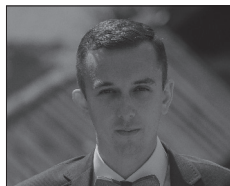


BIM W FIZYCE BUDOWLI

Możliwości i wykorzystanie w praktyce



mgr inż.
WOJCIECH KRONER
Graner+Partner Sp. z o.o.
ORCID: 0000-0002-3425-7416



mgr inż.
PAWEŁ NOSZCZYK
Politechnika Wroclawska
Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego
ORCID: 0000-0003-2810-5165



mgr inż.
TOMASZ NOSZCZYK
Uniwersytet Przyrodniczy
Wydział Przyrodniczo-Technologiczny
ORCID: 0000-0002-1235-264X

Celem niniejszej pracy jest opisanie możliwości, które daje współpraca z fizykiem budowlany w całym cyklu życia obiektu budowlanego. W pierwszej części artykułu opisano, jakie informacje są potrzebne fizykowi budowlany w jego obliczeniach przy modelu BIM. W drugiej części tekstu zwrócono uwagę na informacje, które fizyk budowlany może przypisać do poszczególnych obiektów w modelu BIM.

Fizyka budowlany jest niezwykle ważną częścią procesu projektowania, budowy i użytkowania obiektu budowlanego. W krajach zachodnich fizyk budowlany jest traktowany jako indywidualny projektant. Dzięki nowoczesnej technologii BIM (*Building Information Modeling*) [1] istnieje realna możliwość projektowania zintegrowanego (wspólnego/równoczesnego) z uwzględnieniem zagadnień fizyki budowlany [2-4]. Napotykany często problemem w praktyce inżynierskiej jest sposób poprawnego modelowania informacji dla wszystkich osób wykorzystujących technologię BIM przy równoczesnym braku wiedzy, jakie możliwości modelowania informacji przekazują poszczególne branże [5]. W pracy poruszono powyższe dwa problemy z uwzględnieniem roli fizyka budowlany w procesie modelowania informacji o obiekcie budowlany w technologii BIM. Opisano, jakie możliwości daje współpraca z fizykiem budowlany w procesie tworzenia cyfrowego modelu obiektu (BIM) i jak te informacje mogą zostać praktycznie wykorzystane podczas dalszego etapu projektowania, realizacji inwestycji oraz użytkowania obiektu budowlanego. Przedstawione w artykule praktyczne rozwiązania są wynikiem doświadczeń zdobytych podczas modelowania budynków w krajach zachodnich z wykorzystaniem oprogramowania bazującego na technologii BIM.

Standaryzacja procesu BIM odbywa się głównie poprzez zapisy zawarte w brytyjskich aktach normowych BS EN ISO 19650 [6], których kolejne części stają się normami międzynarodowymi EN ISO 16950 [7]. Dodatkowo istnieje również standaryzacja LOD (Level of Development), która wskazuje, jak dokładne informacje powinien zawierać model obiektu [8]. Aktualnie w branży budowlanej istnieją już programy bazujące na technologii BIM, które oferują wykonywanie dodatkowych analiz energetycznych [9]. Jednakże w praktyce inżynierskiej istnieje często potrzeba wykonania dodatkowych szczegółowych analiz z zakresu fizyki budowlany, z wykorzystaniem dedykowanego oprogramowania. Jednym z największych problemów, jakie zaobserwowano podczas realizacji wielu inwestycji budowlanych, jest brak świadomości, jakie korzyści może przynieść współpraca z fizykiem budowlany. Uczestnicy procesu BIM nie wiedzą, jakie informacje są wymagane przez fizyków budowlany i jakie informacje mogą oni wprowadzić do opracowywanego modelu cyfrowego obiektu. W dalszej części tekstu przybliżono oba te problemy.

Fizyk budowlany zajmuje się obliczeniami obiektu budowlanego z zakresu (od ogółu do szczegółu):

- certyfikacji energetycznej,
- energooszczędności,
- komfortu klimatu w pomieszczeniu,

- odpowiedniego oświetlenia pomieszczeń,
- komfortu akustycznego w pomieszczeniu (akustyka wewnątrz),
- izolacyjności akustycznej przegród (ochrona przed hałasem),
- przepływu ciepła w elementach budowlanych,
- przepływu wilgoci w elementach budowlanych.

Informacja dla fizyka budowlany

Do wykonania obliczeń z zakresu fizyki budowlany potrzebne są informacje zarówno o całym obiekcie, jak i poszczególnych jego elementach. Powinny zostać one wprowadzone do modelu BIM przez specjalistów poszczególnych branż lub przez samego fizyka budowlany. Informacje te można podzielić na wymagania podstawowe oraz dodatkowe i pogrupować w trzech głównych kategoriach:

- parametry środowiskowe (np. lokalizacja obiektu, warunki klimatyczne),
- parametry obiektowe (np. wymiary, sposób połączenia dwóch obiektów, schematy montażowe),
- parametry materiałowe (np. parametry cieplno-wilgotnościowe).

Szczegółowe informacje, jakie powinny zostać przypisane do modelu BIM w celu przeprowadzenia obliczeń z zakresu fizyki budowlany, zostały przedstawione poniżej (tab. 1.).

Tab. 1. Przykładowe, podstawowe i dodatkowe informacje wymagane do przeprowadzenia analiz z zakresu fizyki budowli (opracowanie własne)

1	2	3	4
Lp.	Kategoria informacji	Informacja podstawowa	Informacja dodatkowa
1	Parametry środowiskowe	a) lokalizacja b) klimat zewnętrzny c) istniejące otoczenie obiektu budowlanego	a) ponadnormowy wymagany klimat wewnętrzny b) indywidualne informacje wymagane przez konkretny system certyfikacji energetycznej
2	Parametry obiektowe	a) wymiary przestrzenne b) orientacja, nachylenie przegród c) funkcje pomieszczeń d) proponowane materiały e) rodzaje zastosowanych instalacji HVAC (Heating, Ventilation, Air Conditioning) + oświetlenia f) sposób połączenia obiektów (np. ściana lekka ze stropem lub stolarka okienna-drzwiowa z przegrodami)	a) kolor powierzchni b) projektowana liczba osób / urządzeń w pomieszczeniach c) lokalizacja i specyfikacja urządzeń HVAC + oświetlenia d) sposób montażu i przejść przez przegrody instalacji HVAC
3	Parametry materiałowe	a) współczynnik przewodzenia ciepła λ b) współczynnik oporu dyfuzyjnego μ c) masa objętościowa d) grubość warstwy e) współczynnik tłumienia akustycznego i chłonności akustycznej	a) ciepło właściwe b) porowatość c) zawartość wilgoci d) inne*

* bardzo szczegółowe dane, jak np. funkcje higrotermiczne, są często dostępne w bazach materiałowych programów dedykowanych do obliczeń fizyki budowli (np. WUFI)

Informacja do modelu BIM

Na podstawie otrzymanych informacji z modelu BIM inżynier fizyki budowli może wykonać szereg obliczeń, których wyniki mogą zostać wprowadzone do modelu BIM jako dodatkowa informacja, jaka może zostać przypisana do różnych obiektów, np. do:

- a) rodzin,
- b) grup rodzin,
- c) pomieszczeń,
- d) lokali,
- e) całego obiektu,
- f) lub nawet samego materiału (np. zalecane/wymagane przez fizyka budowli parametry fizyczne, cieplne, wilgotnościowe lub akustyczne poszczególnych materiałów).

Uwzględnienie współpracy z fizykiem budowli podczas całego cyklu życia obiektu budowlanego daje możliwość zamodelowania w modelu BIM wielu informacji o obiekcie – przydatnych na etapie koncepcji, projektu, wykonania, użytkowania i rozbiórki (tab. 2).

Powyższe informacje oprócz notatki tekstowej (np. z odnośnikiem) mogą zostać przypisane do modelu w postaci:

- wartości: wymaganej/projektowanej,
- informacji: spełnia/nie spełnia,
- grafiki: rysunek/wykres.

Podsumowanie i wnioski

Miejsce fizyka budowli w procesie BIM zostało schematycznie przedstawione na rys. 1. Każdy uczestnik procesu BIM potrzebuje pewnych informacji o obiekcie (oznaczenie 1 na rys. 1.), następnie przetwarza te informacje i wprowadza nowe do cyfrowego obiektu (oznaczenie 2 na rys. 1.).

Fizyk budowli staje się coraz częściej członkiem zespołu projektowego obiektów budowlanych. Jego rola jest szczególnie doceniana w dużych i złożonych projektach.

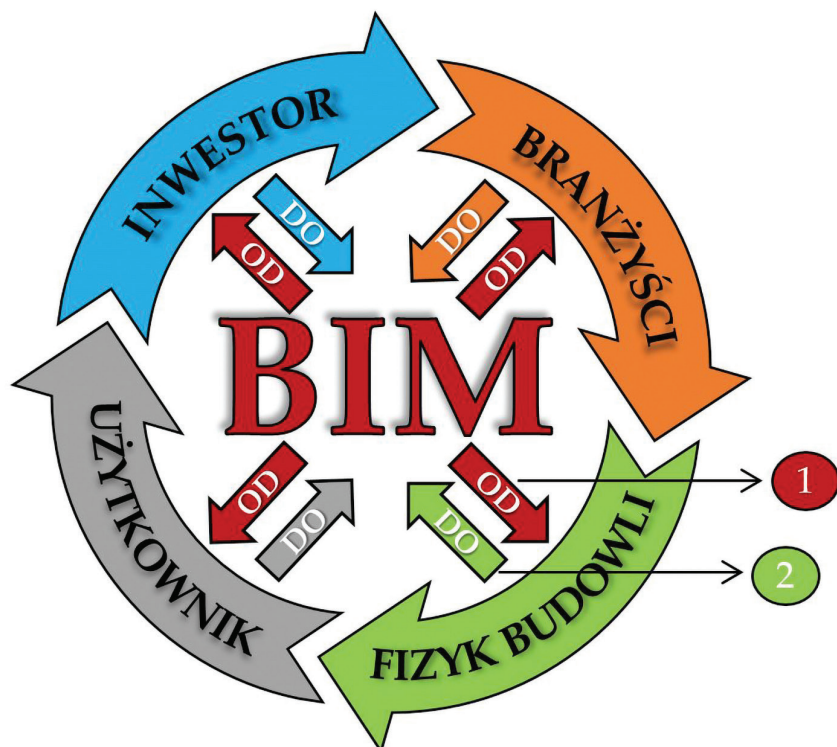
W artykule przedstawiono wymagane informacje potrzebne do przeprowadzenia róż-

nego rodzaju analiz z zakresu fizyki budowli oraz informacje, jakie mogą zostać wprowadzone do modelu BIM przez fizyka budowli. Jednym z najważniejszych zagadnień jest wzajemne zrozumienie tego, czego potrzebują i jakie informacje mogą wnieść do modelu obiektu poszczególni uczestnicy biorący udział w procesie BIM.

Literatura

- [1] Marcinkowski R., Krawczyńska-Piechna A., Biruk S., 2018, Innowacje technologiczne w budownictwie, „Builder”, R. 22, nr 3, str. 56–58.
- [2] Niknam M., Karshenas S., 2015, Sustainable Design of Buildings using Semantic BIM and Semantic Web Services, *Procedia Engineering* 118, DOI 10.1016/j.proeng.2015.08.530.
- [3] Maltese S., i in., 2017, Sustainability assessment through green BIM for environmental, social and economic efficiency, *Procedia Engineering* 180, DOI 10.1016/j.proeng.2017.04.211.

- [4] Štirmer N., i in., 2020, Education in BIM and NZEB in order to improve the quality of buildings, 21st International Symposium on Quality, DOI 10.30657/hdmk.2020.32.
- [5] Nalepka M., Mrozek R., 2017, Zalety i wady technologii BIM, „Builder”, R.21, nr 6, str. 118–123.
- [6] BS EN ISO 19650 Organizacja i digitalizacja informacji o budynkach i budowlach, w tym modelowanie informacji o budynku (BIM) – Zarządzanie informacjami za pomocą modelowania informacji o budynku (norma brytyjska).
- [7] EN ISO 16950 Organizacja i digitalizacja informacji o budynkach i budowlach, w tym modelowanie informacji o budynku (BIM) – Zarządzanie informacjami za pomocą modelowania informacji o budynku (norma międzynarodowa).
- [8] Wasilewski Ł., 2019, Model BIM na poziomie, „Builder”, R.23, nr 9, DOI 10.5604/01.3001.0013.3418.
- [9] Jalaei F., Jrade A., 2014, Integrating building information modeling (BIM) and energy analysis tools with green building certification system to conceptually design sustainable buildings, *Journal of Information Technology in Construction*, Vol. 19, str. 494–519.



Rys. 1. Miejsce fizyka budowli w procesie BIM

Tab. 2. Informacje o obiekcie jakie mogą zostać obliczone i przypisane do modelu BIM przez fizyka budowli – informacje podane od ogółu do szczegółu (opracowanie własne)

1	2	3	4
Lp.	Informacja	Objekt przypisania	Zakres fizyki budowli
1	Ocena w certyfikacji energetycznej: LEED, BREEAM, DGNB, WELL i in.	– cały obiekt	Certyfikacja energetyczna
2	Wskaźnik wymagany i projektowany EP (Energia Pierwotna) dla charakterystyki energetycznej budynku	– cały obiekt – lokal	Obliczenia energetyczne
3	Zużycie energii na poszczególne systemy (ogrzewania, chłodzenia, wentylacji, przygotowania c.w.u., pomocnicze)	– cały obiekt – lokal – pomieszczenie	Obliczenia energetyczne
4	Rozkład temperatury/wilgotności/stężenia CO ₂ oraz komfortu klimatu wewnętrznego	– cały obiekt – pomieszczenie – rodzina przegród	Obliczenia komfortu klimatu
5	Ocena wymaganego i projektowanego oświetlenia pomieszczeń (rozkład luminancji, oślnienie, barwa, równomierność oraz natężenie światła)	– pomieszczenie	Obliczenia oświetlenia pomieszczeń
6	Ocena wymaganej i projektowanej akustyki wnętrza (czas pogłosu, wskaźnik zrozumiałości mowy STI (Speech Transmission Index))	– pomieszczenie	Obliczenia komfortu akustycznego
7	Ocena wymaganej i projektowanej izolacyjności akustycznej przegród wewnętrznych / zewnętrznych	– rodzina przegród	Obliczenia izolacyjności akustycznej
8	Wymagany i projektowany współczynnik U przenikania ciepła przez przegrodę	– rodzina przegród	Obliczenia ciepłne
9	Rozkład pola temperatur w miejscu występowania mostków cieplnych 2D oraz 3D (dla warunków stacjonarnych i niestacjonarnych)	– rodzina przegród – rodzina detali	Obliczenia ciepłne
10	Wartość liniowego (przestrzennego) współczynnika przenikania ciepła dla mostków cieplnych ψ (X),	– rodzina przegród – rodzina detali	Obliczenia ciepłne
11	Spełnienie/niespełnienie wymagań normowych dotyczących kondensacji powierzchniowej pary wodnej (warunki stacjonarne),	– rodzina przegród	Obliczenia wilgotnościowe
12	Spełnienie/niespełnienie wymagań normowych dotyczących kondensacji międzywarstwowej pary wodnej (warunki stacjonarne)	– rodzina przegród	Obliczenia wilgotnościowe
13	Wskazanie potencjalnych lokalizacji zagrożenia porażeniem biologicznym w miejscu występowania mostków cieplnych	– rodzina przegród – rodzina detali	Obliczenia wilgotnościowe
14	Obliczenia 1D, 2D oraz 3D przepływu wilgoci dla warunków rzeczywistych (obliczenia dynamiczne) – klimat zewnętrzny i wewnętrzny zmienny w czasie	– rodzina przegród – rodzina detali	Obliczenia wilgotnościowe
15	Wymagane lub zalecane przez fizyka budowli parametry fizyczne, ciepłne, wilgotnościowe lub akustyczne poszczególnych materiałów użytych w projekcie	– materiał	Cały zakres obliczeń fizyki budowli

DOI: 10.5604/01.3001.0014.1473

PRAWIDŁOWY SPOSÓB CYTOWANIA
Kroner Wojciech, Noszczyk Paweł, Noszczyk Tomasz, 2020, BIM w fizyce budowli. Możliwości i wykorzystanie w praktyce, „Builder” 07 (276).
DOI: 10.5604/01.3001.0014.1473

Streszczenie: Celem niniejszej pracy jest opisanie możliwości, które daje współpraca z fizykiem budowli w całym cyklu życia obiektu budowlanego. W pierwszej części artykułu opisano, jakie informacje (podstawowe i dodatkowe) są potrzebne fizykowi budowli w jego obliczeniach przy modelu BIM (Building Information Modeling). Podano sposób modelowania informacji przez innych uczestników procesu budowlanego z podziałem na informacje środowiskowe, obiektowe i materiałowe.

W drugiej części tekstu zwrócono uwagę na informacje, które fizyk budowli może przypisać do poszczególnych obiektów w modelu BIM. W pracy zwrócono uwagę na modelowanie informacji w zakresie obliczeń certyfikacji energetycznej, energooszczędności, komfortu klimatu pomieszczeń, odpowiedniego oświetlenia, komfortu akustycznego pomieszczeń, izolacyjności akustycznej przegród oraz przepływu ciepła i wilgoci w ele-

mentach budowlanych oraz detalach. Jednym z najważniejszych zagadnień w BIM jest wzajemne zrozumienie tego, czego potrzebują i jakie informacje mogą wnieść do modelu obiektu poszczególni uczestnicy biorący udział w procesie BIM.

Słowa kluczowe: BIM, fizyka budowli, obliczenia ciepłne, obliczenia energetyczne

ABSTRACT: BIM IN BUILDING PHYSICS. POSSIBILITIES AND PRACTICAL USE. The aim of article is describes the possibilities offered by cooperation with a building physicist throughout the entire life stage of the building. The first part of the article describes what information (basic and additional) is recommended by the building physicist in his calculations using the BIM (Building Information Modeling) model. The way in which this information should be modeled by other participants of the construction process with the division into environmental, object and material information is given. The second part of the text draws attention to information that a building physicist can assign to individual objects in the BIM model. The work focuses on modeling information in the field of energy certification, energy efficiency, indoor climate

comfort, adequate lighting, room acoustic comfort, sound insulation of partitions as well as heat and moisture flow in building elements and details. One of the most important issues in BIM is mutual understanding of what they need and what information can be added to the object model by individual participants involved in the BIM process.

Keywords: BIM, building physics, thermal calculations, energy calculations