

**Jerzy A. Pogorzelski\***

## **HISTORIA, STAN OBECNY I KIERUNKI PRZYSZŁYCH BADAŃ ZAKŁADU FIZYKI CIEPLNEJ ITB**

Zakład Fizyki Ciepłej ITB istnieje formalnie od 1961 r., choć działalność w tej dziedzinie prowadzona była w Instytucie już wcześniej. W początkowym okresie istnienia działalność Zakładu związana była głównie z doświadczalnym określaniem przewodności cieplnej materiałów i oporu cieplnego przegród oraz wilgotności ustabilizowanej materiałów; prace te od początku związane były z normalizacją ochrony cieplnej budynków. W drugiej połowie lat sześćdziesiątych oprócz prac doświadczalnych podjęto pierwsze prace związane z modelowaniem matematycznym wymiany ciepła budynku z otoczeniem. Od drugiej połowy lat osiemdziesiątych zaczęto rozwijać w Zakładzie Fizyki Ciepłej symulacje komputerowe przewodzenia ciepła, a ostatnio również sprzężonego transportu ciepła i wilgoci. W okresie minionych kilku lat Zakład znacznie się wzmocnił, jeśli chodzi o kadre i posiadany warsztat badawczy, m.in. w związku z niedawną rozbudową budynku Zakładu. Jest to dobry moment do prezentacji obecnego stanu Zakładu i tematyki badawczej, jak również potrzeb i perspektyw rozwoju. Problematykę związaną z laboratorium omówiono w odrębnym artykule w tym samym numerze kwartalnika.

### **Wprowadzenie**

Fizyka ciepła budowli jest specjalnością naukową leżącą na styku dwu dyscyplin: budownictwa lub nauk inżynieryjno-budowlanych oraz teorii wymiany ciepła i masy, nauki szeroko wykorzystywanej przede wszystkim w konstrukcjach i technologiach mechanicznych oraz w inżynierii chemicznej. Zainteresowanie budownictwa tą tematyką wynika z potrzeb:

- umożliwienia kontroli spełnienia wymagań sanitarno-higienicznych pomieszczeń,
- umożliwienia projektowania trwałych przegród zewnętrznych,
- racjonalizacji użytkowania energii do ogrzewania budynków.

Fizyka ciepła budowli zajmuje się głównie przepływem ciepła i masy (wilgoci i powietrza) w materiałach budowlanych, elementach budowli i budynkach. Zalicza się do niej niekiedy badania wpływu właściwości cieplnych przegród i urządzeń ogrzewczych na komfort cieplny ludzi w pomieszczeniach oraz opracowywanie danych klimatycznych

---

\* prof. dr hab. inż.

na potrzeby ochrony cieplnej budynków i ogrzewnictwa. Jej warsztat naukowy wynika z charakteru rozpatrywanych zjawisk fizycznych.

Zadaniem fizyki cieplnej budowlanej jest też tworzenie i obsługa baz danych współczynników i ustalanie zależności empirycznych współczynnika przewodzenia ciepła i współczynnika wyrównywania temperatury od rodzaju i gęstości materiału, wilgotności, temperatury i innych czynników, jak również ustalanie wartości deklarowanych i obliczeniowych tych współczynników.

Całokształt zastosowań praktycznych **fizyki cieplnej budowlanej** nazywamy **ochroną cieplną budowlanej**; opiera się ona na algorytmach i wynikach badań fizyki cieplnej budowlanej, jak również na znajomości właściwości materiałów izolacji cieplnej i budownictwa, a w niektórych zagadnieniach także na przesłankach ekonomicznych, w tym na rachunku efektywności inwestycji.

## 2. Rys historyczny Zakładu Fizyki Cieplnej

Zakład Fizyki Cieplnej wyodrębnił się formalnie z Zakładu Fizyki Budowlanej w 1961 r.; wcześniej działalność w tej dziedzinie była prowadzona w Zakładzie Izolacji. Z tego pionierskiego okresu wywodzi się pierwsza w kraju praca dająca podstawy kodyfikacji ochrony cieplnej budynków w Polsce [1].

Późniejsze prace z obszaru fizyki cieplnej budowlanej w ITB (od końca lat pięćdziesiątych) były ukierunkowane na badania przewodności cieplnej nowych materiałów (na zakupionym w NRD aparacie płytowym Bocka) i wycinków przegród (głównie ścian) w komorze klimatycznej [2]. Dane te były niezbędne do stworzenia zrębów polskiej normalizacji ochrony cieplnej budynków w postaci danych do wymiarowania systemów centralnego ogrzewania.

Prowadzono też na terenie przy ul. Ksawerów 21 poligonowe badania wysychania różnych materiałów z wilgoci technologicznej, sezonowych zmian wilgotności oraz wilgotności ustabilizowanej różnych materiałów. Służyły temu murki doświadczalne z różnych materiałów, domek doświadczalny z betonu na kruszywie wapiennym [3], badania w budynkach wznoszonych według nowych technologii [4], dwukondygnacyjny pawilon doświadczalny ścian osłonowych [5], [6]. W tym ostatnim budynku określano również badaniami opór cieplny wycinków ścian o różnej strukturze, wbudowanych w pawilonie.

Stan posiadania Zakładu Fizyki Cieplnej, jeśli chodzi o pomieszczenia, stanowiska badawcze i aparaturę, ukształtował się na długie lata (poczynając od lat sześćdziesiątych) po przeniesieniu Zakładu z terenu przy ul. Filtrowej na teren przy ul. Ksawerów.

Na podstawie pracy [7], podającej założenia technologiczne do wyposażenia laboratorium, uruchomiono w Zakładzie następujące stanowiska badawcze:

- zespół komór klimatycznych do badań oporu cieplnego komponentów i wycinków przegród,
- komorę dyfuzyjną do badań współczynnika dyfuzji pary wodnej przez materiały,
- komorę do badań współczynnika infiltracji powietrza przez okna,
- komorę niskich temperatur do badań mrozoodporności materiałów metodą przegrodową,
- aparat płytowy Bocka do badania przewodności cieplnej materiałów suchych lub o małej wilgotności.

Prowadzono też oznaczenia krzywych sorpcji i podciągania kapilarnego, jednak bez wyraźnie wydzielonych stałych stanowisk badawczych.

W tym okresie podejmowano też próby wprowadzenia tzw. szybkich metod pomiaru przewodności cieplnej materiałów budowlanych [8].

Wyposażenie Zakładu około 1965 r., opisane w [9], było zdecydowanie lepsze w porównaniu z laboratoriami wyższych uczelni w Polsce i dobre na tle instytutów innych krajów Europy Środkowej i Wschodniej. Niestety, w późniejszym okresie Zakład na długie lata stanął w miejscu, jeśli chodzi o potencjał laboratoryjny.

W drugiej połowie lat sześćdziesiątych podejmowano w Zakładzie Fizyki Ciepłej wiele nowych tematów badawczych, m.in. dotyczących stanu wilgotnościowego przegród i modelowania matematycznego stanów niestacjonarnych w przegrodach budowlanych.

Nie podejmowano oryginalnych prac nad modelem ruchu wilgoci i metodami predykcji stanu wilgotnościowego przegród budowlanych; korzystano z modelu Glasera-Fokina, opartego na prawie Ficka. W pierwszej połowie lat sześćdziesiątych podjęto próbę weryfikacji tego modelu, wykonując badania przebiegu dyfuzji i kondensacji pary wodnej w warstwowych układach materiałowych i współczynnika dyfuzji próbek materiałów składowych, jak również obliczenia porównawcze [10].

Częściowo w ramach współpracy badawczej z NII Stroitelnoj Fiziki z Moskwy przeprowadzono bardzo ważne badania poligonowe stanu wilgotnościowego stropodachów o różnym układzie warstw [11]. Z badań tych wyciągnięto wiele informacji, wykorzystywanych później w zaleceniach i wytycznych projektowania.

Na podstawie prowadzonych na szeroką skalę prac doświadczalnych nad wysychaniem przegród zewnętrznych z wilgoci budowlanej i wilgotnością ustabilizowaną materiałów, w pracy [12] podano ważny z praktycznego punktu widzenia fenomenologiczny opis właściwości wilgotnościowych materiałów budowlanych i stanu wilgotnościowego przegród budowlanych. Prowadzono też badania wysychania przegród i podłoży pod wykładziny podłogowe przy stosowaniu sztucznego suszenia [13].

Na przełomie lat sześćdziesiątych i siedemdziesiątych ważnym elementem prac Zakładu były badania warunków ciepło-wilgotnościowych w budynkach inwentarskich oraz ocena wchodzących wówczas do stosowania systemów centralnych budownictwa wielkopłytkowego, nie zakończone jednak uogólnieniami.

W drugiej połowie lat sześćdziesiątych podjęto też prace dotyczące modelowania matematycznego niestacjonarnego przepływu ciepła w przegrodach budowlanych. W szczególności analizowano wówczas problemy:

- stateczności cieplnej przegród zewnętrznych (wynikiem była m.in. praca doktorska [14]);
- przyswajania ciepła przez podłogi (w tym legowisk dla zwierząt w budynkach inwentarskich [15]);
- samonagrzewania elementów muru i konstrukcji z betonu, z uwzględnieniem hydratacji cementu, pod kątem opracowania instrukcji prowadzenia robót betonowych i murowych w okresie obniżonych temperatur [16].

Pod koniec lat sześćdziesiątych autor sformułował model stateczności cieplnej pomieszczeń w okresie letnim (ze sformułowaniem założeń i zamówieniem u informatyka programu komputerowego MRS na emc GIER); wyniki wykorzystano w pracy [17].

Na podstawie prac wykonanych w tym okresie w Zakładzie Fizyki Ciepłej autor wydał w połowie lat siedemdziesiątych skrypt [18], powszechnie przyjęty w środowisku jako monografia.

W drugiej połowie lat siedemdziesiątych podjęto w Zakładzie tematykę oszczędności energii w budynkach, głównie na cele ogrzewcze. Wykonano wówczas prace [19], [20], [21] wykazujące wagę gospodarczą oszczędności energii w sektorze komunalno-bytowym z uwagi na duży udział tego sektora w krajowym bilansie energii pierwotnej; należy pamiętać, że ówczesna polityka energetyczna zmierzała do zapewnienia funkcjonowania energochłonnej gospodarki przez maksymalizację wydobycia krajowych paliw stałych. Wskazywano również na światowe tendencje obniżania zużycia energii w sektorze komunalno-bytowym. Była to wówczas bardzo ważna popularyzacja tematyki oszczędności energii, budząca świadomość przynajmniej części decydentów. W efekcie opracowano i uzyskano ustanowienie PN-82/B-02020 *Ochrona cieplna budynków*, zaostřejającej wymagania izolacyjności cieplnej przegród zewnętrznych w stosunku do stanu poprzedniego.

W pierwszej połowie lat osiemdziesiątych zbudowano na terenie ITB przy ul. Ksawerów energooszczędny jednorodzinny domek doświadczalny i poddano go badaniom zużycia energii na cele ogrzewcze [22]. W końcu lat osiemdziesiątych w budynku tym prowadzono też badania izolacji transparentnych, wypróbowując zarówno metodykę badań, jak i sprawdzając niektóre zbyt optymistyczne doniesienia [23].

Pod koniec lat osiemdziesiątych przygotowano znowelizowaną PN-91/B-02020, która zaostřejła wymagania izolacyjności cieplnej przegród zewnętrznych w porównaniu z PN-82/B-02020.

W drugiej połowie lat osiemdziesiątych ułatwiony dostęp do komputerów umożliwił rozwiązanie wielu nowych zadań fizyki ciepłej budowli. W tym czasie autor wprowadził do praktyki Zakładu Fizyki Ciepłej komputerowe obliczenia płaskich pól temperatury w otoczeniu mostków termicznych (program DOT-AB [24]). Przy nowelizacji PN-82/B-02020 i opracowaniu PN-91/B-02020 wprowadzono uściślony algorytm obliczania współczynnika przenikania ciepła z uwzględnieniem liniowych mostków termicznych. Opracowano katalog mostków termicznych liniowych z wartościami liniowego współczynnika przenikania ciepła  $k_L$  obliczonymi komputerowo [25]. Pracownicy Zakładu uczestniczyli również w weryfikacji i doprowadzeniu do postaci użytkowej programu komputerowego KL, służącego do obliczania wartości liniowego współczynnika przenikania ciepła  $k_L$  [26].

Od 1988 r. Zakład Fizyki Ciepłej stosuje komputerowe bazy danych z wynikami badań przewodności cieplnej z aparatu Bocka [27] i oporu cieplnego ścian z komory klimatycznej. Zwłaszcza opracowanie wyników badań przewodności cieplnej doprowadziło do uzyskania interesujących zależności.

W latach 1991–1993 nastąpiła dość istotna zmiana sytuacji w zakresie użytkowania energii w budynkach. Po pierwsze, nastąpiły podwyżki cen paliw i energii na tyle duże, że wywołały rosnące zainteresowanie inwestorów i użytkowników budynków oszczędzaniem energii w eksploatacji budynków. Po drugie, otwarcie rynkowe „na Zachód” spowodowało zniknięcie wielu barier technicznych racjonalizacji użytkowania energii w budynkach. Po trzecie, racjonalizacją użytkowania energii zainteresowały się niektóre banki, dostrzegając potencjalny rynek kredytów na finansowanie przedsięwzięć związanych z racjonalizacją użytkowania energii i powstały organizacje pozarządowe zaintere-

sowane racjonalizacją użytkowania energii, m.in. w budynkach (Fundacja Poszanowania Energii, Fundacja Efektywnego Wykorzystania Energii, Krajowa i Regionalne Agencje Poszanowania Energii).

Wraz z zanikiem bariery technicznej efektywnego użytkowania energii w budynkach na plan pierwszy wysunęły się uwarunkowania prawne, normalizacyjne, ekonomiczne i organizacyjne.

W szczególności już w końcu lat osiemdziesiątych autor miał świadomość konieczności zmiany sposobu stawiania wymagań ochrony cieplnej budynków z przechodzeniem na limitowanie zapotrzebowania na energię do ogrzewania budynków. Z tego względu w latach 1988–1996 wykonano cykl prac, obejmujący:

- opracowanie i doskonalenie programów komputerowych MAIN [28] i AUDYTOR (ten drugi we współpracy z Fundacją Poszanowania Energii) do obliczania sezonowego zapotrzebowania na ciepło,
  - opracowanie baz danych, w tym klimatycznych, do tych programów,
  - wszechstronną analizę zależności sezonowego zapotrzebowania na ciepło od parametrów budynku,
  - przygotowanie wymagań ochrony cieplnej budynków mieszkalnych i zamieszkania zbiorowego z wykorzystaniem wskaźnika sezonowego zapotrzebowania na ciepło [29], wdrożonych w 1997 r. do „Warunków technicznych”;
- oraz w latach 1993–1995 drugi cykl prac obejmujący:

- ekspertyzę KILiW PAN oraz Fundacji Poszanowania Energii „Zarys narodowego programu racjonalizacji użytkowania energii w sektorze komunalno-bytowym” [30],
- przygotowanie Dezyderatu 5/4/6 z października 1994 r. trzech komisji sejmowych do rządu w sprawie racjonalizacji użytkowania energii w sektorze komunalno-bytowym;
- przygotowanie w 1995 r. dokumentu rządowego „Założenia polityki państwa racjonalizacji użytkowania energii w sektorze komunalno-bytowym”, w którym sformułowano m.in. pierwsze założenia systemu wspierania inwestycji termomodernizacyjnych.

Przewidując potrzebę prowadzenia badań na szerszą skalę w systemie gospodarki rynkowej i konieczność powstania laboratorium akredytowanego, w latach 1993–1998 opracowano założenia i doprowadzono do wykonania i uruchomienia aparatu płytowego do badania przewodności cieplnej materiałów budowlanych, kilka razy dokładniejszego od uprzednio stosowanych aparatów Bocka i o trzykrotnie krótszym czasie pomiaru [31].

Z tego okresu należy wspomnieć też pierwsze badania całkowitej wymiany powietrza w pomieszczeniach przy zastosowaniu techniki gazu znacznikowego we współpracy z duńskim Statens Byggeforskning Instytut [33].

### **3. Stan obecny Zakładu Fizyki Ciepłej**

Badania naukowe prowadzone aktualnie przez Zakład Fizyki Ciepłej, a należące do specjalności naukowej „fizyka cieplna budowli”, obejmują następujące obszary:

- rozwiązywanie problemów sprowadzających się do wyznaczania pól temperatury w elementach budowli i podłożu gruntowym, w tym przenikania ciepła przez przegrody budowlane o złożonej budowie, metodą symulacji komputerowej;

- rozwiązywanie problemów sprowadzających się do ocen stanu wilgotnościowego przegród budowlanych, na przykład pod kątem oceny zagrożeń ich trwałości, metodą symulacji komputerowej;
- doskonalenie metod badań przewodności cieplnej i współczynników transportu wilgoci;
- uogólnianie wyników badań przewodności cieplnej i współczynników transportu wilgoci na potrzeby normalizacji;
- badania wentylacji naturalnej budynków pod kątem uniknięcia zagrożenia pleśnią oraz obliczania sezonowego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynków;
- diagnostykę cieplną i energetyczną budynków;
- analizę efektywności inwestycji termomodernizacyjnych;
- monitorowanie spełniania wymagań ochrony cieplnej budynków w projektowaniu (we współpracy z Politechniką Białostocką);
- opracowywanie postanowień krajowych do przejmowanych norm europejskich;
- przygotowywanie narzędzi do projektowania budynków nowo wznoszonych z uwagi na wymagania ochrony cieplnej oraz do audytów energetycznych budynków istniejących.

Tematyka prac badawczo-usługowych Zakładu Fizyki Ciepłej obejmuje:

- badania oporu cieplnego komponentów i współczynnika przewodzenia ciepła jednorodnych materiałów budowlanych;
- badania oporu dyfuzyjnego i współczynnika dyfuzji materiałów budowlanych, w tym materiałów do izolacji paroszczelnych i wiatroszczelnych;
- badania innych właściwości materiałów izolacji cieplnej, z wyłączeniem badań wytrzymałościowych;
- badania szczelności okien na przenikanie powietrza i wody opadowej;
- badania charakterystyk przepływowych nawiewników powietrza wentylacyjnego;
- obliczenia pól temperatury w złożonych obszarach przewodzenia ciepła pod kątem oceny przenikania ciepła i występowania mostków cieplnych;
- symulację komputerową stanu wilgotnościowego przegród;
- ekspertyzy izolacji cieplnych i stanu energetycznego budynków.

Wyniki badań usługowych Laboratorium Izolacji Termicznych są wykorzystywane przez Zakład Fizyki Ciepłej do uogólnień, w szczególności do określania obliczeniowych wartości współczynników przewodzenia ciepła i ruchu wilgoci. Wartości te z kolei są wykorzystywane do symulacji komputerowej przewodzenia ciepła oraz sprzężonego przepływu ciepła i wilgoci w przegrodach budowlanych. Zakład Fizyki Ciepłej dysponuje kilkunastoma specjalistycznymi programami komputerowymi do tych symulacji.

#### **4. Przewidywana tematyka przyszłych badań i zakres pozostałej działalności**

- Prace badawcze Zakładu Fizyki Ciepłej wynikają głównie z następujących potrzeb:
- racjonalizacji użytkowania energii na cele ogrzewcze w budynkach,
  - predykcji stanu wilgotnościowego przegród budowlanych z uwagi na trwałość,



– zapewnienia odpowiednich warunków sanitarno-higienicznych w pomieszczeniach. Szczególnie nośna tematyka, o dużym znaczeniu gospodarczym i społecznym, która powinna zapewnić na wiele lat front badań, to racjonalizacja użytkowania energii na cele ogrzewcze w budynkach.

W świetle doświadczenia krajów Europy Zachodniej i Ameryki Północnej po kryzysie paliwowym roku 1973, w Polsce powinny być prowadzone w sposób ciągły badania wspierające procesy gospodarcze i politykę państwa służącą racjonalizacji użytkowania energii w budynkach. Badania te powinny obejmować:

- 1) wspieranie polityki państwa i okresową aktualizację wymagań ochrony cieplnej budynków;
- 2) opracowywanie ustaleń krajowych do niezbędnego kompletu norm opracowywanych w CEN/ TC89;
- 3) doskonalenie warsztatu projektanta związane z racjonalizacją użytkowania energii w budynkach;
- 4) doskonalenie warsztatu audytora energetycznego;
- 5) przygotowanie systemu znakowania energetycznego budynków (Energy Labeling);
- 6) opracowanie metod kontroli wykonania i odbioru izolacji oraz instalacji grzewczych i wentylacyjnych;
- 7) przygotowanie szerokiego monitoringu zasobów budowlanych pod kątem racjonalnego użytkowania energii i zapewnienia warunków higienicznych;
- 8) badania zużycia energii i ocena demonstracyjnych budynków energooszczędnych.

Niestety, w Polsce od lat odczuwa się brak polityki państwa w obszarze racjonalizacji użytkowania energii w budynkach i stąd brak jest centralnego finansowania badań zamawianych przez państwo.

Z pozycji ITB konieczne jest jednak działanie na rzecz budownictwa poprzez dostarczanie odpowiednich narzędzi do projektowania budynków, kontroli wykonania, diagnostyki istniejących budynków i podejmowania decyzji przez projektanta i inwestora, jak również ilościowa ocena wyrobów budowlanych i projektów, wynikająca z badań lub obliczeń. Z tego względu Zakład Fizyki Ciepłej prowadzi prace (w zakresie wynikającym z możliwości finansowania w ramach działalności badawczej statutowej ITB) w następujących kierunkach:

- BLOK 1 – pod kątem rozwoju warsztatu badawczego, tj. bazy laboratoryjnej badań izolacji cieplnych oraz programów komputerowych do oceny wyrobów budowlanych na potrzeby atestacji technicznej,
- BLOK 2 – pod kątem podbudowy kodyfikacji ochrony cieplnej budynków,
- BLOK 3 – pod kątem tworzenia narzędzi (programów komputerowych, materiałów pomocniczych) do projektowania budynków o zmniejszonym zapotrzebowaniu na ciepło do ogrzewania i zaleceń termorenowacji istniejących zasobów budowlanych.

Drugi istotny obszar badań Zakładu Fizyki Ciepłej to tematyka związana z oceną stanu wilgotnościowego przegród, głównie z uwagi na wysychanie z wilgoci początkowej i kondensację wewnętrzną, ale też wysychanie z zawilgocenia, na przykład w wyniku powodzi. Celowe jest też podjęcie w przyszłości badań metod osuszania murów w starych

budynkach; kilka metod jest dopuszczonych do stosowania przez ITB, jednak bez oceny ich skuteczności.

Trzeci obszar badań Zakładu Fizyki Ciepłej wiąże się z potrzebą zapewnienia odpowiednich warunków sanitarno-higienicznych w pomieszczeniach, a zwłaszcza zapobiegania rozwojowi pleśni w wyniku kondensacji pary wodnej na powierzchni mostków cieplnych. Zakład Fizyki Ciepłej jest zaangażowany w badania wentylacji naturalnej budynków oraz lansowanie stosowania urządzeń do nawiewu powietrza wentylacyjnego i prawidłowych rozwiązań detali budowlanych, bez mostków cieplnych.

W celu rozwiązywania zadań przydatnych dla budownictwa Zakład Fizyki Ciepłej ITB musi doskonalić swój warsztat naukowy i stan wiedzy w zakresie:

- stacjonarnego i niestacjonarnego przewodzenia ciepła w elementach budowlanych, ew. z uwzględnieniem nieliniowości fizycznej oraz wewnętrznych źródeł ciepła;
- identyfikacji współczynnika przewodzenia ciepła w materiałach budowlanych, w funkcji wilgotności, temperatury i innych czynników oraz badań rzeczywistej izolacyjności cieplnej wykonanych izolacji;
- radiacyjnego przenoszenia energii przez elementy przezroczyste i określania radiacyjnych cech materiałów;
- stacjonarnego i niestacjonarnego transportu wilgoci (pary wodnej i wody) w elementach budowlanych, z reguły z uwzględnieniem nieliniowości fizycznej;
- identyfikacji współczynników transportu wilgoci w materiałach budowlanych w funkcji wilgotności, temperatury i innych czynników;
- ruchu powietrza przez przegrody budowlane i w budynku, zwłaszcza przy braku działania specjalnych urządzeń mechanicznych;
- identyfikacji współczynnika filtracji powietrza przez elementy obudowy pomieszczeń, w tym przez okna i drzwi;
- opracowywania założeń do nowych konstrukcji aparatury do identyfikacji współczynnika przewodzenia ciepła i oporu cieplnego, współczynników transportu wilgoci i filtracji powietrza, a następnie współpracy przy konstruowaniu aparatury;
- oceny warunków komfortu cieplnego w pomieszczeniach przeznaczonych na pobyt ludzi;
- oceny ryzyka występowania pleśni na powierzchniach przegród;
- opracowywania założeń i przygotowywania specyficznych baz danych (np. danych klimatycznych, zysków ciepła bytowego, współczynników przewodzenia ciepła i transportu wilgoci).

Zakład musi kontynuować rutynowe badania właściwości cieplnych i wilgotnościowych materiałów i komponentów budowlanych, z rozszerzaniem posiadanych baz danych i uogólnieniami na potrzeby normalizacji. Badania te muszą być uzupełniane w ramach działalności badawczej budżetowej badaniami tych samych próbek w innych warunkach temperatury i wilgotności w celu określania współczynników konwersji temperaturowej i wilgotnościowej.

Zakład musi kontynuować też rutynowe badania szczelności okien i charakterystyk przepływowych nawiewników powietrza wentylacyjnego.





*Zespół pracowników Zakładu Fizyki Ciepłej we wnętrzu nowej części budynku Laboratorium Izolacji Termicznych (od lewej siedzą: Leszek Choliński, Andrzej M. Zacharski, Katarzyna Wąsikiewicz, Katarzyna Firkowicz-Pogorzelska, Dorota Konopska, Waldemar Gwiazda, Andrzej Z. Zacharski; w drugim rzędzie od lewej stoją: Jerzy A. Pogorzelski, Zbigniew Owczarek, Krzysztof Kasperkiewicz, Robert Geryło, Jarosław Awksientjuk, Marek Stradomski, Jerzy Stańko, Andrzej Bobociński)*

Wyniki badań naukowych i prac badawczo-usługowych Zakładu Fizyki Ciepłej powinny być propagowane. Zakład nastawia się w przyszłości w większym jeszcze stopniu na działalność popularyzatorską i publicystyczną, obejmującą:

- publikacje adresowane do masowego odbiorcy, zwłaszcza do inwestorów,
- poradniki dla projektantów i wykonawców,
- komentarze do norm,
- podręczniki akademickie.

## 5. Rozwój kadry naukowej i badawczo-technicznej

Brak w Polsce kierunku, którego absolwent byłby przygotowany „z marszu” do pracy w specjalności naukowej „fizyka ciepła budowli”. Dlatego tematyką tą zajmowali się w skali ogólnopolskiej ludzie najdziwniejszej proveniencji, bez elementarnej przygotowania teoretycznego.

Dobry pracownik naukowy zajmujący się tematyką fizyki ciepłej budowli powinien mieć elementarne przygotowanie obejmujące termodynamikę, matematyczną teorię przewodnictwa ciepłego, teorię wymiany ciepła i masy, metody numeryczne, miernictwo ciepłe, ew. budownictwo. Piszący te słowa zna ten problem z autopsji, ponieważ musiał uzupełniać zaniedbane wykształcenie z Wydziału Budownictwa, studiując cztery lata na Wydziale Matematyczno-Fizycznym na UW i douczając się dodatkowo samodzielnie matematycznej teorii przewodnictwa ciepłego oraz teorii wymiany ciepła i masy.

Od kilku lat Zakład sukcesywnie wzmacnia się pod względem poziomu kadry przyjmując, ale i zwalnając pracowników, co sprzyja selekcji. Jeśli chodzi o pracowników prowadzących badania naukowe i prace badawcze, obecnie Zakład Fizyki Ciepłej zatrudnia dosyć interdyscyplinarny zespół pracowników (z wyższym wykształceniem): inżynierów budowlanych, inżynierów ogrzewników, inżyniera mechanika i fizyków, co pozwala na wzajemne dokształcanie się pracowników.

W tej grupie ludzi realizujemy program obejmujący cztery doktoraty (jeden zakończony w listopadzie 2000 r.) i dwie habilitacje.

Jeśli chodzi o kadrę badawczo-techniczną, od dawna zatrudniamy trzech techników z dużym doświadczeniem w zakresie pomiarów. Rosnące nasycenie Zakładu aparaturą i systemami zbierania i przetwarzania danych oraz projektowanie nowej aparatury spowodowały niedawno konieczność zatrudnienia inżyniera elektronika i inżyniera mechanika.

## Bibliografia

- [1] Kołodziejczyk S.: Zasady doboru grubości murów z cegły do stref klimatycznych Polski, Inż. i Bud. 1949, Biul. IBB 1949, nr 41
- [2] Płoński W.: Opracowanie kryteriów oceny materiałów i przegród budowlanych pod względem ich właściwości cieplofizycznych (na podstawie przeprowadzonych badań). Praca nauk.-bad. ITB, XIII-1/62, maszyn., biblioteka ITB
- [3] Płoński W.: Badania właściwości cieplno-wilgotnościowych betonów jamistych na kruszywie wapiennym. Praca nauk.-bad. ITB, XIII-2/62, maszyn, biblioteka ITB

- [4] Kuźmińska M.: Badania przebiegu wysychania i określenie wilgotności ustabilizowanej ścian żużłobetonowych w budynkach wielkoblokowych. Praca nauk.-bad. ITB, XIII-4/62, maszyn., biblioteka ITB
- [5] Ossowiecki M., Pogorzelski J. A.: Wyniki badań ciepłno-wilgotnościowych ścian osłonowych w pawilonie doświadczalnym ITB. BINT ITB 17
- [6] Pogorzelski J. A.: Wyniki badań ścian warstwowych z izolacją z gazobetonu 035. BINT ITB 17
- [7] Gołembowicz M.: Opracowanie metodyki badań, zaprojektowanie i wykonanie przyrządów do badań niektórych cech fizycznych przegród i materiałów budowlanych. Praca nauk.-bad. ITB, FC-3/65, maszyn., biblioteka ITB
- [8] Gołembowicz M.: Metody badania współczynnika przewodności cieplnej wilgotnych materiałów budowlanych o strukturze zwartej. Praca doktorska na Wydz. Inż. Łądowej Polit. Warsz., 1965
- [9] Gołembowicz M.: Aparatura i metody badań ciepłno-wilgotnościowych stosowane w Instytucie Techniki Budowlanej. BINT ITB nr 22, Instytut Techniki Budowlanej, Warszawa 1967
- [10] Płoński W.: Badania przebiegu dyfuzji i kondensacji pary wodnej w materiałach i elementach budowlanych warstwowych. ITB, Warszawa 1966
- [11] Płoński W.: Badania warunków cieplnych i wilgotnościowych w stropodachach o różnej konstrukcji. ITB, Warszawa 1970
- [12] Płoński W.: Problem wilgoci w przegrodach budowlanych. Arkady, Warszawa 1968
- [13] Pogorzelski J. A.: Opracowanie podstaw teoretycznych i praktycznych sposobów suszenia przegród w budynkach (podłogi i tynków) w okresie obniżonych temperatur; praca nauk.-bad. ITB, FC-6/66, maszyn., biblioteka ITB
- [14] Pogorzelski J. A.: Ocena stateczności cieplnej przegród zewnętrznych w oparciu o analizę wahań skrajnych zimowych temperatur dla sześciu stref klimatycznych Polski metodami matematycznymi. Praca doktorska na Wydz. Inż. Sanit. i Wodnej Polit. Warsz., 1967
- [15] Pogorzelski J. A.: Nowa metoda oceny własności cieplnych legowisk dla zwierząt. Roczniki Nauk Rolniczych, t. 69-C-2, 1972
- [16] Pogorzelski J. A.: Badania na drodze analizy matematycznej czasu ostygnięcia ścian ceglanych i betonowych dla różnych temperatur ścian i otoczenia. Praca nauk.-bad. ITB, SO-2c/66, maszyn., biblioteka ITB
- [17] Pogorzelski J. A.: Główne problemy niestacjonarnego przewodzenia ciepła w przegrodach budowlanych. Praca nauk.-bad. Instytutu Budownictwa Polit. Wrocławskiej, Seria: Monografie, nr 3, Wrocław 1973
- [18] Pogorzelski J. A.: Fizyka ciepła budowli. PWN, Warszawa 1976
- [19] Buczyńska-Tytz E., Ilkowski S.: Opracowanie wariantów ograniczenia strat ciepła w budynkach przez poprawę izolacyjności cieplnej przegród zewnętrznych i okien. Praca nauk.-bad. ITB, NF-52/78, maszyn., biblioteka ITB
- [20] Buczyńska E., Ilkowski S.: Określenie dopuszczalnych jednostkowych strat ciepła w obiektach budownictwa mieszkaniowego i użyteczności publicznej. Praca nauk.-bad. ITB, NF-55/79, maszyn., biblioteka ITB
- [21] Płoński W.: Ocena efektów ograniczenia strat ciepła w budynkach przez zwiększenie termoizolacyjności przegród zewnętrznych i okien oraz wytyczenie kierunków działania w tym zakresie. Praca nauk.-bad. ITB, NF-57/79, maszyn., biblioteka ITB
- [22] Laskowski L.: Badania zużycia energii i efektywności biernego wykorzystania energii słonecznej do ogrzewania eksperymentalnego budynku jednorodzinnej. Praca nauk.-bad. ITB, NF-71/85, maszyn., biblioteka ITB

- [23] Kostrzewa J.: Pogorzelski J. A.: Badania rozpoznawcze efektywności cieplnej stosowania izolacji półprzezroczystych w ścianach zewnętrznych. Praca nauk.-bad. ITB, NF-94/90, maszyn., biblioteka ITB
- [24] Borowy A.: Instrukcja użytkowania programu DOT-AB (wersja na mikrokomputer IBM-PC), maszyn., 1988
- [25] Materiały pomocnicze do PN-91/B-02020. Ochrona cieplna budynków. Praca zbiorowa, ITB, Warszawa 1991
- [26] Woźniak G.: Doskonalenie obliczeniowych metod analizy przepływu ciepła przez przegrody budowlane w zastosowaniu do normy PN-91/B-02020 Ochrona cieplna budynków. Praca nauk.-bad. ITB, NW-12/NP/92, maszyn., biblioteka ITB
- [27] Pogorzelski J. A., Stempniak B.: Opracowanie wyników pomiarów przewodności cieplnej z badań ITB z lat 1956–1988. Praca nauk.-bad. ITB, NF-88/89, maszyn., biblioteka ITB
- [28] Pogorzelski J.A., Panek A. D., Zielińska H., Kratiuk M.] MAIN 3 – nowa wersja programu do obliczania sezonowego zapotrzebowania ciepła do ogrzewania. XXXIX Konf. Nauk. KILiW PAN i KN PZITB, Krynica 1993
- [29] Pogorzelski J.A., Zielińska H., Werpachowski G.: Obliczeniowe wartości wskaźnika zapotrzebowania energii do ogrzewania budynków mieszkalnych. *Przegląd Budowlany*, 3, 1993
- [30] Ekspertyza Komitetu Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN oraz Fundacji Poszanowania Energii „Efektywne użytkowanie energii w budynkach. Zarys narodowego programu racjonalizacji użytkowania energii w sektorze komunalno-bytowym” (maszyn.), Warszawa 1993
- [31] Firkowicz K. i inni: Nowy aparat płytowy do badania przewodności cieplnej materiałów budowlanych. XXXIX Konf. Nauk. KILiW PAN i KN PZITB, Krynica 1993
- [32] Kasperkiewicz K., Pogorzelski J. A., Bergsoe N. C.: Investigation of the total air change in dwellings. International Scientific Conference „Indoor air quality problems. From science to practice”. Warszawa 1993

## PAST, PRESENCE AND DIRECTIONS OF FUTURE RESEARCH OF THERMAL PHYSICS DEPARTMENT OF ITB

### Summary

Department of Thermal Physics of ITB exists formally since 1961, although activity in this field has been carried out in the Institute already earlier. In the initial period the activity of the Department was connected mainly with experimental determination of thermal conductivity of materials and thermal resistance of external envelopes as well as residual moisture content of materials; those tasks were from beginning connected with standardization of thermal protection of buildings. In second half of 60., despite the experimental work, first tasks connected with mathematical modeling of heat transfer between building and its environment were undertaken. Since second half of 80. computer simulation of heat transfer, and later on also simulation of coupled heat and moisture transfer, has been developed. In the period of last several years Department of Thermal Physics strengthened much with consideration to staff and testing possibilities, including recent extension of laboratory building. It seems to be very good moment for presentation of the present state of Department and its research problems, as well as of needs and perspectives of development.