, Bjork 2008).

Taigi pagrindinis iš kompiuterizavimo tikslų – užtikrinti, kad informacija cirkuliuotų tarp visų projektavimo dalyvių. Šį tikslą pasiekti leidžia šiuolaikinės objekcinio modeliavimo ir integruotos analizės sistemos (1 pav.).

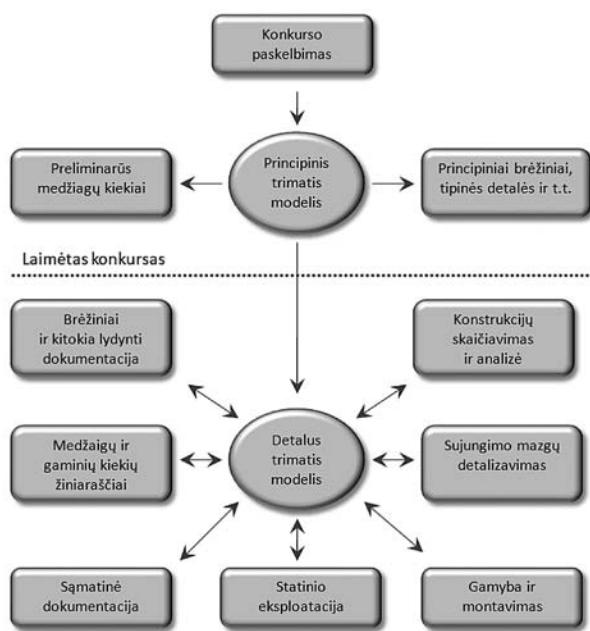


1 pav. Šiuolaikinės automatizuoto projektavimo sistemos

Fig. 1. Modern computer – aided design systems

3. Statybinų konstrukcijų projektavimas ir BIM

Šiuolaikinės kompiuterinio projektavimo technologijos grindžiamos principingai nauja projektavimo metodologija – nuo idėjos iki realaus objekto, kai vietoje brėžinių rinkinio sukuriama trimatis kompiuterinis objekto modelis, kuriame saugoma informacija apie geometrinius (kiekybinius) ir fizinius (kokybinius) rodiklius, taip pat privaloma atributinė informacija, apibūdinanti objekto statybos sąnaudas (medžiagų ir išteklių kainos, statybos darbų, laiko normatyvai ir pan.). Iš esmės grafinis informacinis objekto modelis yra projekto duomenų bazė, bendras visų projekto dalių ir visų projektavimo etapų informacijos šaltinis. Šią savotišką duomenų bazę kaupia visi projektavimo proceso dalyviai visuose projektavimo etapuose (Donath *et al.* 2007; Eastman *et al.* 2008; Jernigan 2007; Kymmel 2008) (2 pav.).



2 pav. Bendra pastato grafinio informacinio modelio koncepcija

Fig. 2. Concept of unified Building Information Modeling

Objekto grafinį informacinį modelį sudaro kietakūniai parametriniai objektai, išdėstyti virtualioje erdvėje kaip realus pastato elementai su visais jiems būdingais pririšimais. Dirbdamas su virtualiu modeliu kaip su realiu objektu projektuotojas gali vizualiai kontroliuoti procesą, imituoti ir analizuoti įvairias situacijas, ieškodamas optimalaus sprendimo.

Per lokalias ar išorines duomenų bazines (medžiagų, gaminių ir pan.) grafiniams objektams priskiriami fiziniai objektų parametrai. Bet kuriuo momentu grafinė informacija iš modelio gali būti pateikta įprastu

pavidalu: planai ir fasadai, pjūviai, vaizdai, mazgai ir detalės, montažinės schemos.

Iš to paties modelio automatiškai generuojamos specifikacijų lentelės, medžiagų ir gaminių kiekių žiniaraščiai, ataskaitos ir sąmatos. Asociatyvus ryšis tarp kompiuterinio modelio ir brėžinių leidžia taisyti techninius dokumentus darant pakeitimus modelyje ir atnaujinant elektroninių dokumentų rinkinį.

Vienas pagrindinių bendro grafinio informacinio modelio ypatumų – galimybė atlikti virtualųjų testavimų: tarpusavyje integruotos trimačio modeliavimo bei analizės, skaičiavimo ir projektavimo sistemos užtikrina sklandų duomenų perdavimą tarp fizinio ir skaičiuojamojo modelio.

Taikant grafinį informacinį modelį kuriama bendra projekto administravimo ir valdymo sistema, kuri leidžia: suderinti technologinio projektavimo proceso etapus, sinchronizuoti ir koordinuoti projektavimo proceso dalyvių veiksmus, saugoti projektą ir jo kūrimo istoriją vienoje duomenų bazėje.

Projektavimo procesą, paremtą bendro grafinio informacinio modelio koncepcija, sudaro tokie pagrindiniai etapai:

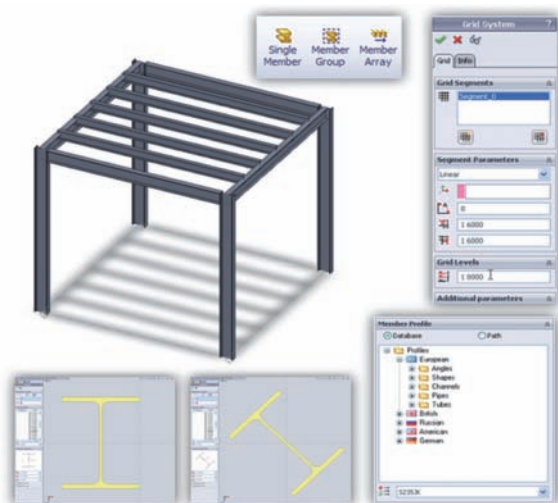
- kuriamas realios konstrukcijos virtualus prototipas su visomis realiai konstrukcijai būdingomis savybėmis: geometrija, skerspjūviais, medžiagomis, padėtimi erdvėje ir t. t., aprašomos kraštinės sąlygos ir apkrovos;
- atliekamas modelio virtualusis testavimas siekiant įvertinti jo elgseną, patikrinti esamą ar rasti optimalesnį konstrukcinį sprendinį;
- išleidžiamas standartinis techninių dokumentų, generuojamų tiesiogiai iš virtualaus modelio, rinkinys.

Tikroji šiuolaikinė BIM technologija leidžia sukurti statybos objekto projektavimo, statybos ir eksploatacinio valdymo strategiją, pagrįstą kompiuterinėmis objekto ir jo sukūrimo procesų modeliavimo technologijomis, užtikrinti grafinių ir informacinių duomenų srautų integruotą valdymą, kuris leistų suderinti virtualią grafiką (CAD) su informaciniais srautais (DB) ir procesų aprašais, visa tai atliekant bendroje programinėje terpėje, atskirus vykdytojus paversti komandomis, išsklaidytas priemones – kompleksiniais sprendimais, atskirus uždavinius sujungti į procesus, geriau, pigiau, greičiau vykdyti statybos objekto gyvavimo ciklo operacijas (2 pav.) (Gabbar *et al.* 2004; Ustinovičius *et al.* 2005).

4. Statybinų konstrukcijų modeliavimas

Šiuolaikinė kompiuterinio projektavimo technologija, paremta BIM koncepcija, iš esmės pakeičia tradicinę

projektavimo koncepciją, pereinant nuo brėžinių rinkinio sukūrimo dvimatėje erdvėje (2D) prie statinio trimatžio (3D) grafinio informacinio modelio sukūrimo, kuris apima: geometrinį objekto modelį, jo fizines savybes ir funkcinis komponentų ypatumus (3 pav.) (Hoekstra 2003; Popov, Grigorjeva 2007; Sacks *et al.* 2004)



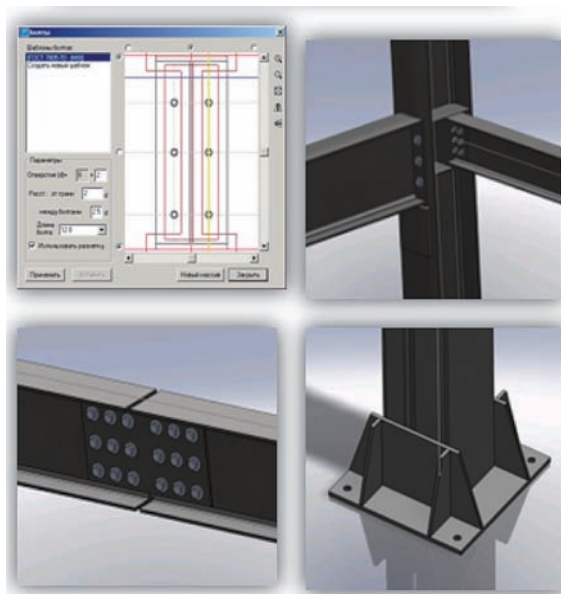
3 pav. Trimačio grafinio informacinio modelio sukūrimas

Fig. 3. Creation of 3D Building Information Model

Tokiose sistemose įdiegtos pasaulinės plieno profiliučių, standartinių detalių ir jungimo elementų bei jų medžiagų bibliotekos bei palikta galimybė vartotojams kurti ir išsaugoti bet kokius parametrinio skerspjūvio, lenktus arba laisvos formos elementus. Veikia galingos ir lanksčios elementų masyvų generavimo, sujungimų bei mazgų konstravimo priemonės, konstrukcinių elementų tarpusavio ryšių ir sujungimo taisyklių nustatymo bei prioritetų suteikimo mechanizmai. Šios priemonės leidžia tiksliai ir sklandžiai į vietas išdėstyti konstrukcinius elementus ir su jais dirbti: prišti, išlyginti, sujungti, apkapoti, kopijuoti, įterpti ar eksportuoti.

Taip pat šiuolaikinės automatizuoto projektavimo sistemos turi standartinių mazgų prototipų bibliotekas, kurias vartotojas gali lengvai papildyti naujais savo sukurtais sprendimais (4 pav.).

Visi konstrukciniai elementai sujungti su duomenų bazėmis asociatyviaisiais ryšiais, todėl jų skerspjūvio parametrai ir medžiagos yra neatsiejami modelio atributai. Modelio sukūrimo istorija nuosekliai įrašoma į projekto medį, kuriame saugoma visa informacija apie modelio konstrukcijas, jų elementus ir detales, ryšius bei atributus. Ši informacija lengvai pasiekama ir gali būti papildoma arba keičiama tiesiog iš modelio medžio.



4 pav. Sujungimo mazgų modeliavimas

Fig. 4. Connection modeling

Projekto brėžiniai – montažinės schemas, planai, fasadai, pjūviai ir kiti standartiniai ar vartotojo sukurti 2D vaizdai – generuojami tiesiog iš bendrojo pastato trimatžio modelio. Visi konstrukciniai elementai turi ryšį su duomenų bazėmis, todėl konstrukcijų žymėjimas montažinėse schemose bei brėžiniuose yra visiškai automatizuotas. 2D vaizdai su modeliu siejami asociatyviais ryšiais, todėl gali būti redaguojami tiesiog 3D modelyje. Vartotojas gali pasirinkti standartinių žymėjimų stilių arba pritaikyti savo. Taip užtikrinamas absoliutus projekto ir spausdinamos informacijos suderinimas, išvengiama klaidų ir neatitikimų.

Bendros ir suvestinės medžiagų poreikio lentelės, ataskaitos ir specifikacijos generuojamos tiesiogiai iš bendrojo pastato modelio. Specifikuojamų komponentų kiekis gali būti skaičiuojamas atsižvelgiant į geometrinius parametrus: ilgį, paviršiaus plotą, tūrį, arba pagal nustatytas taisykles. Specifikacijų lentelės generuojamos tiesiog į brėžinį arba perduodamos toliau apdoroti į trečiąsias programas. Kadangi ataskaitos ir specifikacijų lentelės susietos su modeliu, bet kokie modelio pakeitimai automatiškai atsispindi atnaujintose ataskaitose.

Esminis bendru grafiniu informaciniu modeliu pagrįstos projektavimo koncepcijos bruožas – parametriškumas, kuris pasireiškia automatinis elementų tarpusavio ryšių ir sujungimo taisyklių išsaugojimu.

Taikant šiuolaikinės automatizuoto projektavimo sistemos vieni konstrukciniai elementai gali būti sukurti kaip baziniai, pavyzdžiui, pastato ašių sistema, darbo plokštumos, mazgų ir elementų masyvai. Kiti

konstruojami jau esančių elementų kontekste ir yra susieti su pastaraisiais ryšių parametrais. Šitaip bet koks pakeitimas modelyje ar jo dalyje gali sukelti suderintą konstrukcinių elementų ir sujungimų persitvarkymą, vadovaujantis nustatytais parametrais. Tai leidžia greitai ir efektyviai atlikti modelio pakeitimus bet kurioje projektavimo stadijoje.

5. Statybinių konstrukcijų skaičiavimas ir analizė

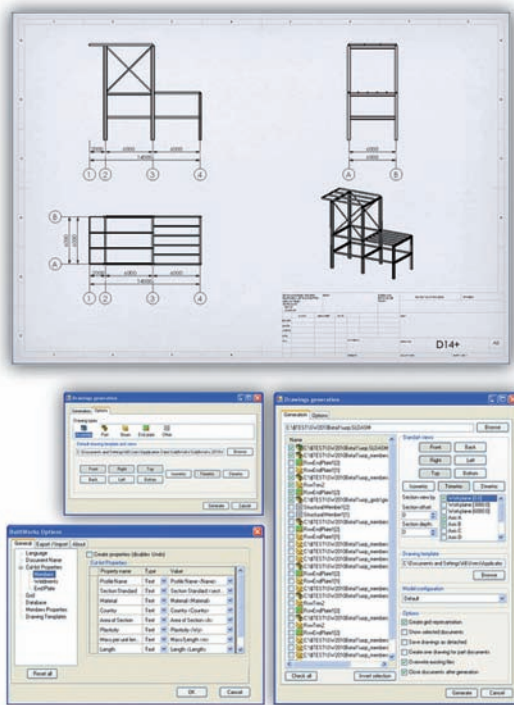
Šiuolaikinė automatizuoto projektavimo sistema turi būti integrali, kad taikant įvairiausias būdus būtų galima pasikeisti duomenimis su kitomis projektavimo sistemomis ir konstrukcijų skaičiavimo bei analizės sistemomis.

Integracija tarp virtualaus modelio kūrimo grafinės platformos ir analizės bei skaičiavimo programų gali būti pilna, kai skaičiavimo branduolys „įsiūtas“ į grafinę aplinką. Skaičiuojamasis modelis kuriamas ir aprašomas grafinėje programoje, skaičiavimai ir gautų rezultatų analizė atliekama neišeinant iš jos. Tiesioginę integraciją tarp grafinės aplinkos ir skaičiavimo bei analizės programų, kai kuriant skaičiavimo modelį formuojamas išeities duomenų failas šių projektavimo sistemų formatu. Nuskaitoma modelio geometrija, elementų skerspjuvių charakteristikos, jungčių ekscentricitetai, su visais realiai konstrukcijai būdingais medžiagų fizikiniais parametrais: tankiu, stipriu, tamprumo moduliu bei kitomis konstantomis. Iš vieno modelio gali būti sukurtos kelios skaičiuojamosios schemas arba jų variantai. Grafinėje aplinkoje galima nurodyti atramų tipus ir konstrukcinių elementų jungimo būdus mazguose, suteikti apkrovas, sukurti apkrovų variantus ir jų derinius, aprašyti projektavimo parametrus. Skaičiavimo sistema paleidžiama tiesiog iš grafinės aplinkos. Atlikus modelio elgsenos analizę, skaičiavimo ir projektavimo metu gauti rezultatai automatiškai nuskaityti ir priskiriami modelio konstrukciniams elementams, kurie atsinaujina pagal modelio parametrinius ryšius ir taisykles.

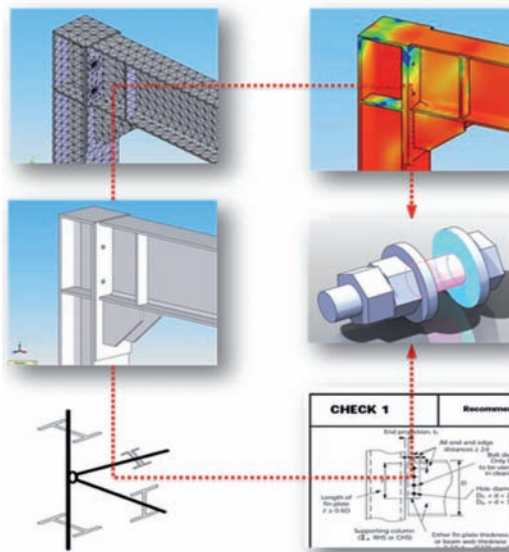
Taip pat galima integracija per modelio duomenų eksporto ir importo formatus. Skaičiuojamasis modelis gali būti sukurtas grafinėje aplinkoje, perkeltas į skaičiavimo ir analizės programą tiesioginių standartinių grafinių DXF/DWG, DGN, RVT, IGES, STEP, Parasolid arba specialių duomenų perdavimo, SDNF, CIS/2, DSTV, IFC formatų pavidalu.

Taikant šiuolaikines automatizuoto projektavimo sistemas su integracijos tarp grafinės platformos ir skaičiavimo sistemos galimybėmis, statybinių konstrukcijų skaičiuojamojo modelio sukūrimas gali būti dvejopas (5, 6 pav.):

- statybos objekto virtualus grafinis ir informacinis modelis perdavimo į skaičiavimo sistemą metu konvertuojamas į strypinį skaičiuojamąjį modelį;
- statybos objekto virtualus grafinis ir informacinis modelis į skaičiavimo sistemą perduodamas kaip fizinis modelis, išsaugant geometrisnes bei fizines konstrukcijos charakteristikas.



5 pav. Brėžiniai ir specifikacijos
Fig. 5. Drawings and reports



6 pav. Skačiuojamojo modelio sukūrimo ypatumai
Fig. 6. Features of of analysis model creation

Nagrinėjant strypinį skaičiuojamąjį modelį, atliekamas skaičiavimas, nustatomos įrašos ir įtempiai, konstrukciniai elementai projektuojami ir tikrinami. Tačiau toks analizės būdas nesuteikia supratimo apie konstrukcijos ir jos atskirų elementų ar jungčių elgseną.

Išsamiai ištirti visos konstrukcijos, jos atskirų elementų ir jungčių įtempių ir deformacijų būvį leidžia analizė taikant fizinį konstrukcijos modelį, kuris skaičiavimo sistemoje diskretizuojamas plokščiaisiais arba tūriniais baigtiniais elementais.

6. Išvados

Šiuolaikinė automatizuoto projektavimo sistema turi atitikti statybos pramonės poreikius turėti galingas, lanksčias ir universalias priemones su besiuole integracija tarp modeliavimo ir analizės sistemų, su patogesnės virtualios projektavimo terpės galimybėmis, kurios prisitaikantys algoritmai būtų intuityvūs, lengvai suvokiami ir įsisavinami bei natūraliai imituotų projektavimo eigos metodus, padedant optimaliais būdais pasiekti greitą ir kokybišką rezultatą. Tai turėtų būti efektyvi didelio našumo programinė įranga virtualiam konstrukcijų projektavimui realiuoju laiku, kurioje suderintos konstrukcijų tūrinio objektyvio parametrinio modeliavimo, integruoto skaičiavimo ir analizės, detalizavimo, projekto dokumentų automatizuoto parengimo efektyvios technologijos.

Pagrindinis iš kompiuterizavimo tikslų – garantuoti, kad informacija cirkuliuos tarp visų projektavimo dalyvių, būtų pritaikyta ne tik individualiam darbui su asmeniniais kompiuteriais, bet ir komandiniam darbui kompiuterių tinkluose. Šitaip sudaromos sąlygos konstruktorių grupės, projektavimo biuro nariams, visiems projekto vykdymo dalyviams realiai bendradarbiauti modeliuojant, skaičiuojant, rengiant bendruosius arba detaliuosius konstrukcijų brėžinius, specifikacijas ir sąmatas, kitus statybos proceso lydimuosius dokumentus, vykdant gamybos paruošimą ir (arba) statybos proceso organizavimą ir valdymą.

Šiuolaikinė automatizuoto projektavimo sistema turi būti funkcionali, maksimaliai atitikti specifinės srities reikalavimus bei poreikius ir kartu universali, integrali, kad standartinių bylų formatais būtų galima pasikeisti duomenimis su kitomis projektavimo sistemomis, o svarbiausia – turi gebėti perduoti duomenis iš grafinių bei modeliavimo sistemų į skaičiavimo ir projektavimo sistemas, stabili, ilgaamžė ir patikima, atvira plėtrai pagal vartotojo poreikius, naujų funkcijų programavimui, lanksčiai suderinama pagal tarptautinius, valstybinius, žinybinius, įmonės ir kitus standartus, nuolat tobulinama.

Ateityje matoma vis didėjanti BIM sistemų evoliucija iš tradicinės inžinerinės CAD/CAM/CAE sistemos, susietos su skaitmeninio modeliavimo technologijų taikymu produkto kūrimo etape, į gamybos technologijos, statybos procesų organizavimo ir valdymo sferą. Vis daugiau pasireiškia BIM sistemų taikymo tendencijos hibridinėje su įmonės valdymo, verslo organizavimo, išteklių planavimo sferose. Daugėja vartotojų, įsisavinančių šias sistemas ir siekiančių didinti verslo procesų dinamiką, gilinti gaminamos produkcijos ir jos technologijų inovacijų lygį, kelti veiklos efektyvumą, didinti darbo našumą.

Literatūra

- Bauke de Vries; Jeroen, M. J. Harink. 2003. Generation of a construction planning from a 3D CAD model, *Automation in Construction* 16(1): 13–18. doi:10.1016/j.autcon.2005.10.010
- Donath, D.; Loemker, T.; Richter, K. 2007. Plausibility in the planning process – reason and confidence in the computer – aided design and planning of buildings, *Automation in Construction* 13(2): 159–166. doi:10.1016/j.autcon.2003.09.007
- Eastman, C.; Teicholz, P.; Sacks, R.; Listo, K. 2008. *BIM Handbook*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc. 490 p. doi:10.1002/9780470261309
- Ford, S.; Aouad, G.; Brandon, P.; Brown, F.; Child, T.; Cooper, G.; Kirkham, J.; Oxman, R.; Young, B. 1994. The object oriented modelling of building design concepts, *Building and Environment* 29(4): 411–419. doi:10.1016/0360-1323(94)90001-9
- Gabbar, H. A.; Aoyama, A.; Naka, Y. 2004. Model-based computer-aided design environment for operating design, *Computers & Industrial Engineering* 3(46): 413–430. doi:10.1016/j.cie.2004.01.004
- Hardin, B. 2009. *BIM and Construction Management: Proven Tools, Methods and Workflows*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc. 360 p.
- Hoekstra, J. 2003. Big Buzz for BIM, *Architecture* 92(7): 79–82.
- Howard, R.; Bjork, B. 2008. Building information modelling – Expert's views on standardization and industry deployment, *Advanced Engineering Informatics* 22(2): 271–280. doi:10.1016/j.aei.2007.03.001
- Jernigan, F. 2007. *BIG BIM Little Bim*. 4Site Press. 295 p.
- Kymmel, W. 2008. *Building Information Modelling*. New York: McGraw-Hill. 250 p.
- Maute, K.; Rauli, M. 2004. An interactive method for the selection of design criteria and the formulation of optimization problems in computer aided optimal design, *Computer & Structures* 82(1): 71–79. doi:10.1016/j.compstruc.2003.08.002
- Migilinskas, D.; Ustinovichius, L. 2006. Computer – aided modelling, evaluation and management of construction project according PLM concept, *Lecture Notes in Computer Science. LNCS 4101*: 242–250.
- Popov, V.; Grigorjeva, T. 2007. Statybinių konstrukcijų projektavimas taikant integruotas kompiuterinio projektavimo sistemas [Integrated Design Systems in Building Construction], iš *Pažangioji statyba [Advanced Construction]: konferencijos, įvykusios Vilniuje 2007 m. lapkričio 15–16 d., pranešimų medžiaga*. Kaunas: Technologija, 30–39.

- Popov, V.; Mikalauskas, S.; Migilinskas, D.; Vainiūnas, P. 2006. Complex usage of 4D information modelling concept for building design, estimation, scheduling and determination of effective variant, *Technological and Economic Development of Economy* 2: 91–98.
- Popovas, V.; Ustinovičius, L.; Mikalauskas, S. 2004. Technique for computer aided evaluation of economic indicators of a construction project, in *The 8th International Conference "Modern Building Materials, Structures and Techniques"*: Selected papers, vol. 1: May 19–21, 2004, Vilnius, Lithuania. Vilnius: Technika, 242–248.
- Popovas, V.; Jarmolajevs, A.; Grigorjeva, T. 2003. Šiuolaikinė automatizuoto projektavimo sistemos [Automated design systems today], *Nauja statyba* [New construction magazine] 6–7: 26–29, 40–41.
- Sacks, R.; Eastmanand, C.; Lee, G. 2004. Parametric 3D modeling in building construction with examples from precast concrete, *Automation Construction* 13(13): 291–312. doi:10.1016/S0926-5805(03)00043-8
- Ustinovičius, L.; Popov, V.; Migilinskas, D. 2005. Automated management, modeling and choosing of economically effective variant in construction, *Transport and Telecommunication* 6(1): 183–189.

INTEGRATED COMPUTER – AIDED DESIGN OF BUILDING STRUCTURES

V. Popov, T. Grigorjeva

Abstract. With the growth of information technologies in the field of computer-aided design, the concept of CAD acquires new meaning and changes the contents. More and more a new definitions, i.e. Building Information Modeling - BIM, Fabrication Information Modeling - FIM, Integrated Structural Modeling - ISM, Building Lifecycle Management - PLM and others are encountered, the concept of which may be described as way to develop the strategy of building project design, construction, and maintenance management based on the computer aided modeling and simulation technologies. Examine BIM application in building design process it can be assumed that of object modeling and simulation technique comprises a full range of actions starting from the development of virtual model of the project under consideration, describing all physical parameters characteristic of a real structure, defining the conditions of its position. Then analysis of model behavior under real maintenance conditions is performed: effects of different character are described and the results obtained are analyzed. The results received by next step are presented in common technical documentation form: general arrangement and erection drawings are generated, final detailing of connections and structural elements in the form of shop drawing or NC code is performed, bill of materials, cut lists, various reports, specifications and estimates are composed. During the last five years there is strong request from the market for the state-of-the-art computer-aided design applications developed to meet the needs and requirements of the Architectural, Engineering, and Construction as well as Plant, Process, and Power industries, for high performance, flexible and versatile tools with extended graphics integration to simulation and analysis systems within a user-friendly design environment that allows the close emulation of natural design phases and workflow to which structural are accustomed. This could become possible due to the innovative development of „new generation“ structural software application capable to maintain an intelligent and true 3D real-world simulated structure containing all the information required for the general and detailed design, fabrication and construction of engineering structures, enabling designers to operate intuitively in the adaptive high-performance real-time visual modeling environment while simultaneously achieving high-quality results by applying powerful simulation, analysis and optimization methods which would guarantee a rational and effective choice of the constructive decision. It has to be flexible to enable external best of breed vertical market products to be linked to the application and hence creating an open design environment; this enables members of a workgroup to collaborate effectively, performing the multiple tasks associated with construction design.

Keywords: building structures, computer aided – design systems, building information modeling, structural analysis.

Vladimir POPOV. PhD, Assoc. Prof. at the Dept of Reinforced Concrete and Masonry structures. Author of over then 80 publications. Author of 5 patented inventions. Research interests: theory of reinforced concrete, computer analysis and design methods and techniques for structural design.

Tatjana GRIGORJEVA. PhD, Assoc. Prof. at the Dept of Architectural Engineering. Author and co-author of 15 scientific publications. Research interests: long – span bridges, dynamics of bridges, computer – aided design of structures.