**Lista : przewodzenie, przejmowanie , przenikanie ciepła**

**Zadanie.1**

Obliczyć gęstość strumienia ciepła przewodzonego przez ściankę płaską , której grubość wynosi 0,2 m oraz współczynnik przewodzenia λ=0,25W/(mK), jeśli temperatury na zewnętrznych powierzchniach wynoszą odpowiednio 300K i 275K. Wykreślić rozkład temperatury w przekroju prostopadłym do powierzchni zewnętrznych ścianek, oraz wyznaczyć punkt w którym temperatura powierzchni wyniesie: 310K, 280K, 270K, 150K.

Odp. Gęstość 31,5W/m2; x(280K)=0,16m od lewej krawędzi ściany.

**Zadanie.2**

Oblicz strumień ciepła(W) przewodzony przez ścianę z czerwonej cegły o wymiarach 5mx4m , o grubości 0,25m i współczynniku przewodzenia 0,7 W/(mK), jeśli temperatura na powierzchniach zewnętrznych ściany wynoszą: a/ 110 0C oraz 40 0C.

b/Powtórz obliczenia dla temperatur na powierzchniach zewnętrznych 400K i 500K.

Odp. $Q($a)=3920W

**Zadanie.3**

Ścianka płaska komory suszarniczej składa się z części wykonanej z czerwonej cegły (grubość 0,25m, λ=0,7 W/(mK)), oraz warstwy wojłoku(λ=0,0465 W/(mK)). Temperatura na zewnętrznych powierzchniach ścianki wynoszą odpowiednio : od strony cegły 1100C oraz od strony wojłoku 25C. Gęstość strumienia przenikającego przez ściankę nie przekracza 110W/m2. Oblicz temperaturę styku cegły i wojłoku oraz grubość warstwy wojłoku.

Odp. 70,7C oraz 0,019m

**Zadanie.4**

Obliczyć gęstość strumienia ciepła przenikającego przez czystą powierzchnię ogrzewalną kotła parowego , oraz temperatury na powierzchniach ścianki jeśli dane są następujące wielkości: temperatura spalin 10000C, temperatura wrzącej wody 2000C, współczynnik przewodzenia przez ściankę λ=50W/(mK) , jej grubość 0,012m. Współczynnik przejmowania ciepła od spalin do ścianki 100W/(m2 K) i od ścianki do wrzącej wody 5000 W/(m2 K).

Odp. 76500 W/m2 , 235C, 2150C.

**Zadanie.5**

Ekrany wodne kotła parowego wykonane są z rur stalowych λ=60W/(mK) o średnicach $\frac{d\_{1}}{d\_{2}}=\frac{87mm}{77mm}$. Podczas eksploatacji wewnątrz rur powstała warstwa kamienia kotłowego o grubości 0,002m(λ=0,8W/(mK)), zaś na zewnątrz powstał osad z popiołu grubości 0,005m i λ=1W/(mK). Temperatura spalin wynosi 10000C, a ciśnienie produkowanej pary to 1,6 MPa. Przyjmując współczynnik przejmowania ciepła od spalin $α=80\frac{W}{m^{2}K}$ oraz współczynnik przejmowania od pary 10000$\frac{W}{m^{2}K}$ , obliczyć współczynnik przenikania ciepła dla czystej rury i rury z osadem oraz gęstość strumienia ciepła w obu przypadkach.

Odp. Dla czystej rury k=21,92 W/(mK), gęstość strumienia ciepła 17505 W/m; dla rury z osadem k=15,94 W/(mK), gęstość strumienia ciepła 12730 W/m.

**Zadanie.6**

Rurociąg o średnicy zewnętrznej 0,8 postanowiono zaizolować dwiema warstwami izolacji o jednakowej grubości po 0,04m każda. O współczynnikach przewodzenia odpowiednio dla warstwy a/ λ=0,6W/(mK) i dla warstwy b/ λ=0,16W/(mK). Temperatury skrajne są w obu wypadkach takie same i wynoszą 5200C oraz 400C. Oblicz gęstość strumienia ciepła i temperaturę na styku obu warstw jeśli ułoży je się odpowiednio: a-b oraz b-a.

Odp. Dla a-b 808,5 W/m oraz 376,50C; dla b-a : 607,4 W/m oraz 104,0C.

**Zadanie.7**

W pomieszczeniu o temperaturze 283K przebiega stalowy rurociąg( λ=45,3W/(mK)), w którym płynie woda z prędkością 2 m/s. Temperatura początkowa wody to 353K. Srednica wewnętrzna rurociągu to 0,051m, a jego grubość ścianki to 0,0035m oraz długości 10m. Rurociąg zaizolowano warstwą o grubości 0,06m. Współczynnik przejmowania ciepła wewnątrz rurociągu wynosi 1860 $\frac{W}{m^{2}K}$ , a na zewnątrz 5,8 $\frac{W}{m^{2}K}$ . Przyjmując spadek temperatury wody na długości rurociągu 5K , obliczyć współczynnik przewodzenia ciepła w izolacji.

Odp.0,0942 W/(mK)

**Zadanie.8**

Wyprowadzić wzór na średnicę krytyczną powierzchni cylindrycznej, podać jej znaczenie w przemyśle oraz policzyć przykładową średnicę krytyczną dla własnych danych.

**Zadanie.9**

Naczynie szklane w kształcie kuli (λ=0,6W/(mK)) jest zaizolowane z zewnątrz warstwą waty żużlowej(λ=0,06/(mK)), Wymiary naczynia są następujące: promień wewnętrzny kuli 0,01m, grubość ścianki 0,003m, grubość izolacji 0,022m. Wewnątrz naczynia jest ciecz o temperaturze 150 0C. Temperatura otoczenia wynosi 200C, współczynniki przejmowania ciepła wewnątrz i na zewnątrz naczynia wynoszą odpowiednio: 120$\frac{W}{m^{2}K}$ i 15$\frac{W}{m^{2}K}$ .Traktując naczynie jako zamkniętą kulę , a przepływ jako ustalony obliczyć moc grzejnika wewnątrz kuli , aby temperatury cieczy wewnątrz nie uległa zmianie, temperaturę na granicy izolacji i szkła oraz gęstość strumienia ciepła na zewnętrznej powierzchni izolacji.

Odp. 48W, 144,90C, 245W/m2

**Zadanie dodatkowe\***

Obmurze pieca wykonane jest z cegły szamotowej o współczynniku zmieniającym się wraz z temperaturą wg zależności λ=0,84(1+0,000695t)W/(mK) gdzie t- temperatura wyrażona w 0C. Grubość obmurza to 0,25m. Obliczyć gęstość strumienia ciepła przenikającego przez ściankę , temperatury na powierzchniach ściany, jeśli temperatura w piecu wynosi 12000C, temperatura w pomieszczeniu to 300C.Współczynniki przejmowania ciepła w w piecu i w pomieszczeniu odpowiednio: 30$\frac{W}{m^{2}K}$ i 10$\frac{W}{m^{2}K}$.

Odp. 3530W/m2.

**Lista : pręty proste, żebra**

**Zadanie.1**

Na skutek tarcia stalowego wału ($λ=46 W/(mK)$ temperatura u nasady pręta jest wyższa o 40 K od temperatury otoczenia ($t\_{ot}$=$20^{0}$C). Średnica wału wynosi d=100mm, długość wystającej części wynosi L-0,5m, zaś współczynnik przejmowania ciepła ma wartość $α=6\frac{W}{Km^{2}}$. Oblicz nadwyżkę temperatury na końcu pręta oraz strumień ciepła przekazany otoczeniu dla trzech wariantów:

a/ traktując pręt jak nieskończenie długi

b/ traktując pręt jak o skończonej długości , izolowany na końcu

c/ traktując pręt jak o skończonej długości , nieizolowany na końcu

d/ określić stałe $C\_{1}$ i $C\_{2}$ dla warunków rzeczywistych

e/określić ilość ciepła przewodzonego w przekroju na końcu pręta i w dowolnej odległości od miejsca utwierdzenia dla dowolnego podpunktu a/ lub b/ lub c /lub d/

f/określić ilość ciepła która jest rozpraszana przez pobocznicę pręta od miejsca utwierdzenia do dowolnego przekroju określonego w punkcie e/

**Zadanie.2**

Pręt mosiężny ($λ=100 W/(mK)$) o średnicy 25mm tkwi jednym końcem w kąpieli o temperaturze 320 0 C a drugim końcem -w temperaturze 4200 C . Na długości L= 395mm pomiędzy kąpielami pręt omywany jest powietrzem o temperaturze 200 C , a współczynnik przejmowania ciepła wynosi $α=16\frac{W}{Km^{2}}$. Oblicz najniższą temperaturę pręta oraz strumień ciepła przekazany do powietrza . Narysuj rozkład temperatury wzdłuż pręta.

Odp: / 241,60 C dla x=0,118mm od lewej krawędzi pręta; $Q\_{0}=$52,4W , $Q\_{L}=-$64,6 czyli Q=117W./

**Zadanie.3**

W celu intensyfikacji chłodzenia płaskiej ściany stalowej o współczynniku przewodzenia 50W/(mK), zastosowano zebra stalowe o przekroju prostokątnym . Obliczyć gęstość strumienia ciepła przejmowaną przez ściankę , jeśli współczynnik wnikania ciepła od żeber do otoczenia wynosi 120W/(m2K), grubość żeber wynosi 10mm, ich wysokość h=150mm. Podziałka s=30mm. Temperatura ścianki 5000 C , a temperatura otoczenia 250 C .

**Zadanie.4**

W celu zmniejszenia oporu przenikania ciepła przez płaską ściankę, po stronie mniejszego współczynnika wnikania ciepła zastosowano żebra płaskie o grubości 5mm, wysokości h=40mm, i podziałce s=15mm. przyjmując $α\_{1}=120$ W/m2K, $α\_{2}=20$ W/m2K, współczynnik przewodzenia przez ściankę 320W/m K oraz grubość samej ścianki/przegrody/ 20mm, temperatury t1=2500 C , t2=250 C , obliczyć gęstość strumienia ciepła, temperaturę ścianki u nasady, oraz wyznaczyć ile razy zmniejszy się opór cieplny ścianki w wyniku zastosowania żeber.

**Zadanie.5**

Grzejnik powietrza wykonano w postaci żeliwnej rury( $λ=55 W/(mK)$) o średnicy zewnętrznej d=60mm i wysokości H=1,2m , posiadającej na obwodzie n=20 żeber wzdłużnych , prostokątnych o wysokości h=50mm i grubości $δ=3mm.$ Temperatura powierzchni rury/ podstawy żebra/ wynosi 80C , a średnia temperatura podgrzewanego powietrza to 200 C . Współczynnik przejmowania ciepła od gładkiej rury wynosi $α\_{1}=10\frac{W}{m^{2}K}$, a od żeber i powierzchni międzyżebrowej wynosi $α\_{2}=7\frac{W}{m^{2}K}$. Obliczyć:

a/ strumień ciepła przekazywany przez gładką rurę/ 136W/

b/ sprawność żebra /$ε=0,93$/

c/ temperaturę końcówki żebra /73,80 C /

d/ strumień ciepła przekazany przez rurę po ożebrowaniu / powierzchnię ożebrowaną / 1029 W/

**Zadanie.6**

Wykonać obliczenia w punktach a-d jak w zadaniu 5, dla przypadku ożebrowania tej samej rury żebrami okrągłymi, płaskimi o tej samej grubości $δ=3mm$, o średnicy zewnętrznej żebra D=160mm i podziałce s=6,4mm

Odp: /$ε=0,92 , 72 C, Q=1479W/$

**Lista 3 : Wymienniki, rekuperatory**

**Zadanie.1**

Oblicz powierzchnię przekazywania ciepła w przeciwprądowym i współprądowym wymienniku ciepła jeśli są dane : dla pierwszego czynnika – strumień masy gazu $\dot{m\_{1}}=220 t/h$ , temperatura początkowa dla gazu 4200C ich pojemność cieplna $c\_{1}=1,045\frac{kJ}{Kkg}$. Dla drugiego czynnika : natężenie przepływu – strumień masy wody $m ̇\_{2}=120 t/h$ , jej temperatura początkowa to105 0C. Strumień przekazanego ciepła / moc wymiennika/ 13,5 MW , a współczynnik przenikania ciepła k=79 W/(m2K).

$Odp.F\_{w}$**=**1930 m2, $F\_{p}$**= 1109** m2.

**Zadanie.2**

W instalacji centralnego ogrzewania zastosowano wymiennik typu „rura w rurze”. Woda gorąca przepływająca przez stalową /λ=45W/mK/ o średnicach $\frac{d\_{2}}{d\_{1} }$=$ \frac{35mm}{32mm}$ i jej strumień $\dot{m}\_{1}$=2130 kg/h. Jej temperatura początkowa wynosi 95 0C. Woda podgrzewana płynie w przeciwprądzie w kanale pierścieniowym o średnicy D=48mm i podgrzewa cie od 150C do 450C. Natężenie przepływu zimnej wody wynosi 3200 kh/h. Długość jednej sekcji wymiennika L=1,9m. Straty ciepła do otoczenia pominąć . Oblicz powierzchnię wymiany ciepła oraz ilość sekcji. **Odp:** F=1,83m2, n=7

**Zadanie.3**

Rekuperator wykonano jako przeciwprądowy wymiennik ciepła. Temperatura wylotowa spalin wynosi $t\_{1k}$=400 0C , a ich strumiń kilo molowy $\dot{n\_{1}}$=1,1, kmol/s ; średnia kilomolowa pojemność cieplna wynosi M$c\_{p}$=34 Kj/(kmolK).Strumień powietrza wyn0si $\dot{V\_{p}}$=18 um3/s, jego temperatura początkowa 300C a jego średnie normalne / umowne/ ciepło właściwe $c\_{2}$=1,3 $\frac{kJ}{Kum^{3}}$ . Gazy rozdzielone są ścianką płaską ze stali żaroodpornej / λ=25W/mK/ o grubości 3mm i powierzchni F=1000m3. Współczynniki przejmowania ciepła wynoszą po stronie spalin i powietrza odpowiednio: $α\_{1}$=60W/(m2K), $α\_{2}$=40W/(m2K). Obliczyć temperaturę końcową podgrzanego powietrza , temperaturę początkową spalin i moc wymiennika. **Odp:** $t\_{2k}=345 $0C,$ t\_{1p}=597$0C,$\dot{Q}$=7,4MW.

**Zadanie.4**

Wymiennik ciepła z przeponą z blachy /$λ=50W/mK$/ o grubości 2 mm i powierzchni przepływu ciepła F=100m3 ma być użyty do podgrzewu powietrza , dla którego $W\_{2}=2kW/K$ dla których $W\_{1}=3kW/K$. Współczynnik przejmowania ciepła od strony spalin $α\_{1}$=70 $\frac{W}{Km^{2}}$, oraz $α\_{2}$=50 $\frac{W}{Km^{2}}$od strony powietrza . Temperatura początkowa spalin 6200C, temperatura początkowa powietrza 200C. Pomijając straty ciepła do otoczenia obliczyć dla współprądu i przeciwprądu:

1/ moc cieplną oraz temperatury końcowe gazów

2/ maksymalne temperatury ścianek

3/ narysować rozkłady temperatur.

**Odp:** $\dot{Q}\_{w}$=656 kW, $t\_{1k}$=4010C, $t\_{2k}$=3480C,$ t\_{ść mak}$=3790C; $\dot{Q}\_{p}$=782 kW, $t\_{1k}$=3590C, $t\_{2k}$=4110C; $t\_{ść mak}$=5330C

**Zadanie.5**

Podgrzewacz powietrza o krzyżowym przepływie gazów (powietrze płynie w rurkach, spaliny na zewnątrz, prostopadle do nich) ma podgrzać $\dot{V}\_{u2}=11\frac{um^{3}}{s}$ powietrza od $t\_{2p}$=00C do $t\_{2k}$=30000C. Temperatura początkowa spalin wynosi od $t\_{1p}$=5500C, stosunek równoważników wodnych wynosi $\frac{W\_{1}}{W\_{2}}$=0,7 , zaś współczynnik przenikania ciepła k=25$\frac{W}{m^{2}K}$. Pojemność cieplna spalin M$c\_{p1}$=33 kJ/(kmolK), a dla powietrza M$c\_{p2}$=29,5kJ/(kmolK). Pomijając straty ciepła do otoczenia oblicz:

1. Strumień i temperaturę końcową spalin,
2. 2. Moc cieplną i pole przepływu ciepła

**Odp:** $\dot{n}\_{1}$=0,6186 kmol/s; $t\_{1k}$=3400C; $\dot{Q}$=4,29 MW; F=658,2 $m^{2}$.

**Lista : promieniowanie, konwekcja**

**Zadanie 1**

Temperaturę powierzchni wlewka stalowego zmierzono za pomocą pirometru optycznego przy użyciu różnych filtrów . Dla filtru czerwonego ($λ\_{1}=0,65\*10^{-6}$m) otrzymano temperaturę $t\_{01}$=14000C, zaś dla filtru zielonego ($λ\_{2}=0,5\*10^{-6}$m) otrzymano $t\_{02}$=14200C. Zakładając , ze wlewek można traktować jak ciało doskonale czarne ($ε\_{λ}$=idem) wyznacz rzeczywistą temperaturę powierzchni wlewka i jego emisyjność $ε\_{λ}$?

**Odp:** $t\_{}$=14920C, $ε\_{λ}$=0,71

**Zadanie 2**

Grzałkę szamotową o średnicy 30mm i długości L=1m umieszczono wewnątrz stalowej rury o średnicy 350mm. Obliczyć radiacyjny strumień ciepła wymieniany między grzałką i rurą , jeśli temperatura grzałki jest równa 320 0C, a temperatura powierzchni wewnętrznej rury wynosi 80 0. O ile zmieni się strumień ciepła, jeśli grzałka zostanie umieszczona w osłonie z blachy aluminiowej? Przyjąć $ε\_{1}$=0,6 dla szamotu, $ε\_{2}$=0,039 dla aluminium, $ε\_{3}$=0,77 dla stali.

**Odp:**$\dot{Q}$=341W, $\dot{Q}$=22,5W

**Zadanie 3**

Przeanalizować wpływ ekranu o emisyjności $ε\_{1}$=0,7 i $ε\_{2}$=0,95 na strumień ciepła wymieniany miedzy tymi płytami.

**Zadanie 4**

Zakładając uproszczoną geometrie ludzkiego ciała obliczyć ilość jaką traci człowiek do otaczającego go powietrza o temperaturze $t\_{0}$=200C w ciągu 1 h. Przyjąć , że średnia powierzchnia ciała ludzkiego F=1,6 m2, a średnia wysokość H=1,6m. Rozwinięcie powierzchni traktować jako płytę pionową.

**Odp:** $\dot{Q}$=109,4W

**Zadanie 5**

Wlewek stalowy o wysokości h=1,5 m stygnie w otaczającym powietrzu o temperaturze

$t\_{0}$=300C. Obliczyć straty ciepła przez konwekcję swobodną na powierzchni pobocznicy w chwili gdy jej temperatura wynosi $t\_{ść}$=1800C,

**Odp:** $\dot{q}$=1104 W/m2, α=7,56 W/(m2K)

**Zadanie 6**

Obliczyć max. natężenie prądu płynącego przez opornik radiowy o oporze Ω=1,2 MΩ o średnicy 7 mm i długości 25mm., przy założeniu że