

Marian Kučera

Technická mechanika
Statika

Nitra 2016

Názov: Technická mechanika – Statika

Autor: doc. Ing. Marian Kučera, CSc.
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre
Technická fakulta
Katedra konštruovania strojov

Recenzenti: doc. Ing. Maroš Korenko, PhD.
doc. Ing. Ján Pršan, CSc.

Schválil rektor Slovenskej poľnohospodárskej univerzity v Nitre dňa 7. decembra 2016
ako vysokoškolskú učebnicu.

ISBN 978-80-552-1598-3

Predhovor

Predmet technická mechanika obsahuje tri samostatné disciplíny mechaniky tuhých telies: statiku, kinematiku a dynamiku.

Spojenie týchto troch disciplín do jedného celku na Technickej fakulte si vyžiadala obsahová prestavba štúdia v súvislosti zavedením trojstupňového vzdelávania.

Predložená vysokoškolská učebnica Technická mechanika – Statika je určená študentom denného ako aj externého štúdia v prvom a druhom stupni štúdia na Technickej fakulte Slovenskej poľnohospodárskej univerzity v Nitre. Pretože všeobecné výklady sú v niektorých prípadoch podávané v priamej súvislosti s technickými aplikáciami, možno ju odporučiť tak pre inžinierske štúdium ako aj pre technikov v praxi.

Obsahovo je zhodné s predmetom technická mechanika časť statika, ktorá sa prednáša vo vybraných študijných programoch.

Na spracovanie tak rozsiahlej problematiky akou je statika bolo potrebné zvoliť nové efektívnejšie formy výkladu. Vo väčšine kapitol v prípadoch grafického riešenia je použitý vektorový počet, čo spolu s jednoznačnosťou výkladu umožňuje čitateľom študovať väčšinu kapitol aj samostatne.

Obsahová náplň tohto vydania učebnice je upravená a doplnená v zhode s obsahovou náplňou predmetu technická mechanika. Väčšina kapitol je prepracovaná a upravená tak, aby nasledovali za sebou v logickej súvislosti. V tejto učebnici sú vo všetkých kapitolách zjednotené spôsoby písania podmienok rovnováhy a rovnovážnych rovníc, tak ako je to zaužívané v predmetoch, ktoré na statiku priamo nadväzujú.

V predloženej učebnici sú uplatnené všeobecné zásady: naučiť študentov základné princípy statiky tuhého telesa, resp. sústavy telies, a tým naučiť študentov tvorivým spôsobom myslieť. Použitý prístup by mal umožniť študentom pochopiť prednášanú látku tak, aby dokázali mechanické javy opísať a vysvetliť. Študenti by mali na základe axióm a zákonov mechaniky vedieť tieto javy kvalitatívne aj kvantitatívne popísať, a takto získané vedomosti z mechaniky tvorivo aplikovať pri riešení konkrétnych úloh technickej praxe. Z uvedeného dôvodu sú niektoré postupy riešenia uvádzané na konkrétnych príkladoch, ktoré ju po praktickej stránke dopĺňajú. Touto cestou sa chcem opäť poďakovať bývalému spolupracovníkovi a pedagógovi TF SPU prof. Ing. Jozefovi Šestákovi, CSc., za poskytnutie podkladov a písomný súhlas s ich zapracovaním do učebnice. To samozrejme prispelo ku zvýšeniu kvality tejto učebnej pomôcky.

Predpokladám, že táto vysokoškolská učebnica bude vhodnou učebnou pomôckou pri štúdiu predmetu technická mechanika, čo je aj jej hlavným cieľom.

Úvod

Hlavnou úlohou mechaniky, ktorá je súčasťou prírodných vied, je poznávať zákonitosti a súvislosti javov a ich zmien. Tieto zmeny majú rôzne formy a označujeme ich ako zmeny biologické, chemické, elektrické, mechanické a pod. Môžeme ich súhrnne označiť ako formy pohybu hmoty. Pohyb je najvšeobecnejšou vlastnosťou hmoty. Medzi základné formy pohybu hmoty patria aj pohyby tuhých telies, kvapalín a plynov. Ako základné zjednodušenie zavádzame v mechanike pojem dokonale tuhého telesa. Skutočné pevné telesá majú svoju štruktúru a deformujú sa, roztáhujú alebo zmršťujú. Často sú tieto zmeny zanedbateľné, a preto pojem dokonale tuhého telesa je akýmsi myšlienkovým súhrnom nemeniacich sa častíc hmoty ktoré nemenia ani svoje vzájomné vzdialenosti.

Východiskom v mechanike tuhého telesa a sústavy telies bude hmotný bod. Často však budeme aplikovať zákony mechaniky hmotného bodu aj pre tuhé teleso, po zohľadnení veľkosti telesa.

Všetky reálne hmotné objekty na seba navzájom pôsobia. Toto vzájomné pôsobenie hodnotíme veličinou, ktorú nazývame sila. Ak to zhrnieme, tak môžeme povedať, že v mechanike tuhého telesa budeme analyzovať pohyb telies ich vzájomné pôsobenie a že hmota, priestor, čas a sila sú základnými pojmami mechaniky.

Ak na hmotný objekt pôsobí viac síl, hovoríme, že naň pôsobí silová sústava. Statika sa zaoberá rovnováhou silových sústav pôsobiacich na hmotný objekt. Hmotný objekt predstavuje bod, teleso alebo sústavu telies v rovine alebo v priestore. Medzi typické úlohy statiky patrí: nájdenie rovnováhy silovej sústavy, pri ktorej nastáva rovnováha hmotného objektu v danej polohe, nájdenie rovnovážnej polohy pri danej pôsobiacej silovej sústave a stanovenie podmienok statickej ekvivalencie silových sústav. Východiskom pri riešení úloh statiky bude pre nás 3. Newtonov zákon:

Vzájomné pôsobenie dvoch hmotných objektov je vždy rovnako veľké, ale opačného zmyslu.

Statika je základom všetkých ostatných častí mechaniky. V mechanike tuhých telies na ňu bezprostredne nadväzuje dynamika, v mechanike poddajných telies pružnosť, pevnosť a plasticita. Obe disciplíny poznatky zo statiky ďalej rozvíjajú a prehlbujú.

Ako na statiku nadväzujú niektoré technické disciplíny, tak statika nadväzuje na poznatky všeobecných disciplín ako sú matematika a fyzika. Pred štúdiom tejto časti považujem za potrebné zopakovať si predovšetkým základy vektorovej algebry, riešenie lineárnych rovníc, základy integrálneho počtu, skladanie a rozklad síl, Newtonove pohybové zákony.

Na záver niekoľko historických poznámok.

Mechanika je náuka spojená s potrebami ľudskej spoločnosti. Už v rokoch 287-212 pred naším letopočtom, *Archimedes* ako predstaviteľ antickej mechaniky, spracoval základy statiky - náuku o rovnováhe síl. Neskôr v stredoveku myslitelia ako *Aristoteles*, *Pytagoras*, *Euklidus* a iný položili základy matematiky a mechaniky. Až *Benedetti* však zistil, že vo vzduchoprázdne všetky telesá padajú k zemi rovnakou rýchlosťou, čo možno pokladať za začiatky vedeckej dynamiky.

Zásadný význam pre rozvoj mechaniky však mali práce *Isaaca Newtona* (1643-1727).

Prácami *Alberta Einsteina* sa začiatkom 20. storočia sa však vytvoril nový názor na mechaniku. Podľa výsledkov špeciálnej teórie relativity čas, priestor a hmota dostali novú náplň. Preto sa „klasická“ mechanika podľa *Newtona* stala špeciálnym prípadom všeobecnej mechaniky, ktorá platí iba v rozsahu malých rýchlostí.

Z českých bádateľov sa zaoberali mechanikou profesori *Šrejtr*, *Bažant*, *Felder* a ďalší.

Zo slovenských môžeme spomenúť profesorov *Stodolu*, *Gondu*, *Salvu* a ďalších.

Obsah

Predhovor.....	3
1. Základné pojmy a axiómy statiky	5
1. 1 Hmotný bod	5
1. 2 Dokonale tuhé teleso	5
1. 3 Hmota.....	5
1. 4 Priestor	6
1. 5 Sila	6
1. 6 Dvojica síl	9
1. 7 Silová sústava.....	10
1. 8 Moment sily	10
1. 9 Axiómy statiky	13
1. 10 Princípy statiky	16
2. Nahradenie a rovnováha silových sústav	16
2. 1 Priamková silová sústava	17
2. 1. 1 Určenie výsledného účinku – výslednice	17
2. 1. 2 Podmienky rovnováhy	18
2. 2 Centrálna rovinná silová sústava.....	20
2. 2. 1 Skladanie dvoch rôznobežných síl	20
2. 2. 2 Rozklad sily na dve zložky.....	22
2. 2. 3 Rovnováha troch síl.....	24
2. 2. 4 Výsledné nahradenie štyroch a viac síl	26
2. 2. 5 Moment výslednice sústavy síl.....	28
2. 2. 6 Silová dvojica.....	32
2. 2. 7 Skladanie osamelej sily a silovej dvojice v tej istej rovine.....	33
2. 3 Všeobecná rovinná sústava síl.....	38
2. 3. 1 Výsledné nahradenie	38
2. 3. 2 Podmienky rovnováhy všeobecnej rovinatej sústavy síl	42
2. 3. 3 Metóda čiastočnej výslednice - Culmannova úloha	45
2. 4 Centrálna priestorová sústava síl.....	46
2. 4. 1 Nahradenie	46
2. 4. 2 Podmienky rovnováhy	48
2. 5 Všeobecná priestorová sústava síl.....	51
2. 5. 1 Základné nahradenie	51
2. 5. 2 Podmienky rovnováhy	53
2. 6 Rôznobežná priestorová silová sústava. Ťažisko hmotných útvarov	53
3. Statika viazaného hmotného objektu.....	66
3. 1 Väzby a väzbové reakcie.....	66
3. 2 Rovnováha hmotného bodu v rovine.....	68
3. 3 Rovnováha hmotného bodu v priestore.....	69
3. 4 Rovnováha tuhého telesa v rovine	71
3. 4. 1 Nepohyblivé, staticky určito uložené teleso	79
3. 4. 1. 1 Teleso viazané v jednej krivkovej a v jednej plošnej väzbe	76
3. 4. 1. 2 Teleso viazané v troch plošných väzbách.....	81
3. 4. 1. 3 Teleso votknuté (zabudované).....	82
3. 5 Rovnováha tuhého telesa v priestore.....	87

4. Rovinné sústavy telies.....	91
4. 1 Nepohyblivé rovinné sústavy telies.....	94
4. 2 Pohyblivé rovinné sústavy telies. Mechanizmy	110
4. 2. 1 Analytické riešenie väzbových reakcií a rovnovážnych síl (dvojíc síl).....	114
4. 2. 2 Grafické riešenie väzbových reakcií a rovnovážnych síl (dvojíc síl)	115
4. 3 Rovinné prúťové sústavy	118
4. 3. 1 Tvarová a statická určitosť rovinných prúťových sústav	118
4. 3. 2 Metódy riešenia prúťových sústav	119
4. 3. 2. 1 Výpočťové riešenie metódu styčných bodov.....	114
4. 3. 2. 2 Grafické riešenie prúťových sústav. Cremonov obrazec.....	116
4. 3. 2. 3 Metóda priesečná	118
5. Rovnováha útvarov uložených v reálnych väzbách. Pasívne odpory	126
5. 1 Šmykové trenie pri posuvnom pohybe	126
5. 1. 1 Naklonená rovina	129
5. 1. 2 Rovinné teleso viazané dvomi reálnymi plošnými väzbami	132
5. 2 Šmykové trenie rotujúcich telies	133
5. 3 Odpory pri odvaľovaní kolies	137
5. 3. 1 Koleso hnané (ťahané, tlačené)	137
5. 3. 2 Koleso hnacie.....	139
5. 4 Sústava telies s reálnymi väzbami.....	140
5. 5 Statické pomery vo väzbe realizovanej dokonale ohybným vláknom.	141
5. 6 Statické pomery vo väzbe realizovanej klinovou drážkou	143
6. Použitá literatúra	146

Marian Kučera
Technická mechanika – Statika

Vydala: Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre

Vydanie: prvé

Náklad: 250 ks

Tlač: Vydavateľstvo SPU v Nitre

AH-VH: 9,56-9,79

Neprešlo redakčnou úpravou vo Vydavateľstve SPU v Nitre.

ISBN 978-80-552-1598-3