

## SPIS TREŚCI

|                                                                                                                                                      |           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| ROZDZIAŁ 1                                                                                                                                           |           |
| <b>GENEZA PROWADZONYCH BADAŃ W ZAKRESIE<br/>KSZTAŁTOWANIA UKŁADÓW MATERIAŁOWYCH<br/>PRZEGRÓD ZEWNĘTRZNYCH I ICH ZŁĄCZY .....</b>                     | <b>7</b>  |
| ROZDZIAŁ 2                                                                                                                                           |           |
| <b>PODSTAWY PRZENOSZENIA WILGOCI I CIEPŁA .....</b>                                                                                                  | <b>26</b> |
| 2.1. Przepływ wilgoci .....                                                                                                                          | 26        |
| 2.2. Przepływ ciepła .....                                                                                                                           | 27        |
| 2.2.1. Podstawy przenoszenia ciepła .....                                                                                                            | 28        |
| 2.2.2. Równania opisujące przewodnictwo cieplne .....                                                                                                | 29        |
| ROZDZIAŁ 3                                                                                                                                           |           |
| <b>JEDNOWYMIAROWY PRZEPŁYW CIEPŁA W PRZEGRODACH<br/>BUDOWLANYCH .....</b>                                                                            | <b>41</b> |
| 3.1. Wprowadzenie .....                                                                                                                              | 41        |
| 3.2. Jednowymiarowe ustalone przenikanie ciepła.....                                                                                                 | 45        |
| 3.3. Obliczanie strat ciepła przez przegrody w ustalonym polu<br>jednowymiarowym .....                                                               | 53        |
| 3.4. Właściwości cieplno-wilgotnościowe materiałów budowlanych .....                                                                                 | 55        |
| 3.5. Procedury obliczeniowe dotyczące przepływu ciepła w polu<br>jednowymiarowym wg PN-EN ISO 6946:2008 .....                                        | 57        |
| <b>Przykład obliczeniowy 3.1.</b> Współczynnik przenikania ciepła<br>Uc przegrody jednorodnej cieplnie.....                                          | 62        |
| <b>Przykład obliczeniowy 3.2.</b> Współczynnik przenikania ciepła<br>Uc przegrody jednorodnej cieplnie z wentylowaną pustką<br>powietrzną .....      | 64        |
| <b>Przykład obliczeniowy 3.3.</b> Wpływ łączników mechanicznych<br>na wartość współczynnika przenikania ciepła Uc przegrody<br>zewnątrznej .....     | 66        |
| <b>Przykład obliczeniowy 3.4.</b> Całkowity opór cieplny $R_T$ oraz<br>współczynnik przenikania ciepła Uc przegrody niejednorodnej<br>cieplnie ..... | 69        |

|                                                                                                                                                                               |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Przykład obliczeniowy 3.5.</b> Rozkład temperatury w przegrodzie zewnętrznej ocieplonej od zewnątrz w polu jednowymiarowym (1D).....                                       | 73 |
| <b>Przykład obliczeniowy 3.6.</b> Współczynnik przenikania ciepła $U_c$ i rozkład temperatury dla ściany zewnętrznej ocieplonej od wewnątrz w polu jednowymiarowym (1D) ..... | 74 |
| 3.6. Procedury obliczeniowe dotyczące strat ciepła przez grunt wg PN-EN ISO 13370:2008 .....                                                                                  | 78 |
| <b>Przykład obliczeniowy 3.7.</b> Określenie strat ciepła przez grunt wg PN-EN ISO 13370:2008 .....                                                                           | 81 |
| <b>Przykład obliczeniowy 3.8.</b> Wpływ parametrów geometrycznych budynku na parametry cieplne przegród stykających się z gruntem .....                                       | 86 |
| 3.7. Procedury obliczeniowe dotyczące strat ciepła przez przegrody przezroczyste .....                                                                                        | 87 |
| <b>Przykład obliczeniowy 3.9.</b> Współczynnik przenikania ciepła okna jednoskrzydłowego $U_w$ .....                                                                          | 89 |

## ROZDZIAŁ 4

### **PRZEPŁYW CIEPŁA W POLU DWU- I TRÓJWYMIAROWYM – MOSTKI TERMICZNE WYSTĘPUJĄCE W PRZEGRODACH BUDOWLANYCH**.....

|                                                                                                                      |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.1. Wprowadzenie.....                                                                                               | 94  |
| 4.2. Podział i konsekwencje występowania mostków termicznych .....                                                   | 95  |
| 4.3. Parametry charakteryzujące mostki termiczne .....                                                               | 101 |
| 4.4. Zasady wykonywania obliczeń numerycznych mostków termicznych w ujęciu stacjonarnym .....                        | 108 |
| <b>Przykład obliczeniowy 4.1.</b> Parametry fizyczne połączenia ściany zewnętrznej z oknem .....                     | 121 |
| <b>Przykład obliczeniowy 4.2.</b> Parametry fizyczne przegród stykających się z gruntem .....                        | 129 |
| <b>Przykład obliczeniowy 4.3.</b> Analiza porównawcza parametrów fizycznych przegród stykających się z gruntem ..... | 135 |
| <b>Przykład obliczeniowy 4.4.</b> Współczynnik kształtu mostka cieplnego.....                                        | 137 |
| <b>Przykład obliczeniowy 4.5.</b> Znormalizowana wartość mostka cieplnego .....                                      | 141 |

|                                                                                                                                              |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.5. Mostki cieplne a wymagania prawne, obligatoryjne .....                                                                                  | 142 |
| <b>Przykład obliczeniowy 4.6.</b> Współczynnik przenikania ciepła $U_k$ ściany zewnętrznej z uwzględnieniem liniowych mostków cieplnych..... | 146 |
| <b>Przykład obliczeniowy 4.7.</b> Współczynnik strat ciepła przez przenikanie $H_{T,ie}$ wg PN-EN 12831:2006 .....                           | 150 |
| <b>Przykład obliczeniowy 4.8.</b> Ocena ryzyka występowania kondensacji powierzchniowej (ryzyka rozwoju pleśni i grzybów pleśniowych).....   | 153 |

## ROZDZIAŁ 5

|                                                                                                                                                                                                                         |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>KSZTAŁTOWANIE UKŁADÓW MATERIAŁOWYCH<br/>ELEMENTÓW OBUDOWY BUDYNKÓW W ASPEKCIE<br/>ICH JAKOŚCI CIEPLNEJ</b> .....                                                                                                     | 164 |
| 5.1. Wprowadzenie .....                                                                                                                                                                                                 | 164 |
| 5.2. Analiza parametrów fizykalnych przegród i złączy z ociepleniem od zewnątrz .....                                                                                                                                   | 168 |
| <b>Przykład obliczeniowy 5.1.</b> Kształtowanie układów materiałowych połączenia ściany zewnętrznej ze stropem w przekroju przez wieniec w aspekcie ciepłno-wilgotnościowym .....                                       | 168 |
| 5.3. Analiza parametrów fizykalnych przegród i złączy z ociepleniem od wewnątrz .....                                                                                                                                   | 175 |
| <b>Przykład obliczeniowy 5.2.</b> Kształtowanie układów materiałowych złączy przegród zewnętrznych po ociepleniu od strony wewnętrznej w aspekcie ciepłno-wilgotnościowym .....                                         | 179 |
| <b>Przykład obliczeniowy 5.3.</b> Kształtowanie układów materiałowych połączenia ściany zewnętrznej ze stropem w przekroju przez wieniec (z ociepleniem od strony wewnętrznej) w aspekcie ciepłno-wilgotnościowym ..... | 183 |
| 5.4. Kształtowanie układów materiałowych wybranych złączy budowlanych w aspekcie ich jakości cieplnej .....                                                                                                             | 185 |
| <b>Przykład obliczeniowy 5.4.</b> Kształtowanie układów materiałowych połączenia ściany zewnętrznej z oknem w aspekcie ciepłno-wilgotnościowym .....                                                                    | 185 |
| <b>Przykład obliczeniowy 5.5.</b> Czynniki kształtujące parametry fizykalne złączy budowlanych .....                                                                                                                    | 190 |
| <b>Przykład obliczeniowy 5.6.</b> Kształtowanie układów materiałowych złączy przegród zewnętrznych budynku poddawanego modernizacji .....                                                                               | 193 |

|                                                                                                        |            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 5.5. Ocena jakości cieplnej elementów obudowy budynków o niskim zużyciu energii.....                   | 195        |
| <b>Przykład obliczeniowy 5.7. Jakość cieplna elementów obudowy budynku .....</b>                       | <b>196</b> |
| <b>Przykład obliczeniowy 5.8. Analiza parametrów fizykalnych ścian zewnętrznych i ich złączy .....</b> | <b>198</b> |

## ROZDZIAŁ 6

|                                    |            |
|------------------------------------|------------|
| <b>PODSUMOWANIE I WNIOSKI.....</b> | <b>207</b> |
|------------------------------------|------------|

### Załącznik I

|                                                                     |            |
|---------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Charakterystyka wybranych materiałów termoizolacyjnych .....</b> | <b>212</b> |
|---------------------------------------------------------------------|------------|

### Załącznik II

|                                                           |            |
|-----------------------------------------------------------|------------|
| <b>Karty katalogowe wybranych mostków cieplnych .....</b> | <b>227</b> |
|-----------------------------------------------------------|------------|

|                           |            |
|---------------------------|------------|
| <b>Streszczenie .....</b> | <b>263</b> |
|---------------------------|------------|

|                      |            |
|----------------------|------------|
| <b>Summary .....</b> | <b>265</b> |
|----------------------|------------|