



Jerzy M. Sawicki

**MIGRACJA
ZAMIECZYSZEŃ**

Wydawnictwo PG

PRZEWODNICZĄCY KOMITETU REDAKCYJNEGO
WYDAWNICTWA POLITECHNIKI GDAŃSKIEJ

Romuald Szymkiewicz

REDAKTOR PUBLIKACJI NAUKOWYCH

Janusz T. Cieśliński

RECENZENCI

Paweł Rowiński

Romuald Szymkiewicz

PROJEKT OKŁADKI

Katarzyna Olszonowicz

Wydanie I – 2003

Wydano za zgodą
Rektora Politechniki Gdańskiej

Wydawnictwa PG można nabywać w Księgarni PG (Gmach Główny, I piętro)
i zamawiać faksem, pocztą elektroniczną lub listownie pod adresem:
Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej
ul. G. Narutowicza 11/12, 80–952 Gdańsk, tel./fax 058 347 16 18
e-mail: wydaw@pg.gda.pl, www.pg.gda.pl/WydawnictwoPG

© Copyright by Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej
Gdańsk 2007

Utwór nie może być powielany i rozpowszechniany, w jakiegokolwiek formie
i w jakikolwiek sposób, bez pisemnej zgody wydawcy

ISBN 83–7348–193–0

SPIS TREŚCI

Wykaz ważniejszych oznaczeń	9
Część I. UKŁADY NIEJEDNORODNE	15
1. MIGRACJA ZANIECZYSZCZEŃ JAKO ZAGADNIENIE MECHANIKI PŁYNÓW NIEJEDNORODNYCH	15
2. CHARAKTERYSTYKA PŁYNÓW NIEJEDNORODNYCH	20
2.1. Molekularna budowa materii	20
2.1.1. Uwagi ogólne	20
2.1.2. Skala elementarna i skala makroskopowa	20
2.1.3. Molekularny model gazu	21
2.1.4. Molekularny model cieczy	23
2.1.5. Molekularny model ciała stałego	23
2.1.6. Pojęcie płynności	23
2.1.7. Model ośrodka ciągłego	24
2.1.8. Układy proste i układy złożone	24
2.1.9. Energia cieplna	26
2.1.10. Zmiany stanu skupienia. Rozpuszczalność	26
2.2. Wielkości fizyczne, charakteryzujące układy niejednorodne	29
2.2.1. Uwagi ogólne	29
2.2.2. Metody opisu wielkości fizycznych	29
2.2.3. Bazowe wielkości fizyczne	31
2.2.4. Prędkość mieszaniny	31
2.2.5. Ciśnienie	33
2.2.6. Gęstość i stężenie	34
2.2.7. Temperatura	36
3. METODY OPISU RUCHU MIESZANINY	37
3.1. Możliwości formalne	37
3.2. Metoda fenomenologiczna	37
3.3. Metoda strukturalna	38
Część II. METODA FENOMENOLOGICZNA	40
4. KONTYNUALNY MODEL MIGRACJI ZANIECZYSZCZEŃ	40
4.1. Prawa fizyczne, wykorzystywane w metodzie fenomenologicznej	40
4.2. Równania zachowania dla układów niejednorodnych	41
4.2.1. Równanie zachowania masy dla dowolnego składnika mieszaniny	41
4.2.2. Równanie zachowania masy mieszaniny	44
4.2.3. Równanie zachowania pędu dla dowolnego składnika mieszaniny	46
4.2.4. Równanie zachowania pędu mieszaniny	49
4.2.5. Równanie zachowania momentu pędu dla substancji niejednorodnej	50
4.2.6. Równanie zachowania energii dla dowolnego składnika mieszaniny	51
4.2.7. Równanie zachowania energii dla mieszaniny	52
4.3. Zestawienie i wstępne uproszczenie ogólnych równań zachowania	53
Przykład 4.1	56
4.4. Równania konstytutywne	58
4.4.1. Uwagi ogólne	58
4.4.2. Prawo Ficka	59

4.4.2.1. Treść prawa i jego interpretacja	59
4.4.2.2. Współczynnik dyfuzji molekularnej dla substancji rozpuszczonej	61
4.4.2.3. Współczynnik dyfuzji molekularnej dla zawiesin	63
4.4.2.4. Termodyfuzja	63
4.4.3. Prawo Fouriera	64
4.4.3.1. Sformułowanie i interpretacja prawa	64
4.4.3.2. Współczynnik molekularnego przewodzenia ciepła	66
4.4.4. Prawo Newtona	67
4.4.4.1. Pojęcie naprężenia	67
4.4.4.2. Równanie konstytutywne i jego interpretacja	67
4.4.4.3. Współczynnik lepkości roztworu	70
4.4.4.4. Współczynnik lepkości zawiesiny	74
4.4.5. Równanie kaloryczne	74
4.4.6. Bilans równań konstytutywnych	75
4.5. Równanie stanu	76
4.5.1. Uwagi wstępne	76
4.5.2. Wyprowadzenie równania stanu dla cieczy niejednorodnej	77
4.5.2.1. Kontrakcja	77
4.5.2.2. Rozszerzalność cieplna cieczy	78
4.5.2.3. Ścisłość cieczy	79
4.5.2.4. Równanie stanu dla cieczy niejednorodnej	79
Przykład 4.2	79
4.6. Ruch względny rozpuszczalnika	81
4.7. Bazowy układ równań metody fenomenologicznej	82
4.8. Praktyczne wersje układu bazowego	84
4.9. Uprozczone wyprowadzenie praktycznych równań transportu	87
4.9.1. Uwagi wstępne	87
4.9.2. Podstawowe założenia modelu	87
4.9.3. Równanie zachowania masy <i>i</i> -tego składnika roztworu	88
4.9.4. Prawo Ficka	90
4.9.5. Równanie adwekcji-dyfuzji ze źródłami	91
4.9.6. Równanie przewodnictwa cieplnego	91
4.10. Funkcje źródłowe	92
4.10.1. Uwagi ogólne	92
4.10.2. Kinetyka procesów	93
Przykład 4.3	95
4.10.3. Funkcje źródłowe w inżynierii środowiska	96
4.10.3.1. Uwagi ogólne	96
4.10.3.2. Natlenianie wody	97
4.10.3.3. Mineralizacja substancji organicznych	103
4.10.3.4. Fotosynteza	105
4.10.3.5. Nitryfikacja	106
4.10.3.6. Przyrost i ubytek mikroorganizmów	107
4.10.3.7. Separacja grawitacyjna	107
4.10.3.8. Adsorpcja	109
4.10.3.9. Pobór tlenu przez osady denne	109
4.10.3.10. Inne funkcje źródłowe	110
4.10.3.11. Źródła punktowe	110
4.11. Formułowanie zagadnień	112
4.11.1. Wprowadzenie	112
4.11.2. Układ i jego własności	112

4.11.3. Warunki początkowe	115
4.11.4. Warunki brzegowe	116
4.11.4.1. Sformułowanie ogólne	116
4.11.4.2. Praktyczne określanie warunku Dirichleta	118
4.11.4.3. Praktyczne określanie warunku Neumanna	122
4.11.4.4. Praktyczne określanie warunku Hankela	123
4.11.4.5. Warunki mieszane	126
4.11.4.6. Warunki zgodności	127
4.12. Rozwiązywanie zagadnień	128
4.12.1. Klasyfikacja metod	128
4.12.2. Dokładne rozwiązania analityczne	128
4.12.2.1. Uwagi ogólne	128
4.12.2.2. Jednoczłonowe wersje równania ogólnego	128
Przykład 4.4	129
Przykład 4.5	130
4.12.2.3. Dwuczłonowe wersje równania ogólnego – stany nieustalone	131
Przykład 4.6	134
4.12.2.4. Dwuczłonowe wersje równania ogólnego – stany ustalone	136
Przykład 4.7	137
Przykład 4.8	137
Przykład 4.9	138
4.12.2.5. Trójczłonowe wersje równania ogólnego	141
4.12.2.6. Pełna wersja równania ogólnego	142
4.12.2.7. Inne analityczne rozwiązania równania transportu	143
4.12.2.8. Uwagi praktyczne o analitycznych rozwiązaniach równania transportu zanieczyszczeń	145
4.12.3. Przybliżone metody analityczne	145
4.12.4. Metody numeryczne	146
4.12.5. Metody graficzne	146
5. UPRASZCZANIE RÓWNAŃ METODY FENOMENOLOGICZNEJ	149
5.1. Metodyka upraszczania równań	149
5.2. Bezwymiarowa postać równania transportu masy	150
Przykład 5.1	154
5.3. Bezwymiarowa postać równania przewodzenia ciepła	155
6. BURZLIWY TRANSPORT MASY I ENERGII	157
6.1. Przepływ burzliwy	157
6.1.1. Charakterystyka zjawiska	157
6.1.2. Równania Reynoldsa	159
6.1.3. Modele turbulencji	160
6.1.4. Współczynnik lepkości turbulentnej	163
6.1.4.1. Uwagi ogólne	163
6.1.4.2. „Zerównaniowe” modele turbulencji	163
6.1.4.3. „Jednorównaniowe” modele turbulencji	165
6.1.4.4. „Dwurównaniowe” modele turbulencji	166
6.2. Dyfuzja burzliwa	166
6.2.1. Przekształcenie równań transportu	166
6.2.2. Prawo Ficka dla ruchu turbulentnego	168
6.2.3. Współczynnik dyfuzji burzliwej	170
6.2.3.1. Zasada wyznaczania współczynnika	170
6.2.3.2. Anizotropia dyfuzji burzliwej	171
6.2.3.3. Wzory praktyczne dla przepływów jednokierunkowych	173
6.2.3.4. Ogólny przypadek izotropii poprzecznej	177

6.2.3.5. Dyfuzja burzliwa w przypadku izotropowym	179
6.2.3.6. Wyznaczanie współczynnika dyfuzji burzliwej na podstawie pomiarów	180
6.2.4. Zestawienie roboczych wersji równania burzliwej dyfuzji	181
6.3. Burzliwa wymiana ciepła	182
6.3.1. Przekształcenie równania przewodzenia ciepła	182
6.3.2. Prawo Fouriera dla ruchu turbulentnego	183
6.3.3. Współczynnik turbulentnego wyrównywania temperatury	183
6.3.4. Robocze wersje równania burzliwego przewodzenia ciepła	184
6.4. Równanie burzliwego transportu wielkości skalarnej	184
6.5. Migracja zanieczyszczeń w ruchu turbulentnym	185
6.5.1. Sposób formułowania zagadnienia	185
6.5.2. Rozwiązywanie zagadnień	185
6.5.2.1. Uwagi ogólne	185
6.5.2.2. Rozwiązania analityczne	185
6.5.2.3. Uproszczony model ustalonego zrzutu zanieczyszczeń w obszarze nieograniczonym	186
6.5.2.4. Metoda odbić zwierciadlanych	188
6.5.2.5. Metody numeryczne	191
6.5.2.6. Wpływ efektów numerycznych na rozwiązanie równania migracji zanieczyszczeń	191
Przykład 6.1	193
Przykład 6.2	195
6.5.3. Strefy mieszania zanieczyszczeń	197
6.5.4. Wyloty kanalizacyjne	204
7. DYSPERSJA MASY I ENERGII	208
7.1. Omówienie pojęcia dyspersji	208
7.1.1. Uwagi ogólne	208
7.1.2. Dyspersja podłużna	209
7.1.3. Dyspersja płaska	211
7.1.4. Pojęcie dyspersji a przebieg procesu migracji zanieczyszczeń	212
7.2. Ilościowy opis dyspersji podłużnej	215
7.2.1. Przekształcenie równań ogólnych	215
7.2.2. Wyznaczenie dyspersyjnych strumieni masy i energii	218
7.2.2.1. Ruch laminarny w przewodzie kołowym	218
7.2.2.2. Ruch turbulentny w przewodzie kołowym	221
7.2.2.3. Prawo Ficka dla dyspersji podłużnej	222
7.2.2.4. Współczynnik dyspersji podłużnej	223
7.2.3. Równanie nieustalonej adwekcji-dyspersji – przypadek jednowymiarowy	224
7.2.4. Formułowanie zagadnień praktycznych	225
7.2.5. Rozwiązywanie zagadnień praktycznych	226
Przykład 7.1	226
7.3. Ilościowy opis dyspersji w płaszczyźnie poziomej	228
7.3.1. Przekształcenie równań zachowania masy i energii	228
7.3.2. Prawo Ficka dla dyspersji płaskiej	230
7.3.2.1. Anizotropia procesu	230
7.3.2.2. Przypadek przepływu jednokierunkowego	230
7.3.2.3. Współczynniki dyspersji	230
7.3.2.4. Przypadek ogólny	231
7.3.3. Robocze postacie równania dyspersji płaskiej	231

7.3.4. Formułowanie i rozwiązywanie zagadnień praktycznych	232
Przykład 7.2	233
7.4. Dyspersja w płaszczyźnie pionowej	234
8. DISPERSJA ZANIECZYSZCZEŃ W OŚRODKACH POROWATYCH	236
8.1. Mechanizm dyspersji hydrodynamicznej	236
8.2. Uśrednianie zmiennych	237
8.3. Dyspersja masy	240
8.3.1. Równania zachowania masy substancji rozpuszczonej dla przypadku filtracji	240
8.3.2. Prawo Ficka dla dyspersji hydrodynamicznej	241
8.3.3. Równanie transportu masy w wodzie podziemnej	243
8.3.4. Efektywny współczynnik dyspersji hydrodynamicznej	243
8.3.5. Formułowanie zagadnień i ich rozwiązywanie	245
Przykład 8.1	245
8.4. Makrodyspersja w gruncie	248
8.4.1. Uwagi ogólne	248
8.4.2. Ilościowy opis procesu makrodyspersji	249
8.5. Dyspersja energii cieplnej w gruncie	250
Przykład 8.2	252
9. MODELE BEZDYFUZYJNE	255
9.1. Uwagi ogólne	255
9.2. Model Streetera-Phelpsa	255
Przykład 9.1	260
9.3. Ogólniejsze modele bezdyfuzyjne	262
10. MODELE UPROSZCZONE	264
10.1. Uwagi wstępne	264
10.2. Układy o parametrach uśrednionych w przestrzeni	264
10.3. Model „martwych stref”	266
10.4. Modele stratyfikowane	267
10.5. Algebraiczne metody opisu migracji zanieczyszczeń	268
10.5.1. Uwagi wstępne	268
10.5.2. Przypadek jednowymiarowy	269
10.5.3. Zbiorniki wodne	270
10.5.4. Atmosfera ziemska	271
Część III. METODA STRUKTURALNA	273
11. CHARAKTERYSTYKA METODY	273
11.1. Podstawowe koncepcje	273
11.2. Fizyczne własności zawiesin	275
11.2.1. Charakterystyka zawiesiny jako całości	275
11.2.2. Charakterystyka cząstek zawiesiny	276
11.2.2.1. Rodzaje zawiesin	276
11.2.2.2. Kształt i struktura cząstek	276
11.2.2.3. Powierzchnia cząstki	277
11.2.2.4. Objętość i porowatość cząstki	277
11.2.2.5. Wilgotność cząstki	277
11.2.2.6. Gęstość cząstki	278
11.2.2.7. Prędkość swobodnego opadania	278
11.2.2.8. Wymiary cząstek	278

12. RÓWNANIA RUCHU CZĄSTKI ZAWIESZONEJ W PŁYNIU	280
12.1. Drugie prawo Newtona	280
12.2. Wyznaczanie sił, działających na cząstkę	281
12.2.1. Siły masowe	281
12.2.2. Siły powierzchniowe	281
12.2.2.1. Uwagi ogólne	281
12.2.2.2. Ustalony ruch kuli w cieczy nielepkiej – paradoks d’Alemberta	282
12.2.2.3. Nieustalony ruch kuli w cieczy nielepkiej – siła od masy stowarzyszonej	284
12.2.2.4. Ustalony ruch kuli w cieczy lepkiej – siła Stokesa	285
12.2.2.5. Nieustalony ruch kuli w cieczy lepkiej – siła Basseta	288
12.2.2.6. Uogólnienia wzoru Stokesa	289
12.2.2.7. Siła Newtona	290
12.3. Podstawowa wersja równania ruchu cząstki	292
13. FORMUŁOWANIE ZAGADNIENÍ	294
13.1. Uwagi ogólne	294
13.2. Warunki początkowe	294
13.3. Warunki brzegowe	295
13.4. Interpretacja geometryczna warunków granicznych	295
14. ROZWIĄZYWANIE ZAGADNIENÍ	297
14.1. Twierdzenia o istnieniu rozwiązań	297
14.2. Rozwiązania analityczne	297
14.3. Pozostałe metody rozwiązywania zadań	301
Przykład 14.1	301
15. PRAKTYCZNA WERSJA METODY STRUKTURALNEJ	303
15.1. Stosowanie pełnej wersji metody	303
15.2. Prędkość swobodnego opadania cząstki	303
15.3. Możliwość uproszczenia metody strukturalnej	305
15.4. Model praktyczny	306
Przykład 15.1	307
16. OPIS RUCHU ZAWIESINY METODĄ FENOMENOLOGICZNĄ	310
Tablice pomocnicze	312
Bibliografia	318
Skorowidz nazwisk	324
Skorowidz rzeczy	326

WYKAZ WAŻNIEJSZYCH OZNACZEŃ

Litery łacińskie

a	– stała pomocnicza
$[A_T]$	– tensor transformacji
b	– szerokość
B	– szerokość
c	– stężenie masowo-objętościowe substancji rozproszonej
c_n	– stężenie nasycenia
c_V	– stężenie objętościowe substancji rozproszonej
C	– stała Stefana-Boltzmana; stała całkowania
C_{CH}	– współczynnik szorstkości według Chézy’ego
C_D	– współczynnik oporu cząstki zawiesiny
Cr_a	– adwekcyjna liczba Couranta
Cr_d	– dyfuzyjna liczba Couranta
C_w	– ciepło właściwe substancji
d_c	– miarodajna średnica cząstki zawiesiny
D	– deficyt gazu, rozpuszczonego w cieczy
$[D]$	– tensor prędkości deformacji
D_G	– skalarny współczynnik dyspersji hydrodynamicznej (w ośrodku porowatym)
$[D_G]$	– tensorowy współczynnik dyspersji hydrodynamicznej
D_{GE}	– skalarny współczynnik efektywnej dyspersji hydrodynamicznej
$[D_{GE}]$	– tensorowy współczynnik efektywnej dyspersji hydrodynamicznej
D_{MG}	– współczynnik makrodyspersji
D_{Mi}	– współczynnik dyfuzji molekularnej i -tej substancji rozpuszczonej
D_{MT}	– współczynnik termodyfuzji
D_n	– współczynnik dyfuzji numerycznej
D_s	– współczynnik transportu symbolicznej wielkości skalarnej s_p
D_T	– skalarny współczynnik dyfuzji burzliwej
$[D_T]$	– tensorowy współczynnik dyfuzji burzliwej
D_{TL}, D_{TH}, D_{TV}	– współczynniki dyfuzji burzliwej dla kierunków głównych (podłużnego, poprzecznego poziomego i poprzecznego pionowego)
D_w	– współczynnik wyrównywania temperatury
e	– gęstość rozkładu energii wewnętrznej
$[E]$	– tensor jednostkowy
E_C	– moduł sprężystości substancji
E_K	– energia kinetyczna
f	– symbol ogólnej zależności funkcyjnej
f_z	– gęstość rozkładu siły masowej
F	– pole powierzchni przekroju poprzecznego strumienia
F_C	– przekrój czynny cząstki zawiesiny

F_M	– siła masowa
F_{MS}	– siła od masy stowarzyszonej
F_P	– siła powierzchniowa
Fr	– liczba Froude’a
g	– przyspieszenie ziemskie ($g = 9,81 \text{ m/s}^2$)
G	– siła ciężkości
h	– średnia głębokość ciekłu lub zbiornika
h_f	– wysokość fali
H	– rzeczywista głębokość ciekłu lub zbiornika
i	– indeks, identyfikujący proces, substancję lub kierunek
\mathbf{i}	– wersor osi $0x$
i_f	– spadek hydrauliczny
i_o	– spadek dna
I_m	– maksymalna wartość indeksu i
j	– indeks, identyfikujący proces, substancję lub kierunek
\mathbf{j}	– wersor osi $0y$
J_m	– maksymalna wartość indeksu j
k	– indeks, identyfikujący proces, substancję lub kierunek
\mathbf{k}	– wersor osi $0z$
k_{dt}	– stała szybkości natleniania wody
k_{ij}	– stała szybkości j -ej reakcji i -tej substancji
k_{mo}	– stała szybkości mineralizacji substancji organicznej
k_N	– stała szybkości nitryfikacji
k_T	– kinetyczna energia turbulencji
K	– skalarny współczynnik filtracji
[K]	– tensorowy współczynnik filtracji
K_B	– stała Boltzmanna
[K _D]	– tensorowy współczynnik dyspersji
K_L	– efektywny współczynnik dyspersji podłużnej
K_{ML}	– współczynnik dyspersji podłużnej w ruchu laminarnym
Kn	– liczba Knudsena
K_T	– efektywny współczynnik dyspersji poprzecznej
K_{TL}	– współczynnik dyspersji podłużnej w ruchu turbulentnym
l_K	– skala liniowa Kołmogorowa
l_L	– skala liniowa Lagrange’a
l_m	– droga mieszania według Prandtla
l_o	– średnia droga swobodna molekuly
l_T	– skala liniowa Taylora
L	– odległość, dystans, droga
L_A	– długość podstrefy adwekcyjnej
L_C	– dystans przecięcia brzegu
L_M	– długość pola bliskiego
m_1	– masa jednej cząsteczki

\mathbf{m}_{ai}	– adwekcyjny jednostkowy strumień masy i -tej substancji
\mathbf{m}_{dh}	– jednostkowy strumień masy, powodowany dyspersją hydrodynamiczną
\mathbf{m}_{di}	– dyfuzyjny jednostkowy strumień masy i -tej substancji
\mathbf{m}_D	– jednostkowy dyspersyjny strumień masy
\mathbf{m}_{md}	– jednostkowy makrodyspersyjny strumień masy
\mathbf{m}_M	– gęstość rozkładu wewnętrznych źródeł momentu pędu
\mathbf{m}_T	– jednostkowy turbulentny strumień masy
m_Z	– strumień masy zanieczyszczeń, wprowadzany do odbiornika
M	– masa
M_C	– masa cząstki zawiesiny
\mathbf{n}	– wektor jednostkowy, normalny do powierzchni
n_g	– porowatość substancji
n_M	– współczynnik szorstkości według Manninga
\mathbf{n}_p	– wektor kierunkowy
\mathbf{n}_{pi}	– wersor charakterystycznego kierunku anizotropii
N_A	– liczba Avogadro
N_M	– liczba cząstek w danej objętości
Nu	– liczba Nusselta
OC	– zdolność natleniania wody
p	– ciśnienie
p_{ij} ($i, j = x, y, z$)	– współrzędne tensora naprężenia
\mathbf{p}_n	– naprężenie
p_{wi}	– częstotliwość wiatru, wiejącego z kierunku oznaczonego indeksem i
$[P]$	– tensor naprężenia
Pe	– liczba Pecleta
$[P_i]$	– tensor naprężenia dla i -tego składnika mieszaniny
Pr	– liczba Prandtla
\mathbf{q}_d	– jednostkowy dyfuzyjny strumień energii
\mathbf{q}_D	– jednostkowy dyspersyjny strumień energii
q_e	– intensywność wewnętrznych źródeł energii
q_{es}	– efektywna intensywność wewnętrznych źródeł energii
q_M	– strumień przejmowanej masy
Q	– wydatek płynu (Q_w – wody, Q_s – ścieków, Q_p – powietrza)
Q_C	– strumień cyrkulacji poprzecznej
r	– promień; efektywność reakcji
\mathbf{r}	– promień wodzący
\mathbf{r}_c	– wektor wodzący trajektorii cząstki zawiesiny
R	– promień (koła, kuli itp.)
Re	– liczba Reynoldsa
R_G	– stała gazowa
R_H	– promień hydrauliczny
Ri	– liczba Richardsons
R_L	– funkcja autokorelacyjna Lagrange'a
s_p	– gęstość rozkładu symbolicznej wielkości skalarnej

S	– pole powierzchni
S_s	– współczynnik pojemności sprężystej
Sc	– liczba Schmidta
Sh	– liczba Strouhala
S_{WM}	– zasolenie wody
t	– czas
t_{rm}	– miarodajny czas reakcji
t_s	– czas działania siły
t_u	– czas uśredniania w teorii turbulencji
t_{ze}	– efektywny czas zatrzymania płynu
T	– temperatura
T_f	– okres fali
T_K	– współczynnik krętości ośrodka porowatego
T_L	– skala czasowa Lagrange’a
\mathbf{u}	– prędkość adwekcji
\mathbf{u}^*	– prędkość względna składnika względem mieszaniny lub roztworu
\mathbf{u}_b	– prędkość barycentryczna
\mathbf{u}_f	– prędkość filtracji
u_i	– i -ta składowa wektora \mathbf{u}
u_m	– prędkość maksymalna
u_n	– normalna składowa wektora prędkości
\mathbf{u}_p	– prędkość porowa
U	– moduł prędkości uśrednionej względem zmiennych przestrzennych
\mathbf{U}	– wektor prędkości uśrednionej względem zmiennych przestrzennych
U^*	– prędkość dynamiczna
\mathbf{U}_c	– wektor prędkości cząstki zawiesiny
U_{ck}	– końcowa prędkość cząstki zawiesiny
U_{cs}	– prędkość swobodnego opadania cząstki
U_{nr}	– prędkość nierozmywająca
U_{nz}	– prędkość niezamulająca
U_{ss}	– prędkość skrzepowanego opadania
V	– objętość
V_C	– kinetyczna objętość cząstki zawiesiny
\mathbf{w}	– prędkość wiatru
W	– ogólny symbol wielkości fizycznej
\mathbf{W}_N	– siła oporu cząstki według Newtona
\mathbf{W}_P	– siła wyporu
\mathbf{W}_S	– siła oporu cząstki według Stokesa
x	– współrzędna przestrzenna
y	– współrzędna przestrzenna
y_L, y_P	– funkcje, opisujące kształt lewej i prawej linii brzegowej ciekłu
z	– współrzędna przestrzenna
z_d	– rzędna dna ciekłu lub zbiornika
z_{ft}	– intensywność produkcji tlenu w trakcie fotosyntezy

z_g	– rzędna swobodnej powierzchni wody w cieku lub zbiorniku
z_{ij}	– funkcja źródłowa j -ej reakcji i -tej substancji
Z_i	– sumaryczna funkcja źródłowa i -tej substancji
Z_s	– funkcja źródłowa dla symbolicznej wielkości skalarnej

Litery greckie

α_M	– współczynnik przejmowania masy
α_S	– współczynnik masy stowarzyszonej
α_T	– współczynnik przejmowania ciepła
β	– współczynnik rozszerzalności cieplnej
Γ	– brzeg obszaru
δ	– funkcja delta Diraca
ε	– intensywność dyssypacji energii ruchu turbulentnego
κ	– stała von Karmana ($\kappa=0,4$ lub $\chi=0,417$)
λ	– współczynnik molekularnego przewodzenia ciepła; współczynnik strat energii w rurociągu według Nikuradsego
λ_T	– skalarny współczynnik turbulentnego przewodzenia ciepła
$[\lambda_T]$	– tensorowy współczynnik turbulentnego przewodzenia ciepła
μ	– dynamiczny współczynnik lepkości molekularnej
μ_T	– skalarny dynamiczny współczynnik lepkości burzliwej
$[\mu_T]$	– tensorowy dynamiczny współczynnik lepkości burzliwej
ν	– kinematyczny współczynnik lepkości molekularnej
ν_T	– skalarny kinematyczny współczynnik lepkości burzliwej
π	– stała matematyczna ($\pi=3,14\dots$)
Π	– iloraz bezwymiarowy
$[\Pi]$	– tensor naprężeń burzliwych (tensor Reynoldsa)
Π_m	– potencjał sił masowych
ρ	– gęstość płynu
ρ_c	– gęstość cząstki zawiesiny
σ	– wariancja funkcji
τ_o	– czas życia osiadłego molekuly
τ_s	– naprężenie styczne na ścianie
φ	– potencjał filtracji
φ_G	– szerokość geograficzna
Φ	– potencjał prędkości płynu
Ψ	– funkcja prądu
ω_z	– prędkość kątowna obrotu Ziemi
Ω	– parametr Coriolisa

Symbole

- – wielkość uśredniona lokalnie w czasie
- ~ ~ – wielkość uśredniona względem jednej lub dwóch zmiennych przestrzennych
- ≡≡ – wielkość uśredniona w przestrzeni porowej ośrodka porowatego
- ^^^ – wielkość uśredniona w przestrzeni porowej i powtórnie uśredniona względem jednej lub dwóch zmiennych przestrzennych
- ' – burzliwa fluktuacja wielkości fizycznej
- + – odchyłka wielkości fizycznej między jej wartością rzeczywistą a wartością uśrednioną względem zmiennych przestrzennych
- \bar{x} – odchyłka wielkości fizycznej między jej wartością rzeczywistą a wartością uśrednioną w przestrzeni porowej
- ° – odchyłka wielkości fizycznej między jej wartością uśrednioną w przestrzeni porowej a wartością powtórnie uśrednioną względem zmiennych przestrzennych