

**POLITECHNIKA ŁÓDZKA**  

---

**PODREČZNIKI AKADEMICKIE**

**Henryk Grzegorz Sabiniak**  
**Marek Pietras**

**KLIMATYZACJA**  
**OBIEKTÓW BASENOWYCH**

**Łódź 2008**

Recenzenci: **prof. dr hab. inż. Janusz Jeżowiecki**  
**prof. dr hab. inż. Maciej Urbaniak**

**KOMITET REDAKCYJNY**  
**WYDAWNICTW POLITECHNIKI ŁÓDZKIEJ**

Przewodniczący Komitetu Redakcyjnego: **prof. dr hab. inż. Piotr Wodziński**  
Redaktor Naukowy Wydziału: **dr hab. inż. Tadeusz Urban**

© Copyright by Politechnika Łódzka 2008

**WYDAWNICTWO POLITECHNIKI ŁÓDZKIEJ**  
**90-924 Łódź, ul. Wólczańska 223**  
**tel/fax 684-07-93**  
**e-mail: a-row-1@sir.p.lodz.pl**  
**www.wydawnictwa.p.lodz.pl**

**ISBN 978-83-7283-251-1**

Nakład 300 egz. Ark druk. 11,0. Papier offset. 80 g 70 x 100  
Druk ukończono w czerwcu 2008 r.  
Wykonano w drukarni offsetowej WIST, ul. Barona 8B 14, 95-100 Zgierz  
Nr 1790

## SPIS TREŚCI

Wykaz ważniejszych oznaczeń .....	7
Przedmowa .....	9
1. Wstęp .....	15
2. Rodzaje obiektów basenowych .....	19
2.1. Klasyfikacja obiektów basenowych .....	19
2.2. Schemat funkcjonalny obiektu basenowego .....	20
3. Klimatyzacja hal basenowych .....	21
3.1. Parametry powietrza wewnętrznego w hali basenowej .....	21
3.1.1. Temperatura powietrza .....	22
3.1.2. Wilgotność powietrza .....	24
3.1.3. Prędkość ruchu powietrza .....	29
3.1.4. Temperatura przegród budowlanych .....	31
3.1.5. Świeżość powietrza .....	32
4. Obciążenie wilgotnościowe hal basenowych .....	35
4.1. Parowanie wilgoci z powierzchni lustra wody niecki basenowej .....	35
4.1.1. Małe obiekty basenowe .....	44
4.1.2. Baseny treningowe .....	44
4.1.3. Baseny ogólnego przeznaczenia .....	45
4.2. Nomogram do określania ilości parującej wilgoci z nad lustro wody .....	46
4.3. Powierzchnia zwilżonych posadzek .....	47
4.3.1. Wyznaczanie ilości parującej wilgoci ze zwilżonych posadzek .....	48
4.4. Parowanie z atrakcji wodnych .....	51
4.5. Zyski wilgoci od ludzi .....	52
4.6. Wyznaczanie ilości powietrza nawiewanego do hali basenowej .....	52
5. Obciążenie cieplne hal basenowych .....	54
5.1. Strumień ciepła wymieniany z otoczeniem zewnętrznym i pomieszczeniami sąsiadującymi .....	54
5.2. Strumień ciepła pochodzący z parowania wody .....	55
5.3. Strumień ciepła przekazywany wodzie na drodze konwekcji .....	56
5.4. Wyznaczanie ilości powietrza nawiewanego do hali basenowej .....	56
6. Systemy organizacji wymiany powietrza w halach basenowych .....	58
6.1. Nawiew szczelinowy .....	60
6.1.1. Dobór nawiewnych szyn szczelinowych .....	62
7. Regulacja systemów klimatyzacyjnych obiektów basenowych .....	63
8. Wymagania klimatyzacyjne stawiane pomieszczeniom okołobasenowym .....	66
9. Projekt klimatyzacji hali basenowej .....	68
9.1. Dokumentacja architektoniczno-konstrukcyjna .....	68
9.2. Przyjęte założenia .....	68
9.3. Tryb pracy centrali klimatyzacyjnej .....	69
9.3.1. Praca dzienna centrali dla okresu zimowego .....	69
9.3.2. Praca dzienna centrali dla okresu letniego .....	70

9.3.3. Praca nocna centrali.....	72
9.4. Instalacja klimatyzacji .....	73
9.4.1. Przewody wentylacyjne.....	73
10. Obliczenia .....	74
10.1. Obciążenie wilgotnościowe hali basenowej .....	74
10.1.1. Parowanie wilgoci z powierzchni lustra wody.....	75
10.1.2. Parowanie wilgoci ze zwilżonych powierzchni posadzek.....	75
10.1.3. Parowanie wilgoci z atrakcji i urządzeń wodnych .....	75
10.2. Całkowite obciążenie wilgotnościowe hali basenowej.....	76
10.3. Obliczenia wymaganej ilości powietrza nawiewanego.....	76
10.4. Obliczenia obciążenia cieplnego hali basenowej.....	76
10.4.1. Obliczenia współczynnika przenikania ciepła.....	77
10.4.2. Obliczenia strumienia strat ciepła dla zimy.....	82
10.4.3. Obliczenia strumienia zysków ciepła dla lata.....	85
10.4.3.1. Strumień zysków ciepła przez przegrody przezroczyste.....	85
10.4.3.2. Strumień zysków ciepła przez przegrody nieprzezroczyste .....	89
10.5. Sumaryczny strumień zysków ciepła od nasłonecznienia .....	93
10.6. Strumień zysków ciepła ze źródeł wewnętrznych .....	94
10.6.1. Zyski ciepła z parowania wilgoci.....	94
10.6.2. Strumień ciepła jawnego oddawanego wodzie na drodze konwekcji.....	95
10.7. Maksymalne obciążenie cieplne hali basenowej .....	95
10.7.1. Obciążenie cieplne dla okresu zimowego .....	96
10.7.2. Obciążenie cieplne dla okresu letniego .....	96
11. Współczynniki kątowe przemian powietrza.....	97
12. Temperatura powietrza nawiewanego.....	98
13. Obróbka technologiczna powietrza nawiewanego .....	99
13.1. Wydajność nagrzewnicy wodnej .....	102
13.2. Wydajność chłodnicy.....	102
14. Dobór elementów nawiewnych.....	103
14.1. Część wysoka hali basenowej.....	103
14.2. Część niska hali basenowej.....	104
15. Dobór elementów wywiewnych.....	105
16. Obliczenia hydrauliczne instalacji klimatyzacyjnej .....	106
16.1. Obliczenia hydrauliczne instalacji nawiewnej.....	106
16.2. Opory hydrauliczne instalacji wywiewnej.....	110
17. Dobór wentylatorów do centrali klimatyzacyjnej .....	112
17.1. Dobór wentylatora nawiewnego .....	112
17.2. Dobór wentylatora wywiewnego .....	113
18. Zestawienie elementów instalacji zespołu nawiewnego .....	114
19. Zestawienie elementów instalacji zespołu wywiewnego .....	123
20. Zestawienie urządzeń instalacji klimatyzacyjnej i ich lokalizacja .....	127

21. Literatura .....	130
22. Spis rysunków .....	132
23. Spis tabel.....	134
24. Spis rysunków dokumentacji instalacji klimatyzacyjnej.....	135



## WYKAZ WAŻNIEJSZYCH OZNACZEŃ

a	– współczynnik odparowania z powierzchni posadzki	$[\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C})]$ ,
$a_k$	– współczynnik aktywności osób kąpiących się	$[\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{hPa})]$ ,
c	– współczynnik odparowania	$[\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{mmHg})]$ ,
$c_d$	– współczynnik odparowania	$[\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{mmHg})]$ ,
$c_{\text{dop}}$	dopuszczalne stężenie zanieczyszczenia w powietrzu	$[\text{mg}/\text{m}^3]$ ,
$c_{\text{naw}}$	– stężenie zanieczyszczenia w powietrzu nawiewanym	$[\text{mg}/\text{m}^3]$ ,
h	– entalpia powietrza	$[\text{kJ}/\text{kg}]$ ,
$h_w$	– entalpia pary wodnej	$[\text{kJ}/\text{kg}]$ ,
k	– współczynnik poprawkowy	$[-]$ ,
$m_w$	– strumień masy parującej wody	$[\text{kg}/\text{h}]$ ,
$m'_w$	– jednostkowy strumień masy parującej	$[\text{g}/(\text{h} \cdot \text{m}^2)]$ ,
n	– krotność wymian powietrza	$[1/\text{h}]$ .
$p_b$	– ciśnienie barometryczne [Pa],	$[\text{mmHg}]$ ,
$p_w$	– ciśnienie cząsteczkowe pary wodnej [Pa],	$[\text{mmHg}]$ ,
$p_w''$	– ciśnienie cząstkowe pary wodnej w warstwie granicznej przy stanie nasycenia i temperaturze powierzchni wody	$[\text{mmHg}]$ ,
$t_m$	– temperatura powietrza wg termometru mokrego	$[^\circ\text{C}]$ ,
$t_p$	– temperatura powietrza wg termometru suchego	$[^\circ\text{C}]$ ,
$t_{pw}$	– temperatura powierzchni wody	$[^\circ\text{C}]$ ,
$t_r$	– temperatura punktu rosy	$[^\circ\text{C}]$ ,
$t_s$	– średnia temperatura powietrza	$[^\circ\text{C}]$ ,
$t_w$	– temperatura wody	$[^\circ\text{C}]$ ,
x	– zawartość wilgoci w powietrzu	$[\text{g}/\text{kg}]$ , $[\text{kg}/\text{kg}]$ ,
$x''$	– zawartość wilgoci w warstwie granicznej w stanie nasycenia przy danej temperaturze powierzchni wody	$[\text{kg}/\text{kg}]$
v	– prędkość przepływu powietrza	$[\text{m}/\text{s}]$ ,
F	– powierzchnia lustra wody	$[\text{m}^2]$ ,
$F_a$	– współczynnik aktywności osób korzystających z pływalni	$[-]$ ,
G	– punkt opisujący parametry warstwy granicznej na wykresie t – x,	
$K_p$	– współczynnik korygujący uwzględniający warunki basenowe	$[-]$ ,
$L_b$	– współczynnik korygujący uwzględniający warunki basenowe	$[-]$ ,

NDS	– największe dopuszczalne stężenie zanieczyszczenia w powietrzu	[mg/m <sup>3</sup> ],
N	– punkt opisujący parametry powietrza nawiewanego na wykresie t – x,	
P	– punkt opisujący parametry powietrza w pomieszczeniu na wykresie t – x,	
Q	– moc cieplna	[kW],
R	– punkt rosy na wykresie t – x,	
U	– współczynnik przenikania ciepła	[W/(m <sup>2</sup> · K)],
V	– strumień powietrza	[m <sup>3</sup> /h],
Z	– ilość wydzielanych zanieczyszczeń w pomieszczeniu	[mg/m <sup>3</sup> ],
$\alpha$	– współczynnik uwzględniający ruch powietrza w zależności od temperatury powierzchni cieczy i powietrza w pomieszczeniu,	
$\alpha_k$	– współczynnik przejmowania ciepła	[W/(m <sup>2</sup> · K)],
$\varepsilon$	– współczynnik odparowania	[g/(m <sup>2</sup> · h · hPa)],
$\varepsilon'$	– współczynnik kierunkowy przemiany powietrza na sali	[kJ/kg],
$\varphi$	– wilgotność względna powietrza	[%],
$\rho_p$	– gęstość powietrza	[kg/m <sup>3</sup> ],
$\rho_{pw}$	– gęstość powietrza w warstwie granicznej przy stanie nasycenia i w danej temperaturze powierzchni wody	[kg/m <sup>3</sup> ],
$\sigma$	– liczba parowania	[kg/(m <sup>3</sup> · h)].



## PRZEDMOWA

W ostatnich latach liczba nowo projektowanych i modernizowanych obiektów basenowych wzrasta. Coraz istotniejsze staje się szeroko rozumiane zagadnienie techniki basenowej. Pojęcie to dotyczy nie tylko technologii przygotowania (uzdatniania) wody basenowej, lecz również zapewnienia odpowiednich parametrów powietrza wewnętrznego zarówno w aspekcie komfortu przebywania użytkowników, jak i ochrony obiektu basenowego (budynku) przed niekorzystnym wpływem wilgoci. Instalacja klimatyzacyjna obiektu basenowego ma za zadanie:

- *oczyszczanie powietrza z zanieczyszczeń pyłowych i gazowych,*
- *osuszanie powietrza z nadmiaru wilgoci,*
- *przewietrzanie obiektu basenowego,*
- *utrzymywanie właściwej temperatury powietrza w hali basenowej (dogrzewanie lub chłodzenie).*

Książka zawiera zebrane i usystematyzowane informacje dotyczące klimatyzacji hal basenowych w aspekcie usuwania powstających w tego rodzaju obiektach dużych zysków wilgoci oraz wiadomości na temat sposobów zapewnienia komfortu osobom korzystającym z tego rodzaju obiektów. Zamieszczono w niej zależności matematyczne umożliwiające przeprowadzenie obliczeń projektowych wraz z wytycznymi wykonania dokumentacji technicznej klimatyzowanego obiektu basenowego. Zostały opisane zalecenia dotyczące odbioru tego rodzaju instalacji w obiektach basenowych oraz wytyczne do dalszej eksploatacji. Wzory, rozważania i analizy teoretyczne zostały poparte przykładem projektu instalacji klimatyzacyjnej rzeczywistego obiektu basenowego.

**We wstępie** książki zamieszczono krótki opis parametrów powietrza wewnętrznego, spełniających wymagane warunki komfortu w hali basenowej, jakie muszą być utrzymywane ze względu na przebywanie w nich osób w skąpych ubraniach (stroje kąpielowe), których organizmy nie powinny odczuwać w stosunku do otoczenia braku równowagi termicznej i wilgotnościowej. Zaakcentowano wpływ innych wielkości fizycznych, takich jak: ruch powietrza wewnętrznego (tzw. przeciągi), temperatury powierzchni posadzek, ścian i sufitu oraz wpływ różnicy temperatur pomiędzy powietrzem w hali a wodą w nieszce basenowej, na komfort odczuwany przez użytkowników obiektów basenowych.

**W rozdziale drugim** dokonano podziałów obiektów basenowych, przyjmując za podstawę różne warunki ich klasyfikacji i spełniane funkcje. Podano schemat funkcjonalny obiektów basenowych wraz ze szczegółowym opisem poszczególnych grup pomieszczeń i ich samych oraz przypisanych im zadań.

**Trzeci rozdział** zawiera dokładny opis i analizę poszczególnych parametrów charakteryzujących powietrze wewnętrzne i ich wpływ na klimat w halach basenowych. Jest on związany z warunkami komfortu przebywania użytkowników i jednocześnie z technologią eksploatacji tego typu budynków.

**Podrozdział 3.1.1** jest poświęcony wymogom stawianym temperaturze powietrza wewnętrznego i jej dopuszczalnym zmianom. Przywołano w nim przepisy prawne dotyczące temperatur powietrza w pomieszczeniach wewnętrznych, w których przebywają osoby w skąpych ubraniach. Zamieszczono wyniki badań doświadczalnych nad komfortem tego rodzaju obiektów, z położeniem szczególnego nacisku na informacje dotyczące wieku osób korzystających z pływalni (dzieci, młodzież, osoby starsze). Wzięto również pod uwagę wysiłki i zaangażowanie w uprawianie sportu pływackiego: nauka pływania, pływanie wycieczkowe (treningi i zawody), kąpiele lecznicze.

**Podrozdział 3.1.2.** zawiera analizę czynnika najbardziej zakłócającego (zanieczyszczającego) stan powietrza w hali basenowej, czyli wilgotności względnej, w dwóch aspektach: komfortu – dla osób korzystających z pływalni i eksploatacji budynku – jakim jest obiekt basenowy. Trzecim czynnikiem, nie bez znaczenia, który uwzględniono w analizie, to koszty inwestycyjne, a później eksploatacyjne obiektu.

**Podrozdział 3.1.3** to opis zasad ruchu powietrza w halach basenowych wraz z wymaganymi i dopuszczalnymi wartościami prędkości w nawiewnikach i wywiewnikach doprowadzających i odprowadzających zużyte powietrze oraz co najważniejsze w strefach przebywania ludzi. Ruch powietrza w obiektach o dużych zyskach wilgoci ma istotny wpływ na samopoczucie osób kąpiących się, gdyż może powodować nieprawidłowe odczucia rzeczywistej temperatury, a tym samym dyskomfort. Mogą także powstawać niewentylowane przestrzenie w hali obiektu, co spowoduje najpierw niszczenie estetyki, a w dłuższym czasie i konstrukcji budowlanej w tych miejscach (pleśnie, grzyby, korozja).

**W podrozdziale 3.1.4** omówiono wpływ temperatur powierzchni przegród budowlanych na pozostałe parametry komfortu powietrza wewnętrznego. Analiza dotyczyła poszczególnych przegród zarówno przezroczystych (okna), jak i nieprzezroczystych, w odniesieniu do sezonu letniego, zimowego i okresów przejściowych. Przeanalizowano wpływ średniej temperatury wewnętrznych powierzchni przegród, jak i ich średnią wynikową na odczuwanie komfortu cieplnego przez użytkowników. Omówiono wpływ różnic temperaturowych pomiędzy poszczególnymi przegrodami budowlanymi na odczucia komfortu przez użytkowników i podczas eksploatacji budynku (mostki termiczne) oraz możliwość dopuszczalnej rozbieżności w wymaganych średnich wartościach temperatur tych przegród i powietrza wewnętrznego.

**Podrozdział 3.1.5** zawiera opis pojęcia świeżości powietrza wewnętrznego i jego zależności od pozostałych parametrów komfortu oraz źródeł emitujących zanieczyszczenia. Podano w nim wytyczne umożliwiające określenie niezbędnej

wymaganej ilości powietrza do wymiany w zależności od powstających i gromadzących się zanieczyszczeń w powietrzu wewnętrznym.

**Rozdział czwarty** jest jednym z istotniejszych. Omówiono w nim bardzo szczegółowo źródła wpływające na obciążenie wilgotnościowe hal basenowych. Rozróżniono i przeanalizowano wzory znajdujące się w literaturze dotyczące obliczeń zysków wilgoci przedostających się do powietrza wewnętrznego z poszczególnych elementów wyposażenia hali basenowej: niecek, mokrych posadzek – z rozróżnieniem na ogrzewane i nieogrzewane, atrakcji wodnych i ludzi. Przeanalizowano powstające zyski wilgoci w zależności od wielkości obiektu basenowego i funkcji jaką on spełnia. Opracowano nomogramy umożliwiające szybkie określanie strumieni zysków wilgoci w czasie w tego typu obiektach.

**Rozdział piąty** zawiera analizę zamieszczonych w literaturze zależności niezbędnych do określania zysków i strat ciepła przedostających się do powietrza hali basenowej ze źródeł wewnętrznych i przenikających przez przegrody budowlane ze źródeł zewnętrznych, z podziałem na okres letni i zimowy. Omówiono formy fizyczne wymiany ciepła pomiędzy poszczególnymi źródłami i powietrzem wewnętrznym w hali, jak i odwrotnie. Zamieszczono również nomogramy do szybkiej analizy zysków i strat ciepła powstających w drodze wymiany pomiędzy powietrzem wewnętrznym obiektu basenowego a otoczeniem.

**Rozdział szósty** to opis wytycznych dotyczących organizacji ruchu powietrza w halach basenowych w zależności od ich konstrukcji i konfiguracji przestrzeni wewnętrznej. Zamieszczono w nim także wytyczne do doboru i miejsc rozmieszczenia elementów nawiewnych i wywiewnych.

**Rozdział siódmy** zawiera opis automatyki i związanych z tym wymaganych elementów, w jakie powinna być wyposażona instalacja klimatyzacyjna hali basenowej w zależności od narzuconych, czy wymaganych, reżimów technologicznych dla poszczególnych parametrów powietrza wewnętrznego, zapewniających komfort w obiekcie basenowym i umożliwiających ich realizację. Zamieszczono w nim również wymagania dotyczące parametrów stanu powietrza w poszczególnych pomieszczeniach okołobasenowych (patrz rozdz. 2) i zasady ich realizacji.

**Rozdział ósmy** rozpoczyna praktyczną część obliczeniowo-projektową książki. W części tej zamieszczono przykład projektu z zastosowaniem wcześniej opisanych i przeanalizowanych zależności matematycznych umożliwiających wykonanie obliczeń projektowych oraz wytyczne dotyczące realizacji dokumentacji technicznej instalacji klimatyzacyjnych hal basenowych. Zawiera on w głównej części opis założeń projektowych i ustaleń, które należy poczynić

z inwestorem i technologiemi, przed przystąpieniem do prac projektowych. Projekt instalacji klimatyzacyjnej hali basenowej jest przykładem opartym na rzeczywistej części większego obiektu rekreacyjno-sportowego.

W przykładzie przedstawiono szczegółowo wymagania stawiane konstrukcji i eksploatacji instalacji klimatyzacyjnej. Opisano zasady doboru i pracy central klimatyzacyjnych i ich wyposażenia dla obydwu okresów eksploatacji – letniego i zimowego. Omówiono bardzo dokładnie realizację obróbki powietrza przez centrale klimatyzacyjne dla okresu dobowego, gdy obiekt jest otwarty i korzystają z niego osoby kąpiące się. Podano także zasady pracy central dla pory nocnej – spoczynkowej hali basenowej.

**Rozdział dziewiąty** zawiera obliczenia projektowe stanu zakłóceń założonych parametrów powietrza wewnętrznego w hali basenowej z różnych źródeł zanieczyszczeń.

*W podrozdziałach 9.1÷9.3* zamieszczono obliczenia zysków wilgoci z powierzchni luster wody niecek basenowych, ze zwilżonych posadzek, atrakcji wodnych zainstalowanych w hali, także od osób kąpiących się. Na podstawie obliczeń ustalono wymagania dotyczące minimalnej ilości wymianianego powietrza celem usunięcia nadmiaru gromadzącej się wilgoci w powietrzu hali basenowej.

*Podrozdziały 9.4÷9.7* zawierają obliczenia strumieni zysków i strat ciepła przenikające przez przegrody budowlane zewnętrzne i wewnętrzne z rozdziałem na przezroczyste i nieprzezroczyste, z wykorzystaniem wcześniej wykonanych obliczeń współczynników przenikania ciepła dla poszczególnych przegród wielowarstwowych. Istotnymi źródłami zysków i strat ciepła są czynniki zewnętrzne pogodowe (obliczeniowe) [23] dla okresu letniego i dla okresu zimowego, jak i wewnętrzne źródła ciepła.

**Rozdział dziesiąty** jest jednym z istotniejszych. Obliczono w nim współczynniki kątowe przemian powietrza nawiewanego do hali basenowej dla okresu letniego i zimowego, które będą realizowane w dobranych centralach klimatyzacyjnych. Pracę central klimatyzacyjnych dla obydwu okresów eksploatacyjnych obiektu basenowego zilustrowano na wykresach i-x, ze szczegółowym omówieniem poszczególnych faz obróbki w nich powietrza.

**W rozdziale jedenastym**, opierając się na wyznaczonych wartościach przemian współczynników kątowych powietrza, obliczono temperaturę powietrza nawiewanego do hali basenowej, oddzielnie dla okresu letniego i zimowego.

**Rozdział dwunasty** zawiera obliczenia poszczególnych elementów instalacji klimatyzacyjnej, w tym tak istotnych jak: nagrzewnica pracująca w okresie zimowym i chłodnica pracująca w okresie letnim. Urządzenia te mają realizować obliczony i przyjęty wcześniej w projekcie do realizacji schemat obróbki powietrza nawiewanego do hali w danym okresie, opisany w rozdziale 10.

**Rozdział trzynasty** zawiera dobór elementów nawiewanych powietrza do hali basenowej oraz opis miejsc i sposobów ich rozmieszczenia, ze zwróceniem szczególnej uwagi na zasięg strug nawiewanego powietrza, mając na względzie konstrukcję hali – jej część wysoką i niską oraz strefy przebywania ludzi (użytkowników pływalni).

**Rozdział czternasty** dotyczy w całości doboru oraz miejsc i sposobów rozmieszczenia elementów wywiewnych instalacji klimatyzacyjnej.

**Rozdział piętnasty** zawiera przykładowe, szczegółowo przedstawione i omówione, obliczenia oporów hydraulicznych liniowych i miejscowych jednego odcinka instalacji klimatyzacyjnej nawiewnej i jednego instalacji wywiewnej. Pozostałe obliczenia oporów hydraulicznych dotyczące całej instalacji klimatyzacyjnej przeprowadzono tabelarycznie. Zamieszczono schematy instalacji nawiewnej i wywiewnej z naniesieniem wszystkich danych (narzuconych – uzgodnionych z inwestorem i założonych – przyjętych przez projektantów), pomocnych w obliczeniach hydraulicznych tych instalacji.

**W rozdziale szesnastym** przeprowadzono obliczenia umożliwiające dobór wentylatorów do poszczególnych central: nawiewnej i wywiewnej. Zwrócono uwagę na punkty pracy znajdujące się na charakterystykach wentylatorów i instalacji klimatyzacyjnej, odpowiednio: nawiewnej i wywiewnej. Punkty przecięcia się tych charakterystyk są punktami pracy.

**Rozdział siedemnasty** zawiera zestawienie elementów niezbędnych do wykonania systemu instalacji nawiewnej, **rozdział osiemnasty** elementy do wykonania zespołu instalacji wywiewnej.

**Rozdział dziewiętnasty** to opis urządzeń, w które ma być wyposażona cała instalacja klimatyzacyjna z podaniem charakterystyk każdego elementu.

**Rozdział dwudziesty** zawiera pełną dokumentację rysunkową instalacji klimatyzacyjnej przykładowego obiektu basenowego z opisem poszczególnych elementów: ich wymiarów i rozmieszczenia. Na rysunkach podano wszystkie wartości dotyczące parametrów nawiewanego i wywiewanego powietrza, umożliwiające: wykonanie, regulację i odbiór instalacji.

W książce znalazły odzwierciedlenie zgromadzone informacje z literatury i przepisów prawnych dotyczące ośrodków basenowych wraz z ich analizą oraz doświadczenie wyniesione przez autorów z prac nad projektami instalacji klimatyzacyjnych różnych obiektów, w tym w szczególności hal basenowych, także z ich nadzorowania w wykonawstwie, jak i późniejszej eksploatacji.

Autorzy zgromadzili cenne informacje, wykonując ekspertyzy nieprawidłowego działania tego typu instalacji klimatyzacyjnych, a także analizując przyczyny awarii, które miały miejsce. Tak uzyskaną wiedzę, popartą jeszcze doświadczeniem dydaktycznym w prowadzeniu przedmiotów z mechaniki płynów, termodynamiki, wentylacji, wentylacji przemysłowej i klimatyzacji, autorzy starali się zawrzeć w niniejszej książce.

Celem autorów jest podzielenie się wiedzą i doświadczeniem z projektantami, wykonawcami i eksploatorami klimatyzowanych obiektów basenowych.

Książka kierowana jest przede wszystkim do projektantów i wykonawców instalacji klimatyzacyjnych w obiektach basenowych. Może ona także w pewnym zakresie służyć pracownikom nauki, jako kompendium wiedzy o klimatyzacji obiektów basenowych zawartej w jednym miejscu. Może być im także pomocna w procesie dydaktycznym, służąc jako podręcznik, a studentom w stawianiu pierwszych kroków w projektowaniu instalacji wentylacyjnych i klimatyzacyjnych, niekoniecznie obiektów basenowych. W takich przypadkach szczególnie pomocny może okazać się przykład projektowy ośrodka basenowego.

## 1. WSTĘP

Człowiek posiada zdolności aklimatyzacyjne. Zdolności te są jednak ograniczone w dostosowywaniu się do warunków klimatycznych panujących wokół niego. Zdolność do aklimatyzacji to inaczej możliwość uzyskania równowagi termicznej organizmu człowieka przy różnych fizycznych wpływach otoczenia. Ścisłych granic zdolności człowieka do przystosowywania się nie daje się określić, ponieważ na jego komfort przebywania w pomieszczeniu oprócz powietrza wpływają: sposób ubrania, płeć, postawa psychiczna, stan zdrowia, przyjmowane pokarmy, wiek, pora roku, rodzaj pracy (wysiłku), oświetlenie, hałas, zapachy, kontakt z otoczeniem, także i inne czynniki.

Do określenia warunków komfortu cieplnego w pomieszczeniu, gdzie przebywają ludzie, korzysta się najczęściej z czterech elementów spośród wielu, które ten komfort charakteryzują. Są to:

- *temperatura powietrza i jej równomierny rozkład w pomieszczeniu,*
- *średnia temperatura przegród łączenie z najcieplejszymi i najzimniejszymi powierzchniami w pomieszczeniu, np. w okresie zimy grzejniki i okna,*
- *wilgotność powietrza wraz z dynamiką jej zmian,*
- *prędkość przepływu powietrza przez pomieszczenie.*

Ubranie, czy raczej jego brak, aktywność ruchowa, czynniki psychiczne – mają także istotny wpływ na odczuwanie komfortu przez człowieka. Granicznymi temperaturami samoobrony organizmu człowieka są [34]:

- **temperatura skóry, kiedy spada ona poniżej 33°C, człowiek zaczyna wtedy marznąć. Organizm zaczyna reagować dreszczami ciała, pobudzając się samoistnie do większego wydatkowania energii wewnętrznej, aby podnieść temperaturę ciała i przywrócić równowagę cieplną organizmu,**
- **temperatura rdzenia mózgowego, kiedy przekroczy 37°C. Organizm w samoobronie zaczyna się wtedy intensywnie pocić, wydzielając płyny, które odparowując z powierzchni ciała usuwają nadmiar ciepła z organizmu.**

Podane wartości są granicznymi, dlatego nie należy ich przekraczać. Jest rzeczą oczywistą, że nie mają one nic wspólnego z odczuwaniem komfortu przez człowieka, gdy przebywa on w pomieszczeniu, którym jest pływalnia i nie zachodzą w nim znaczące zmiany temperaturowo-wilgotnościowe powietrza oraz niepoddawany jest on nadmiernemu wysiłkowi fizycznemu.

Dla człowieka, ze względu na jego dobre samopoczucie, dolna granica dopuszczalnej wilgotności względnej wynosi 35%, a górna 70%.

**Przy wilgotności względnej niższej niż 35%** dochodzi do wysuszenia otoczenia, w tym przede wszystkim: odzieży, dywanów, mebli. Powoduje to unoszenie się pyłów. U człowieka dochodzi do wysuszenia błon śluzowych górnych dróg oddechowych. Tworzywa sztuczne w suchym powietrzu ładują się elektrostatycznie, gromadząc dodatkowe cząstki pyłów na swoich powierzchniach. Z tego powodu zalecana jest każda metoda dodatkowego nawilżania powietrza szczególnie zimą, gdy wilgotność bezwzględna na zewnątrz pomieszczeń jest bardzo mała. Doprowadzenie jej do wnętrza pomieszczeń poprzez otwieranie (uchylanie, czy rozszczelnianie) okien nie daje efektu w nawilżaniu do minimalnej wymaganej wilgotności względnej powietrza, tj. 35%.

**Przy wilgotności względnej powyżej 70%** para wodna zawarta w powietrzu może wykraplać się w zimnych miejscach przegród na tzw. mostkach termicznych. Materiały pochodzenia organicznego mogą zacząć podlegać gniciu i może powstawać na ich powierzchniach pleśń, wydzielając jednocześnie nieprzyjemny charakterystyczny zapach związany z tymi procesami. Zaczną pojawiać się szkody materiałowe (korozja), dotyczy to także konstrukcji budynku.

Zakres wilgotności względnej w powietrzu, przy której człowiek nie odczuwa dyskomfortu jest bardzo duży. Jednak, jak wykazują liczne doświadczenia, najlepsze samopoczucie występuje u człowieka, gdy wilgotność względna powietrza zawiera się w granicach 40÷60%. Przy czym dynamika zmian wilgotności względnej nie przekracza 20% w ciągu godziny. To także jest duża tolerancja organizmu człowieka na zmiany wilgotności względnej.

Konieczność wymiany powietrza zużytego na świeże, dla zachowania warunków higieniczno-sanitarnych, wymaga ruchu powietrza w pomieszczeniu. Zachowując właściwy mikroklimat i komfort w strefie przebywania ludzi, prędkość powietrza nie powinna przekraczać 0,25 m/s, a zimą lub gdy człowiek jest rozebrany (pływalnie) powinna być mniejsza od 0,15 m/s. Utrzymywanie takich prędkości jest dość kłopotliwe ze względu na znaczne trudności regulacji wpływu powietrza z nawiewników (miejsc doprowadzenia powietrza).

Większe prędkości napływu powietrza od 0,25 m/s do strefy, gdzie przebywają ludzie przy wyższych temperaturach może okazać się nawet ulgą w odczuwaniu wysokich temperatur. Jednak, jak wykazały obserwacje z przeprowadzonych badań [34], w dłuższym okresie czasu taka prędkość powietrza powoduje rozdrażnienie u osób poddanych takiemu działaniu strugi powietrza. Szczególnie, gdy strumień powietrza skierowany jest bezpośrednio na barki, szyje lub nogi człowieka. Dlatego należy dążyć do uzyskania warunków komfortu cieplnego bez uciekania się do podwyższonych prędkości ruchu powietrza [34].

Temperatura powierzchni przegród budowlanych ma również wpływ na panujące warunki komfortu cieplnego w hali basenowej. Średnia temperatura wszystkich powierzchni przegród budowlanych nie powinna znacząco odbiegać od średniej wartości temperatury powietrza wewnętrznego w hali basenowej.



Z przeprowadzonych badań [34] wynika, że ze względu na komfort organizmu człowieka powinna być ona właśnie równa średniej temperaturze powietrza wewnętrznego.

Także rozbieżności pomiędzy poszczególnymi temperaturami powierzchni wewnętrznych przegród budowlanych w skrajnych przypadkach nie powinny przekraczać 10°C. Organizm nasz toleruje w takich przypadkach, bez odczuwania dyskomfortu, różnicę temperatur w granicach 3÷5°C. Duże różnice w temperaturach powierzchni przegród będą odczuwane jako dyskomfort przez użytkowników. Przy niższych temperaturach, jako nadmierny ruch powietrza – w rzeczywistości oddawanie poprzez promieniowanie energii cieplnej z organizmu człowieka w kierunku przegrody. Przy wyższych temperaturach oddawanie energii cieplnej przez organizm jest niedostateczne, co będzie skutkiem szybkiego męczenia się.