



BIM METODOLOGIJOS TAIKYMO FASADO MŪRO KONSTRUKCIJOMS ANALIZĖ

Viačeslav ZIGMUND¹, Darius MIGILINSKAS²

Vilniaus Gedimino technikos universitetas

El. paštas: ¹viaceslav.zigmund@gmail.com; ²darius.migilinskas@vgtu.lt

Santrauka. Apdailos mūro projektavimas taikant BIM metodologiją yra viena iš efektyvių priemonių dėl projektavimo sudėtingumo. BIM naudojimas projektuojant apdailos mūrą ir konstrukcijas suteikia daug privalumų architektams, konstruktoriams, gamybininkams ir mūro darbų rangovams. Tačiau kiekvienas iš šių dalyvių įsivaizduoja apdailos mūro konstrukcijų modelį skirtingai ir taiko skirtingiems tikslams pasiekti. Šiame straipsnyje išsamiai nagrinėjami apdailos mūro projekto etapai taikant informacinį modelį BIM, analizuojami projektavimo, gamybos ir statybos įgyvendinimo etapų procesai, klaidos, taip pat pateikiami efektyvūs sprendimo būdai.

Reikšminiai žodžiai: BIM mūro konstrukcijoms, apdailos mūro konstrukcijos, analizė.

Įvadas

Viena iš svarbiausių pastatų dalių yra fasadas, nes jos formuoja ne tik pastato tūrį, saugo nuo aplinkos poveikio. Anksčiau fasado mūras, buvęs tik laikančiąja statinio konstrukcija, per daugelį šimtmečių pradėtas naudoti ir kaip architektūrinių idėjų išraiška. Apdailos mūras statiniui suteikia jo išskirtinę formą, nepriekaištingą išvaizdą, natūralų ir tuo pat metu solidų įvaizdį, yra ilgalaikio patikimumo investicija.

Visai neseniai apdailos mūro konstrukcijoms optimizuoti pradėta taikyti statinio informacinio modeliavimo koncepcija (angl. *Building Information Modeling*, BIM) (Cuneio 2013). BIM – pastato skaitmeninio projektavimo procesas, kurio metu viename modelyje (ar vienoje erdvėje) kuriama ir valdoma visa statinio informacija visais jo gyvavimo etapais (Eastman 2006a; Popov *et al.* 2006) nuo pirminės projekto koncepcijos iki pastato rekonstrukcijos arba nugriovimo. *McGraw Hill Construction* duomenimis, nuo 2007 iki 2012 metų BIM naudojimo mastas JAV šoktelėjo nuo 28 % iki 71 % (McGraw Hill Construction 2014). Tačiau mūro pramonė neatspindi šios tendencijos, nes modeliavimo algoritmas yra toks, kad sumodeliuoti labai mažą objektą yra lengva, jis atvaizduoja nedidelį parametrinį objektą, nepriklausomai nuo sudėtingumo. Mūro projektavimo darbai gali prarasti naudą BIM aplinkoje dėl apdailos mūro modelio didelio duomenų kiekio (Lee 2015).

Dėl apdailos mūro formų, tipų ir konstrukcijų labai sunku sukurti apdailos mūro modelį naudojant naujoviškas BIM platformas. Naudojant apdailos mūrą statiniui įmanoma suteikti įvairias sunkias formas, dėl to sunku sukurti mūro modelį naudojant naujoviškas BIM platformas.

Šiuolaikinė architektūrinė praktika apima platų skaitmeninių priemonių spektrą, kuris suteikia statiniui originalią išvaizdą (Gentry 2013; Talapov 2015). BIM priemonėmis modeliuojami ir parametrizuojami architektūriniai apdailos mūro elementai, tokie kaip sąramos, kolonos, karnizai ir t. t. Visų projekto dalyvių BIM naudojimas leidžia bendradarbiauti kuriant pirminį koncepcinį apdailos mūro fasadą iki jo įgyvendinimo. Lietuvoje BIM technologijos sparčiai populiarėja, vis dažniau nagrinėjamos, bet dar masiškai nenaudojamos. Tačiau kuriami projektai pagal BIM metodologiją ir perėjimas prie BIM technologijų ateityje bus neišvengiamas ne tik statyboje, bet ir visoje pramonėje (Popov *et al.* 2008). BIM naudojimas projektuojant apdailos mūrą ir konstrukcijas suteikia daug privalumų architektams, konstruktoriams, gamybininkams ir mūro darbų rangovams. Tačiau kiekvienas iš šių dalyvių įsivaizduoja apdailos mūro konstrukcijų modelį skirtingai. Labai svarbu 3D mūro modelyje numatyti būsimus darbus mūro rangos suinteresuotoms šalims (Gentry *et al.* 2014), t. y. turėti galimybę žinoti ir pasiruošti būsimiems mūro darbams. BIM sistemose, paremtose IFC (angl. *Industry Foundation Class*, IFC) standartais ir kitais grafiniais formatais, tam tikras

būsimo statinio vaizdas ir informacija dažnai pasiekiami apibrėžiant modelio vaizdą (Eastman 2006b).

Šiame straipsnyje analizuojami veiksmai ir procesai, kurie padidins apdailos mūro fasadų projektavimo, laikančiųjų gembinių pakabų gamybos ir statybos efektyvumą projekto įgyvendinimo etapuose.

Tyrimo objektas ir problematika

Apdailos mūro BIM informaciniame modelyje atvaizduojami trys iš penkių pagrindinių statinio gyvavimo ciklo etapų, tačiau straipsnyje nagrinėjamas įgyvendinimo etapų blokas tarp projektavimo, gamybos ir statybos (1 pav.). Apdailos mūro konstrukcijų problematika yra susijusi su techniniais, technologiniais ir organizaciniais klausimais (Lee 2015). Taip pat yra labai silpnas ryšys tarp projektų dalyvių, statybos metu projektas koreguojamas ir galutinė darbo projekto kokybė neatitinka lūkesčių. Problemų atsiranda dėl fizinių, psichinių veiksnių ir laiko trūkumo (Mitropoulos, Memarian 2013).

Projektui įgyvendinti reikia didelių techninių ir profesionalių visų projekto dalyvių pastangų, įskaitant architektus, konstruktorius, rangovus ir subrangovus. Visos klaidos

turi didelį neigiamą poveikį patirtoms išlaidoms, projekto trukmei, darbo saugai, projekto įgyvendinimo ir valdymo kokybei (Mitropoulos, Memarian 2013).

Kita didžiausių problemų, kylančių įgyvendinant statybos projektą, yra nuolatinis informacijos trūkumas, kuris gali pasireikšti projekto pakeitimų nesuderinamumais, neefektyviu darbu ir vilkinimu, statybos vėlavimais, investicijų neatsiperkamumu, sutartinėmis nuobaudomis. Siekiant išvengti šių problemų ir jų padarinių, būtina suderinti ir palaikyti nuolatinius informacijos mainus tarp dalyvių, įgyvendinančių statybos projektą, nes projekto įgyvendinimo pradžioje ir laiku priimti projektiniai sprendimai yra ekonomiškai ir efektyvesni (Migilinskas 2012; Pavlovskis *et al.* 2016).

Tyrimo metodologija

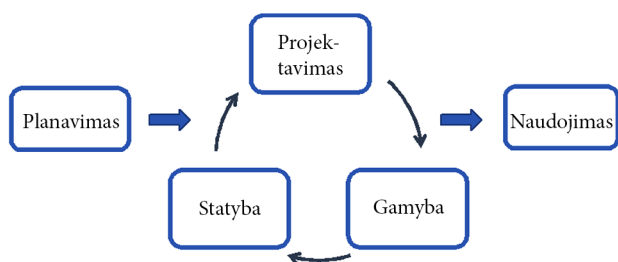
Tyrimo metu projektuojamos apdailos mūro fasado konstrukcijos (*Autodesk* kompanijos *Autocad LT 2013* ir *Tekla Structures* programomis) sujungiamos su IFC konstrukciniais modeliais, analizuojamas apdailos mūro pakabinimo konstrukcijų tinkamumas statinio konstrukcijoms, moduluojama pakabinimo sistema ir atliekama kolizijų paieška *Tekla Structures* programine įranga.

Duomenų mainai tarp dviejų programų gali būti atliekami keliais būdais, naudojant mainams savuosius formatus arba viešuosius duomenų mainų formatus. Šiuo atveju tarp projekto dalyvių naudojamas IFC duomenų mainų formatas (Eastman 2006b). Tačiau IFC standarto duomenų mainų kokybė nėra visiškai iširta. IFC modelio duomenų kokybę garantuoja tos pačios programos naudojimas, modelio kokybė priklauso nuo to, kokia programa jis buvo sukurtas ir kokia programa jis buvo atidarytas (Migilinskas 2012).

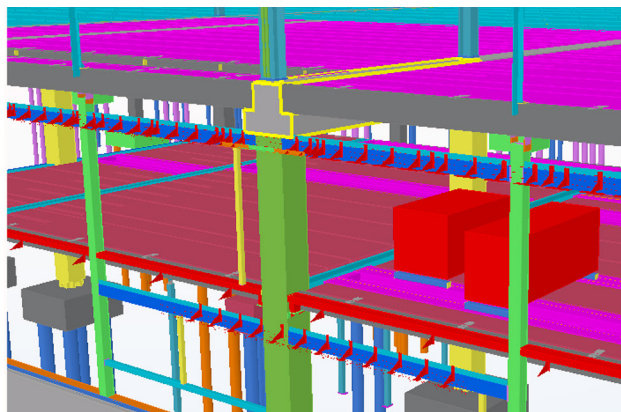
Kai tyrimo objektų statinio konstrukcijos yra sumodeliuotos ir patikrintos, konstruktorius generuoja .dwg formatu brėžinius iš 3D modelio apdailos mūro pakabinimo sistemai suprojektuoti. Suprojektuota apdailos mūro pakabinimo sistema .dwg formatu importuojama į IFC 3D konstrukcijų modelį ir, atlikus kolizijų paiešką bei patikrinus modelius, užtikrinamas bendras dalykinis modelio integravimas (2 pav.).

Tyrimo rezultatai ir pasiūlymai, sprendimo būdai

Lietuvoje konstruktoriai projektuoja statinio konstrukcijas naudodami analitinę programinę įrangą, kuri užtikrina klaidų mažinimą, efektyvesnį darbą. 3D modelį galima naudoti rengiant kitas projekto disciplinas. Naudojant BIM programinius paketus konstrukcijų analitiniam skaičiavimams, santykiškai mažinamas klaidų skaičius. Tiriamų objektų architektūrinės dalys projektuotos *Autocad* programine



1 pav. Informacijos valdymo etapai
Fig. 1. Stages of information management



2 pav. Apdailos mūro sistemos projektavimas 3D aplinkoje
Fig. 2. Design of masonry veneer facade system in 3D environment

įranga. 2D architektūros projektavimas nesuteikia tiek daug naudos kaip 3D projektavimas, kuriuo mažinamos klaidos ir suteikiama vizualinė nauda užsakovui. 2D aplinkoje apdailos mūro fasade nėra modeliuojamos mūras, siūlių storiai. Apdailos mūro darbo projektai buvo rengiami *Autodesk AutoCad 2013* programinė įranga .dwg formatu ir importuojami į 3D BIM konstrukcinį modelį. Sumodeliavus pakabinimo sistemą 3D modeliu ir ją patikrinus, buvo rasta projektavimo klaidų ir neatitikčių. Pašalinus projektavimo klaidas, išvengta klaidų statyboje, tad galima teigti, kad 2D projektavimas nėra efektyvus, palyginti su 3D projektavimu.

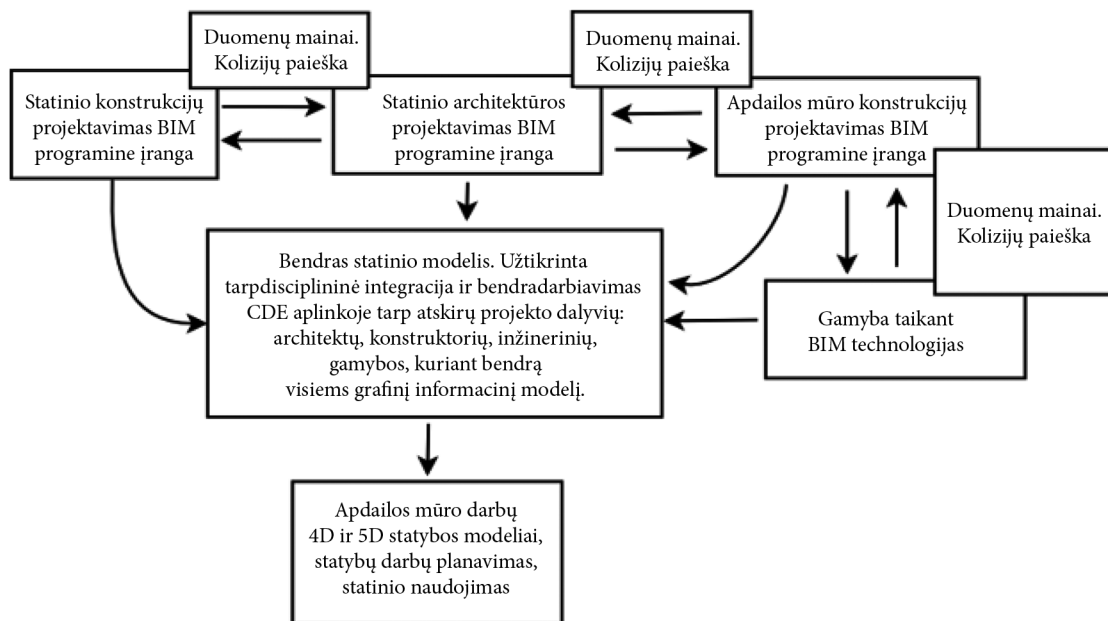
Išnagrinėjus trijų tyrimo objektų klaidas ir kolizijas suformuojami tokie pastebėjimai. Racionaliausia, kad apdailos mūro pakabinimo sistemos modelį rengtų sistemos gamintojai. Tokio mūro modelio detalumo lygis turi atitikti LOD200, kad maksimaliai sumažintų apdailos mūro pakabinimo sistemos konstrukcines klaidas. Naudojama visa įmonėje sukaupta informacija, kuriant modelį ir pagerinant projekto kokybę. BIM tikslas – parodyti mūro modelį, kuris bus prieinamas projekto dalyviams, prieš statinio statybas (angl. *Build before you build it*) (Kinatader *et al.* 2015). Toks modelis patobulintų grandinę tarp pagrindinių statinio konstrukcijų ir apdailos mūro pakabinimo sistemos. Tam, kad būtų galima plačiai pradėti taikyti BIM metodologiją mūro pramonėje, reikia projektavimo modelį nuo pat kūrimo pradžios padalyti pagal disciplinas (angl. *Integrated Project Delivery*). BIM metodologijos apdailos mūro

konstrukcijoje tikslas – parodyti modelį, kuris prieinamas visiems projekto dalyviams prieš statinio statybas. BIM metodologijos apdailos mūro konstrukcijoje rezultatai:

- tikslus medžiagų kiekių generavimas;
- patikimi pirkimai;
- greitesnė ir tikslesnė gamyba;
- virtualūs statinio vizualizavimo modeliai;
- detalūs armavimo planai;
- apdailos plytų mūro planai;
- pastolių išdėstymas;
- apdailos mūro darbų planavimas.

Apdailos mūro modelis leistų rangovams išanalizuoti esamą situaciją, sukurti naujus sprendimus ir rasti kolizijas dar prieš statybas. Modelis leistų patobulinti tiekimo grandinę, valdymą, statybų planavimą, kartu visa tai pagerintų statybų kokybę.

Norėdamos maksimaliai išnaudoti BIM technologiją, statybos įmonės turi bendradarbiauti su savo verslo partneriais (3 pav.), nes BIM sumažina riziką, suteikia geresnę ir tikslesnę informaciją visame kūrimo procese, užtikrina mažesnes užsakovo išlaidas (Pavlovskis *et al.* 2016). Visa tai lemia bendro grafinio modelio kūrimas (angl. *Integrated Project Delivery*, IPD), todėl BIM yra pagrindinė intensyvaus bendradarbiavimo priemonė. Bendradarbiaudami užsakovas, architektas, konstruktorius ir rangovai neturi prieštarinių interesų, susijusių su projektavimo procesu, nes jie turi galimybę išsakyti savo problemas (Haines 2011). Kad tarpdalykinė integracija tarp atskirų projekto dalyvių



3 pav. Bendras grafinis modelis apdailos mūro konstrukcijų informacijai valdyti

Fig. 3. General graphic view of information management model for masonry veneer constructions

vyktų sklandžiai, reikia tinkamai aprašyti standartus, nuostatumus ir funkcijas, užtikrinti, kad skaitmeniniai BIM failai teisingai sudarytų veiksmingą keitimąsi duomenimis, bendradarbiaujant tiek komandos viduje, tiek išorinėje BIM aplinkoje.

Palyginus įprastiniu būdu suprojektuotą apdailos mūro fasadą su fasadu, kuris įgyvendintas pagal BIM metodologiją, 1 lentelėje pateikiama bendra trijų objektų klaidų suvestinė. Iš lentelių matyti, kad daugiausia padaryta projektavimo klaidų – 47,9 %, architektūrinių klaidų – 29,2 %, konstrukcinių klaidų – 12,5 %, technologinių – 10,4 %. Lentelėje nurodomi ir problemų sprendimų būdai (SB 1 – SB 4).

1 lentelė. Tyrimo objektų kolizijų suvestinė
Table 1. Summary of collision analysis

Eil. Nr.	Problema	Pasikartojimo skaičius objektuose	Procentinė išraiška	Sprendimo būdas
1	Technologinės klaidos	5	10,4 %	SB 1
2	Konstrukcinės klaidos	6	12,5 %	SB 2
3	Projektavimo klaidos	23	47,9 %	SB 3
4	Architektūrinės klaidos	14	29,2 %	SB 4

Kad būtų galima sumažinti technologines klaidas, siūloma taikyti BIM technologiją ir siūlomi šie sprendimo būdai (SB1):

- statybininkų, projektuotojų mokymai dirbti su BIM, pakabinimo sistemos montavimo technologijos vizualizacijų pristatymas;
- mūro detalių, pakabinimo sistemos mazgų detaliavimas LOD350 (angl. *Level Of Detail*);
- pakabinimo sistemos darbo projekto rengimas LOD200 lygiu (angl. *Level Of Detail*).

Virtualus bendras integruotas modelis leistų konstruktoriams numatyti sprendimus ir išvengti kolizijų dar prieš statybas. Konstrukcinėms klaidoms sumažinti siūlomi šie sprendimo būdai (SB2):

- taikant BIM metodologiją apdailos mūro pramonėje projektavimo modelį reikia padalyti pagal disciplinas IPD (angl. *Integrated Project Delivery*);
- kiekvienos disciplinos atsakomybės numatytos BEP (angl. *BIM Execution Plan*);
- kiekvienam disciplinos modeliui numatomas LOD (angl. *Level Of Detail*) lygis.

Sumažinti projektavimo klaidoms siūlomi tokie sprendimo būdai (SB3):

- pakabinimo sistemos BIM/CAD standarto sukūrimas;

- gembinių pakabų ir pakabinimo sistemos elementų parametrinių objektų bibliotekos sukūrimas su atributinės informacijos priskyrimu pagal BIM metodologiją;
- užtikrinti kokybiškam ir greitam informacijos pateikimui bei apdorojimui reikalingą bendrąją duomenų aplinką pagal BS 1192:2007 standartą, leidžiantį bendradarbiauti su projekto dalyviais rengiant apdailos mūro projektus;
- kiekvienai projekto daliai duomenų mainams naudoti referencinius failus;
- siekti integruoto projekto rengimo bendradarbiaujant tarp visų disciplinų;
- kiekvienos disciplinos atsakomybė numatoma BEP dalyje;
- kiekviena projekto disciplina kuria savo BIM modelį. Architektūrinėms klaidoms sumažinti siūlomi šie sprendimo būdai (SB4):
- pakabinimo sistemos parametrinių objektų naudojimas modelyje;
- kokybiško pakabinimo sistemos architektūrinės dalies modelio užtikrinimas darbo projektui rengti.

Išvados

Apibendrinant straipsnyje išnagrinėtą medžiagą ir atlikto tyrimo rezultatus, galima daryti tokias išvadas:

- Norint sumažinti projektavimo klaidų skaičių ir pagerinti mūro konstrukcijų projekto kokybę, tikslinga taikyti bendrą duomenų aplinką, grindžiamą BIM metodologija, tarp projektavimo, gamybos ir statybos atstovų.
- Kai mūro konstrukcijos projektą rengia sistemos gamintojai, jis turi būti ne mažiau kaip LOD200 detalumo lygio.
- Taikant BIM technologijas dar prieš pradėdant statybos darbus būtų išvengta klaidų ir visiems projekto dalyviams būtų prieinama informacija apie mūro konstrukcijų modelį.
- Siūloma naudoti gembinių pakabų gamybą iš modelio, pritaikius įvardijamą pagal pasirinktus standartus, siekiant sumažinti gamybos klaidas ir norint užtikrinti informacijos prieinamumą bei spartesnę jos apdorojimą.

Literatūra

BS 1192:2007+A2:2016. *Collaborative production of architectural, engineering and construction information. Code of practice*. British Standard, BSi, 2016.

- Cuneio, T. 2013. BIM comes to Masonry, *Educational advertisement* 188: 188–191.
- Eastman, C. 2006a. *Report on integrated practice*. American Institute of Architects.
- Eastman, C. 2006b. New opportunities for IT research in construction, in *SMITH, I.F.C. EG-ICE 2006/ LNAI 4200*. Berlin: Springer, 163–174. https://doi.org/10.1007/11888598_18
- Gentry, T. R. 2013. Digital tools for masonry design and construction, in *Proceedings of ARCC 2013 Research Conference*, 27–30 March, University of North Carolina at Charlotte, Charlotte, North Carolina, USA [interaktyvus], [žiūrėta 2016 m. gruodžio 16 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.bimformasonry.org/pdf/digital-tools-for-masonry-design-and-construction.pdf>
- Gentry, T. R.; Cavieres, A.; Biggs, D. 2014. Building Information modeling for Masonry: defining and modeling Masonry Walls, in *9th International Masonry Conference 2014*, Guimarães, UMINHO, Portugal [interaktyvus], [žiūrėta 2016 m. gruodžio 16 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.bimformasonry.org/pdf/building-information-modeling-for-masonry-defining-and-modeling-masonry-walls.pdf>
- Haines, D. 2011. The arrival of integrated project delivery, *Best practises, Masonry magazine* November 22 [interaktyvus], [žiūrėta 2016 m. gruodžio 16 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.masoncontractors.org/2011/11/22/the-arrival-of-integrated-project-delivery/>
- Kinateder, F.; Siverson, A.; Kinateder, M.; Kahn, R.; Oldham, P. 2015. *BIM-M Deliverables for masonry contractors*, 10 [interaktyvus], [žiūrėta 2016 m. spalio 10 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.bimformasonry.org/pdf/bim-m-deliverables-for-masonry-contractors-vol-ii.pdf>
- Lee, B. 2015. *Applying systems modeling and case study methodologies to develop building information modeling for masonry construction*: a thesis. Georgia Institute of Technology.
- McGraw Hill Construction. 2014. The business value of BIM for construction in major global markets: how contractors around the world are driving innovation with building information modeling, in H. M. Bernstein (Ed.). *Smartmarket report*. Bedford, MA. [interaktyvus], [žiūrėta 2016 m. spalio 10 d.]. Prieiga per internetą: <http://damassets.autodesk.net/content/dam/autodesk/www/solutions/building-information-modeling/construction/business-value-of-bim-for-construction-in-global-markets.pdf>
- Migilinskas, D. 2012. BIM technologijų taikymas virtualiam statybos projekto vystymui 5D projektavimo aplinkoje, iš *Konferencijos Skaitmeninė statyba Lietuvoje. Pradžia 2012*, 2012 balandžio 13 d., Vilnius, Lietuva. 31 p.
- Mitropoulos, P.; Memarian, B. 2013. Task demands in masonry work: sources, performance implications, and management strategies, *Journal of Construction Engineering and Management* 139(5): 581–590. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000586](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000586)
- Pavlovskis, M.; Antuchevičienė, J.; Migilinskas, D. 2016. Application of MCDM and BIM for evaluation of asset redevelopment solutions, *Studies in Informatics and Control* 25(3): 293–302. <https://doi.org/10.24846/v25i3y201603>
- Popov, V.; Mikaluskas, S.; Migilinskas, D.; Vainiūnas, P. 2006. Complex usage of 4D information modelling concept for building design, estimation, scheduling and determination of effective variant, *Ūkio technologinis ir ekonominis vystymas* 12(2): 91–98.
- Popov, V.; Migilinskas, D.; Juocevičius, V.; Mikaluskas, S. 2008. Application of building information modelling and construction process simulation ensuring virtual project development concept in 5D environment, in *the 25th International Symposium on Automation and Robotics in Construction (ISARC 2008)*: selected papers, 26–29 June, Vilnius, Lithuania. Vilnius: Technika, 616–624.
- Talapov, V. 2015. *Tekhnologiya BIM: sut' i osobennosti vnedreniya informatsionnogo modelirovaniya zdaniy*. DMK Press. 72 p. ISBN 978-5-97060-318-5.

ANALYSIS OF BIM METHODOLOGY APPLICATION FOR MASONRY FACADE CONSTRUCTIONS

V. Zigmund, D. Migilinskas

Abstract

BIM methodology is one of the most effective solutions for the design of masonry veneer construction. BIM implementation in design of veneer facade gives a lot of advantages for architects, designers and masonry contractors. Every participant imagines the model of masonry veneer facades on their own way and use it for different tasks. The three main implementation stages of masonry veneer facades have been analyzed in this article. Using BIM information model analysis of implementation processes, mistakes and solution during the design, production and construction stages.

Keywords: BIM for masonry, veneer facade, analysis.