

# Badania izolacyjności cieplnej przegród budowlanych w zabytkowych pawilonach podlaskiego instytutu kultury

PIOTR DUNAJ<sup>1,\*</sup>, PAWEŁ DUNAJ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Politechnika Białostocka, emeryt

<sup>2</sup>PPUH DUNA,P. Dunaj

**Streszczenie:** Przedmiotem artykułu są cztery zabytkowe budynki zbudowane na planie koła o średnicy 18 metrów. Oświetlenie naturalne wewnątrz zapewnione jest głównie przez świetliki stożkowe. Świetliki te oparte są na specjalnie zaprojektowanych konstrukcjach w postaci koron stalowych. Obciążenia z dachu i ze świetlików przekazywane są przez korony na 16 lin stalowych ułożonych stycznie do koron. Obiekty zabytkowe podlegają Wojewódzkiemu Konserwatorowi Zabytków. W związku z planowaną modernizacją budynków wykonano ocenę stanu technicznego konstrukcji oraz wyznaczono wartości współczynników przenikania ciepła U w poszczególnych przegrodach budowlanych.

**Słowa kluczowe:** współczynnik przenikania ciepła U

## 1. Informacje ogólne.

Budynki te zaprojektowano w roku 1973 [13] zgodnie z ówczesnie obowiązującymi normami i wytycznymi projektowymi. Jest to kompleks czterech oddzielnie stojących pawilonów jednokondygnacyjnych (obecnie z podpiwniczeniem) połączonych ze sobą łącznikami oraz częścią gospodarczą. Poszczególnym budynkom nadano symbole – A, B, C, D, a część gospodarczą z łącznikami nazwano „łącznikami”. Układ pawilonów pokazano na rys. nr 1 i nr 2.

Całość ze względu na swój kształt nazywana jest potocznie „Spodkami”.

Budynki wybudowane zostały w 1974 roku jako jedno z najważniejszych wydarzeń centralnych dożynek z udziałem najwyższych władz.

Przed wejściem głównym do kompleksu pawilonów znajdują się miejsca postojowe, a budynki otoczone są nawierzchnią gruntową nieutwardzoną, porośniętą roślinnością trawiastą i zielenią wysoką – rys. 1.

---

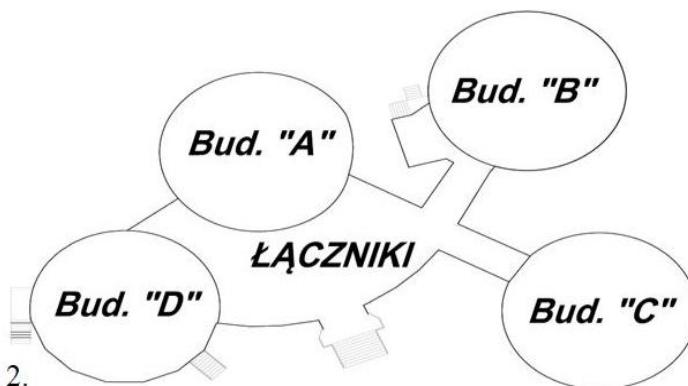
\*Autor do korespondencji: pidunaj@gmail.com



Rys. 1.

Rys. 1. Widok z lotu ptaka na przedmiotowy kompleks budynków wystawienniczo-gastronomicznych (źródło: Podlaski Instytut Kultury).

Każdy z czterech budynków ma ok 250 m<sup>2</sup> powierzchni na każdym poziomie i pełni inną funkcję: od Galerii, tymczasowego Teatru po Kawiarnię oraz salę bankietowo-weselną. Obecnie jest to siedziba Podlaskiego Instytutu Kultury i centrum wystawienniczo-kulturalnego.



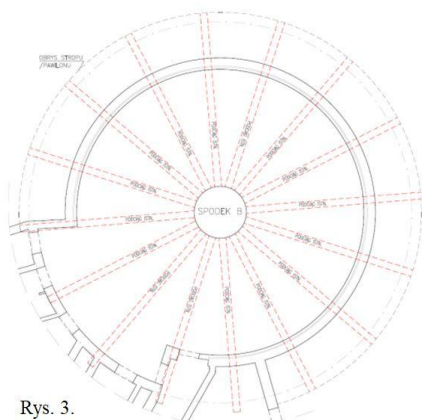
Rys. 2.

Rys. 2. Schemat układu i oznaczenia pawilonów w kompleksie wystawienniczo-gastronomicznym.

### Charakterystyka konstrukcyjna pawilonów.

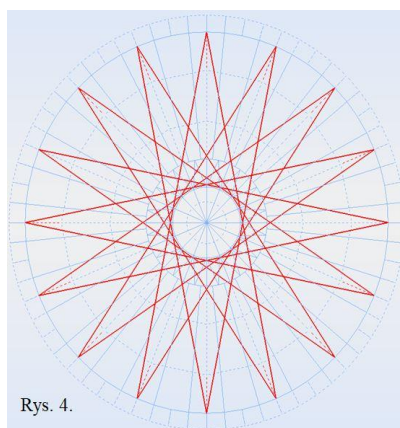
Pawilony charakteryzują się oryginalnością rozwiązań architektonicznych i konstrukcyjnych. Układ obiektów składa się z 4 pawilonów połączonych łącznikami (rys. 2). Pawilony są budynkami parterowymi, w niektórych pierwotnie bez piwnic użytkowych. Z czasem wykonano podpiwniczenie pod wszystkimi pawilonami. Konstrukcje obiektów opracowano w sposób niewątpliwie racjonalny.

Fundamenty to konstrukcje żelbetowe wykonane w technologii monolitycznej. Pod częścią centralną pawilonów wykonano fundament płytowy o kształcie kołowym – zbrojony promieniście i obwodowo. Natomiast pod ścianami zewnętrznymi i ścianami łączników – znajdują się ławy obwodowe. Fundamenty okrężne zbrojone są poprzecznie z wewnętrznym wieńcem podłużnym. Poziom posadowienia fundamentów pomiędzy poszczególnymi pawilonami jest wyraźnie zróżnicowany i każdy ze Spodków posadowiony jest na innej rzędnej.



Rys. 3.

Rys. 3. Schemat rozmieszczenia żeber stropowych/podciągów na przykładzie Spodka D.



Rys. 4.

Rys. 4. Schemat rozmieszczenia lin stalowych na których oparta jest konstrukcja dachów.

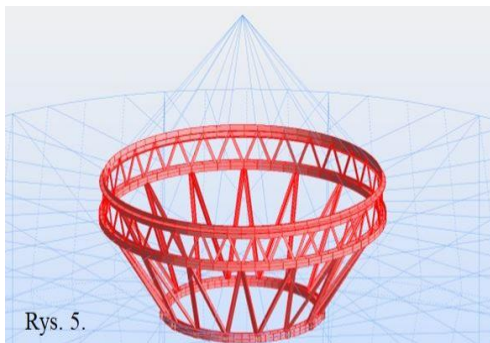
Wszystkie pawilony zostały oparte na tej samej koncepcji konstrukcyjnej, a mianowicie:

## Fundamenty.

### Ściany fundamentowe.

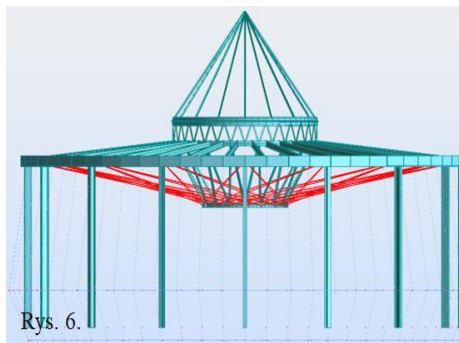
Ściany fundamentowe wykonano jako murowane z bloczków betonowych M-4 i M-2 na zaprawie cementowej. Ściana jest zakończona wieńcem żelbetowym na poziomie zerowym co zapewnia konstrukcji wystarczającą wytrzymałość i stateczność całego obiektu. Na płycie centralnej znajduje się żelbetowa studnia balastowa wykonana z kręgów żelbetowych wypełnionych betonem, który stanowi przeciwwagę dla reakcji ujemnej żeber stanu zerowego.

Żebra stropu poziomego zerowego. Strop na poziomie zerowym ułożony jest na promieniście układzie 16 żeber żelbetowych. Część żeber pracuje jako belka jednoprzęsłowa wolnopodparta, a część jako belki jednoprzęsłowe, jednostronnie przewieszzone – rys. 3. Końce belek wspornikowo przewieszonych zwieńczone są wieńcem żelbetowym, na którym ustawiona jest skośna ścianka osłonowa z cegły silikatowej. Ponadto dla usztywnienia belek i umożliwienia montażu słupów stalowych ścian umieszczono na ich końcach, wewnątrz żeber dwuteowniki I 240.



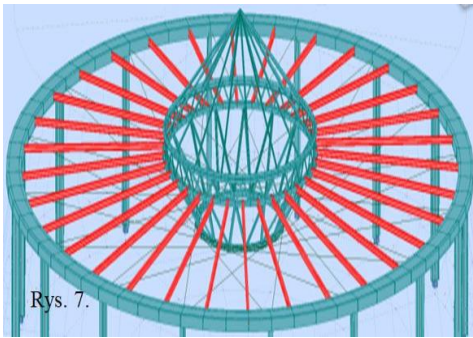
Rys. 5.

Rys. 5. Model konstrukcyjny stalowej korony.



Rys. 6.

Rys. 6. Model konstrukcyjny pawilonu układu linowego – rzut z boku.



Rys. 7. Model konstrukcyjny rozmieszczenia krokwi w stropodachu – 32 szt.



Rys. 8. Widok na wieńiec stalowo żelbetowy oraz krokwie stalowe I 160.

Słupy stalowe i ściany zewnętrzne. Podstawowymi elementami nośnymi ścian są stalowe słupy I 300, w liczbie 16 sztuk, osadzone są na wsporniku żeber ze stropu stanu zerowego, których głównym zadaniem jest przenoszenie obciążeń z konstrukcji dachowej – rys. 3. Głowice słupów stalowych zwieńczone są wieńcem stalowo-żelbetowym – rys. 8. Dolna część ścian jako murowana z cegły wapienno-piaskowej. Wyżej znajduje się ściana osłonowa typu lekkiego złożona ze stalowych blach fałdowych, ocieplenie z wełny mineralnej i styropianu. Od wewnątrz wykończone twardą pilśnią oraz płytami gipsowo-kartonowymi.

Konstrukcja dachu. Interesujące rozwiązanie konstrukcji dachu składa się ze: świetlika – rys. 1, 5, 9, 10, korony – rys. 6, stropodachu – widok z góry rys. 1, 9, 10, nośnego systemu ciągnowo-linowego (układu wiszącego – rys. 4, 6), stalowo-żelbetowego wieńca zewnętrznego – rys. 8.

Świetlik. W kształcie ostrosłupa o podstawie szesnastokątnej wykonany jako konstrukcja stalowa. Górna część świetlika pokryta obustronnie blachą ocieploną wełną mineralną niżej pas poliwęglanu, całość spoczywa na stalowym pierścieniu.



Rys. 9. Widok aksonometryczny z góry na dach spodka C.

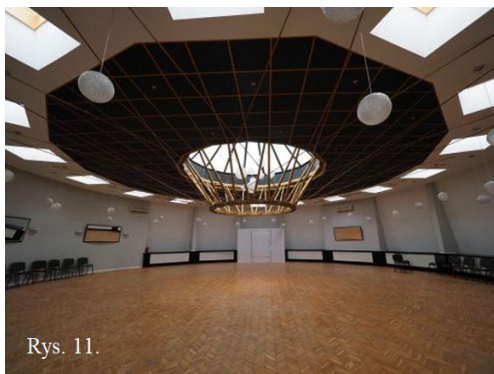


Rys. 10. Widok aksonometryczny z góry na dach spodka B.

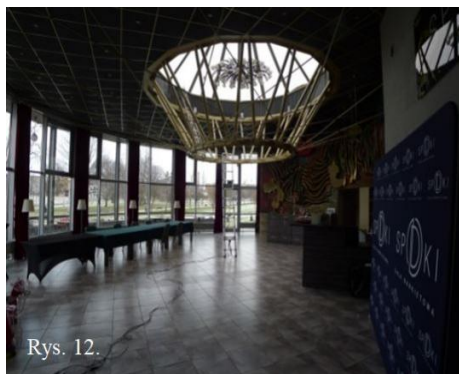
Ażurowa konstrukcja stalowa przenosząca obciążenia ze świetlika i stropodachu na nośny system linowy składa się z pierścienia górnego pośredniego, dolnego oraz krzyżulców między nimi – rys. 5, 6, 7. Na pierścieniu pośrednim oparte są belki stalowe stropodachu – rys. 7, 8. Pierścień dolny spoczywa na nośnym systemie linowym (rys. 4, 6, 11, 12) składającym się z 16 lin stalowych, gdzie każda lina mocowana jest do pierścienia zewnętrznego za pomocą dwóch kotew i kausz. Na rys. 5 przedstawiono model konstrukcyjny korony. Pierścień dolny korony (wykonany z ceowników stalowych C 140) połączony jest z układem lin za pomocą dwóch zacisków stalowych o średnicy 20 mm. Zaciski te mają istotne zadanie zapewnienia



przeniesienia obciążeń z korony na układ cięgnowy z jednoczesnym uniemożliwieniem przesunięcia liny w zacisku w przypadku powstania znacznych sił poziomych.



Rys. 11.



Rys. 12.

Rys. 11. Widok od spodu na sufit i koronę ze świetlikiem w spodku A.

Rys. 12. Widok od spodu na sufit i świetlik z koroną w spodku D.

Stropodach – konstrukcja stalowa. Konstrukcję nośną stropodachu stanowią belki stalowe I 160 – rys. 7, 8 oparte na pierścieniu pośrednim korony centralnej oraz na wieńcu stalowym zewnętrznym, połączenie za pomocą dwóch śrub M8. Otwory na śruby w belkach mają podłużny kształt, traktując jako podporę przegubowo przesuwną, która redukuje siły poziome pochodzące od sprężystych odkształceń lin stalowych podczas eksploatacji.

Nośny system linowy [13]. Zasadniczą konstrukcją nośną dachu jest system lin stalowych o średnicy 20 mm typu T6×37 zakotwionych w stalowo żelbetowym wieńcu zewnętrznym przy pomocy stalowych śrub kotwiących M36 umożliwiającymi regulację naciągu lin poprzez nakrętki po stronie zewnętrznej wieńca stalowo żelbetowego – rys. 8.

## 2. Pomiary wartości współczynników przenikania ciepła U

W ramach dyskusji można zadać pytanie o ważność współczynnika przenikania ciepła U w przypadku budowlanych konstrukcji. Otóż odpowiedź jest dość prosta i jednoznacznie sprecyzowana. W Art. 5 prawa budowlanego [8] w pkt f jest zapis dotyczący „oszczędności i izolacyjności cieplnej”. W niniejszy artykule zajmiemy się tylko częścią dotyczącą „izolacyjności cieplnej”. Ustanowione prawo budowlane jest obowiązujące na terenie Rzeczypospolitej. Przy uwzględnieniu również Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12.04.2002 r. w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [9] mamy jednoznacznie określone wartości współczynników przenikania ciepła U [W/(m<sup>2</sup>K)] w przypadku różnych przegród budowlanych. Stwierdzenie wartości współczynników przenikania ciepła U w sprawach spornych ma zasadnicze i kolosalne znaczenie, bowiem stwierdzenie przekroczenia dopuszczalnych wartości współczynników przenikania ciepła U wymienionych w [9] rodzi szereg prawnych odpowiedzialności. Jako przykłady możemy wskazać różne przykłady, które znalazły miejsce na wokandzie sądowej z korzyściami dla osób skarżących. W przypadkach błędów budowlanych ujawnionych w tracie użytkowania budynku, istnieje możliwość wykazania w sposób przedstawienia wyników z pomiarów wartości współczynników przenikania ciepła U w naturalnych warunkach eksploatacji których wartości są przekroczone w stosunku do wartości dopuszczalnych zamieszczonych w [9], to każdy poszkodowany ma możliwość dochodzenia skutecznie swoich praw w sądzie.

1. Obiekt budowlany jako całość oraz jego poszczególne części, wraz ze związanymi z nim urządzeniami budowlanymi należy, biorąc pod uwagę przewidywany okres użytkowania, projektować i budować w sposób określony w przepisach, w tym techniczno-budowlanych oraz zgodnie z zasadami wiedzy technicznej, zapewniając spełnienie podstawowych wymagań dotyczących obiektów budowlanych określonych w załączniku I do rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) Nr 305/2011 z dnia 9 marca 2011 r. ustanawiającego zharmonizowane warunki wprowadzania do obrotu wyrobów budowlanych i uchylającego dyrektywę Rady 89/106/EWG (Dz. Urz. UE L 88 z 04.04.2011, str. 5, z późn. zm.), dotyczących:

- a) nośności i stateczności konstrukcji,
- b) bezpieczeństwa pożarowego,
- c) higieny, zdrowia i środowiska,
- d) bezpieczeństwa użytkowania i dostępności obiektów,
- e) ochrony przed hałasem,
- f) oszczędności energii i izolacyjności cieplnej,
- g) zrównoważonego wykorzystania zasobów naturalnych

Definicję współczynnika przenikania ciepła można przedstawić jako ilość energii (wyrażoną w watach), która przenika przez przegrodę (okna i drzwi, ściany, dachy, stropodachy itp.), w odniesieniu do powierzchni tejże przegrody i różnicy temperatur z obu jej stron. Jednostką współczynnika przenikania ciepła jest  $W/(m^2 \cdot K)$ . Im mniejszy jest współczynnik  $U$ , tym mniejsze są straty ciepła, a dana przegroda jest lepszym izolatorem.

Aby obliczyć współczynnik przenikania ciepła, trzeba znać współczynniki przewodzenia ciepła materiałów ( $\lambda$  [ $W/(m \cdot K)$ ]), z których zbudowana jest przegroda, a także grubości poszczególnych warstw (cm). Współczynnik przewodzenia ciepła oznaczany jest jako  $\lambda$  (lambda), a jego jednostką jest  $W/(mK)$ .

Współczynnik przewodzenia ciepła  $\lambda$  (lambda) – Jednostką współczynnika przewodzenia ciepła w układzie SI jest  $W/(m \cdot K)$ . Wyraża ona wielkość przepływu ciepła przez jednostkową powierzchnię z materiału o danej grubości, jeśli różnica temperatur między dwiema jego stronami wynosi 1 K.

Współczynnik przewodzenia ciepła  $\lambda$  jest właściwością fizyczną każdego materiału, określa wartość przewodnictwa cieplnego. Najprościej mówiąc jest to przepływ ciepła przez różne materiały. Przewodność cieplna materiałów budowlanych to w ostatnich latach popularny temat ze względu na coraz bardziej wyśrubowane normy w zakresie ochrony środowiska. Obostrzenia te mają prowadzić do zmniejszenia zużycia energii poprzez stosowanie materiałów o jak najniższych współczynnikach przewodzenia ciepła.

Współczynnik przewodzenia ciepła  $\lambda$  to ilość energii cieplnej przepływającej na wskroś pewnej masy próbki, w wyniku zewnętrznej różnicy temperatur. To jedna z najważniejszych cech materiałów izolacyjnych. Im mniejsza wartość współczynnika  $\lambda$ , tym materiał słabiej przewodzi ciepło, a zatem lepiej izoluje przed jego stratami. Oznacza to, że w tych samych warunkach więcej ciepła przepłynie przez substancję o większej przewodności cieplnej. Zgodnie z drugim prawem termodynamiki ciepło płynie zawsze w kierunku obszaru o niższej temperaturze.

Do obliczania współczynnika przenikania ciepła  $U$  wykorzystuje się znormalizowane wartości współczynnika przewodzenia ciepła lambda lub dane udostępnione przez producentów materiałów budowlanych.

Ważne informacje: Współczynnik przenikania a przewodzenia to zupełnie inne parametry, ale są ze sobą ściśle powiązane. Wartość współczynnika przenikania ciepła  $U$  określa izolacyjność całej przegrody, natomiast współczynnik przewodzenia ciepła  $\lambda$  mówi o izolacyjności

cieplnej konkretnego materiału. Przykładowo, dwie ściany wykonane z tego samego materiału (czyli o tej samej wartości  $\lambda$ ), mogą mieć inny współczynnik  $U$ , ponieważ są różnej grubości.

Do obliczenia współczynnika przenikania ciepła przegrody potrzebne są również wartości tzw. oporu cieplnego poszczególnych warstw. Trzeba pamiętać o oporach przejmowania ciepła na zewnętrznej i wewnętrznej powierzchni (dla poziomego przepływu ciepła są stałe i wynoszą odpowiednio 0,04 i 0,13 ( $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ )).

Wartości oporu przejmowania ciepła  $R_{si}$ ,  $R_{se}$  według normy PN-EN ISO 6946:2017-10.

Dla przypomnienia czytającym przypomniemy sposób obliczania wartości współczynnika przenikania ciepła  $U$  na przykładzie dla ścian, który można wyrazić w 3 krokach:

1. Oblicza opory przejmowania ciepła dla każdej warstwy przegrody  $R_1 = d_1/\lambda_1$ ,  $R_2 = d_2/\lambda_2$  itd., gdzie  $d$  oznacza grubość danej warstwy.
2. Sumuje opory cieplne dla każdej warstwy i dodaje opory przejmowania ciepła na zewnętrznej ( $R_{se}$ ) i wewnętrznej ( $R_{si}$ ) powierzchni.

$$R = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_{se} \text{ [m}^2 \cdot \text{K/W]}$$

3. Współczynnik przenikania ciepła jest odwrotnością oporu cieplnego całej przegrody, czyli  $U$  wylicza się wg wzoru:  $U = 1/R$  [ $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ].

Jest to najprostszy, ogólny sposób obliczenia współczynnika przenikania ciepła  $U$ . Przy dokładniejszych wyliczeniach powinno się wziąć pod uwagę udział, choć niewielki, takich warstw, jak zaprawy, tynki, itp.

Współczynnik przenikania ciepła – warunki techniczne [9]. Rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, obowiązujące od 1 stycznia 2014 roku, zawiera wymagania dotyczące zasad projektowania i wykonywania budynków, odnoszące się do minimalnej izolacyjności cieplnej przegród budynku. Przegrody, w zależności od ich typu, muszą spełniać minimalne parametry izolacyjności cieplnej. Warunki techniczne [9] określają jedynie maksymalną wartość  $U$ , czyli współczynnika przenikania ciepła dla każdej przegrody budynku”.

Jak wspomniano wyżej, współczynnik przenikania ciepła  $U$  charakteryzuje izolacyjność cieplną przegrody budowlanej. Izolacyjność cieplna przegród przekłada się z kolei na bilans energetyczny budynku i koszty ogrzewania. Współczynnik przenikania ciepła  $U$  to zatem jeden z ważniejszych parametrów przy projektowaniu i budowie domu.

Do wyznaczania wartości współczynników przenikania ciepła  $U$  zastosowano specjalizowane mikrokomputery. Do zarejestrowania wartości współczynników przenikania ciepła  $U$  jest niezbędny jeden mikrokomputer przetwarzający dane środowiskowe: temperaturę powierzchni danej przegrody budowlanej, temperaturę powietrza wewnątrz pomieszczenia, temperaturę powietrza na zewnątrz, wilgotność powietrza na zewnątrz. Dodatkowo można rejestrować wilgotność powietrza wewnątrz pomieszczenia. Parametry powietrza zewnętrznego przekazywane są do mikrokomputera za pomocą sondy bezprzewodowej. Poszczególne wskazania w danej chwili czasowej są rejestrowane w postaci cyfrowej oraz graficznej, na dodatkowym komputerze, z krokiem czasowym co jedna sekunda. Na nim rejestrowane są również wszystkie inne pomiary. Podczas obserwacji wyników widać jak zmienia się wartość współczynnika przenikania ciepła  $U$ . Asymptotyczne dążenie funkcji pomiarowej do stałej wartości świadczy o stabilizowaniu mierzonych się wartości. Według producenta urządzenia uzyskiwana dokładność wyników pomiarowych wynosi plus/minus 0,1 wartości współczynnika przenikania ciepła  $U$  [ $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ]. Wykonanie serii pomiarów w tym samym czasie i w tych samych warunkach pozwala ustalić średnią wartość z kilku pomiarów, tym samym przybliżając się do ustalenia pewniejszej wartości. Wpływ na mierzone wyniki mają warunki otoczenia: napływu i odpływu powietrza, co ściśle wiąże się z warunkami pogodowymi. Niestabilny wiatr i ruch powietrza w pomieszczeniu wpływa niekorzystnie na wyniki pomiarowe. Stąd badania powinny być

przeprowadzane w możliwie ustabilizowanych warunkach. Wymagania przy pomiarach wartości współczynników ciepła  $U$  są bardzo zbliżone do obowiązujących przy pomiarach termowizyjnych. Na rys. 13 do 22 przedstawiono przykłady miejsc pomiarowych współczynników przenikania ciepła na: płytkach sufitu podwieszono – rys. 13, 15, na konstrukcji drewnianej stropodachu rys. 14, 16, na ścianach murowanych otynkowanych – rys. 17, 18, 19, na konstrukcji stalowej stropodachu w spodku C – rys. 20 oraz na szybach okiennych – rys. 21, 22. Na podstawie powyższego widać, że nie ma problemu z wykonaniem pomiarów wartości współczynników przenikania ciepła  $U$  ze względu na rodzaj powierzchni danej przegrody budowlanej oraz układu warstw wewnętrznych, łącznie z warstwą powietrzną. Przykładowy wydruk z pomiaru wartości współczynnika  $U$  zamieszczono na rys. 23.

2.2. Do rejestracji parametrów środowiskowych niezbędnych do dalszych analiz zaliczamy również: rejestrację: temperatury powietrza, wilgotności powietrza oraz punktów rosy wewnątrz pomieszczeń oraz na zewnątrz. Do tego zastosowano data logery umożliwiające rejestrację tych parametrów fizycznych w długoterminowym przedziale czasowym – nawet w okresie całorocznym. Uzyskane wyniki z badań pomiarowych wykonanych w naturalnych warunkach stanowią wartościowy materiał do dalszych analiz dotyczących wpływu mierzonych wartości fizycznych na trwałość konstrukcji. Dane te w szczególności pozwalają na faktyczną ocenę możliwości powstawania wykraplania się pary wodnej na elementach konstrukcyjnych. W przypadku występowania dużej wilgotności powietrza oraz występujących punktów rosy może dochodzić do wykraplania się pary wodnej na elementach konstrukcyjnych [2]. Na elementach wykonanych z konstrukcji drewnianych może to prowadzić do powstawania pleśni i zagrzybienia niekorzystnie wpływającego na korozję biologiczną i powstawania niekorzystnych zapachów podobnych do stęchlizny [2]. Są to czynniki niekorzystnie wpływające na zdrowie ludzkie. W przypadku zawilgocenia konstrukcji metalowych zwiększa się możliwość korodowania konstrukcji metalowych. Natomiast w przypadku szczególnym jakim są liny nośne na których oparty jest dach może powstawać korozja wewnątrz liny. Tak powstająca korozja naprężeniowa jest niezwykle niebezpieczna w praktyce gdyż powodować może niekontrolowany ubytek materiału w poszczególnych linach nośnych, przez co dochodzić będzie do zmniejszenia wartości współczynnika bezpieczeństwa.

Od 31 grudnia 2020 r. współczynnik przenikania ciepła dla pomieszczeń, w których temperatura obliczeniowa jest większa bądź równa  $16^{\circ}\text{C}$ , nie może być większy niż:

- $0,20 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  – dla ścian zewnętrznych,
- $0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  – dla dachów, stropodachów, stropów nad nieogrzewanymi pomieszczeniami,
- $0,9 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  – dla okien ( z wyjątkiem połaciowych  $u= 1,1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ ).

Wartości współczynników przenikania ciepła zmierzone w naturalnych warunkach, w poszczególnych przypadkach odpowiednio wynoszą :

- świetlik stożkowy główny na spodku A –  $U=1,45 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}) > 1,1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ ,
- świetlik stożkowy główny na spodku B –  $U=1,914 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}) > 1,1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ ,
- świetlik stożkowy główny na spodku C –  $U= 1,21 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}) > 1,1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ ,
- świetlik mały na spodku C z dodatkowo wstawioną szybą  $U= 1,23 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}) > 1,1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ ,

Przekroczone wartości współczynników przenikania ciepła  $U$  wyrażone w procentach wynoszą od 10 do 74%.

Wartości współczynników przenikania ciepła w pakietach okiennych są przekroczone w stosunku do obowiązujących wartości normowych od 30,2% do 80%.

Wartości współczynników przenikania ciepła w stropodachach nad łącznikami są przekroczone w stosunku do obowiązujących wartości normowych o 195%.

Wartości współczynników przenikania ciepła  $U$  w stropodachu nad spodkiem C są przekroczone w stosunku do obowiązujących wartości normowych o 54,7%.



Wartości współczynników przenikania ciepła  $U$  na przykładzie ścian murowanych w piwnicy – rys. 17 do 19. spodka A i w przypadku w spodka D są przekroczone w stosunku do obowiązujących wartości normowych o 54,7% [9].

Wartości współczynników przenikania ciepła dla wybranych przegród budowlanych ma istotne znaczenie i wpływ na wartość nieruchomości bowiem dążenie do osiągnięcia minimalnych strat ciepła przez przenikanie wpływa na wartość rynkową nieruchomości.

Wyznaczono również wartość współczynnika bezpieczeństwa dla liny. Zgodnie z [3, 4] wartość siły przenoszona przez linę T 6×37 R o średnicy 20 mm, o nominalnej wytrzymałości drutu na rozciąganie  $R_m = 160 \text{ kG/mm}^2$  i nominalnej obliczeniowej sile zrywającej linę, która wynosi 22500 kG. Zmierzony kąt nachylenia liny nośnej w obecnym układzie wynosi 11,5 stopnia. Obliczona wartość współczynnika bezpieczeństwa w rozpatrywanym przypadku wynosi  $4,5 > 3,5$ .

### 3. Wnioski końcowe.

Zastosowany sposób wyznaczania wartości współczynników przenikania ciepła w przypadku różnych przegród budowlanych pozwolił na ocenę jakościową poszczególnych przegród budowlanych wraz z odniesieniem się do obowiązujących warunków normowych [8, 9].

Otrzymane wyniki z pomiarów w naturze: wartości współczynników przenikania ciepła  $U$  oraz zarejestrowane wartości temperatur powietrza, wilgotności powietrza oraz punkty rosy we wszystkich pomieszczeniach (w piwnicach i na parterach) w dniach od 2 listopada 2021 roku do 20 grudnia 2021 roku stanowią materiał do wykorzystania przy projektowaniu zmian modernizacyjnych, zgodnie obowiązującymi warunkami technicznymi [9]. Bez długo falowych badań i pomiarów nie może być mowy o wyborze właściwych rozwiązań modernizacyjnych. Wieloletnie ekspertyzy związane z oceną stanu technicznego budynków [5 do 12] umożliwią utrzymanie budynków w należyty stanie technicznym.

Zapewnienie prawidłowych wartości współczynników przenikania ciepła  $U$  związane jest z oszczędnością energii cieplnej i bezpośrednimi kosztami utrzymania nieruchomości w należyty stanie technicznym.

### Literatura

1. Dyla A.: Fizyka ciepła budowli w praktyce, obliczenia ciepłno-wilgotnościowe, PWN SA, Warszawa 2015.
2. Praca zbiorowa pod redakcją J. Ważnego i Jerzego Karysia: Ochrona budynków przed korozją biologiczną, Arkady Sp. z o.o. Warszawa 2001.
3. W. Bogucki, M. Żybertowicz: tablice do projektowania konstrukcji stalowych, Arkady. Warszawa 1973.
4. Norma PN-69/M – 80208.
5. Inwentaryzacja architektoniczna Spodków przy ul. Św. Rocha 14 w Białymstoku. "ARKON – J. Kabac.
6. Cz. Dawdo, W. Ryżyński: Opinia techniczna dotycząca stanu technicznego konstrukcji nośnej przekrycia pawilonu wystawowego po pożarze, Białystok 1997 r.
7. Opinia techniczna nr IBL-11/81 o stanie konstrukcji linowo-nośnej dachu budynków przy ul. Dąbrowskiego w Białymstoku.", Politechnika Białostocka, Białystok 1981 r.
8. Prawo budowlane, ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. z późniejszymi zmianami,
9. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12.04.2002 r. w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. Nr 75, poz. 690 z późniejszymi zmianami).

10. Przebudowa 4 pawilonów wystawienniczo-gastronomicznych „Spodki”, budowa instalacji wentylacji mechanicznej, rozbiórka i budowa schodów zewnętrznych, częściowa rozbiórka i budowa muru oporowego wraz z zagospodarowaniem terenu na działce nr ew. gr. 27/2 w ramach modernizacji pawilonów wystawienniczo-gastronomicznych „Spodki” przy ul. Świętego Rocha 14, stanowiących dobra kultury współczesnej zmierzającej do utworzenia multimedialnego Centrum Animacji i Edukacji Kulturalnej, Białystok Św. Rocha 14, 26.03.2018 r.
11. R. Grygo: Ekspertyza stanu technicznego i oceny funkcjonalności pawilonów wystawienniczo-gastronomicznych „Spodki PIK” przy ul. Św. Rocha 14 w Białymstoku. Białystok, 18 grudzień 2020 r.
12. P. Dunaj: Ekspertyza techniczna oceny stanu technicznego elementów konstrukcji pawilonów w kompleksie budynków wystawienniczo – gastronomicznych tzw. Spodków” Podlaskiego Instytutu Kultury przy ul. Świętego Rocha 14 w Białymstoku. Paweł Dunaj PPUH Duna, Białystok ul. Brukowa 24/21, Białystok, grudzień 2021 r.
13. Toczydłowski H.: Projekt techniczny pawilonów wystawowych przy ul. Dąbrowskiego w Białymstoku, Biuro Projektowo-Badawcze Budownictwa Ogólnego „Miastoprojekt-Białystok”, ul. Sienkiewicza, Dokumentacja architektoniczno konstrukcyjna 1973 r.

### **Research on thermal insulation of building partitions in historic pavilions of Podlaskie institute of culture**

**Key words:** heat transfer coefficient U