

Rozwiązania systemów windowych wybranych wysokościowców w Warszawie na tle osiągnięć światowych



dr inż. arch
MARCIN GONCIKOWSKI
 Politechnika Warszawska
 Wydział Architektury
 ORCID: 0000-0003-3848-2810

Praca poświęcona jest rozwiązaniom warszawskich wysokościowych budynków pod względem systemów komunikacji pionowej.

Przyczynkiem do napisania niniejszego tekstu jest działalność naukowa i projektowa związana z obiektami wysokościowymi, a także chęć nakreślenia kluczowej roli, jaką w projektach i realizacjach budynków wysokościowych odgrywają nowoczesne rozwiązania mechanicznej komunikacji pionowej.

Temat, tło i cel pracy

Praktyka projektowa wykazuje, że już od etapów koncepcji nie jest możliwe określenie rozwiązań projektowych budynków wysokościowych bez przeprowadzenia analiz i symulacji ruchu komunikacji pionowej i wstępnego doboru typów i parametrów urządzeń. Wynika to z tego, że ilość i wielkość zakładanych wind wpływa na:

- rozwiązania konstrukcyjne, zwłaszcza pod względem wielkości trzonu budynku;
- rozwiązania architektoniczne, zwłaszcza pod względem rozmieszczenia funkcji powierzchni budynku i możliwości ich zagospodarowania wokół trzonu;
- rozwiązania instalacyjne jako pochodna rozmieszczenia głównych szachtów obsługujących budynek zintegrowanych przestrzennie z trzonem budynku.

Jak wskazują zarówno praktycy, jak i naukowcy, rozwój budownictwa wysokościowego, który gwałtownie nabrał tempa w XXI wieku, nie byłby możliwy bez innowacji, które zostały w największym stopniu wdrożone w technice związanej właśnie z urządzeniami windowymi [1]. Efektywność pionowego transportu użytkowników na piętra wysokościowca jest kluczowa dla jego działania. Bez niej budynek taki nie mógłby funkcjonować, mimo możliwości technicznych w zakresie nośności i sztywności konstrukcji oraz obsługi instalacyjnej. Na przykład – przy niewłaściwych doborach urządzeń windowych czas dojazdu do budynku często byłby krótszy niż

podróż z lobby windowego na wybraną kondygnację w okresie szczytu porannego.

Wprowadzone w ostatnich latach ulepszenia w technologii transportu pionowego dotyczą zarówno szybkości, wielkości, napędu oraz materiałów, jak i algorytmów sterowania oraz efektywności energetycznej.

Na tym tle realizacje polskie, a w szczególności warszawskie, integrują nowe światowe rozwiązania systemów windowych. Proces ten jest wart przedstawienia z tego względu, że ma on konsekwencje dla rozwiązań projektowych, które mogą być cenne dla badaczy i praktyków. Wagę tego zjawiska oddaje fakt, że w jego efekcie w Polsce realizowane są ambitne realizacje projektów wysokościowych.

Tematem niniejszego artykułu jest opis badań przez projektowanie związanych z wybranymi projektami i realizacjami wysokościowców w Polsce oraz umiejscowienie ich na tle tendencji w rozwoju technologii związanych z urządzeniami windowymi. Celem artykułu jest to, żeby zgromadzona wiedza służyła nie tylko naukowemu przekazaniu zagadnienia, ale także celom praktycznym oraz wdrożeniowym i jako przegląd trendów oraz możliwych badanych rozwiązań.

Podstawowymi aspektami rozwoju systemów windowych w XXI w są: efektywność energetyczna oraz efektywność działania [2–9]. Najważniejsze rozwiązania obydwu z nich przedstawiają się następująco:

Efektywność energetyczna

Efektywność energetyczna jest jednym z najważniejszych wyzwań, przed jakimi stoi współczesna architektura. Pod względem rozwiązań komunikacji pionowej, jak wskazują badania Thyssen Krupp [10], systemy windowe w budynkach wysokościowych mogą odpowiadać za 2–10% całkowitego poboru energii. W okresach szczytów: porannego,

Efektywność pionowego transportu użytkowników na piętra wysokościowca jest kluczowa dla jego działania.

lunchu oraz popołudniowego w budynkach biurowych tenże pobór może sięgać 40% poboru energii budynku. Są to znaczące wielkości, co w przełożeniu na ilość budynków sprawia że wzrost efektywności energetycznej systemów windowych jest istotnym zagadnieniem w skali globalnej i ważnym aspektem dążenia do przeciwdziałaniu kryzysowi klimatycznemu.

Wypracowanymi obecnie rozwiązaniami, które poprawiają oszczędność energii przez windy, są: obniżenie masy kabin, redukcja zużycia energii przez wyciągarki oraz stosowanie i rozwój systemów odzysku i produkcji energii.

Ostatni z tych aspektów ma miejsce przy hamowaniu wind oraz ruchu wind w dół. W tym drugim przypadku obciążenie przeciwwag napędza silnik, działający w takim wypadku jak prądnica, oddając energię do sieci lub magazynów energii, w które może być wyposażony budynek.

W ostatnich latach rozwój w zakresie oszczędności energetycznej nabrął tempa. W stosunku do konstrukcji z początku XXI wieku współczesne systemy windowe są o ok. 30–40% mniej energochłonne. Warto tu podkreślić, że badania i rozwój doczekały się normy „Efektywność energetyczna dźwigów, schodów i chodników ruchomych” – PN-EN ISO 25745-2:2015, niemniej powszechna jest mała świadomość dotycząca wagi stosowania „zielonych” rozwiązań w wyborze wind przez projektantów oraz deweloperów, zwłaszcza obiektów mieszkaniowych wielorodzinnych. Ma to miejsce szczególnie w przypadku gdy projektowane i realizowane obiekty nie są poddawane ocenom przyjazności środowiskowej – np. LEED lub BREEAM. Systemy takich ocen zawierają bowiem kryteria i wymagania dotyczące przeprowadzenia analiz oszczędności energetycznej wind na etapie ich doboru i wyposażenia budynku. Z obu powyższych w systemie BREEAM w 2021 r. było 78%, zaś w LEED 17,3% certyfikowanych budynków. Łącznie – w 2021 r. certyfikowano w nich aż 54% nowo powstających budynków biurowych i tylko 8% budynków mieszkaniowych wielorodzinnych. Należy jednak zauważyć, że udział certyfikacji w nowych realizacjach w dalszym ciągu wrosta [11]. Daje to obraz trendu, który wymaga w coraz większym stopniu innowacji pod względem efektywności energetycznej wind i ich rzeczywistego stosowania w budynkach.

Efektywność działania

Efektywność działania układów komunikacji pionowej poprawiana jest przez innowację w zakresie konstrukcji systemów oraz w zakresie ich sterowania.

Innowacje konstrukcyjne obejmują:

- zasilanie: rozpowszechnienie stosowania prądu zmiennego zamiast prądu stałego;
- technologie z wyciągarkami umieszczonymi w szybie, niewymagającymi pomieszczeń maszynowni oraz silników bezreduktorowych o mniejszych stratach mocy i większej szybkości poruszania się kabin;
- nowe systemy zawieszzeń, uwzględniające lekkie materiały, np. aramidy lub włókna węglowe oraz zmianę dotychczas stosowanych powszechnie lin na pasy lub wiązki (ostatnie z tych zabiegów pozwalają na redukcję masy zawieszenia oraz ruchów poziomych lin w szybie, co przekłada się na wzrost wysokości podnoszenia, szybkość i oszczędność energii);
- zaawansowane materiały elementów tocznych i hamulców, systemy łączy przewodniczące opory, poprawiające pracę przy zmianach temperatury i wychyleniach budynku;
- systemy zmniejszania oporu powietrza;
- stosowanie oprócz tradycyjnych wind jednokabinowych (single deck – SD) systemów twin (T) i double-decker (DD), poprawiające efektywność obsługi; polegają one na umieszczeniu dwóch jeżdżących niezależnie kabin w jednym szybie (T) lub stosowanie kabin dwupoziomowych (DD), poprawia to efektywność ekonomiczną budynku poprzez zmniejszenie liczby budowanych sztybów i jednoczesne zwiększenie powierzchni przynoszącej dochód z wynajmu lub sprzedaży;
- oświetlenie LED pozwalające na oszczędności energii potrzebnej na oświetlenie i zmniejszenie zysków ciepła w kabinach;
- integracja urządzeń kontroli w szybach,

Innowacje w zakresie systemów sterowania dotyczą:

- systemów zarządzania ruchem (DCS) – zmniejszających czas oczekiwania i poprawiających efektywność przewozu (handling capacity) oraz zmniejszających zużycie energii, a także systemów mechanicznych poprzez rzadszą częstotliwość zatrzymań kabin;
- kontroli dostępu, integracji kontroli dostępu z budynkiem, rozwiązania pozwalających na bezdotykowe przywoływanie wind oraz rozpoznawanie użytkowników wykorzystujące karty lub telefony komórkowe użytkowników, wprowadzające udogodnienia dla osób z niepełnosprawnościami, takie jak sterowanie głosem lub dłuższe otwarcie drzwi;

– przechodzenia w tryb czuwania pozwalające na znaczne oszczędności zużycia energii.

Metody badawcze

Metody badań polegały na połączeniu metody analizy logicznej i logicznej argumentacji oraz metody empirycznej połączonej z badaniami symulacyjnymi [12].

Analiza logiczna oraz wnioskowanie zostały przeprowadzone na podstawie przeglądu współczesnej literatury naukowej i specjalistycznej, przeglądu wyników badań i najnowszych wdrożeń wiodących producentów urządzeń wraz z wywiadami z przedstawicielami działów technicznych firm Kone, Otis, Schindler i Thyssen Krupp.

Badania empiryczne, praktyczne, zostały zastosowane podczas badań przez projektowanie budynków wysokościowych.

Polegały na wykonaniu kilku zdefiniowanych kroków:

- Wykonaniu wariantowych symulacji działania układów komunikacji pionowej, których podstawą była wstępna koncepcja architektoniczna określająca wysokość budynku, ilość kondygnacji, funkcje, zagęszczenie użytkowników i sposób korzystania przez nich z obiektu. Symulacje były wykonywane aż do uzyskania wariantów systemów spełniających wymagania efektywności komunikacji.
- Sprawdzanie wariantów układów wind wypracowanych w poprzednim kroku poprzez opracowanie planów pięter oraz sprawdzenie efektywności komercjalizacyjnej i elastyczności rzutów budynków oraz ocenę możliwych rozwiązań systemów konstrukcji i instalacji.
- Iteracje rozwiązań systemów windowych, o ile wiodące kryteria efektywności i elastyczności nie zostały osiągnięte lub widoczna była możliwość ich poprawy.
- wiodącego wariantu rozwiązania, finalna koordynacja geometrii trzonu oraz przejście do kolejnych faz projektu.

Przedstawione badania empiryczne dotyczyły projektów o różnej finalnej fazie zaawansowania: od projektów koncepcyjnych do projektów zrealizowanych. Ich wspólną częścią jest metodyka przyjęta w opracowaniu rozwiązań wyjściowych: każdorazowo podczas badań w ww. projektach w fazie koncepcyjnej były przeprowadzane badania symulacyjne obsługi windowej mające na celu optymalizację rozwiązań architektonicznych ze względu na doboru urządzeń windowych i jednocześnie warianty układów windowych były sprawdzane poprzez symulacje rozwiązania trzony i rzutów pięter.

Wyniki podano w części rezultaty i odnośną się one do: przedstawienia podstawy technicznej badań empirycznych oraz rezultatów przyporządkowanych poszczególnym badanym przypadkom.





Rys. 1. Przekrój oraz rzut parteru budynku ze wskazaniem grup wind oraz ich zakresu działania; źródło: opracowanie autora

**Realizacje polskie,
a w szczególności
warszawskie, integrują nowe
światowe rozwiązania
systemów windowych.**

Rezultaty

Podstawa oceny badań empirycznych

Wypracowanie i optymalizacja systemów wind w budynkach wysokościowych ma następujące kryteria oceny wynikające z konieczności uzyskania najlepszego układu przestrzennego trzonu:

- kryteria komercyjne: obejmujące zapewnienie elastyczności rzutu piętra polegającej na umożliwieniu wprowadzenia od 1 do 4 najemców na piętrze bez konieczności zwiększania przestrzeni wspólnej, osiągnięcia jak największej efektywności budynku (mierzonej stosunkiem powierzchni najmowanej do powierzchni całkowitej) przy jednoczesnym zapewnieniu wymaganego standardu efektywności komunikacyjnej;
- kryteria koordynacji systemów konstrukcji i instalacji – racjonalnego rozplanowania trzony budynku.

Należy zauważyć, że pod względem standardu efektywności komunikacyjnej cele związane z osiągnięciem optymalnej dla badanego budynku wysokościowego konfiguracji urządzeń windowych wynikają z kilku źródeł. Są nimi:

- wymagania wewnętrzne deweloperów,
- międzynarodowe normy,
- zalecenia i kategorie efektywności producentów urządzeń,
- dobre praktyki i standardy panujące na rynku.

Żadne z wymienionych nie są wymaganiami prawnie obowiązującymi do stosowania w Polsce. W praktyce projektowej pierwszeństwo najczęściej należy do wymagań deweloperów, które są standardem przywoływanym w umowach z projektantami.

Dotychczas formułowane wymagania deweloperów nie wskazują bezpośrednio na wybór konkretnych producentów lub typów

urządzeń windowych. Określają parametry, które powinien spełnić system, a w niektórych wypadkach także metodykę obliczeń populacji. Porównując wymagania czołowych deweloperów związanych z realizacją wysokościowych budynków biurowych w Warszawie, można zaobserwować, że w wypadku zalecanych metodyk obliczenia są wykonywane dla: zagęszczeń od 8 do 12 m² NLA (powierzchni najmowlanej netto)/osobę, przy uwzględnieniu absentyzmu od 10 do 15% i założeniu parametrów: ATTD < 90 s, AWT (up peak) < 30 s, HC5 > od 12% do 15%. ATTD jest parametrem określającym średni czas dotarcia do celu, ATD parametrem określającym średni czas oczekiwania na windę, zaś HC5 jest parametrem określającym procent populacji, który system jest zdolny przewieźć w ciągu 5 minut. Przedziały w przywołanych wartościach wskazują na różnice pomiędzy standardami poszczególnych deweloperów. Jak widać, nie ma w Polsce wypracowanego jednolitego standardu wśród inwestorów, a największe różnice, mające bardzo duży wpływ na wyniki, występują w przyjmowaniu zagęszczeń użytkowników na przestrzeni biurowej.

Dodatkowo pośrednio na dobór urządzeń dźwigowych w wysokościowcach mają wpływ wymagania deweloperów stawiane:

- przyjęciu certyfikacji przyjazności środowiskowej, np. BREEM lub LEED lub cele ograniczenia śladu węglowego – co ma wpływ na przyjmowanie urządzeń energooszczędnych;
- efektywności powierzchni budynku wyrażonej jako stosunek powierzchni najmu do powierzchni całkowitej lub jako maksymalny udział powierzchni szachtów windowych w stosunku do powierzchni całkowitej kondygnacji – co ma wpływ na preferowanie doborów urządzeń typu TWIN lub Double Decker.

Normy międzynarodowe nie odgrywają w warunkach polskich bezpośredniej roli jako podstawa symulacji windowych. Jedynie w 25% badanych przypadków (1 deweloper) jako podstawę traktowano normę: ISO / DIS 8100–32:2020 (E) 5.4.2. Inne międzynarodowe normy – np. CIBSE, Guide D: Transportation systems in buildings (2020) nie są przez deweloperów stosowane.

Zalecenia efektywności działania komunikacji pionowej w budynkach formułowane przez producentów są obecnie przede wszystkim traktowane przez deweloperów jako referencje przy ewentualnych optymalizacjach systemów. W tym wypadku podstawą są wewnętrzne wymagania deweloperów, zaś w przypadku optymalizacji wyniki nie powinny być niższe niż określone przez producentów jako dobre i wyższe. Są to oznaczenia słowne, które przyporządkowane są następującym wartościom: nieakceptowalny: AWT > 30 s, HC5 < 12%, akceptowalny: AWT

< 30%, HC5 > 12%, dobry, AWT < 25 s, HC5 > 13%, bardzo dobry: AWT < 20 s, HC5 > 15% (czyli: unacceptable, fair, good, excellent – oznaczane słownie).

Metodykę i cele stawiane doborom wind jako opis i uśrednienie praktyk rynkowych oddaje publikacja Modern Office Standard Polska [13], wskazując przyjmowanie zagęszczeń jako maks. 14 m² NLA/osobę, HP5 jako 15% oraz AWT jako 30 s.

Z punktu widzenia praktyki biur projektowych zajmujących się budynkami wysokościowymi symulacje działania urządzeń windowych są zlecane zawsze producentom urządzeń, a dodatkowo w niektórych przypadkach od jednego do dwóch biur specjalizujących się w obliczeniach efektywności działania systemów windowych w wypadku, gdy takie zalecenie formułuje deweloper.

Efekty wybranych badań empirycznych

Poszczególne przypadki wyszczególniono w kolejności wykonywania badań. Odnosząc się one do wybranych projektów, które zostały zrealizowane, i przeprowadzonych badań projektowych niezakończonych realizacją. We wszystkich przypadkach wypracowano szczegółowe rozwiązania wielobranżowe, które zostały przyjęte przez inwestorów i deweloperów. Każdorazowo krokami wykonania symulacji były: zebranie danych budynków, wybór wzoru ruchu wind, symulacje ruchu wind, analiza i wnioski, korekta danych, wykonanie kolejnych iteracji lub zamknięcie symulacji jako zoptymalizowanej.

• Budynek biurowy w Warszawie przy ul. Puławskiej

Projekt zrealizowany w 2013 roku, obejmuje łącznie 76 134 m² powierzchni całkowitej nadziemnej, z czego 36 417 m² powierzchni wynajmowanej biurowej netto (NLA). Powierzchnia ta zorganizowana jest w sześciokondygnacyjnym stylobacie oraz dwudziestotrzykondygnacyjnej wieży. Część stylobatu miała oddzielnie od wieży zorganizowaną komunikację mechaniczną zawierającą urządzenia windowe oraz schody ruchome.

Badania nad częścią wieżową – wysokościową obejmowały symulacje działania grup wind połączone z analizami ukształtowania trzonu windowego w bryle wieży. Symulacje zostały wykonane czterokrotnie, przez trzech wiodących dostawców urządzeń. Łącznie wykonano 12 symulacji sprawdzanych projektowo poprzez analizy rozwiązań trzonu i kondygnacji wieży. Założeniami symulacji były: wysokość kondygnacji 3,6 metra, populacja 87 osób na kondygnację wieży (przyjęto zagęszczenie 1 osoba/10 m² NLA) oraz wysokość podnoszenia 82,75 m.

Wyniki przyjęte do projektu to podział na dwie grupy windowe: low-rise – obsługującą podium sześciokondygnacyjne, oraz high-rise

obsługującą kondygnacje 7–23. Podział na obie grupy i rozmieszczenie urządzeń wskazano na rys. 1. Low rise przyjęto jako grupę 4 wind 1000 kg (13 osób) o szybkości 1,6 m/s, high-rise jako grupę 6 wind 1275 kg (17 osób) o szybkości 3,5 m/s. Dodatkowo zaprojektowano windę towarowo-pożarową o nośności 1000 kg i szybkości 3 m/s. Osiągnięto ostatecznie następujące, bardzo dobre wyniki dla części wieżowej: AWT (two-way) – 22 s, ATTD – 78,1, HC5 > 15% przy zastosowaniu sterowania DCS.

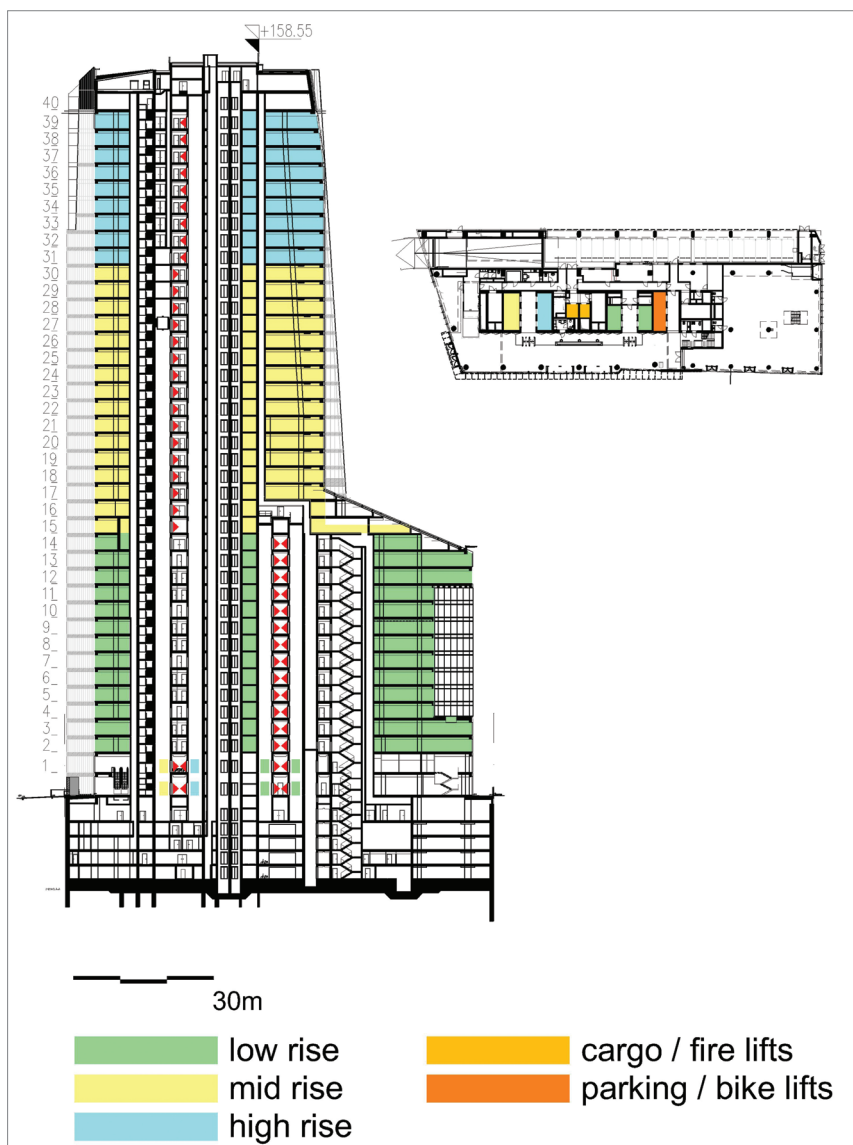
• Budynek biurowy w Warszawie przy al. Jana Pawła II

Projekt zrealizowany w 2016 roku obejmuje łącznie 74 000 m² powierzchni całkowitej nadziemnej, z czego 54 000 m² powierzchni najmowlanej biurowej netto. Powierzchnia ta zorganizowana jest w szesnastokondygnacyjnym stylobacie oraz czterdziestojednokondygnacyjnej wieży. Wysokość budynku wynosi 158,55 m. Całość, co ilustruje rys. 2., została zrealizowana w formie jednej bryty. Obsługę windową zakładano jako zbiór grup wind obsługujących budynek w części stylobatu i wieży.

Symulacje były wykonywane jako wielowariantowe przez czterech dostawców urządzeń. Łącznie wykonano 14 symulacji działania wind. Symulacje wykonywano dla zagęszczeń od 12 do 10 m² NLA / os. przy przyjęciu zagęszczenia 10 m² NLA dla finalnych rozwiązań.

Proces optymalizacji był wymagający, co wynikało z wysoko postawionego przez dewelopera współczynnika efektywności budynku, mającego wynosić więcej niż 50% NLA/GLA. Badania miały więc spełnić zarówno wymagania komfortu obsługi windowej, jak i wymagania związane z koniecznością ograniczenia powierzchni trzonu i efektywności budynku.

Analizowano warianty w układzie wind tradycyjnych, wind typu double-decker oraz wind typu twin. Opracowano dwa warianty finalne oparte na systemach double-decker oraz twin. Oba zakładały obsługę kondygnacji nadziemnych budynku przez 3 grupy windowe: grupę low-rise (LR), czteroszybową, obsługującą 15 kondygnacji, grupę mid-rise (MR), trzyszybową, obsługującą 16 kondygnacji, oraz grupę high-rise (HR), trzyszybową, obsługującą 10 kondygnacji. Wszystkie windy double-decker oraz twin miały zapewnić przystanek na parterze oraz piętrze +1 w celu zapewnienia wejścia do urządzeń na dwóch poziomach. Na poziom +1 z parteru poprowadzono zestaw schodów ruchomych. Dodatkowo założono 2 windy towarowo-pożarowe o nośności 1200 kg i 3500 kg oraz szybkości 3 m/s. Wybrano urządzenia z systemami oszczędności energii – produkcją energii, oświetleniem LED oraz przechodzeniem systemy na stan stand-by.



Rys. 2. Przekrój oraz rzut parteru budynku ze wskazaniem grup wind oraz ich zakresu działania; źródło: opracowanie autora

Wariant double-decker zakładał użycie wind 2×1600 kg w każdym szybie. Dla grupy LR – 3 m/s, dla grupy MR – 4 m/s, dla grupy HR – 6 m/s. Osiągnano odpowiednio: AWT: 23,3 s, 31,1 s, 27,6 s, AWTTD: 71,8 s, 82,3 s, 77,8 s oraz HC5 >16% dla LR i HC5 > 20% dla MR i HR.

Wariant twin składał się z wind o nośności 1500 kg kursujących po dwie w jednym szybie. Dla LR szybkość $2 \times 2,5$ m/s, dla MR 4 m/s i 2,5 m/s. Dla HR – 6 m/s i 4 m/s. Osiągnano odpowiednio: AWT: 19,5 s, 25,1 s, 22,1 s, AWTTD: 79,4 s, 98,6 s, 95,2 s oraz HC5 > 13% dla wszystkich grup.

Ostatecznym rozwiązaniem, zrealizowanym, była opcja z windami typu twin, przy użyciu której osiągnięto wskaźnik 73% NLA/GLA.

• Zespół wielofunkcyjny z wieżami biurowymi przy ul. Towarowej

Projekt niezrealizowany, wykonany w 2017 roku. Program zawierał część usługową:

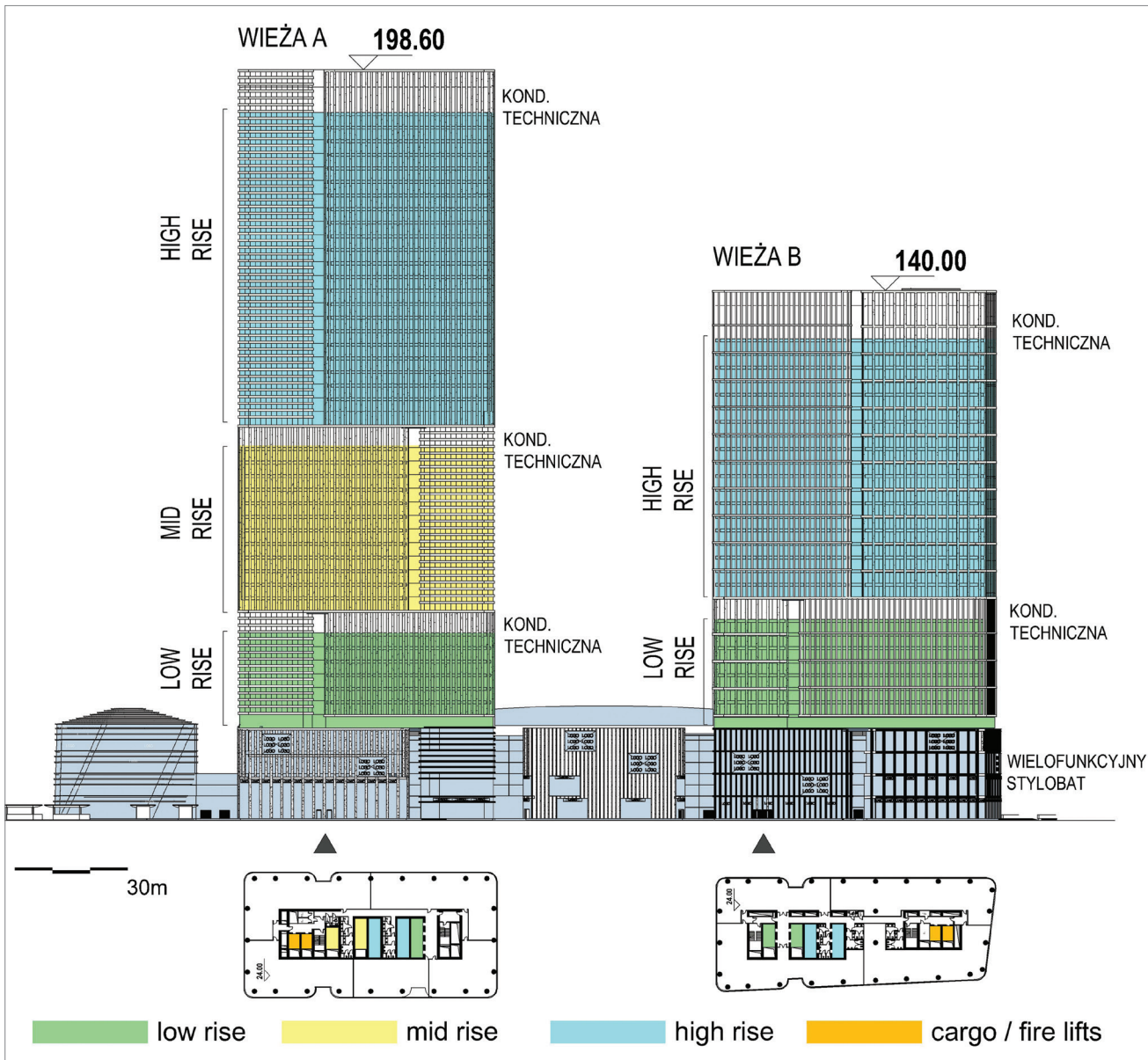
nowoczesny pasaż handlowy z bogatym programem handlowym, rozrywkowym i gastronomicznym zorganizowanym w stylizacji zintegrowanym z dwiema wieżami biurowymi o wysokościach 198 m (wieża A) oraz 140 m (wieża B), co pokazano na rys. 3. Łączna powierzchnia całkowita nadziemna zespołu wynosiła 295 131 m². Obydwie wieże biurowe planowano jako mające wejścia na parterze, zaś powierzchnie biurowe rozpoczynały się ponad usługowym stylizowanym – do piętra 3. Wieża A miała łącznie 48 pięter o powierzchni NLA 71 000 m², wieża B 33 piętra o łącznej powierzchni NLA 44 900 m².

Symulacje były wykonywane jako wielo-wariantowe przez czterech dostawców urządzeń łącznie wykonano 12 symulacji. Dla obydwu wież założeniem wstępnym było umieszczenie wejść na parterze oraz tranzyt wind obsługujących biura przez piętra, na których organizowano usługi. Dla wieży A założono obsługę pięter biurowych przez 3 grupy wind, dla wieży B przez 2 grupy

wind. Dla obu wież wykonywano symulacje dla zagęszczeń o para-metrach 1 osoby na 10 m² NLA oraz 1 osoby na 12 m² NLA. Dla tych wariantów zagęszczeń wykonano symulacje dla urządzeń tradycyjnych (single deck – SD), double-decker (DD) oraz twin (T) w różnych kombinacjach. Dla wieży A sprawdzano kombinacje grup: SD+SD+SD, SD+DD+DD, SD+T+T, dla wieży B: SD+SD, SD+DD, SD+T, gdzie grupy najniższe były zawsze grupami SD.

Ostatecznie potężono zagęszczenie 10 m² w najniższej grupie oraz, ze względu na większy standard biur wyższych – 12 m² w grupach wyższych. Z powodu konieczności minimalizowania trzonu przyjęto finalnie rozwiązanie polegające na użyciu w górnych grupach wież A i B urządzeń typu twin.

Ostatecznym rozwiązaniem dla wieży A była kombinacja: grupy low-rise, obsługującej 7 kondygnacji, zawierającej 4 urządzenia SD o nośności 1600 kg i szybkości 2 m/s, grupy mid-rise, obsługującej 12 kondygnacji,



Rys. 3. Elewacja wschodnia oraz rzut piętra 5. wieży A i B ze wskazaniem grup wind oraz ich zakresu działania; źródło: opracowanie autora

zawierającej 5 szybów wind typu twin – 2 × 1600 kg (4 m/s i 2,5 m/s) oraz grupy high-rise, obsługującej 19 kondygnacji, zawierającej 8 szybów wind typu twin 2 × 1600 kg (7 m/s i 6 m/s). W obu budynkach symulacje uwzględniły stosowanie inteligentnego systemu sterowania windami. Dla takiej konfiguracji osiągnięto wyniki AWT 35 s, ATTD 90 s, HC5 – 12%. Dodatkowo przewidziano dwie windy pożarowo-towarowe o nośności 2000 kg i szybkości 3,5 m/s.

Dla wieży B rozwiązaniem była kombinacja: grupy low-rise, obsługującej 6 kondygnacji, zawierającej 4 urządzenia SD o nośności 1600 kg i szybkości 2 m/s i grupy high-rise, obsługującej 17 kondygnacji, zawierającej 6 szybów wind typu twin 2 × 1600 kg (6 m/s i 4 m/s). Dla takiej konfiguracji osiągnięto

wyniki AWT 32 s, ATTD 90 s, HC5 – 13%. Dodatkowo przewidziano dwie windy pożarowo-towarowe o nośności 2000 kg i szybkości 3 m/s.

Wybrano urządzenia z systemami oszczędności energii – produkcją energii, oświetleniem LED oraz przechodzeniem systemu na stan stand-by.

Dyskusja

Budynki wysokościowe – zwłaszcza te określane mianem drapaczy chmur (czyli o wysokości ponad 100 m) – są wyzwaniem technicznym angażującym najnowsze osiągnięcia inżynierskie. Z punktu widzenia architektonicznego charakteryzują się dużą skalą programu lokalizowanego wewnątrz bryły w stosunku do powierzchni zabudowy. Pomijając kwestie ekonomiczne powodów

i korzyści z ich realizacji, można wskazać, że w dobie budownictwa zrównoważonego, w wypadku świadomej miejskiej lokalizacji, budynki dają korzyści związane z gospodarką przestrzenną.

Jeżeli spojrzeć się na przestrzeń użytkowaną przez człowieka jako ograniczony powierzchniowo zasób – wysokościowce oferują środowisko o większej gęstości użytkowania. Przyczynia się to do ograniczania rozlewania się miast, realizując gęstszą zabudowę w jednym miejscu, a nie mniej gęstą w kilku lub kilkunastu.

Drapacze chmur prowadzą do zbliżenia do siebie funkcji użytkowych: usług, miejsc pracy i terenów mieszkaniowych, co prowadzi do ograniczenia komunikacji. Te cechy sprawiają że przy odpowiednim planowaniu są racjonalnym środkiem powstawania



W ostatnich latach rozwój w zakresie oszczędności energetycznej nabral tempa.

zrównoważonych, ekologicznych miast 15-minutowych. Realizacje drapaczy chmur w XXI wieku są częstsze niż w poprzedzającym go okresie. W dalszym ciągu są i będą atrakcyjnym typem budynku zarówno z punktu widzenia inwestycyjnego, jak i wymienionych walorów planistycznych. Utrzymanie tego trendu może się dziać tylko pod warunkiem jednoczesnego ulepszenia ich rozwiązań inżynierskich, wprowadzania nowych materiałów, polepszania oszczędności energii w systemach obsługujących.

Dla działania tego typu budynków i wzrostu skali związanej z ich realizacją kluczowy jest rozwój rozwiązań komunikacji pionowej. Pod tym względem należy zauważyć, że postęp w technologiach windowych jest nieustanny.

Obecnie istniejące technologie pozwalają na obsługę budynków o wysokości 1000 m [5], czego przykładem jest projekt Kingdom Tower w Arabii Saudyjskiej. Osiągnięcie to jest wynikiem przede wszystkim innowacji materiałowych, pozwalających na wyprodukowanie i wdrożenie do działania lin o odpowiedniej długości i wytrzymałości. Podobne innowacje osiągnięto w zakresie szybkości kabin. Obecnie maksymalne prędkości zainstalowanych wind to ok. 20,5 m/s (Shanghai Tower, Szanghaj, proj. Gensler, gdzie zainstalowano windy Mitsubishi) i 20 m/s (CTC Finance Center w Guangzhou, proj. KPF, gdzie windy dostarczała firma Hitachi) oraz 10 m/s dla wind double-decker (Burj Khalifa, Dubaj proj. SOM, gdzie zainstalowano windy Otis). Obecnie – pionierskie urządzenia wdrażane do produkcji to windy o szybkościach 20 m/s.

Prowadzone badania nad technologią, które zaowocują innowacjami w przyszłości, dotyczą oprócz wymienionych zakresów także stosowania materiałów z odzysku [14] do wystroju kabiny, ulepszenia warunków higienicznych: wyposażenia kabin w oczyszczacze powietrza z zanieczyszczeń i zarazków, wprowadzanie systemów do samodezynfekcji urządzeń [15], wprowadzania wind z kabinami kontrolującymi ciśnienie wewnątrz kabiny i szybkość jego zmiany, co redukuje efekt naciśku na błonę bębenkową podczas jazdy szybkim urządzeniem na większe wysokości.

Zostaną wprowadzone testowane obecnie nowe systemy dostępu, np. rozpoznawanie twarzy, systemy sterowania głosem lub gestem [16, 17]. Zintegrowane oprogramowanie w budynkach wysokościowych pozwoli na uwzględnianie działania systemów komunikacji pionowej z potokami ludzi przed

panelami systemów dedykowania destynacji DCS oraz przestrzenią zewnętrzną [18]. Systemy sterowania zostaną oparte o algorytmy ewolucyjne [19, 20].

Z pewnością dalej rozwijane będą rozwiązania dotyczące bezpieczeństwa we wszystkich jego dziedzinach – od wprowadzenia nowych rozwiązań związanych z hamowaniem i awarią mechaniczną po systemy alarmowe i diagnostyczne. Pod względem bezpieczeństwa równoległe z rozwojem systemów informatycznych nastąpi rozwój zabezpieczeń przed hakowaniem – nieuprawnionym przejęciem kontroli nad działaniem systemu lub kradzieżą informacji.

Wśród obecnych badań wyróżniają się przełomowe technologie związane z napędem i ruchem urządzeń: wprowadzeniem wind elektromagnetycznych [21], wzrostem ilości kabin jednocześnie obsługujących szyb lub zespół łączonych szybów oraz rozwój wind wielokierunkowych – mogących poruszać się pionowo i poziomo, obsługując obiekty wysokościowe o bardzo dużej skali, np. testowany system Multi Thyssen-Krupp, lub testowane systemy 3D Otis [22]. Na horyzoncie pojawiają się także teoretyczne pomysły wind bezlinowych – ropeless [23], wind próżniowych [24] mogących poruszać się w sposób analogiczny do założeń hyperloop [25].

W najbliższych latach należy się także spodziewać wprowadzenia norm lub rozszerzenia istniejących o zdefiniowanie standardu wind przyjaznych środowiskowo.

Przedstawione światowe tendencje badań oraz wdrożeń ich najnowszych osiągnięć przenikną także do Polski, a zwłaszcza do Warszawy, która jest miejscem największej koncentracji drapaczy chmur w Polsce.

Jak wskazują przeprowadzone i opisane wybrane badania empiryczne, najnowsze osiągnięcia techniki komunikacji pionowej są stale wdrażane do realizacji oraz projektów warszawskich. Dotyczy to stosowania urządzeń o coraz większej szybkości rozwiązań podwyższających wydajność i handling capacity systemów – np. double-decker oraz twin, stosowania rozwiązań umożliwiających rezygnację z budowy maszynowni, rozwiązań związanych ze stosowaniem nowoczesnego sterowania – Digital Control Systems oraz, w coraz większym stopniu – rozwiązań proekologicznych – związanych przede wszystkim z oszczędnością energii.

Na tym tle można wnioskować, że kolejne realizacje i projekty warszawskie będą realizować osiągnięcia światowe równoległe z ich wdrażaniem poza granicami Polski.

W pierwszej kolejności, o czym świadczą rozmowy z przedstawicielami producentów i przeprowadzane prace projektowe, będzie to dotyczyć kwestii bezpieczeństwa, higieny oraz sterowania i dostępu.

Poza nowymi realizacjami oraz projektami można spodziewać się także trendu renowacji

i wymian systemów w już istniejących budynkach. Wiązać się do będzie z tendencją do wzrostu jakości obsługi – instalacji szybszych urządzeń, oszczędności energii, a także certyfikacji prośrodowiskowej dla istniejących, starszych budynków.

Z perspektywy prowadzenia badań projektowych nad drapaczami chmur przedstawiona metodyka określenia optymalnego rozwiązania doboru systemu mechanicznej komunikacji pionowej w wysokościowcach nie ma alternatywy.

Można postawić hipotezę, że możliwe jest opracowanie zintegrowanego oprogramowania, które będzie na podstawie zadanych danych wyjściowych: głównie kryteriów działania systemu, wielkości populacji, obrysu budynku, ilości i typów szachtów instalacyjnych i kryterium efektywności rzutu generowało optymalne rozwiązanie doboru urządzeń w planowanym budynku.

Niemniej do momentu ewentualnego powstania takiego narzędzia cykl metodyczny oraz optymalizacje poprzez iteracje rozwiązań przedstawione w niniejszym artykule będą miały zastosowanie w praktyce.

Wnioski

Wnioski z prowadzonych prac projektowych wskazują, że widoczne jest w praktyce inwestycyjnej realizacji biurowych drapaczy chmur w Warszawie stosowanie najnowszych światowych technologii windowych.

Powody są zbieżne z tendencjami globalnymi: dążenia do oszczędności energii, rozwiązań prośrodowiskowych nowych systemów sterowań i kontroli dostępu.

Stosowane są najnowsze systemy kabin: double-decker oraz twin. Powodowane jest to przede wszystkim dążeniem do zwiększenia efektywności ekonomicznej realizacji.

Stosowanie obu z tych rodzajów systemów windowych jest także pochodną trendu zwiększania parametru zagęszczenia użytkowników w przeprowadzanych symulacjach windowych.

Świadczy o tym między innymi stosowanie parametrów niższych niż wskazane w standardach inwestycyjnych MOSP [13], czyli 12 m² na osobę w praktyce projektowej, co znajduje potwierdzenie w wywiadach z wykonawcami symulacji oraz w aktualnych standardach deweloperskich. Jest to świadome działanie o pozytywnych skutkach dla komfortu użytkownika budynków. W jego konsekwencji polepszone jest działanie systemów windowych: mogą one potencjalnie obsługiwać większe populacje niż systemy projektowane wcześniej, co pozwala na szybszy transport, rezerwę w wypadku losowych zdarzeń skutkujących jednorazowym napływem większej niż zakładana liczby podróżnych oraz rezerwę na dogęszczenie niektórych pięter w budynkach – np. na usługi call-center.

Zwiększanie tego parametru jako podstaw symulacji windowych i w efekcie doboru rozwiązania systemu komunikacji windowych świadczy o świadomości inwestorów wagi komfortowego działania komunikacji pionowej w wieżowcach. Jest to wyraźny efekt sytuacji konkurencji przez obiekty biurowe na rynku najmu: obiekty z niepoprawnym rozwiązaniem postrzegane są jako wadliwe, a ich renomę niszczy ustawiająca się codziennie w godzinach szczytu porannego długa kolejka użytkowników starających się o wjazd na wyższe piętra.

Wśród obecnych warszawskich rozwiązań parametrem, który pozornie odbiega od maksymalnych osiągniętych wyników światowych, jest szybkość wind. W warunkach warszawskich najszybsze urządzenia zastosowane obecnie znajdują się w biurowcu Varso [26] – 8 m/s, w którym najwyższe wysokości szybów wynoszą 221 m. W tym zakresie widać postęp 30% w przeciągu około 17 lat – w pierwszej dekadzie XXI najszybszymi urządzeniami w Warszawie były stosowane w obiekcie Rondo 1 windy w części high-rise, o szybkości 6 m/s [27].

Dalekie od największych światowych szybkości wynikają wyjątkowo z mniejszej wysokości budynków warszawskich niż ich światowych odpowiedników. Wskazywane w tekście windy o szybkościach 20 m/s obsługują budynki wyższe, o odpowiedniej długości drogi pozwalającej na rozpędzenie kabiny do tak dużej prędkości.

Pod względem stosowanej metodyki opracowania i wyboru systemu komunikacji pionowej w wysokościach należy zauważyć, że jest ona tożsama z metodyką stosowaną globalnie. W tym zakresie stosowanie najnowszych osiągnięć związanych z prowadzeniem symulacji działania układów wind odbywa się na bieżąco – programy [28], metodyki samej symulacji [29] i algorytmy obliczeniowe [30] stosowane przez producentów są ich standardem globalnym, zaś niezależni konsultanci działający w Warszawie są przede wszystkim firmami zagranicznymi, biorącymi udział w projektach realizowanych na całym świecie.

Reasumując: przedstawione badania empiryczne jasno wskazują na obecność najnowszych światowych rozwiązań stosowanych odpowiednio do skali budynków wysokościowych w Warszawie. Warszawskie i polskie realizacje podążają tym samym torem we wdrożeniach najnowszych rozwiązań metodyki projektowej i doboru urządzeń co ich światowe odpowiedniki. Nie ma oznak wskazujących, że sytuacja ta mogłaby się zmienić w najbliższej przyszłości.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Wood A. (2014), 2014 Best Tall Buildings, Proceedings of the CTBUH Award Ceremony, USA: Illinois Institute of Technology (IIT) Chicago.
 [2] Brass P. (2014), Energy Efficient Elevator Solutions for High-Rise Buildings, CTBUH, USA: CTBUH.

- [3] Broog R. (2012), Green Vertical Transportation: More than Just a Concept, CTBUH, USA: CTBUH.
 [4] De Jong J. (2008), Advances in Elevator Technology: Sustainable and Energy Implications, CTBUH, USA: CTBUH.
 [5] De Jong J. (2014), Innovative Elevator Technologies to Future Proof Your Building, CTBUH: USA: CTBUH.
 [6] Klan G., Edgett S., Armas J., (2012), Advancements in Tall Building Vertical Transportation Design, CTBUH, USA: CTBUH.
 [7] Klote J. (2013), Elevator Pressurization in Tall Buildings, „High Rise Buildings”, vol. 2, no. 2, s. 341–344.
 [8] Sniderman D. (2012), Energy Efficient Elevator, „Technologies”, ASME, vol. 1, no. 9.
 [9] Strakosch G.R., Caporale R.S. (2010), The Vertical Transportation Handbook, USA: John Wiley & Sons, Inc.
 [10] Nemeth B. (2011), Energy-Efficient Elevator Machines, USA: ThyssenKrupp Elevator: Frisco.
 [11] PLGBC (2021), Certyfikacja zielonych budynków w liczbach. Raport 2021, Poland: PLGBC.
 [12] Niezabitowska E.D. (2014), Metody i techniki badawcze w architekturze, Poland: Wydawnictwo Politechniki Śląskiej.
 [13] CBRE, Rolfe Judd (2020), MOSP 2020, Modern Office Standards Poland, Poland: CBRE.
 [14] Shu-Chen L., Hsin-Hsou W., Wei-Ling H., Rong-Jing W., Yan-Chyuan S., Ming-Chin H., Hung-Nien H. (2022), Contact-Free Operation of Epidemic Prevention Elevator for Buildings, „Buildings”, vol. 12, no. 411, doi:10.3390/buildings12040411.
 [15] Gupta S., Tyagi K. Kishor S. (2022), Study and Development of Self Sanitizing Smart Elevator, „Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies”, vol. 90, s. 165–179, doi: 10.1007/978-981-16-6289-8_15.
 [16] Liu X., Huang J.T., Tang X. (2022), Intelligent elevator scheduling algorithm based on image recognition and voice recognition, International Conference on Neural Networks, Information, and Communication Engineering, China: NNICE, vol.12258, doi:10.1117/12.2639296.
 [17] Dwivedi A.K.D., Vaish S.K., Dubey D. (2020), Touchless controls for passenger elevator, International Conference on Power, Instrumentation, Control and Computing, India: PICC, s. 1–6, doi: 10.1109/PICC51425.2020.9362353.
 [18] Zhang P., Shi Y. (2022), Pedestrian attribute recognition in elevator, 2022 IEEE International Conference on Artificial Intelligence and Computer Applications, China: ICAICA, doi: 10.1109/ICAICA54878.2022.9844591.
 [19] Cortes P., Munuzuri J., Vasquez-Ledesma A. (2022), Double deck elevator group control systems using evolutionary algorithms: Interfloor and lunchpeak traffic analysis, „Computers & Industrial Engineering”, vol. 155, no. 5, s. 126–142, doi: 10.1016/j.cie.2021.107190.
 [20] Wang S., Gong X., Song M., Fei C.Y., Quaadgras S., Peng J., Zou P., Chen J., Zhang W., Jiao J.R. (2021), Smart dispatching and optimal elevator group control through real-time occupancy-aware deep learning of usage patterns, „Advanced Engineering Informatics”, vol. 48, no. 4, s. 1–16, doi: 10.1016/j.aei.2021.101286.
 [21] Wood A., Baitz C. (2007), Maglev Goes High Rise? The Potential of Maglev Technology for Vertical High-Rise Elevators, „CTBUH Journal”, vol. 7, no. 7, s. 26–29.
 [22] McDonalds S. (2005), Integrating Three-Dimensional Elevator Systems, Automated People Movers 2005: Moving to Mainstream, 10th International Conference on Automated People Movers, USA: ICAPM: 10.1061/40766(174)53.
 [23] Belmonte M., Trabucco D., (2021), The Ropeless Elevator: New Transportation System for High-rise Buildings (and Beyond), „International Journal of High-Rise Buildings”, vol. 10, no. 1, s. 55–62, doi: 10.21022/IJHRB.2021.10.1.55.
 [24] Mohammed F.M., Mohammed J.A., Naji M.A. (2018), Implementation of an Automated Vacuum Elevator System, „Journal of University of Babylon for Engineering Sciences”, vol. 26, no. 10.
 [25] Zobel H., Pawlak A., Pawlik M., Żółtowski P., Czubacki R., Al-Khafaji T. (2022), Hyperloop – Civil engineering point of view according to Polish experience, „Archives of Civil Engineering”, vol. LXVIII, no. 1, s. 5–26, doi: 10.24425/ace.2022.140153.
 [26] Markowski H., Nowak A. (2019), Korona Warszawa – najwyższe z najwyższych. VARSO, „Builder”, vol. 266, no. 9, s. 80–86, doi: 10.5604/01.3001.0013.3423.
 [27] Cata I. (2005), Rondo 1 – najnowocześniejszy wieżowiec Warszawy, „Materiały budowlane”, vol. 2, no. 2, s. 10–11.
 [28] Adak F.M., Duru N., Duru H.T. (2013), Elevator simulator design and estimating energy consumption of an elevator system, „Energy and Buildings”, vol. 65, no. 4, s. 272–280, doi: 10.1016/j.enbuild.2013.06.003.
 [29] Al-Sharif L., Al-Dem M. (2014), The current practice of lift traffic design using calculation and simulation, „Building Services Engineering Research and Technology”, vol. 35, no. 4, s. 112–120, doi: 10.1177/014362441350444.
 [30] Panagiotis A.M., Argyris J.D. (2022), An integrated mathematical method for traffic analysis of elevator systems, „Applied Mathematical Modelling”, vol. 105, no. 1, s. 50–80, doi: 10.1016/j.apm.2021.12.021.

DOI: 10.5604/01.3001.0054.1431

PRAWIDŁOWY SPOSÓB CYTOWANIA
 Goncikowski Marcin, 2024, Rozwiązania systemów windowych wybranych wysokościowców w Warszawie na tle osiągnięć światowych, „Builder” 01 (318).
 DOI: 10.5604/01.3001.0054.1431

STRESZCZENIE:

Praca poświęcona jest rozwiązaniom warszawskich wysokościowych budynków pod względem systemów komunikacji pionowej. Wybrano przykłady badań przez projektowanie trzech budynków wysokościowych, które wskazują przyjętą metodykę opracowania optymalnych rozwiązań oraz przedstawienie wyników badań ostatecznie wybranego systemu. Celem badań było każdorazowo osiągnięcie wyjściowych kryteriów działania systemu. Prowadzono je przez iterację różnych konfiguracji systemu. Wybierano rozwiązania optymalne pod względem efektywności budynku oraz elastyczności najmu. Badania empiryczne i ich wyniki przedstawiono na tle osiągnięć światowych.

SŁOWA KLUCZOWE:

budynek biurowy, drapacz chmur, system, windy, wysokościowiec, Warszawa

ABSTRACT:

SOLUTIONS OF ELEVATOR SYSTEMS OF SELECTED HIGH-RISE BUILDINGS IN WARSAW ON THE BACKGROUND OF GLOBAL ACHIEVEMENTS. The work is devoted to the definition of solutions for skyscraper office buildings in Warsaw against the background of the latest global technology of vertical communication systems.

For this purpose, the paper presents the examples of research by design of three high-rise buildings in Warsaw, which indicate the adopted methodology of developing optimal solutions in the field of elevator service as well as the results of research and finally selected systems. The aim of the research was to achieve the initial criteria for the system's operation. The research was carried out by iterating and varianting various configurations of the system and checking it as the basis for building core solutions. Solutions that met the defined criteria were optimal in terms of building efficiency and rental flexibility. Empirical research and its results are presented against the background of world achievements. The results indicate that both the research methodology and the systems used follow the contemporary development of the latest globally present solutions.

KEYWORDS:

elevators, high-rise buildings, office, skyscraper, system, Warsaw