

Magdalena Rucka
Wojciech Witkowski
Jacek Chróścielewski

Wytrzymałość materiałów

Teoria i badania doświadczalne

PRZEWODNICZĄCY KOMITETU REDAKCYJNEGO
WYDAWNICTWA POLITECHNIKI GDAŃSKIEJ
Dariusz Mikielewicz

RECENZENT
Marek Skowronek

REDAKCJA JĘZYKOWA
Joanna Niezgoda

SKŁAD
Ireneusz Jelonek

PROJEKT OKŁADKI
Magdalena Rucka

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 2026

ISBN 978-83-7348-966-0

SPIS TREŚCI

Od autorów.....	5
Rozdział 1. Wprowadzenie	7
Rozdział 2. Stan naprężenia i odkształcenia	17
Rozdział 3. Rozciąganie i ściskanie osiowe	43
Rozdział 4. Zginanie czyste proste i ukośne	79
Rozdział 5. Rozciąganie i ściskanie mimośrodowe	99
Rozdział 6. Skręcanie swobodne	115
Rozdział 7. Zginanie ze ścinaniem	131
Rozdział 8. Połączenia elementów konstrukcji	160
Rozdział 9. Linia ugięcia	182
Rozdział 10. Ciężna	201
Rozdział 11. Podejście energetyczne	219
Rozdział 12. Stateczność prętów ściskanych osiowo	269
Rozdział 13. Hipotezy wytrzymałościowe	313
Rozdział 14. Elementy teorii plastyczności	341
Rozdział 15. Wpływ czasu na własności materiałów	377
Załącznik A. Charakterystyki geometryczne	427
Załącznik B. Metody analizy wyników doświadczalnych.....	435
Załącznik C. Elementy rachunku wektorowego	441
Załącznik D. Całkowanie graficzne	444
Zalecana literatura.....	447
Podziękowania	449

OD AUTORÓW

Wytrzymałość materiałów jest dziedziną wiedzy inżynierskiej, która zajmuje się analitycznym oraz eksperymentalnym badaniem zjawisk mechanicznych zachodzących w materiałach i wytworzonych z nich konstrukcjach, poddawanych różnorodnym obciążeniom. Obciążenia, działając na konstrukcję, prowadzą do jej deformacji mierzonej poprzez odkształcenia materiału, a w konsekwencji do powstania naprężeń. Znajomość wytrzymałości materiałów odgrywa kluczową rolę w świadomym, odpowiedzialnym i efektywnym projektowaniu oraz analizie konstrukcji inżynierskich. Umożliwia ona prognozowanie zachowania materiałów w warunkach obciążenia, co stanowi fundamentalny warunek zapewnienia bezpieczeństwa eksploatacyjnego i trwałości obiektów technicznych.

Niniejsza książka jest przede wszystkim skierowana do studentów wydziałów budownictwa, ale będzie również przydatna w studiowaniu zagadnienia wytrzymałości materiałów na kierunkach inżynierii mechanicznej, lotniczej czy też okrętowej. Jej celem jest przekazanie podstawowej wiedzy z zakresu wytrzymałości materiałów, niezbędnej do projektowania i rozumienia pracy szeroko pojętych konstrukcji inżynierskich. Dzięki poznaniu właściwości mechanicznych materiałów i ich zachowania pod wpływem różnych obciążeń inżynierowie mogą planować oraz budować struktury spełniające wymogi użytkowe, wytrzymujące próbę czasu, a jednocześnie ekonomiczne i zrównoważone.

Podręcznik, składający się z 15 rozdziałów, obejmuje podstawy teoretyczne przedmiotu wytrzymałość materiałów, ze szczególnym uwzględnieniem zagadnień istotnych z punktu widzenia inżynierii lądowej. Oprócz wyjaśnienia zależności teoretycznych, niezbędnych do pełnego opanowania omawianych zagadnień, książka zawiera również obszerną, bogato ilustrowaną część eksperymentalną. Jej celem jest ułatwienie zrozumienia wybranych problemów, w tym założeń stanowiących podstawy teoretyczne zagadnień w danym rozdziale. Ponadto rozważania zostały wzbogacone o szczegółowo rozwiązane przykłady, których analiza umożliwia lepsze przyswojenie i zrozumienie przedstawionego materiału. W rozdziałach 1–10 omówiono elementarne stany wyężenia, jakie mogą występować – pojedynczo lub w superpozycji – w przekrojach elementów konstrukcji, a także mechanikę i wytrzymałość cięgien. Zagadnienia zaprezentowane pod koniec książki, zwłaszcza w rozdziałach 11–15, dotyczą wybranych elementów teorii sprężystości i plastyczności, teorii stateczności oraz ogólnej teorii równań konstytutywnych. W związku z tym objętość poszczególnych części jest różna, gdyż dokładne zrozumienie treści rozdziałów 11–15 wymaga szczegółowego wyjaśnienia podstaw teoretycznych.

Z radością przekazujemy do rąk Czytelników książkę, która jest efektem wieloletnich doświadczeń autorów. Naszym celem było stworzenie opracowania przydatnego zarówno dla studentów, inżynierów, jak i wszystkich, którzy pragną pogłębić swoją wiedzę z zakresu wytrzymałości materiałów. Życzymy owocnej lektury oraz sukcesów w nauce i pracy zawodowej.

*Magdalena Rucka
Wojciech Witkowski
Jacek Chrościelewski*

ZALECANA LITERATURA

- Ashby M., Shercliff H., Cebon D. *Inżynieria materiałowa*. T. 1. Wydawnictwo Galaktyka, Łódź 2011.
- Badur J. *Pięć wykładów ze współczesnej termomechaniki płynów*. Wydawnictwo IMP PAN, Gdańsk 2005.
- Badur J. *Rozwój pojęcia energii*. Wydawnictwo IMP PAN, Gdańsk 2009.
- Bazant Z.P., Cedolin L. *Stability of structures: elastic, inelastic, fracture, and damage theories*. World Scientific Publishing, Singapore 2010.
- Bąk R., Burczyński T. *Wytrzymałość materiałów z elementami ujęcia komputerowego*. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 2013.
- Bielewicz E. *Wytrzymałość materiałów*. Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk 2013.
- Brzoska Z. *Wytrzymałość materiałów*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1972.
- Burczyński T., Beluch W., John A. (red.) *Laboratorium z wytrzymałości materiałów*. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2002.
- Chapra S.C., Canale R.P. *Numerical methods for engineers*. McGraw-Hill, New York 1985.
- Chróścielewski J., Rucka M., Witkowski W. *Metody doświadczalne w wytrzymałości materiałów*. Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk 2018.
- Dyłał Z., Jakubowicz A., Orłoś Z. *Wytrzymałość materiałów*. T. I–II. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 2003.
- Gere J.M., Goodno B.J. *Mechanics of materials*. Cengage Learning 2013.
- Hibbeler R.C. *Mechanics of materials*. Prentice Hall 2011.
- Jastrzębski P., Mutermilch J., Orłowski W. *Wytrzymałość materiałów*. Wydawnictwo Arkady, Warszawa 1974.
- Katarzyński S., Kocańda S., Zakrzewski M. *Badania własności mechanicznych metali*. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 1969.
- Kmiecik M., Wismur M., Bielewicz E. *Analiza nieliniowa tarcz i płyt*. Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk 1995.
- Lewiński J., Wilczyński A.P., Witemberg-Perzyk D. *Podstawy wytrzymałości materiałów*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2010.
- Ochelski S. *Metody doświadczalne mechaniki kompozytów*. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 2004.
- PN-EN ISO 6892-1:2010. *Metale – Próba rozciągania – Część 1: Metoda badania w temperaturze pokojowej*.
- PN-EN 1992-1-1:2004 + A1:2014. *Eurokod 2: Projektowanie konstrukcji z betonu*.
- PN-EN 1993-1-9:2006. *Eurokod 3: Projektowanie konstrukcji stalowych – Część 1-9: Zasady projektowania konstrukcji pod względem zmęczenia*.
- PN-57/H-04320:1957. *Próba statyczna ściskania metali*.
- Sharpe W. (red.) *Springer handbook of experimental mechanics*. Springer, New York 2008.
- Skowronek M., Wojtczak E. *Liga zadaniowa wytrzymałości materiałów. Zbiór zadań z rozwiązaniami – edycje I–VIII*. Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk 2024.
- Szczepiński W. (red.) *Metody doświadczalne mechaniki ciała stałego*. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa 1984.

- Szymczak C., Skowronek M., Witkowski W., Kujawa M. *Wytrzymałość materiałów. Zadania*. Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk 2017.
- Szymkiewicz R. *Metody numeryczne w inżynierii wodnej*. Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk 2012.
- Timoshenko S.P. *Historia wytrzymałości materiałów*. Wydawnictwo Arkady, Warszawa 1966.
- Timoshenko S.P., Goodier J.N. *Teoria sprężystości*. Wydawnictwo Arkady, Warszawa 1962.
- Veljkovic M., Simões da Silva L., Simões R., Wald F., Jaspart J.-P., Weynand J.-P., Dubinã D., Landolfo R., Vila Real P., Gervásio H. *Eurocodes background & application design of steel buildings. Worked examples*. Publications Office of the European Union, Luxembourg 2015.
- Wang C.T. *Applied elasticity*. McGraw-Hill, New York 1953.
- Wojnicz W., Wittbrodt E. *Mechaniczne metody badań materiałów. Ćwiczenia laboratoryjne*. Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk 2023.
- Wojtczak E. *100 zadań z wytrzymałości materiałów. Zbiór zadań z rozwiązaniami*. Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk 2026.
- Wyrwał J. *Mechanika materiałów dla studentów budownictwa*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2022.
- Young W.C., Budynas R.G. *Roarks's formulas for stress and strains*. McGraw-Hill, New York 2002.