

BIBLIOGRAFIA

- [1] Nowak-Dzieszko K., Rojewska-Warchał M., Simulation analysis of microclimate conditions in a multi – family large panel building. *Czasopismo Techniczne Budownictwo* ISSN 1897 – 628X 3 – B/2014 s. 379–387
- [2] Nowak-Dzieszko K., Rojewska-Warchał M., Influence of shadings systems on the microclimate conditions in the large panel building. *Czasopismo Techniczne Budownictwo* ISSN 1897 – 628X 3 – B/2014 s. 371–377
- [3] Nowak-Dzieszko K., Rojewska-Warchał M., Analiza symulacji na komfortu cieplnego w wielokopłytowym budynku wielorodzinnym. *Materiały Budowlane* 8/2014, ISSN 0137-2971 s.47–49

WYKORZYSTANE MATERIAŁY

- [1] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać

- budynki i ich usytuowanie (Dz.U. nr 75, poz. 690 z późn. zm. ogłoszonymi w Dz.U. z 2003 r. Nr 33, poz. 270, z 2004 r. Nr 109, poz. 1156, z 2008 r. Nr 201, poz. 1238, z 2009 r. Nr 56, poz. 461, z 2010 r. Nr 239, poz. 1597, z 2012 r. poz. 1289 oraz z 2013 r., poz. 926
- [2] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 3 czerwca 2014 r., w sprawie metodologii obliczania charakterystyki energetycznej budynku i lokalu mieszkalnego lub części budynku stanowiącej samodzielną całość techniczno-użytkową oraz sposobu sporządzania i wzorów świadectw charakterystyki energetycznej
- [3] PN-EN6946, Komponenty budowlane i elementy budynku. Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła. Metoda obliczania
- [4] PN-EN ISO 7730 Ergonomia środowiska termicznego – Analityczne wyznaczanie i interpretacja komfortu termicznego z zastosowaniem obliczania wskaźników PMV i PPD oraz kryteriów miejscowego komfortu termicznego

Wpływ mostków termicznych w istniejących i modernizowanych budynkach systemowych W70

Mgr inż. Katarzyna Nowak-Dzieszko, mgr inż. Małgorzata Rojewska-Warchał, dr inż. Jacek Dębowski, Politechnika Krakowska

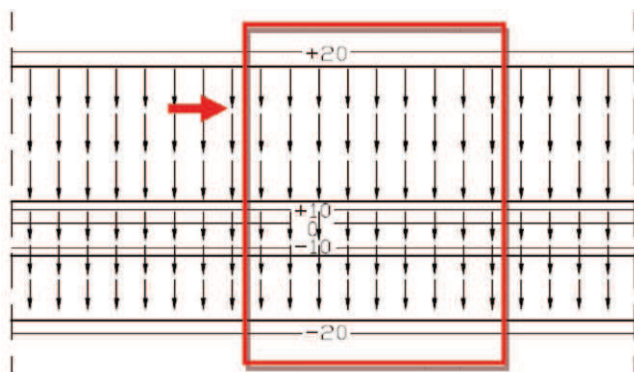
1. Wprowadzenie

Rozpoczęty w latach 90. wielki boom na termomodernizację, a co za tym idzie na oszczędność energii, przy wciąż zmieniających się wymaganiach termicznych spowodował, że budynki systemowe, które zostały zaprojektowane i wykonane w latach 70. i 80. muszą zostać poddawane zabiegom dociepleniowym. Mało tego, te które jako jedne z pierwszych zostały tym zabiegom poddane, w obecnej chwili ponownie wymagają docieplenia

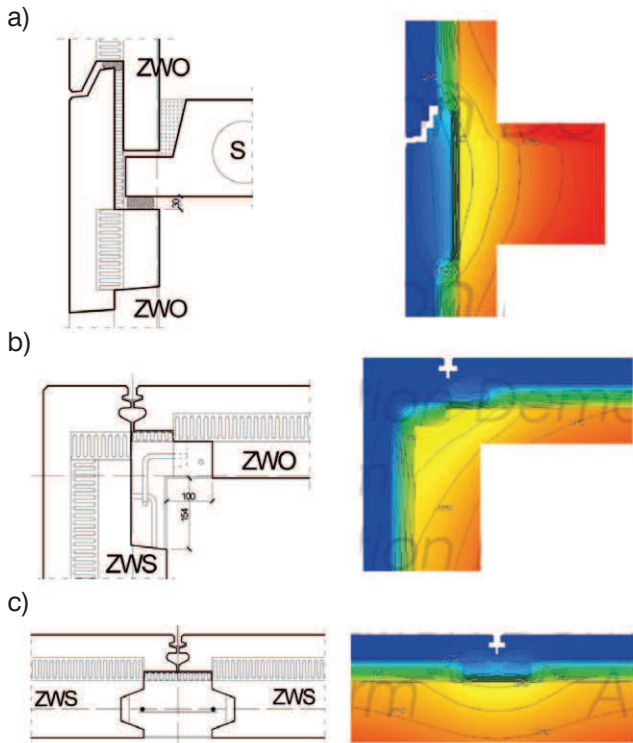
bądź jego remontu. Wynika to przede wszystkim z faktu, że grubość warstwy termicznej, zastosowana 15 lat temu (wówczas 5 cm) nie spełnia obecnych wymagań WT [1], a ponadto sama jakość wykonania ocieplenia wymusza jego naprawę. Dominującym kryterium podczas tzw. szeroko rozumianej termomodernizacji budynków systemowych jest poprawa charakterystyki energetycznej ścian, w ramach której podejmowane są najczęściej wyłącznie działania dociepleniowe. Pomijana jest zwykle kompleksowa analiza cieplna obudowy budynku z uwzględnieniem tak istotnego w bilansie energetycznym wpływu mostków cieplnych, szczególnie tych występujących w miejscach połączeń systemowych oraz balkonów i ich obudów.

2. Analiza mostków termicznych

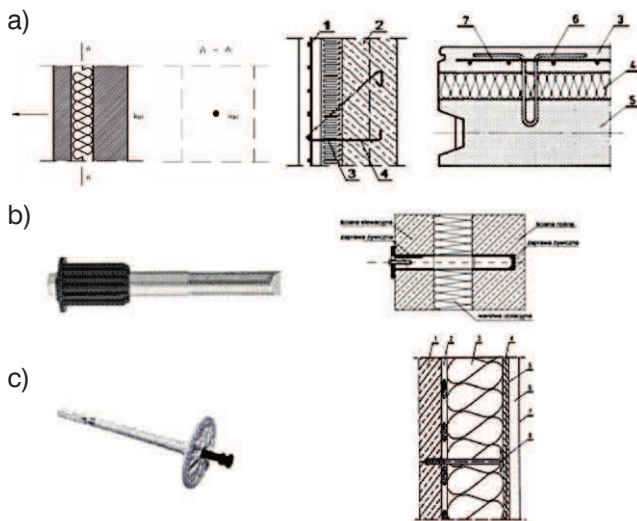
W projektowaniu przegród budowlanych pod kątem cieplno-wilgotnościowym przyjmowane jest najczęściej tylko kryterium grubości izolacji termicznej dobieranej tak, aby spełnione były wymagania [1] dotyczące maksymalnej wartości współczynnika przenikania ciepła U . Dla ścian zewnętrznych do końca 2013 roku był równy $0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$, obecnie $0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$, od 1 stycznia 2021 wartość ta nie będzie mogła przekraczać



Rys. 1. Rozkład temperatur oraz gęstości strumienia ciepłego w przegrodzie jednorodnej

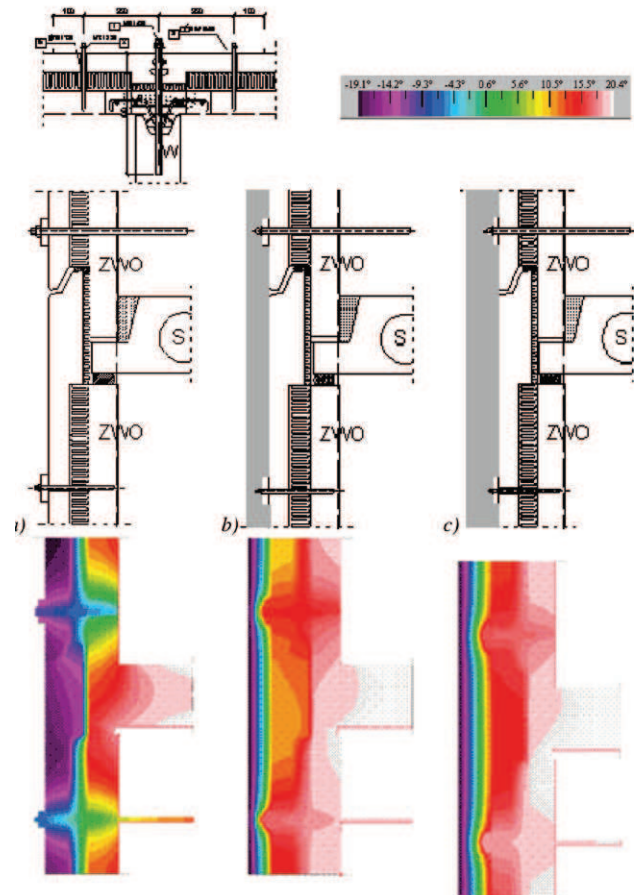


Rys. 2. Węzły systemowe i rozkład izoterm występujących w węzłach



Rys. 3. Przykłady punktowych mostków cieplnych w konstrukcjach wielkopłytytowych: a) wieszak systemowy w elemencie wielkopłytytowym, b) dodatkowa kotew wzmacniająca ścianę osłonową [3], c) kołek do mocowania izolacji [4]

0,20 W/m²K. W rzeczywistości, o izolacyjności przegrody decyduje nie tylko wartość współczynnika U , lecz tzw. gęstość strumienia cieplnego. W analizach rozważana jest zwykle płaska przegroda jednorodna lub warstwowa złożona z materiałów jednorodnych o stałej grubości, w której przepływ ciepła (strumień) jest jednowymiarowy. W tak określonym sposobie przepływu ciepła przez przegrodę izotermy są równoległe, natomiast linie gęstości strumienia cieplnego prostopadłe do powierzchni przegrody (rys. 1).



Rys. 4. Rozkład temperatur dla wzmocnienia z zastosowaniem stalowej tulei dystansowej wykonane w programie AnTherm: a) bez dodatkowej warstwy izolacyjnej, b) z dodatkową zewnętrzną 6 cm warstwą izolacyjną, c) z dodatkową zewnętrzną 10 cm warstwą izolacyjną [3]

W rzeczywistych przegrodach budowlanych, a zwłaszcza w budynkach systemowych, występują liczne przypadki odbiegające od schematu przegrody jednorodnej. W wyniku zmian geometrii wymuszonych konstrukcyjnie lub materiałowo, w przegrodzie może występować dwu- lub trójwymiarowy przepływ ciepła, a wszelkie tego typu odstępstwa prowadzą do odchylenia izoterm i linii gęstości strumienia cieplnego w stosunku do nakreślonego powyżej układu; przykłady przedstawiono na rysunku 2. Prowadzi to również do znacznych zaburzeń rozkładu temperatur w przekroju i na powierzchniach przegród, a zmiana ta powinna być uwzględniona przy obliczaniu współczynnika strat ciepła H_{tr} .

Co więcej, w budownictwie wielkopłytytowym występują również systemowe wieszaki i szpilki o wysokiej przewodności cieplnej, łączące warstwę fakturową z warstwą nośną, a przebijające warstwę izolacyjną (rys. 3a). Przy dodatkowym wzmocnieniu zakotwienia warstwy fakturowej z warstwą nośną ścian ZWS i ZWO oraz mocowaniu do ciepłota do warstwy fakturowej występują kotwy powodujące zwielokrotnienie tego efektu (rys. 3b,c). Wpływ tych kotew jest uwzględniany przy wyznaczaniu współczynników przenikania ciepła przegród w postaci tzw. poprawek



Rys. 5a. Złuszczenia farby i zawilgocenia tynku ściany w obrębie parapetu w budynku po wadliwym dociepleniu ścian zewnętrznych

obliczanych na podstawie Załącznika D do normy [2]. Analiza termiczna wpływu wzmocnień budynków wielkopłytowych wskazuje, że typ wzmocnienia i grubość dodatkowej izolacji termicznej mają istotny wpływ na lokalną zmianę izolacyjności ściany osłonowej ZWO w obszarze wykonanych wzmocnień złącz pionowych ZWO-W-ZWO (rys. 4). Potwierdzają to analizy wykonane w pracy [3], w których wykazano, że uśredniony współczynnik przenikania ciepła U , wyznaczony dla obszaru wykonanego wzmocnienia jest znacznie większy niż w strefie poza wzmocnieniem. Dla wariantu bez docieplenia wynosi on $3,58 \text{ W/m}^2\text{K}$, przy dociepleniu 6 i 10 cm izolacji wartość zmniejsza się odpowiednio do $0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ i $0,4 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Niestety, miejsc z wielokierunkowym przepływem ciepła nie daje się opisać prostymi metodami analitycznymi, dlatego też konieczne jest stosowanie metod obliczeniowych bazujących na MES (Metodzie Elementów Skończonych).

W kompleksowym bilansie energetycznym budynku, względny wpływ występowania mostków termicznych jest większy w przypadku budynków po dociepleniu. Wynika to z faktu, iż im niższy jest współczynnik przenikania



Rys. 6a. Uszkodzenie warstwy fakturowej i zbrojącej na skutek wadliwego wykonania docieplenia w obszarze złącza ZWO-ZWO-S



Rys. 5b. Zawilgocenia tynku w obszarze nadproża okiennego w obrębie złącza stropodachu w budynku, po dociepleniu ścian zewnętrznych

ciepła ściany, tym większy jest wpływ mostków na całkowite straty ciepła. Ponadto ze względu na znaczne ograniczenia infiltracji powietrza przez przegrody, a także lokalne obniżenia temperatur w miejscach występowania mostków może nastąpić zawilgocenie i zagrzybnienie ścian powodujące uszkodzenia tynków oraz warstw wykończeniowych (rys. 5).

3. Zawilgocenie na powierzchni przegrody

Analizując przegrodę pod względem wilgotnościowym, należy zwrócić uwagę na bardzo istotne zjawiska związane z transportem wilgoci, takie jak kondensacja wstępna oraz ryzyko powstania pleśni na powierzchni przegrody. Występowanie pleśni na wewnętrznych powierzchniach przegród w budynkach jest zjawiskiem niedopuszczalnym. Miejscem najbardziej narażonym na wystąpienie grzybów pleśniowych są powierzchnie opisanych wcześniej mostków cieplnych, gdzie temperatura powierzchni wewnętrznej przegrody jest najniższa. Sprzyjającymi warunkami do rozwoju w tych miejscach pleśni jest wysoka wilgotność względna powietrza przy powierzchni przegrody, co istotne – do rozwoju



Rys. 6b. Odstąpienie warstwy docieplenia w obszarze złącza ZWO-ZWO-S

pleśni może dojść już wówczas, gdy wilgotność ta przekroczy wartość 80% [6]. Tak więc do jej powstania nie jest konieczna kondensacja pary wodnej na samej powierzchni przegrody.

Ryzyko wystąpienia kondensacji powierzchniowej ocenia się zgodnie z PN EN 13788 [6] w oparciu o wartość bezwymiarowego współczynnika temperaturowego f_{Rsi} , będącego funkcją temperatury wewnętrznej, zewnętrznej oraz temperatury powierzchni przegrody θ_{si} . Na podstawie wartości minimalnej dopuszczalnej temperatury powierzchni $\theta_{si,min}$, poniżej której wilgotność względna na powierzchni przekroczy wartość 80%, określa się minimalny czynnik temperaturowy f_{Rsimin} . Wymaganie dotyczące zabezpieczenia przed powstaniem pleśni jest spełnione, jeśli wartość współczynnika f_{Rsi} jest większa od minimalnej wartości f_{Rsimin} podanej w przepisach budowlanych lub normie narodowej. Według [1] dopuszcza się przyjmowanie minimalnej wartości f_{Rsi} równej 0,72.

Problem powstawania pleśni w budynkach z wielkiej płyty dotyczy w szczególności obiektów, w których tradycyjna drewniana stolarka okienna została zastąpiona nową, szczelną wykonaną z PCV. Bardziej szczelne okna podwyższają wilgotność względną powietrza wewnętrznego, co może prowadzić do powstania pleśni.

W budynkach systemowych występowanie licznych mostków jest charakterystyczną wadą ścian zewnętrznych nieocieplanych, która wynika z konstrukcji łączący pomiędzy ścianami i stropami. Niestety przygotowywana obecnie dokumentacja projektowa termomodernizacji bloków z wielkiej płyty, nie zawiera praktycznie żadnych detali docieplenia złączy. Wszystkie mostki cieplne powinny być uwzględniane w obliczeniach ciepło-wilgotnościowych każdego budynku, a zwłaszcza budynku systemowego. W Polsce od 1991 r. funkcjonuje katalog detali systemów budownictwa wielkopłytyowego [7], który był uzupełnieniem do normy PN-91/B-02020 [8]. Niemniej jednak, ze względu na dużą liczbę różnego rodzaju systemów wielkopłytyowych, nie obejmuje on wszystkich przypadków. Ponadto znaczny postęp i rozwój, wprowadzanych na rynek, materiałów izolacyjnych spowodował, że katalog ten znacznie się zdezaktualizował.

4. Analiza termiczna typowego węzła ZWO-ZWO-S

W tabeli 1 przedstawiono przykładową analizę wybranego złącza systemowego ZWO-ZWO-S wraz z obliczonymi wartościami współczynnika przenikania ciepła U , liniowego współczynnika przenikania ciepła mostka Ψ , czynnika temperaturowego f_{Rsi} , wilgotności względnej na powierzchni mostka ϕ , w zależności od grubości ocieplenia. Analizę przeprowadzono w programie An-Therm, a do obliczeń, wartość θ_e przyjęto, zgodnie z PN-EN ISO 13788:2003 [5] minimalną średnią miesięczną temperaturę termometru suchego z klimatycznych

Tabela 1. Węzeł w obszarze złącza poziomego dwóch płyt osłonowych ZWO i stropu S [3]

Szczegół skala 1:10		Parametry materiałów				
		Lp.	nazwa materiału	d [cm]	λ [W/mK]	
		1	warstwa fakturowa	6	1,7	
		2	izolacja	6	0,05	
		3	warstwa nośna betonu	8	1,7	
		4	izolacja	2	0,05	
		5	plomba	2	0,07	
		6	zaprawa cementowa	3	1	
		7	zaprawa cementowa	-	1	
		8	materiał elastyczny	-	0,09	
		9	szkleno-nierost	-	0,18	
10	EPS fasada	8	0,04			
		Parametry stref i powierzchni				
		$T_i = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ $T_e = -2,6 \text{ }^\circ\text{C}$ $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$ $R_{si} = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$				
Szczegół docieplenia styropianem skala 1:10		Parametry w zależności od grubości docieplenia				
		λ [W/mK]	0,04			
		s [cm]	0	5	10	15
		U [W/m²K]	0,689	0,37	0,253	0,192
		Ψ [W/mK]	0,293	0,095	0,029	0,016
		Ψ [W/mK]	0,444	0,155	0,1	0,076
		θK [°C]	16,54	18,49	19,01	19,27
		θL [°C]	16,77	18,58	19,07	19,31
f _{Rsi}	0,65	0,93	0,96	0,97		
φ _{max} [%]	80,5	90,91	94	95,5		

danych statystycznych dla stacji meteorologicznej Kraków-Balice, wynoszącą $-2,6^\circ\text{C}$. Natomiast jako θ_i przyjęto wg [1] wartość 20°C .

W wyniku symulacji wykonanej w programie określono liniowy współczynnik przenikania mostka oraz najniższą temperaturę na wewnętrznej powierzchni przegrody. Dodatkowo ustalono maksymalną wartość wilgotności względnej powietrza wewnętrznego ϕ_{max} , przy której, dla powyższych warunków temperaturowych, nie zajdzie jeszcze ryzyko powstania pleśni.

Z przedstawionego poniżej przykładu wynika, że stosowane wcześniej ocieplenie cienką warstwą styropianu np. 5 cm (wartość U nie spełnia obecnych wymogów zawartych w [1]), powoduje gwałtowny spadek współczynnika przenikania ciepła U i liniowego współczynnika przenikania ciepła Ψ . Natomiast kolejne zwiększenie grubości styropianu, znacznie poprawia wartość współczynnika U , ale nie powoduje już tak gwałtownych zmian współczynnika Ψ . Poddaje to w wątpliwość sens dalszego pogrubienia izolacji poza wymagane min U , a wręcz ukierunkowuje na dokładniejszą analizę pod względem dopracowania szczegółu samego rozwiązania. Potwierdza to również nieznaczna zmiana, wskaźnika f_{Rsi} przy kolejnych zmianach grubości izolacji (z 10 na 15 cm).

Istotne jest, że przyjęta symulacja docieplenia węzłów zakłada poprawną realizację pod kątem wykonawczym (brak jakichkolwiek szczelin pomiędzy elementami ocieplenia,

odpowiednia grubość i parametry materiałowe), dlatego dla uzyskania właściwego (złożonego) efektu minimalizacji lub całkowitej likwidacji mostka cieplnego konieczne jest dokładne wykonanie ocieplenia poszczególnych złączy. Niestety założenia te nie zawsze bywają spełniane, co pokazują przytoczone poniżej przykłady (rys. 6).

BIBLIOGRAFIA

- [1] Ligęza W., Dębowski J., Nowak-Dziesko K., Rojewska-Warchał M., Zagadnienia remontowe i modernizacyjne w budynkach z „Wielkiej Płyty”, w: Naprawy i wzmocnienia konstrukcji budowlanych. Konstrukcje żelbetowe, t. II., Wyd. PZITB Oddział w Gliwicach, 2014, 341-441
- [2] Dębowski J., Wpływ ukrytych wad wykonawczych na trwałość budynków wielkopłytowych, Praca doktorska, Politechnika Krakowska, Kraków 2008
- [3] Adamczyk J., Analiza mostków termicznych w systemowym budownictwie mieszkaniowym z elementów wielkopłytowych – praca dyplomowa pod kierunkiem Jacka Dębowskiego, Politechnika Krakowska, Kraków 2013 r.

WYKORZYSTANE MATERIAŁY

- [1] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. nr 75, poz. 690 z późn. zm. ogłoszonymi w Dz.U. z 2003 r. Nr 33, poz. 270, z 2004 r. Nr 109, poz. 1156, z 2008 r. Nr 201, poz. 1238, z 2009 r. Nr 56, poz. 461, z 2010 r. Nr 239, poz. 1597, z 2012 r. poz. 1289 oraz z 2013 r., poz. 926
- [2] PN-EN6946, Komponenty budowlane i elementy budynku. Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła. Metoda obliczania
- [3] Aprobata Techniczna ITB AT-15-6173/2010, Łączniki klejane HWB do wzmocnienia betonowych ścian warstwowych
- [4] Koelner SA, AT –15 –3248/98 + ANEKS
- [5] PN-EN ISO 13788:2003, Ciepłno-wilgotnościowe właściwości komponentów budowlanych i elementów budynku – Temperatura powierzchni wewnętrznej konieczna do uniknięcia krytycznej wilgotności powierzchni i kondensacja międzywarstwowa – Metody obliczania
- [6] PN-EN ISO 10211:2008, Mostki cieplne w budynkach
- [7] Materiały pomocnicze do PN-91/B-02020, Ochrona cieplna budynków, ITB, Warszawa 1991
- [8] PN-91/B-02020, Ochrona cieplna budynków – Wymagania i obliczenia

Analizy dynamiczne w projektowaniu kładek dla pieszych

Dr inż. Marek Pańtak, Politechnika Krakowska

1. Analizy dynamiczne kładek dla pieszych

Kładki dla pieszych o średniej i dużej rozpiętości przęseł często charakteryzują się zwiększoną podatnością dynamiczną na oddziaływania dynamiczne pochodzące od ich użytkowników, powstające w normalnych warunkach użytkowania podczas chodu i biegu lub w warunkach oddziaływań wyjątkowych (akty wandalizmu) w postaci skoków i przysiadów. Duże znaczenia na etapie projektowania konstrukcji odgrywają analizy dynamiczne prowadzące do wyznaczenia poziomu drgań konstrukcji i oceny komfortu jej użytkowania. Analizy te stają się szczególnie istotne w przypadku projektowania smukłych i lekkich stalowych kładek dla pieszych charakteryzujących się małą masą, małą sztywnością oraz niskim poziomem tłumienia drgań. Na etapie projektowania konstrukcji tego typu istotne jest wykonywanie wstępnej analizy dynamicznej konstrukcji obejmującej wyznaczenie jej częstotliwości i postaci drgań własnych oraz analiza krytycznego zakresu częstotliwości związanych z ryzykiem wystąpienia drgań rezonansowych. W przypadku występowania ryzyka rezonansu konieczne jest wykonanie dalszych obliczeń dynamicznych (analiza drgań wzbudzonych) uwzględniających dynamiczne oddziaływania pieszych o naturze codziennej, takich

jak chód i bieg pojedynczych pieszych oraz ich większych grup. W przypadku kładek dla pieszych zlokalizowanych w ciągu tras o dużym natężeniu ruchu pieszych, kładek w centrach miast, kładek w sąsiedztwie dworców, obiektów sportowych oraz obiektów i terenów rekreacyjnych, a także kładek o dużych rozpiętościach przęseł i/lub nowoczesnej (prototypowej, nietypowej) formie konstrukcyjnej, w celu zapewnienia komfortu użytkowania konstrukcji wskazane jest uwzględnianie w analizach dynamicznych, oprócz oddziaływań o naturze codziennej, również oddziaływań rzadkich. Na rysunku 1 przedstawiono ogólny schemat blokowy procedury analizy dynamicznej i oceny komfortu użytkowania kładek dla pieszych. Kolejne kroki analizy pozwalają ustalić podstawowe parametry dynamiczne analizowanej konstrukcji, parametry obciążeń dynamicznych i w efekcie prowadzą do określenia maksymalnej wartości przyspieszeń drgań pomostu kładki i ocenę komfortu jej użytkowania.

1.1. Krytyczny zakres częstotliwości i modele dynamicznych oddziaływań użytkowników

Ważnym wstępnym etapem analizy są kroki nr 1 i 2 dotyczące określenia częstotliwości i postaci drgań własnych analizowanej konstrukcji oraz krytycznego zakresu