

KATARZYNA WEINEROWSKA-BORDS

HYDRAULIKA *do po***ĆWICZENIA**

PRZEPŁYWY W PRZEWODACH CIŚNIENIOWYCH

GDAŃSK 2025

PRZEWODNICZĄCY KOMITETU REDAKCYJNEGO
WYDAWNICTWA POLITECHNIKI GDAŃSKIEJ
Dariusz Mikielewicz

RECENZENT
Jerzy M. Sawicki

REDAKCJA JĘZYKOWA
Agnieszka Frankiewicz

SKŁAD I PROJEKT OKŁADKI
Katarzyna Olszonowicz

Wydanie II – 2018

Wydano za zgodą
Rektora Politechniki Gdańskiej

Oferta wydawnicza Politechniki Gdańskiej jest dostępna pod adresem
<https://sklep.pg.edu.pl>

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

© Copyright by Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk 2025

ISBN 978-83-7348-890-8

WYDAWNICTWO POLITECHNIKI GDAŃSKIEJ

Wydanie III (dodruk). Ark. wyd. 6,0, ark. druku 6,5, 1323/1304

Druk i oprawa: Volumina.pl sp. z o.o.
ul. Księcia Witolda 7-9, 71-063 Szczecin, tel. 91 812 09 08

SPIS TREŚCI

1. PODSTAWOWE POJĘCIA I KLASYFIKACJE	7
1.1. Wprowadzenie teoretyczne	7
1.1.1. Natężenie przepływu i średnia prędkość masowa. Równanie ciągłości	8
1.1.2. Ruch laminarny i turbulentny	10
1.1.3. Ciśnienie absolutne, nadciśnienie, podciśnienie	11
1.1.4. Równanie Bernoulliego – problemy ogólne. Bilans energii mechanicznej. Straty energii mechanicznej	12
1.2. Przykładowe zadania	17
1.2.1. Natężenie przepływu i średnia prędkość masowa. Równanie ciągłości	17
1.2.2. Ruch laminarny i turbulentny	19
1.2.3. Ciśnienie absolutne, nadciśnienie, podciśnienie	20
1.2.4. Równanie Bernoulliego – problemy ogólne. Bilans energii mechanicznej. Straty energii mechanicznej	21
1.3. Zadania do samodzielnego wykonania	23
1.3.1. Natężenie przepływu i średnia prędkość masowa. Równanie ciągłości	23
1.3.2. Ruch laminarny i turbulentny	26
1.3.3. Ciśnienie absolutne, nadciśnienie, podciśnienie	28
1.3.4. Równanie Bernoulliego – problemy ogólne. Bilans energii mechanicznej. Straty energii mechanicznej	28
2. UPROSZCZONE PRZYPADKI OBLICZANIA PRZEPŁYWÓW. PRZEPŁYWY CIECZY NIELEPKIEJ	30
2.1. Wprowadzenie teoretyczne	30
2.1.1. Obliczenia zwęzek pomiarowych	32
2.1.2. Obliczenia pojedynczych przewodów ciśnieniowych	32
2.2. Przykładowe zadania	33
2.2.1. Obliczenia zwęzek pomiarowych	33
2.2.2. Obliczenia pojedynczych przewodów ciśnieniowych	37
2.2.3. Rysowanie linii ciśnienia i linii energii dla przepływu cieczy nielepkiej	39
2.3. Zadania do samodzielnego wykonania	42
2.3.1. Obliczenia zwęzek pomiarowych	42
2.3.2. Obliczenia pojedynczych przewodów ciśnieniowych. Rysowanie linii ciśnienia i linii energii dla przepływu cieczy nielepkiej	43
3. PRZEPŁYWY CIECZY LEPKIEJ W POJEDYNCZYCH PRZEWODACH CIŚNIENIOWYCH	48
3.1. Wprowadzenie teoretyczne	48
3.1.1. Obliczenia pojedynczych przewodów ciśnieniowych	48
3.1.2. Rysowanie linii ciśnienia i linii energii dla przepływu cieczy lepkiej	49
3.1.3. Pompy w przewodach ciśnieniowych	50
3.1.4. Przewody wydatkujące po drodze	54

3.2. Przykładowe zadania	56
3.2.1. Obliczenia pojedynczych przewodów ciśnieniowych	56
3.2.2. Rysowanie linii ciśnienia i linii energii dla przepływu cieczy lepkiej	59
3.2.3. Pompy w przewodach ciśnieniowych	62
3.2.4. Przewody wydatkujące po drodze	67
3.3. Zadania do samodzielnego wykonania	68
3.3.1. Obliczenia pojedynczych przewodów ciśnieniowych. Rysowanie linii ciśnienia i linii energii dla przepływu cieczy lepkiej	68
3.3.2. Pompy w przewodach ciśnieniowych	76
4. PRZEPŁYWY W SIECIACH PRZEWODÓW POD CIŚNIENIEM	78
4.1. Wprowadzenie teoretyczne	78
4.2. Przykładowe zadania	82
4.3. Zadania do samodzielnego wykonania	89
ODPOWIEDZI DO WYBRANYCH ZADAŃ	93
ZAŁĄCZNIKI	95
Załącznik 1	95
Załącznik 2	96
Załącznik 3	97
Załącznik 4	97
LITERATURA	104

SŁOWO WSTĘPNE

Niniejsza książka jest przeznaczona dla studentek i studentów *inżynierii środowiska*, którzy realizując kurs *hydrauliki*, przygotowują się do praktycznego stosowania praw rządzących mechaniką ciśnieniowych przepływów cieczy w rozwiązywaniu problemów z zakresu szeroko pojętej inżynierii sanitarnej, omawianych w późniejszym toku studiów w ramach przedmiotów specjalistycznych.

W opracowaniu zaprezentowano szereg przykładów zadań obliczeniowych dla poszczególnych rodzajów zagadnień, objętych pojęciem przepływu ciśnieniowego jako kategorią nadrzędną, z krótkimi wstępami teoretycznymi i omówieniem toku rozwiązania zadań. Dodatkowo zaproponowano ponad dziewięćdziesiąt zadań i zagadnień do samodzielnej analizy. Część zadań ma charakter tradycyjny, niektóre zaś mają formę pytań i zagadnień stanowiących pretekst do dyskusji na tematy związane z hydrauliką przepływów ciśnieniowych. Gwiazdkami zaznaczono zadania trudniejsze.

Książka, w założeniu autorki, z jednej strony stanowi podręcznik do zajęć w ramach kursu hydrauliki, a z drugiej strony (tej bardziej istotnej) ma pomóc Czytelnikom zrozumieć podstawowe prawa rządzące przepływem cieczy w ciśnieniowych systemach sanitarnych i wynikające z tych praw konsekwencje praktyczne. Ma także zachęcić studentów do podejmowania aktywnych prób rozwiązywania zadań, prowadzenia własnych analiz, krytycznej oceny uzyskiwanych rozwiązań, stawiania inżynierskich pytań i poszukiwania na nie odpowiedzi – samodzielnie i we współpracy z prowadzącym zajęcia.

Autorka