

MOTORY ROZWOJU czyli największe osiągnięcia naukowe w budownictwie i architekturze

Powszechnie wiadomo, że siłą napędową wszelkich przemian cywilizacyjnych jest nauka. Jak wykorzystywana jest w budownictwie i architekturze? Z jakich dążeń oraz potrzeb się rodzi? Co oferuje wykonawstwu budowlanemu? Jakie przełomowe rozwiązania i dokonania inżynierskie są wynikiem badań naukowych? Które z nich odegrały największą rolę w rozwoju budownictwa, a w jakich dziedzinach wciąż są przedmiotem poszukiwań i wyzwań? Oddajemy głos uznanym w swoich dziedzinach nauki, cenionym autorytetom i zapraszamy do dyskusji również przedstawicieli branży.



**prof. dr hab. inż. arch.
Ewa Kuryłowicz**
Kuryłowicz & Associates
Wydział Architektury
Politechnika Warszawska
Członek Rady Recenzentów
miesięcznika „Builder”

„Żadne inne osiągnięcie naukowe i żaden inny wynalazek nie miał tak przemożnego wpływu na rozwój architektury i budownictwa jak komputery

Największym osiągnięciem naukowym w budownictwie i architekturze w ostatnich 100 latach jest w mojej opinii wykorzystanie komputerów przez konstruktorów i architektów. Rzecz cała została rozpoczęta w istocie podczas II wojny światowej w Bletchley Park pod Londynem, z udziałem polskich matematyków Jerzego Różyckiego, Henryka

Zygalskiego i Mariana Rajewskiego, o czym historia z racji Żelaznej Kurtyny przez długie lata milczała. Ujawniła się w roku 1943 w formie pierwszego komputera o nazwie Colossus. Ojcem tej maszyny był oficjalnie Tony Flowers, ale korzystał on oczywiście z osiągnięć Alana Turinga. Początkowo, w latach 50., konstruktorzy wykorzystywali komputery do obliczeń i tworzenia modeli matematycznych w celu przewidzenia zachowania się ustrojów budowlanych. Stopniowo maszyny te, dość kosztowne, funkcjonowały w szerszym użyciu jako kalkulatory – w 1975 roku odnotowano już odejście od suwaków logarytmicznych na ich rzecz. Pierwsze języki programowania FORTRAN i ALGOL oraz grafika komputerowa były stosowane na urządzeniach typu mainframe w latach 80. XX wieku i rozwijały się głównie na potrzeby wojska oraz lotnictwa – dla grafiki architektonicznej szczególnie istotne były symulatory lotu. Programy graficzne wspomagające projektowanie architektoniczne do szerokiego stosowania wprowadziła firma Autodesk programem Autocad 1.0, co w latach dziewięćdziesiątych w rewolucyjny sposób zmieniło sposób sporządzania rysunków, a wraz z pojawieniem się ploterów i drukarek powoli eliminowało konieczność rysowania odręcznego. Obecnie oprogramowanie CAD jest skomplikowanym oraz wielostronnym narzędziem służącym do opracowania pełnego modelu projektowanego budynku. BIM – *Building Information Modeling*, jest bazą danych zorganizowaną wokół geometrii projektowanego obiektu i zawiera

cały zestaw różnorodnych informacji kontekstualnych, realizacyjnych oraz dotyczących użytkownika projektowanego budynku. Niezależnie od usprawnienia procesu projektowania i jego kontrolowania, ułatwień w prezentacji projektowanych budynków przez wykorzystanie powstającego w wirtualnej przestrzeni trójwymiarowego modelu, przekładalnego na wizualizacje czy drukowane makiety, zastosowanie komputerów doprowadziło do ogromnych zmian w obszarze szeroko rozumianej reprezentacji architektonicznej, wspomagając wyobraźnię projektantów o możliwość kształtowania nowych form przestrzennych, nieemożliwych do uzyskania przy użyciu tradycyjnych technik prezentacyjnych, geometrycznych czy obliczeniowych. Spór o prawdziwość i realność tak powstającej architektury toczy się na tle promowania tzw. parametrycyzmu, o czym pisze Patrik Schumacher, widzący nieuchronność triumfu tak postępującej matematyzacji projektowania. Przeciwnego zdania jest Dalibor Vesely, który protestuje przeciw pozbawianiu projektowania nieuchwytnego elementu ludzkiego błędu, przysłowiowego drgnięcia ręki, niejednokrotnie dającego przepiękne, poetyckie efekty, jak w twórczości Petera Zumthora. Żadne inne osiągnięcie naukowe i żaden inny wynalazek nie miał tak przemożnego wpływu na rozwój architektury i budownictwa jak komputery. Czy wpływ ten jest tylko dobry, pokaże przyszłość. Ale to też będzie możliwe dzięki komputerom właśnie.



prof. dr hab. inż. Anna Siemińska-Lewandowska

**Wydział Inżynierii Lądowej
Politechnika Warszawska**

Nowoczesne tarcze
zmechanizowane są
cudem myśli inżynierskiej

Trudno zdefiniować największe osiągnięcie naukowe w takiej dziedzinie jak budownictwo podziemne. Należy raczej mówić o wielu cząstkowych sukcesach, które sprawiły, że ostatnie dekady zarówno w Polsce, jak i na świecie to dynamiczny rozwój tego rodzaju budownictwa.

W kraju sukcesem ostatniej dekady jest oddanie do eksploatacji w 2016 r. najdłuższego tunelu kolejowego na świecie o długości 57 km pod masywem Św. Gotharda w Szwajcarii. Trwa budowa podobnego o długości 64 km pod przełęczą Brenner między Austrią a Włochami. Oddzielnym rodzajem są tunele chroniące przed klęskami żywiołowymi oraz te, które wpisują się w zrównoważony rozwój miast.

Na świecie sukcesem ostatniej dekady jest oddanie do eksploatacji w 2016 r. najdłuższego tunelu kolejowego na świecie o długości 57 km pod masywem Św. Gotharda w Szwajcarii. Trwa budowa podobnego o długości 64 km pod przełęczą Brenner między Austrią a Włochami. Oddzielnym rodzajem są tunele chroniące przed klęskami żywiołowymi oraz te, które wpisują się w zrównoważony rozwój miast.

Trwa olbrzymi skok technologiczny związany z metodami budowy głębokich wykopów oraz nowoczesnymi technikami drążenia tuneli w gruntach i skałach tarczami zmechanizowanymi lub budowy metodami klasycznymi z zastosowaniem NATM i jej nowszej wersji ADECO RS. Równolegle powstają naukowe podstawy projektowania obiektów podziemnych oraz zaawansowane modele oceny oddziaływania robót podziemnych na środowisko – powierzchnię terenu i obiekty sąsiadujące.

Obserwuje się wielki postęp w opisie zjawisk nieliniowych w gruncie. Implementowane są ulepszone modele konstytutywne.

Nowoczesne tarcze zmechanizowane są cudem myśli inżynierskiej z wielu dziedzin. Produkowane są obecnie w szerokiej gamie średnic, od kilku do 19,5 m. Jest to szybka i bezpieczna metoda pozwalająca na budowę tuneli w praktycznie każdych warunkach geologicznych.

Tunele stanowią 6–7% światowego rynku budownictwa infrastrukturalnego. Największym sukcesem jest to, że obecnie tunele buduje się bezpiecznie – dla ludzi, dla otoczenia, z pożytkiem dla społeczeństwa i natury.



dr hab. inż. Roman Marcinkowski, prof. PW

**Wydział Budownictwa,
Mechaniki i Petrochemii
Politechnika Warszawska
Członek Rady Recenzentów
miesięcznika „Builder”**

Wielkie znaczenie ma
informatyzacja budownictwa

Budownictwo, jak każda branża działalności gospodarczej człowieka, ulega ciągłym przeobrażeniom. Powszechnie, na co dzień, obserwujemy coraz to okazalsze dzieła budowlane, do których powstania, w wielu wypadkach, nie wystarczają profesjonalna wiedza i umiejętności. Sięganie do nauki jest warunkiem osiągania „nowości” i „oryginalności” w budownictwie. Osiągnięć naukowych w budownictwie i dla budownictwa jest wiele. Branża, łącząc wiele produktów współczesnej gospodarki, wykorzystuje osiągnięcia badaczy wielu specjalizacji. Obserwujemy rozwój rozwiązań budowlanych w kontekście efektywności energetycznej obiektów

budowlanych, wykorzystujących nowości chemii budowlanej, wynikających z możliwości zaawansowanych systemów wspomagających projektowanie, wykorzystujących osiągnięcia wielu gałęzi przemysłu. Trudne byłoby kompletne przedstawienie osiągnięć naukowych w budownictwie, tym bardziej że powstawały one sukcesywnie na przestrzeni wielu lat i w różnych aspektach. Dość szerokie przedstawienie osiągnięć naukowych dla budownictwa przedstawiono w wieloautorskiej monografii ITB pod red. Lecha Czarneckiego *Innowacyjne wyzwania techniki budowlanej*. Z racji moich zainteresowań odniosę się do wykonawstwa budowlanego. Nauka w tym odniesieniu służy doskonaleniu maszyn i urządzeń stanowiących wyposażenie budowy. Sprzęt jest na pierwszej linii postępu w budownictwie. Za nim postępują systemy zarządzania różnymi aspektami budowy oraz innowacyjne rozwiązania funkcjonalne, dające nowe możliwości w sprawności budowania i efektywności wykorzystania dostępnych zasobów. Wielkie znaczenie w tym kontekście ma informatyzacja budownictwa. W budownictwie funkcjonuje wiele rozwiązań informatycznych i aplikacji komputerowych pozwalających usprawniać i doskonaląc (pod względem jakości) procesy projektowania oraz realizacji budowy, a także poprawiać efektywność procesów eksploatacji obiektów i infrastruktury budowlanej. Ich zwieńczeniem jest informatyczna technologia BIM – technologia pozwalająca na efektywną pracę/współpracę wszystkich uczestników procesu budowlanego. Istotne są też aplikacje o węższym zastosowaniu, np. do projektowania przestrzennego, do analizy konstrukcji, do analizy kosztów, do zarządzania budową itd. W opracowaniu tych narzędzi informatycznych biorą udział naukowcy różnych specjalizacji. Modelowanie problemów, których rozwiązanie te aplikacje mają wspomagać, należy przeważnie do naukowców – inżynierów budownictwa.

W informatyzacji budownictwa istotnym osiągnięciem nauki jest tzw. *High Performance Computing* (obliczenia komputerowe o wysokiej wydajności). W aplikacjach wykorzystuje się algorytmy dyskretnej symulacji zdarzeń (DES – *Discrete Event Simulation*) i modelowania agentowego, łączące zintegrowane hybrydowe modele BIM z wirtualną i rozszerzoną rzeczywistością na budowie, a także metody symulacyjne w dynamicznych syntetycznych środowiskach budowlanych (COSYE – *Construction Synthetic Environments*).



prof. dr hab. inż.

Leszek Rafalski

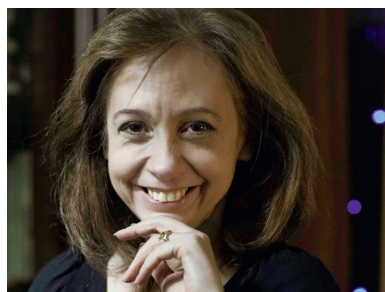
**Dyrektor Naczelny
Instytut Badawczy Dróg i Mostów
Członek Rady Naukowej
miesięcznika „Builder”**

Cement portlandzki i wzory
do obliczania bezpośrednich
posadowień budowli to
największe osiągnięcia naukowe

Do największych osiągnięć naukowych w zakresie materiałów budowlanych zaliczam wynalezienie przez Josepha Aspdina cementu portlandzkiego, na który uzyskał w 1824 patent roku zatytułowany *Poprawa sposobu wytwarzania sztucznego kamienia*. Aspdin opracował skład i metodę wytwarzania cementu w wyniku kilkuletnich eksperymentów. Na podstawie jego patentu już w 1825 roku została uruchomiona przemysłowa produkcja cementu. Początkowo cement portlandzki był stosowany tylko do robót tynkarskich. Przełomem stała się budowa tunelu pod Tamizą o długości ponad jednego kilometra zrealizowana w latach 1825–1843, gdzie wykorzystano duże ilości cementu portlandzkiego. Cement według patentu Aspdina nie był jednak materiałem doskonałym. Do poprawienia jego właściwości znacząco przyczynił się Isaak Charles Johnson, który w 1845 roku określił prawidłową temperaturę wypalania klinkieru cementowego. Co ciekawe, obaj panowie byli brytyjskimi przedsiębiorcami, a nie naukowcami, niemniej ich osiągnięcia są zaliczane do naukowych. Uruchomienie produkcji cementu umożliwiło produkowanie betonu cementowego, a to stworzyło nowe możliwości konstrukcyjne i technologiczne w budownictwie.

Natomiast do największych osiągnięć naukowych w zakresie rozwiązań teoretycznych zaliczam ogólne wzory na nośność posadowień bezpośrednich opracowane przez Karla Terzagiego w 1943

roku. Terzaghi był austriackim inżynierem budownictwa i geologiem, a dzięki swoim wybitnym pracom został nazwany ojcem mechaniki gruntów. Pracował początkowo w Austrii, ale od 1938 roku był związany z Harvard University w Stanach Zjednoczonych. Do obliczania posadowień Terzaghi opracował teorię stanów granicznych podłoża gruntowego. Zdefiniował naprężenie graniczne jako teoretyczne maksymalne naprężenie, które może być przenoszone przez grunt bez jego zniszczenia. Pierwszy stan graniczny określił jako maksymalne obciążenie przyłożone na styku pomiędzy fundamentem a gruntem, które nie powoduje uplastycznienia gruntu w wyniku działania naprężeń ścinających. Ponieważ w podłożu czasem występują grunty o dużej ściśliwości (np. torfy lub namuty), mogą powstawać znaczne osiadania bez uplastycznienia. Dlatego Terzaghi wprowadził określenie drugiego stanu granicznego, czyli ustalenia nośności na podstawie dopuszczalnego odkształcenia. W rezultacie opracował zestaw wzorów, które są do dzisiaj stosowane w praktyce inżynierskiej do obliczania bezpośrednich posadowień budowli.



prof. dr hab. inż. arch.

Elżbieta Dagny Ryńska

**Wydział Architektury
Politechnika Warszawska
Członek Rady Recenzentów
miesięcznika „Builder”**

Cyrkularne zasady realizacji
objektów będą miały zasadniczy
udział w ograniczeniu emisji
związków węgla oraz ograniczeniu
wykorzystywania zmniejszających
się zasobów surowcowych

Budownictwo cyrkularne staje się przedmiotem coraz liczniejszych badań, jednak pawilon Circl był pierwszym obiektem, jaki spełniał takie założenia.

Jest to przykład nowej generacji budynku zrównoważonego, który powstał w ramach współpracy pomiędzy architektami, Uniwersytecie Technologicznym w Delft oraz dostawcami materiałów budowlanych i niderlandzkim bankiem ABN AMRO.

Przemysł budowlany jest sektorem intensywnie wykorzystującym surowce i energię. Ponowne wykorzystanie lub formuła up-cyclingowania odpadów, zwiększenie udziału biomasy oraz cyrkularne zasady realizacji obiektów będą miały zasadniczy udział w ograniczeniu emisji związków węgla oraz ograniczeniu wykorzystywania zmniejszających się zasobów surowcowych.

Sfinansowany przez ABM AMRO wielofunkcyjny pawilon Circl został otwarty we wrześniu 2017. Jest to unikalny budynek zlokalizowany w Zuidas, centrum businessowym Amsterdamu. Pomijając wysoką estetyczną wartość, budynek został zaprojektowany w sposób pozwalający na uzyskanie najmniejszego z możliwych śladu środowiskowego. Już na etapie koncepcji projektowej twórcy rozważyli kwestie dotyczące możliwości efektywnego montażu i demontażu poszczególnych elementów. Wiele z fragmentów obiektu było już wcześniej wykorzystanych w innych budynkach: materiał izolacyjny w przestrzni dachowej został pozyskany ze zużytych jeansów, zestawy okienne w części konferencyjnej pochodzą z budynków biurowych, a meble były pierwotnie wykorzystywane przez ABN AMRO i odrestaurowane na potrzeby pawilonu. Inne materiały – począwszy od zastosowanego drewna, elektrycznych listew czy parkietu aż po aluminiowe panele na fasadach – mogą być wykorzystane w kolejnych obiektach. Dachowe panele solarne produkują wystarczająco dużą ilość energii na potrzeby pawilonu. Zastosowano materiały posiadające certyfikat Cradle 2 Cradle. Zielony ogród na dachu stanowi dodatkową biologicznie czynną przestrzeń. Cyrkularność obiektu to nie tylko sposób realizacji. Pracownicy pawilonu korzystają z uniformów wykonanych z recyklingowanych plastikowych butelek, a serwis cateringowy zatrudnia osoby niepełnosprawne. Pawilon działa jako „żyjące laboratorium”, w ramach którego testowane są zrównoważone rozwiązania i prowadzone liczne eksperymenty.

ABN AMRO nie jest właścicielem wszystkich elementów budynku. Na przykład windy pozostały własnością Mitsubishi, w tym przypadku producent sprzedaje usługę – pionową mobilność – a nie produkt, ponadto gwarantując dwukrotnie dłuższy czas działania osprzętu.

Działania holenderskiego rządu są skoncentrowane na osiągnięciu do 2050 roku takiego funkcjonowania gospodarki, aby działała ona całkowicie na bazie ponownie wykorzystywanych surowców. Jest to proces długi i pełen wyzwań, jednak Niemcy mogą stać się pierwszym na świecie w pełni cyrkularnym ekonomicznie państwem.



dr inż. Marek Sawicki

**Wydział Budownictwa
Lądowego i Wodnego
Politechnika Wrocławska
Członek Rady Programowej
miesięcznika „Builder”**

BIM to wyzwanie dla
inżyniera i nauki

Coraz częściej w różnych sytuacjach związanych z budownictwem pojawia się pojęcie technologii BIM. Jego znaczenie jest różne:

1. jako model cyfrowy informacji o budynku opisujący jego fizyczne i funkcjonalne właściwości, dostępny dla uczestników procesu inwestycyjnego, pozwalający na podejmowanie decyzji w każdym etapie realizacji;

2. „BIM” można również rozumieć jako proces twórczego generowania i wykorzystania danych o budowie, jej projektowania, budowy i eksploatacji w trakcie pełnego funkcjonowania;

3. „BIM” to zarządzanie informacją o budynku, w aspektach organizacji i kontroli procesów inwestycyjnych poprzez wykorzystanie parametrów cyfrowego modelu trójwymiarowego budynku; stworzony model umożliwia wczesne rozpoznawanie możliwości, zrównoważonego i efektywnego, interdyscyplinarnego oraz interakcyjnego projektowania, kontroli w trakcie i na miejscu budowy, aktualizacji dokumentacji do stanu rzeczywistego, „zmiany projektowej, podczas budowy oraz w trakcie eksploatacji”.

Technologia BIM jest coraz częściej wykorzystywana w polskim

budownictwie, również przez zamawiających publicznych, co dopuszcza obowiązująca obecnie ustawa Prawo zamówień publicznych. Przyjęcie takiego nowatorskiego rozwiązania przynosi wiele korzyści dla wszystkich uczestników procesu inwestycyjnego. Jednak wykorzystanie tego rozwiązania musi być poprzedzone odpowiednią wiedzą obu stron nt. BIM, możliwości tego modelu na różnych poziomach i muszą być zachowane proporcje pomiędzy korzystaniem z dostępnych narzędzi elektronicznych a wiedzą inżynierską wynoszoną ze studiów (w myśl powiedzenia: program komputerowy wszystko policzy i wypłuje wyniki, ale to odpowiednio wykształcony inżynier weryfikuje uzyskane obliczenia). Dlatego ważne jest, aby młodych ludzi, przyszłych inżynierów budownictwa, kształcić w tym kierunku z wykorzystaniem BIM. I tak się obecnie dzieje m.in. na WBLiW PW prowadzone są studia II stopnia o specjalności BIM pozwalające na odpowiednie przygotowanie młodych ludzi w tej specjalności.



prof. dr hab. inż. arch.

**Elżbieta Danuta
Niezabitowska**

**Wydział Architektury
Politechnika Śląska w Gliwicach
Członek Rady Recenzentów
miesięcznika „Builder”**

Podstawą wszelkich badań
naukowych w architekturze jest
metoda POE i zasada EBD

Druga połowa XX w. była okresem znaczącego postępu naukowego w zakresie architektury w świecie zachodnim. Znaczącym elementem porządkującym prowadzenie badań naukowych w architekturze było wprowadzenie pojęcia faz życia budynku oraz określenie roli zarówno badań naukowych, jak

i interesariuszy oraz przede wszystkim użytkowników obiektów w poszczególnych fazach. Ostatecznie wyodrębniono 8 faz życia budynku (planowanie, programowanie funkcjonalno-przestrzenne, projektowanie wstępne, projektowanie architektoniczne, projektowanie techniczne, realizacja obiektu, użytkowanie oraz sprzedaż lub rozbiórka – patrz RIBA Plan of Work 2013 – Overview – które są podstawą podejmowanych kolejnych kroków wszelkich działań praktycznych w świecie zachodnim (głównie Europa Zachodnia, USA, Kanada) w odniesieniu do obiektu architektonicznego, od momentu powstania pomysłu zbudowania poprzez fazy projektowania, realizacji i użytkowania do jego wyburzenia włącznie.

Podstawą wszelkich badań naukowych wymaganych w poszczególnych fazach cyklu życia budynku jest opracowana w latach 70. XX w. metoda badań naukowych POE – *Post-Occupancy Evaluation* (W. Preizer i inni: *Post-Occupancy Evaluation*, 1988), w której wyodrębniono 5 podstawowych jakości dzieła architektonicznego: techniczną, funkcjonalną, behawioralną, organizacyjną i ekonomiczną. Na tej podstawie rozwinięto zasadę wspierania procesów projektowych badaniami naukowymi stosowanymi, zwaną EBD – *Evidence-Based Design*. Pojęcie to zostało wprowadzone przez R. Ulricha w latach 80. do projektowania szpitali, a w XXI w. zostało zaadaptowane do praktyki projektowej w świecie zachodnim (D.K. Hamilton, D.H. Watkins (red.): *Evidence-Based Design for Multiple Buildings Types*, 2009).

Obecnie istnieje wiele opracowanych na podstawie POE technik badawczych wspierających różne procesy projektowe. Szerzej o metodach badań naukowych w architekturze E. Niezabitowska: *Metody i techniki badawcze w architekturze*, 2014 oraz w wydanej przez Routledge pozycji E. Niezabitowska: *Research Methods and Techniques in architecture*, 2018. W przygotowaniu A. Szewczenko, M. Tomanek, E. Niezabitowska, M. Jamrozik-Szatanek: *Projektowanie obiektów szpitalnych. Rola badań naukowych w doskonaleniu jakości funkcjonowania szpitali*.

W Polsce nadal słabo wykorzystuje się badania naukowe w procesach projektowych. Jest to związane z zapóźnieniem naszego kraju w tym zakresie i powiązanym z tym brakiem przepisów odnoszących się przede wszystkim do najbardziej znaczącej fazy życia budynku decydującej o jakości obiektu architektonicznego, jakim jest faza programowania funkcjonalno-przestrzennego.

Pracownicy Wydziału Architektury Politechniki Śląskiej w latach 1996–1999

zostali przeszkoleni w zakresie metodologii POE w programie Tempus-Project przez specjalistów z Wielkiej Brytanii, Holandii oraz Szwecji i na tej podstawie były prowadzone zajęcia dydaktyczne z zakresu Oceny Jakości w Architekturze na początku XXI w. Niestety jak dotychczas nie było możliwości wprowadzenia zasad naukowego podejścia do projektowania w praktyce zawodowej, co wiąże się z opóźnieniami w zakresie przepisów prawa budowlanego.



dr inż. Robert Geryło
Dyrektor
Instytut Techniki Budowlanej

Szczególnie ważne są osiągnięcia służące zwiększeniu produktywności budownictwa przez automatykę, robotykę i digitalizację (Przemysł 4.0)

Budownictwo jako dział gospodarki, a inżynieria lądowa i transport jako dziedzina naukowa charakteryzują się znaczącym potencjałem rozwojowym i wyróżniają się w Polsce najwyższą liczbą zgłoszeń wynalazków oraz najwyższą wartością wskaźnika specjalizacji patentowej wśród działów techniki.

Szczególnie ważne są dotychczasowe osiągnięcia służące zwiększeniu produktywności budownictwa przez automatykę, robotykę i digitalizację (Przemysł 4.0). W projektowaniu obserwujemy postępujące wdrożenie informatyzacji i grupowej pracy zdalnej (BIM), co prowadzi do scalenia informacji, rozszerzenia dostępności i możliwości projektowania zintegrowanego, wieloaspektowego oraz wykorzystania symulacji komputerowych. Rozwiązania typu smart integrują wirtualny projekt z obiektem budowlanym i jego systemami oraz wyposażeniem technicznym, umożliwiając automatyczne sterowanie, monitoring i diagnostykę rzeczywistego zachowania się obiektów.

Ważnym nurtem rozwoju są również innowacje służące uzyskaniu niskoemisyjności technologicznej (wytworzenie wyrobów, wznoszenie obiektów) oraz eksploatacyjnej (termomodernizacja, wykorzystanie odnawialnych źródeł energii). Deklaracje środowiskowe potwierdzają postęp w zakresie ograniczenia zapotrzebowania na energię i surowce pierwotne oraz potencjał odzysku i ponownego użycia. Uzyskuje się nowe modyfikacje doskonalące cechy podstawowe tradycyjnych materiałów (np. cement i beton), jak również nowe rozwiązania materiałowe (np. zbrojenia kompozytowe), materiały pochodzenia biologicznego oraz biodegradowalne, wielofunkcyjne, sensoryczne, a nawet samonaprawialne.

Rozwój metod projektowania całego cyklu życia wyrobów i obiektów budowlanych umożliwia dobór rozwiązań zapewniających nie tylko optymalizację łącznych kosztów inwestycyjnych oraz eksploatacyjnych, ale także uwzględnienie zagadnień trwałości i odporności na zmiany klimatyczne.



prof. dr hab. inż. Janusz Dyduch
Prezes Stowarzyszenia
Inżynierów i Techników Komunikacji
Rzeczypospolitej Polskiej
Wydział Transportu, Elektrotechniki i Informatyki
Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny im. Kazimierza Pułaskiego w Radomiu

Roboty i technologie wirtualne zdominują światową branżę budowlaną

Obserwowany globalny postęp informatyki, robotyki i technologii wirtualnych w najbliższych latach poważnie zmieni rynek budowlany i pozwoli na bardzo precyzyjne, skomputeryzowane, a nawet

zdalne realizowanie zarówno małych, jak też bardzo dużych przedsięwzięć inwestycyjnych.

Technologią, która może zrewolucjonizować globalny rynek inwestycyjny, nad którą pracuję od kilku lat z zespołem inżynierów i naukowców stowarzyszonych w SITK RP, są PLATFORMY INFORMATYCZNE. Jest to przełomowa technologia informatyczna i organizacyjna pozwalająca na zdalną pracę nie tylko kadry zarządzającej i inżynierskiej, ale też zwykłych robotników budowlanych. Pracę na placach budów będą wykonywały zdalnie sterowane roboty, kierowane w technologii obrazowania wirtualnego, a platformą komunikacyjną ludzi i maszyn będą PLATFORMY INFORMATYCZNE.

PLATFORMY INFORMATYCZNE to nie tylko nowoczesny produkt IT, ale też zupełnie nowa filozofia projektowania i użytkowania systemów informatycznych dedykowanych branży budowlanej. Technologia platform informatycznych została opracowana w oparciu o zasadę „3I”. Oznacza to, że jest to technologia INTERAKTYWNA, INTERDYSCYPLINARNA I INTUICYJNA. INTERAKCJA oznacza pracę w środowisku wirtualnym w czasie rzeczywistym, INTERDYSCYPLINARNOŚĆ oznacza, że na PLATFORMACH INFORMATYCZNYCH mogą współpracować różne rodzaje oprogramowania specjalistycznego, co pozwala na strategiczny nadzór inwestycyjny i administracyjny. INTUICYJNOŚĆ z kolei oznacza, że nauka obsługi i praca na PLATFORMACH INFORMATYCZNYCH odbywa się bez potrzeby korzystania z wielostronicowych instrukcji obsługi, a ewentualne błędy operacyjne są korygowane przez oprogramowanie kontrolne i nie powodują one utraty danych ani powstawania błędów w zakresie prowadzonych analiz.

PLATFORMY INWESTYCYJNE zostały stworzone z myślą o szeroko rozumianej branży inwestycyjnej i administracyjnej. Czas inwentaryzacji nawet bardzo dużych obiektów przemysłowych, paliwowo-energetycznych czy użyteczności publicznej liczony jest w dniach i tygodniach, a nie w miesiącach czy latach. Tak wysokie tempo prac inwentaryzacyjnych jest możliwe dzięki zastosowaniu najnowocześniejszych technologii identyfikacyjnych, takich jak zdjęcia fotogrametryczne wykonywane z dronów, skaning laserowy oraz AUTORSKA TECHNOLOGIA skaningu georadarowego w technologii obrazowania VR3D.



prof. dr hab. inż.

Zbigniew Kledyński

**Wydział Instalacji Budowlanych,
Hydrotechniki i Inżynierii
Środowiska
Politechnika Warszawska
Członek Rady Recenzentów
miesięcznika „Builder”**

Do fundamentalnych należą osiągnięcia mechaniki, zwłaszcza wspartej numerycznymi metodami rozwiązywania skomplikowanych równań oraz chemii w jej zastosowaniach materiałowych

Budownictwo to bardzo praktyczna sfera działalności ukierunkowana na konkretne, użyteczne efekty. Postęp techniczny w budownictwie bierze się w pierwszej kolejności z nauk technicznych i inżynierskich, a te zawsze mają charakter nauk stosowanych. Łatwiej w tym obszarze o innowacje niż fundamentalne odkrycia natury. Dlatego też budownictwo korzysta, jak wszystkie nauki stosowane, z osiągnięć innych nauk, w tym ścisłych i przyrodniczych, np. fizyki, matematyki, chemii.

Do fundamentalnych, także dla budownictwa, należą osiągnięcia mechaniki, zwłaszcza wspartej numerycznymi metodami rozwiązywania skomplikowanych równań oraz chemii w jej zastosowaniach materiałowych. Dzisiaj nie sposób sobie wyobrazić budownictwa bez specjalistycznego oprogramowania wykorzystywanego w projektowaniu i organizacji procesów budowlanych lub bez chemii budowlanej oraz nowoczesnego materiałoznawstwa.

Moim zdaniem na podkreślenie zasługuje wkład prof. Olgierda C. Zienkiewicza w zakresie wykorzystania metody elementów skończonych (MES) m.in. w mechanice budowli. Programy wykorzystujące MES są obecne w różnych specjalnościach budowlanych, od

konstrukcyjnych do instalacyjnych i jako takie mogą m.in. współtworzyć środowisko aktualnie rozwijanej technologii BIM (ang. *Building Information Modeling*).

W zakresie chemii budowlanej nie do przecenienia są osiągnięcia w produkcji cementu i betonu, w tym przede wszystkim domieszki kolejnych generacji, specjalistyczne i kompleksowe. Chciałbym jednak zwrócić szczególną uwagę na materiały do napraw konstrukcji betonowych oraz zabezpieczeń antykorozyjnych. Jeszcze nie tak dawno, bez większych sukcesów, „lepiliśmy podobne podobnym”, kiedy teraz dysponujemy całą paletą środków systemowych, które czynią naprawy (w tym trudne prace uszczelniające) efektywnymi i trwałymi w bardzo różnych okolicznościach oraz oddziaływaniach środowiskowych.

Nie byłoby dziś łatwo obserwowanych osiągnięć współczesnego budownictwa bez żmudnej pracy u podstaw wielu pokoleń uczonych i inżynierów oraz bez cząstkowych ich sukcesów. Wielowątkowy postęp bywa podobny do chaosu, ale również ten ostatni ma swoją teorię i swoje prawa. Dopiero patrząc wstecz, jesteśmy w stanie docenić nawet drobne kroki poprzedników, jeśli tylko ułożą się one w trafną drogę do dobrego celu.



dr hab. inż.

**Krzysztof Żółtowski,
prof. PG**

**Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska
Politechnika Gdańska
Członek Rady Naukowej
miesięcznika „Builder”**

Przełomem w szeroko rozumianej analizie konstrukcji stały się metody numeryczne

Osiągnięcia naukowe w budownictwie to temat szeroki i interdyscyplinarny. Cała wiedza techniczna uprawiana na

uczelniach technicznych nie wypełnia tematu. Niemniej jednak można pokusić się o wytypowanie zagadnień przełomowych. Niewątpliwie przełomem w szeroko rozumianej analizie konstrukcji stały się metody numeryczne. Teoria konstrukcji wzbogaciła się o fundamentalną dzisiaj Metodę Elementów Skończonych, której twórcą w znacznym, a nawet pionierskim zakresie jest Polak Olgierd Zienkiewicz. Metoda ta, w połączeniu z rozwojem komputerów, daje dzisiaj możliwości wcześniej nieznane. Pozwala na stworzenie wirtualnego laboratorium analizy konstrukcji, oszczędzając tym samym czas i środki na badania eksperymentalne. Z czasem zakres stosowania metody znacznie się rozszerzył i objął swoim zasięgiem całość zagadnień związanych z analizą konstrukcji budowlanych. Dzisiaj MES umożliwiają modelowanie podłoża gruntowego i metod jego modyfikacji. Konstrukcje drewniane, żelbetowe, stalowe to dzisiaj rutyna w analizach numerycznych, chociaż wraz ze wzrostem możliwości obliczeniowych tworzą się coraz bardziej złożone teorie materiałowe i skomplikowane strukturalne zadania. Nie ma dzisiaj praktycznie zagadnień inżynierskich, które nie są modelowane numerycznie. Przykładami są mosty, stadiony sportowe i wiele innych, wcześniej niemożliwych do zaprojektowania budowli. MES stworzył dotychczas obszary nieznane architektom i nadał ich pracy nową jakość. MES nie pozostał na fizyce ciała stałego. Metoda rozszerzyła swój zakres na ośrodki sypkie, płynne i przemiany fizykochemiczne, tworząc tym samym niemal kompletne środowisko do badań teoretycznych konstrukcji i procesów zachodzących w przyrodzie. Można zaryzykować tezę, że MES zainspirował programistów do stworzenia grafiki komputerowej, dedykowanej najpierw samej metodzie i rozwiniętej później na wszystkie obszary budownictwa. MES stał się również jednym z pierwszych składników wszechwładnej dzisiaj technologii BIM, która integruje w wirtualnej rzeczywistości wszystkie aspekty tworzenia i funkcjonowania szeroko rozumianego budownictwa.

Tak więc metoda wynaleziona dla budownictwa jest dzisiaj powszechnym i niezastąpionym narzędziem dla całej inżynierii mechanicznej, lotnictwa, konstrukcji kosmicznych i wielu innych zagadnień. Nadal trwają prace nad udoskonaleniem i rozszerzeniem metody na nowe obszary rozwijającej się dynamicznie inżynierii materiałowej i teorii konstrukcji. Obok wyrastają nowe, inne metody bazujące na odmiennych założeniach, ale czerpią one inspirację i korzystają z doświadczenia zdobytego przez rzeszę twórców i użytkowników Metody Elementów Skończonych. ■