Wykład 6

Zagadnienia

1. Rodzaje przekazywania ciepła poprzez konwekcję
2. Wyprowadzenie wzoru uogólnionego Nu=f(Re,Pr) , przy pomocy analizy wymiarowej
3. Pojęcie średnicy hydraulicznej, obliczanie i jej zastosowanie we wzorach uogólnionych
4. Przykładowe wzory uogólnione dla wskazanych rodzajów konwekcji
5. Przykładowe zadania z konwekcji wraz z rozwiazaniem

# KONWEKCJA

Przekazywanie ciepła w wyniku ruchu substancji, unoszenie ciepła. Aby określić konwekcje w płynach musimy rozważyć:

* Równanie wynikające z zasady zachowania energii;
* Równanie wynikające z zasady zachowania pędu i krętu (rów. Naviore-Stokesa);
* Równanie wynikające z zasady zachowania substancji (rów. ciągłości);

α - współczynnik przejmowania ciepła

Konwekcja dzieli się na:

* Konwekcję bez zmiany fazy
* Konwekcję ze zmianą fazy
  + Skraplanie
  + Wrzenie

- ruch wymuszony: turbulentny, przejściowy, laminarny

- ruch swobodny (naturalny)

**1. RUCH WYMUSZONY**

w



w = 0 t’ to

δgr

 α = f(w, cp, ζ, λ, ν, L)

w – prędkość

cp – ciepło właściwe

L – rozmiar ciała

ν - współczynnik lepkości

**Wyprowadzenie wzoru uogólnionego Nu=f(Re,Pr) dla konwekcji wymuszonej, przy pomocy analizy wymiarowej**

Funkcję na rozwijamy w szereg potęgowy oraz określamy od czego może zależeć ten współczynnik ( prędkość , ciepło właściwe przy stałym ciśnieniu, gęstość, współczynnik przewodzenia w warstwie przyściennej, lepkość i parametr charakterystyczny długości). Wykorzystujemy prawa rządzące analiza wymiarową i tworzymy odpowiedni układ równań (\*)



 (\*) 

Rozwiązujemy układ równań ze względu na ai, bi, które uważamy za niezależne oraz odpowiednio porządkujemy otrzymane wyrażenia, tak że efekt końcowy jest w postaci równania uogólnionego (\*\*)

 (\*\*) 

Nu – liczba Nursena

Pr – liczba Prantla 

(\*\*)



Poprawki wynikają z przeprowadzonych eksperymentów:

εL, εT, ε - wartości poprawkowe

a, b, c – wyznaczamy doświadczalnie

W liczbie Nusselt’a λ jest dla płynów ( nie dla ciał stałych ).



η - dynamiczny współczynnik lepkości w temperaturze płynu

ηś – dynamiczny współczynnik lepkości w temperaturze ścianki

Jeżeli przepływ jest burzliwy i izotermiczny μ = idem.

γśr

tp

tp

γśr

rozkład temp. przy grzaniu rozkład temp. przy chłodzeniu

ścianki ścianki



**średnica hydrauliczna**

Uwzględniamy średnice przy rurach, a przy innych przekrojach średnicę hydrauliczną (4 przekroje przez obwód) .

Przykład.

d

D



Jeżeli rury są omywane to bierzemy średnicę zewnętrzną rury. Jeżeli omywany jest początek rury poprzecznie to prędkość liczona jest w najmniejszym przekroju.

wmax

Własności czynnika zależą od temperatury. Własności określamy dla średniej arytmetycznej temperatury płynu.



Do wzoru obliczamy poprawkowe:

εϕ - z wykresu, gdy rury są omywane pod pewnym kątem

εL =1+F(d/L)

εR =1+3,54( ν/R) – gdy rura jest w kształcie spirali

Gdy rury są ożebrowane



Rozmiar Zp = 2L ;  - zastępczy wymiar liniowy



Liczba Stantona : 

StPr

 a<1

Re

Dla gazów liczba Prandtla do potęgi jest bliska jedności i wstawiamy ją pod stałą C:





Przepływ wewnątrz przewodów – laminarny Re < 2100.



Nu

ln

4,5 13 ln RePr(d/L)

**KONWEKCJA NATURALNA** (swobodna) w przestrzeniach otwartych

Gdy ruch płynu wywołany jest pod wpływem rozszerzalności termicznej i siłami grawitacji – nie ma wpływu Re.

w Nu = f (Pr, Gr)

tśr

t

t∝

Jeżeli nie ma ruchu wymuszonego to w∞ = 0. Ze względu na siły lepkości prędkość przy ściance równa jest zeru.



Dla konwekcji naturalnej γ-t, β, g mają decydujący wpływ na wielkości współczynnika α.

Przy obliczeniu postępujemy analogicznie jak dla konwekcji wymuszonej:



β - współczynnik rozszerzalności termicznej dla ciecz – z tablic,

dla gazów - 

SKRAPLANIE

 < tn

temp. ścianki < temp. nasycenia

1. Kropelkowe (perliste)- gdy krople nie zwilżają powierzchni
2. Błonowe – rozpływają się tworząc błonę

WRZENIE BŁONOWE

tn



δ

Właściwości skropliny decydują o współczynniku przekazywania ciepła.





Dla pary przegrzanej :

0,725 ⋅ n1/4 – dla n-rur umieszczonych jedna nad drugą

# WRZENIE



tn γść

Gdy są małe pęcherzyki – wrzenie pęcherzykowe

Gdy się łączą – wrzenie łonowe

Drut, przez który płynie prąd - na powierzchni przez chłodzenie cieczą wydzielają się pęcherzyki – następuje wrzenie

tn

γść

q wrzenie wrzenie

pęcherzykowe błonowe

α q = f (Δt)

α = f (Δt)

Δt ln Δt = ść - tn

W praktyce najlepsze jest wrzenie pęcherzykowe.

Dla wody Δt = 30°

Wzory doświadczalne obliczenia α dla wrzenia:



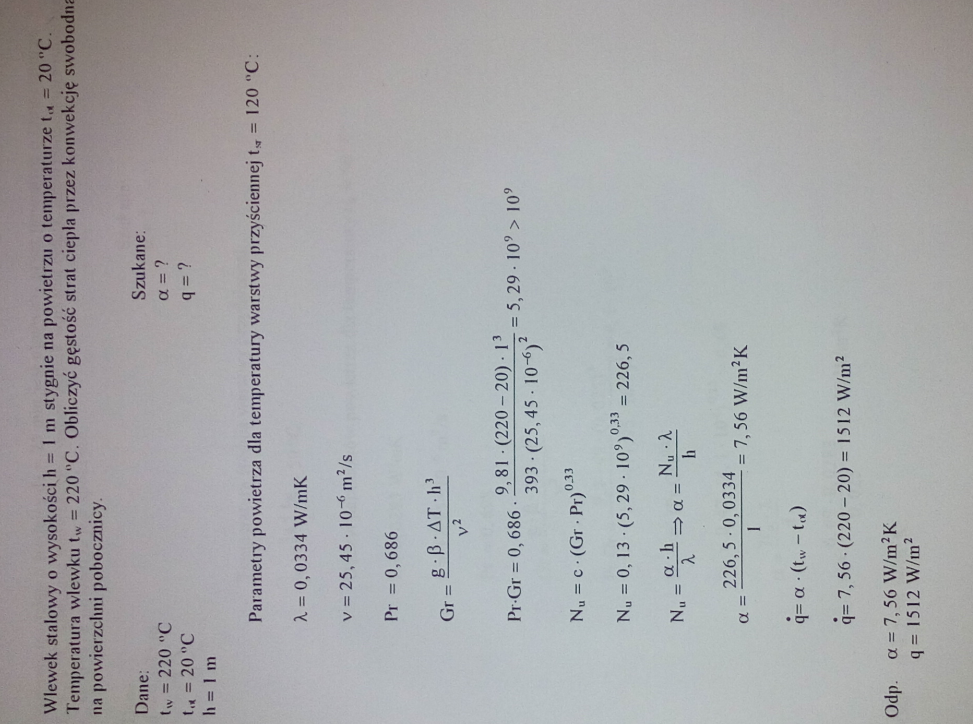
Wrzenie w rurach:

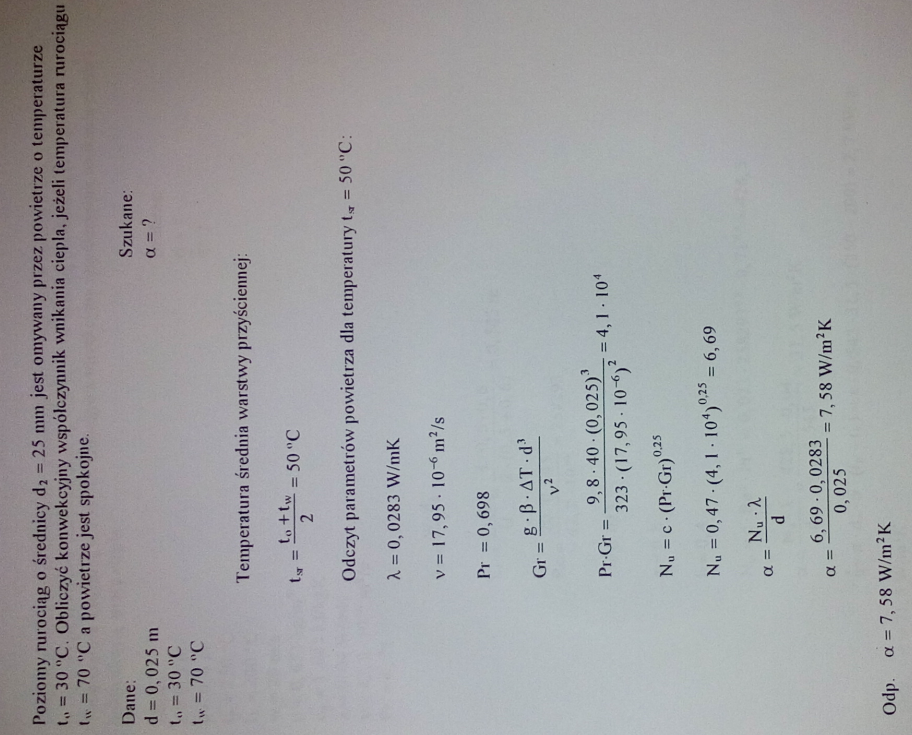


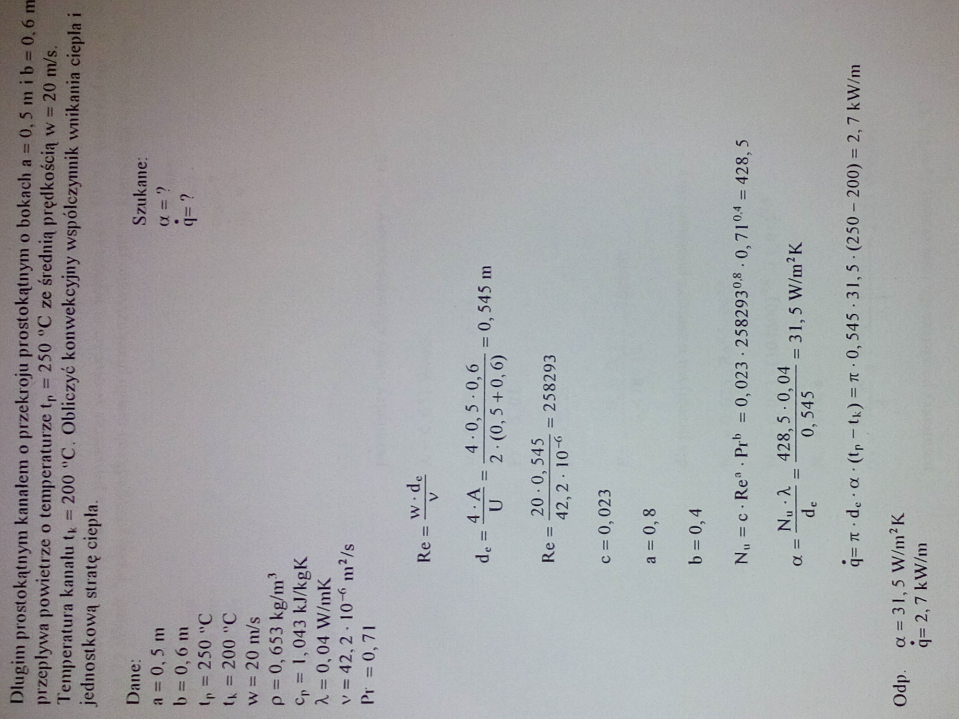
gdzie: αw – obliczone dla danego Δt w dużej objętości;

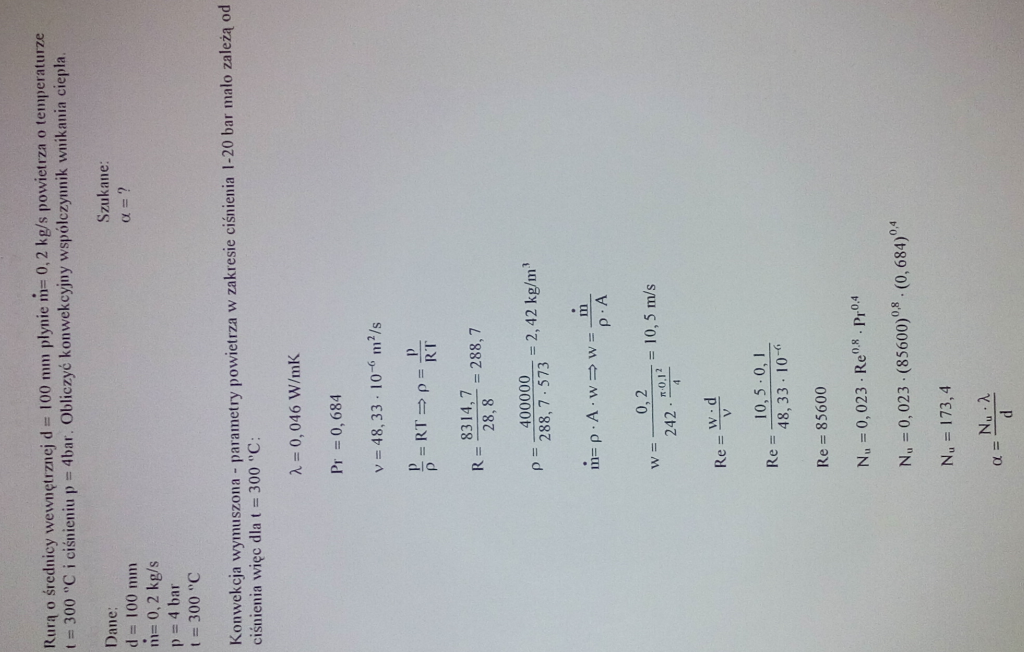
αu – obliczone tak jakby przepłynęła sama ciecz (konwekcji);

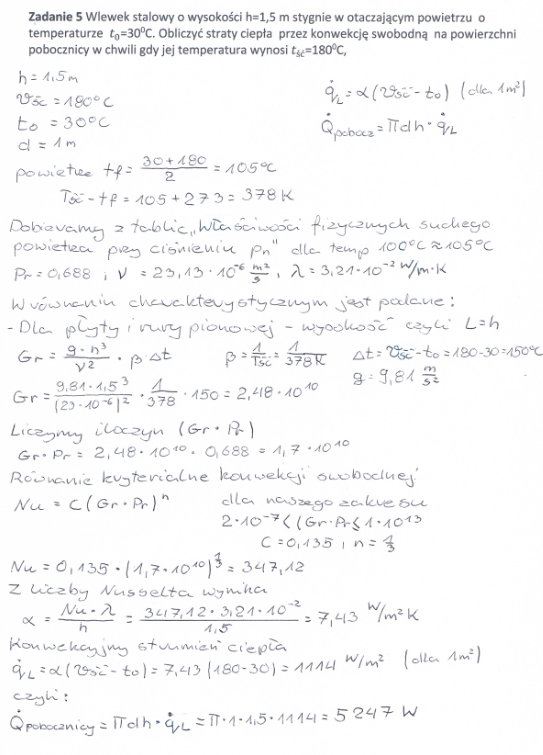
Przykładowe zadania:

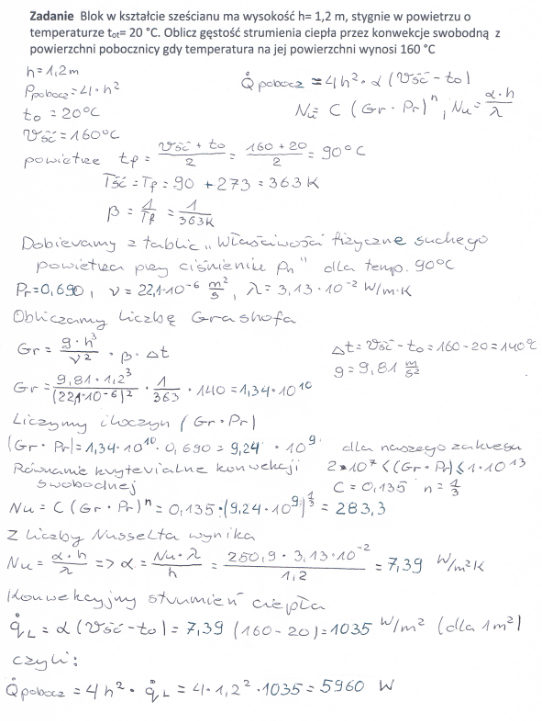
****

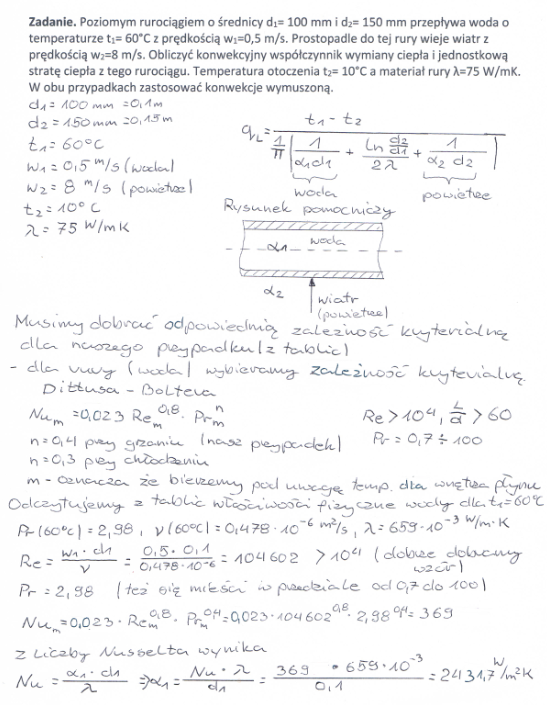
****

****

****

****

****

****

****