

Medžiagų mechanika (toliau – MM) yra techninis dalykas, aprėpiantis konstrukcinių elementų (dažniausiai – strypo) stiprumo, standumo bei stabilumo skaičiavimo inžinerinių metodų teorinius bei praktinius pagrindus.

1. Įvadas

1.1. Inžinierius ir konstrukcijų skaičiavimas

■ Mus supa didelė daiktų įvairovė. Vieni daiktai sukurti gamtos (augalai, gyvūnai), kiti yra žmogaus inžinerinės veiklos rezultatas (pastatai, mašinos); vienu konstrukcija sudėtinga (gyvūno griaučiai, televizijos bokštas), kitų konstrukcija – vienas elementas (žolės stiebas, paveikslą laikanti virvė). Visus šiuos daiktus veikia aplinka, nuo kurios mechaninio poveikio jie deformuojasi, t.y. keičia savo matmenis ir formą. Per didelis mechaninis poveikis gali sukelti nepageidautinas daiktų deformacijas arba, dar blogiau, – juos suardyti. Kad to neįvyktų, inžinierius, kurdamas pastatų ar mašinų konstrukcijas, turi remtis ne nuo jautą, bet geru tiek gamtos, tiek žmogaus sukurtų konstrukcijų išmanymu. Jis turi mokėti įvertinti aplinkos poveikį konstrukcijai, gerai pažinti konstrukcines medžiagas, naudotis praktikos patikrintais metodais. Tada jo sukurtos konstrukcijos ir nesuirs, ir per daug nesideformuos.

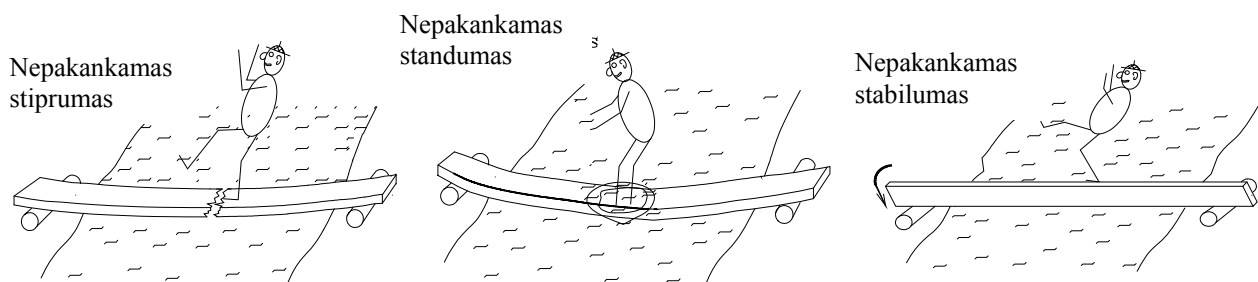
■ Kurti patikimas konstrukcijas, t.y. tokias konstrukcijas, kurios nustatytą laiką, nepažeisdamos eksploatacijos reikalavimų, vykdytų savo funkciją (būtų stabilios, nesuirtų ir per daug nesideformuotų), yra svarbiausias, tačiau ne vienintelis inžinieriaus uždavinys. Labai dažnai jam tenka spręsti dar vieną uždavinį: siekti, kad konstrukcijos kaina būtų minimali. Būtent šio uždavinio sprendimas (tiksliau – konstrukcijos patikimumo ir ekonomiškumo kompromiso ieškojimas) šiuo metu yra viena iš priežasčių, skatinančių konstrukcijų skaičiavimo metodų raidą. Nereikėtų pamiršti ir kitų konstrukcijos kokybės rodiklių. Kartais, pavyzdžiui, kurdamas skraidymo aparatus, inžinierius turi suprojektuoti ne tik patikimą ir pigią, bet ir lengvą konstrukciją. Pakankamai svarbūs yra ir technologiniai reikalavimai (nedidelė konstrukcijos kaina gali tapti bereikšme, jei dėl to labai padidės gamybos, transportavimo ar montavimo išlaidos) bei estetinis veiksnys (architekto ar dizainerio norai gali sukelti inžinieriui daug papildomų rūpesčių).

■ Taigi konstrukcijos turi būti patikimos, pigios, lengvos ir gražios. Tokioms konstrukcijoms sukurti reikia sisteminių žinių apie konstrukcines medžiagas, konstrukcijas veikiančius išorinius poveikius, skaičiavimo metodus – t.y. mokslo. Tokio mokslo abėcėlė ir gramatika yra MM.

MM konstrukcijas nagrinėja atsižvelgdama į tris jų savybes:

- 1) stiprumą – savybę nesuirti;
- 2) standumą – savybę kuo mažiau deformuotis;
- 3) stabilumą – savybę neprarasti pirminės pusiausvyros formos.

Nėra absoliučiai stiprios, absoliučiai standžios, absoliučiai stabilios konstrukcijos. Inžinierius, kurdamas patikimą konstrukciją, privalo užtikrinti, kad visa konstrukcija ir atskiri jos elementai būtų pakankamai stiprūs, standūs ir stabilūs, kad jie nuo mechaninio poveikio šių savybių neprarastų (1.1 pav.).



1.1 pav.

1.2. Trumpa medžiagų mechanikos istorinė apžvalga

■ Jau senovės babiloniečiai, persai, kinai, indai, egiptiečiai, graikai, romėnai statė pastatus, kurie savo techniniu lygiu prilygo šių dienų pastatams, pvz., indų ir kinų bokštiniai kulto pastatai – pagodos. Nagrinėjant to meto konstrukcijas, kyla mintis, kad statytojai, galbūt intuityviai, o galbūt ir sąmoningai taikė tam tikrus mechanikos principus ar vadovavosi taisyklėmis, susijusiomis su šiais principais. Vis dėlto jokių raštinių duomenų apie konstrukcijų skaičiavimą iš to meto neišliko.

■ Konstrukcijų skaičiavimo mokslas, kaip ir daugelis kitų inžinerinių mokslų, pradėjo plėtotis renesanso laikais, kai besivystant pramonei, statytojams prireikė išspręsti daug naujų technikos uždavinių. Šio mokslo pradininku laikomas Galilėjas Galilėjus (1564-1642). Šis mokslininkas, besilankydamas laivų statyklose, pastebėjo, kad statydami didesnę laivą statytojai proporcingai padidindavo ir statramsčių bei sijų matmenis. Tačiau dideliame visų nustebimui, nauji strypai sulūždavo. G.Galilėjus atliko daug bandymų ir padarė kai kurių teorinių apibendrinimų, pavyzdžiui, išskėlė kūno tvirtumo klausimą ir pirmą kartą žmonijos istorijoje pabandė jį atsakyti remdamasis mokslu. Visa tai jis išdėstė knygoje "Pokalbiai ir matematiniai įrodinėjimai apie dvi naujas mokslo šakas – mechaniką ir vietinį judėjimą", išleistoje Olandijos mieste Leidene 1638 m. Beje, dar iki G.Galilėjaus gerokai sudėtingesni mechanikos klausimai, kaip, pavyzdžiui, skliautų darbas ir kiti, buvo nagrinėjami garsaus italų dailininko ir inžinieriaus Leonardo Da Vinčio (1452-1519). Deja, jo darbai nebuvo paskelbti ir jo amžininkams nebuvo žinomi.

■ XVIIa. pabaiga ir XVIIIa. pradžia buvo mechanikos ir matematikos mokslų klestėjimo laikotarpis. 1660m. Robertas Hukas (1635-1703) ir nepriklausomai 1680m. Edmas Mariotas (1620-1684) nustatė ryšį tarp įtempimų ir deformacijų. Per keletą dešimtmečių buvo nustatyti visi pagrindiniai lenkimo teorijos dėsniai. Tarp šios epochos mokslininkų išsiskyrė Danielius Bernulis (1700-1782), Žozefas Luji Lagranžas (1736-1813), Leonardas Oileris (1707-1783).

■ XIXa. pradžioje, 1826m., Anri Navjė (1785-1836) parašė pirmąją MM vadovėlį. Tačiau šio amžiaus pradžia labiau reikšminga yra todėl, kad pirmojo MM vadovėlio autorius, taip pat Denis Puarsonas (1781-1840), Ogiustenas Luji Koši (1789-1857), Michailas Ostrogradskis (1801-1862) ir kiti padėjo tamprumo teorijos pamatus. Deja, dėl sudėtingo matematinio aparato šios teorijos rezultatai technikos uždaviniams nebuvo pritaikyti. Inžinieriams buvo reikalingas mokslas, besiremiantis paprastomis matematinėmis formulėmis, plačiai pritaikantis eksperimentų duomenis, gautus tiek bandant medžiagas, tiek stebint eksploatuojamus pastatus ir mašinas. Todėl XIXa. pabaigoje išstobulėjo medžiagų mechaninių bandymų metodika, buvo sukurti pagrindiniai bandymo mašinų tipai. Tuo metu buvo nustatyti daugelio medžiagų stiprumo norminiai rodikliai, pradėti taikyti leistinieji įtempimai, plačiai paplito konstrukcijų skaičiavimo metodai, pagrįsti empirinėmis formulėmis. Spręsdami šiuos uždavinius, daug nuveikė D.I.Žuravskis (1821-1904), išvedęs tangentinių įtempimų pasiskirstymo sijos skerspjūvyje formulę ir sukūręs sudėtingų sijų skaičiavimo metodus, Ch.C.Golovinas (1844-1904), išsprendęs kreivų strypų lenkimo uždavinius, V.L.Kirpičevs (1845-1913), eksperimentiniam įtempimų nustatymui panaudojęs optinį metodą, F.Jasinskis (1856-1899), išsprendęs plastiškai deformuojamų strypų stabilumo uždavinį, inžinierius A.G.Gagarinas (1855-1920), sukūręs unikalias mechaninių bandymų mašinas.



Galilėjas Galilėjus
1564-1642



Danielius Bernulis
1700-1782



Leonardas Oileris
1707-1783

■ XXa. būdingas bruožas – sprendžiamų uždavinių įvairovė ir gausumas. Viena vertus, buvo tobulinamas atskirų tamprumo teorijos uždavinių sprendimas (vyravo analizės metodai, pavyzdžiui, rusų mokslininkai I.G.Bubnovas (1872-1919) ir B.G.Galiorkinas (1871-1945) sukūrė naują variacinį diferencialinių lygčių sprendimo metodą, taip pat išsprendė daug lenkiamos plokštelės uždavinių). Kita vertus, buvo stengiamasi kuo tiksliau įvertinti medžiagos mechanines savybes, t.y. atsisieti nuo pagrindinės tamprumo teorijos prielaidos apie įtempimų ir deformacijų ryšio proporcingumą. Taip gimė plastiškumo ir valkšnumo teorijos, kūrėsi kiti netiesinės mechanikos skyriai. Plastiškumo teoriją kūrė ir plėtojo XXa. mokslininkai: R.Mizecas, G.Genki, T.Karmanas, S.Jasinskis, R.Hilas, A.Iljušinas ir kiti, tačiau šios teorijos pradžia siejama su B.Sen-Venano (1797-1886) darbais, atliktais remiantis prancūzų inžinieriaus G.Tresko patirtimi. Valkšnumo teorija, kaip kietojo deformuojamo kūno mechanikos dalis, susiformavo palyginti neseniai (trečiasis XXa. dešimtmetis). Ją kūrė ir plėtojo N.M.Beliajevas, K.D.Mirtovas, N.N.Malininas, J.N.Rabotnovas ir kiti mokslininkai.

Naujausias kietojo deformuojamo kūno mechanikos raidos etapas prasidėjo praėjusio amžiaus 5-6 dešimtmetyje. Jis susijęs ir su sparčiu skaičiavimo technikos plėtojimu, ir su diskretinių konstrukcijų mechanikos kūrimu (O.Zienkivič, J.Argyris). Atsirado galimybė formuluoti uždavinius, apie kurių išsprendimą prieš kelis dešimtmečius nebuvo ko ir galvoti.

■ Mechanikos mokslo plėtojimas *Lietuvoje* glaudžiai susijęs su Vilniaus universiteto, įkurto 1579 m., istorija. Per pirmuosius du universiteto gyvavimo šimtmečius mechanika buvo dėstoma kaip fizikos dalis. Vienas žymiausių to meto profesorių buvo O.Krygeris (1598-1665). Jis paskelbė aštuonis matematikos, mechanikos ir astronomijos darbus, tačiau labiausiai pagarsėjo 500 puslapių darbu apie artilerijos sviedinių skriejimo koregavimą. O.Krygerio idėjas plėtojo jo mokinys žemaičių dvarininkas K.Semenavičius, kurio lotynų kalba parašyta knyga “Didysis artilerijos menas” buvo išleista 1650 m. Amsterdame. Vėliau knyga buvo išversta į anglų, prancūzų, italų ir olandų kalbas. Apie pusantro šimtmečio ši knyga buvo pagrindinis artilerijos mokslo vadovėlis visoje Europoje. Dar ir dabar savo idėjomis ji stebina raketinės technikos specialistus. 1780 m. Vilniaus universiteto rektoriaus M.Počiobuto įsakymu įsteigta Taikomosios matematikos katedra, kuriai 23 metus vadovavo T.Kundzičius. 1821 m. katedroje buvo parengti du nauji kursai: analizinės mechanikos, kurį skaitė M.Polinskis-Pelka (1785-1848), ir praktinės mechanikos, kurį skaitė V.Gurskis (1790-1874). Po penkerių metų V.Gurskis pradėjo dėstyti inžinerijos kursą, kuris aprėpė kelių, tiltų, kanalų, šliuzų statybą. Pagal jo projektus ir jam vadovaujant, Vilniuje buvo pastatytos kelios krantinės, taip pat kabamasis tiltas per Vilnelę, kuris tuo metu buvo didelė technikos naujovė.

1832 m. caro valdžiai uždarius Vilniaus universitetą, mokslas Lietuvoje apmirė, tačiau šios aukštosios mokyklos vardą ir toliau garsino jo absolventai. Iš mechanikos mokslus studijavusiųjų būtina paminėti du šio universiteto auklėtinius: N.Jastržemskį (1808-1874) ir S.Kerbedį (1810-1899). N.Jastržemskis rusų kalba parašė dviejų tomų “Praktinės mechanikos kursą” (1837 m), kuris buvo pirmoji to meto Rusijos aukštųjų mokyklų mokymo priemonė. Peterburgo susisiekimo inžinierių instituto taikomosios matematikos profesorius S.Kerbedis (kilęs nuo Panevėžio) išgarsėjo savo praktine veikla. Jis yra pirmojo metalinio tilto per Nevą autorius, pagal jo projektą 1853-1857 m. buvo pastatytas santvarinis tiltas per Lugą, taip pat pirmasis



Žozefas Luji Lagranžas
1736-1813



Denis Puasonas
1781-1840



Michailas Ostrogradskis
1801-1862

tiltas per Vyslą Varšuvoje. S.Kerbedis buvo Rusijos Mokslų Akademijos garbės narys ir pelnytai vadinamas to meto Rusijos inžinierių tėvu.

Naujasis mechanikos mokslo raidos etapas Lietuvoje glaudžiai susijęs su akademiku Kazimieru Vasiliausku (1879-1957). 1920 m. Kaune jis kartu su kitais mokslininkais suorganizavo Aukštuosius kursus, pradėjo vadovauti technikos skyriui. Po dvejų metų, perorganizavus kursus į universitetą, jis įsteigė statybinės mechanikos katedrą ir medžiagų atsparumo laboratoriją, kuri tarnavo ne tik mokymo ir mokslo tikslams, bet ir daugeliui praktinių darbų. Akademikas 1935 m. parašė pirmąjį medžiagų atsparumo vadovėlį lietuvių kalba, vėliau dar kelis medžiagų atsparumo ir statybinės mechanikos vadovėlius.

Po karo kietojo deformuojamo kūno mechanikos moksliniai tiriamieji darbai yra atliekami dviejose aukštosiose mokyklose: Kauno technologijos universitete ir Vilniaus Gedimino technikos universitete.



Kazimieras Vasiliauskas
1879-1957

1.1 tekstas

1.3. Medžiagų mechanikos ir kitų techninių dalykų ryšys

■ MM yra glaudžiai susijusi su klasikinės kontinuumo mechanikos šaka – kietojo deformuojamo kūno mechanika (1.2 pav.). Kietojo deformuojamo kūno mechanika nagrinėja konstrukcijos įtemptą ir deformotą būseną apibūdinančių dydžių nustatymą, tiria medžiagos irimo ir plastinių deformacijų susidarymo procesus bei kitus reiškinius, susijusius su ypatingomis konstrukcijos apkrovimo sąlygomis ar medžiagos fizikinėmis savybėmis. Dar nėra klasikinio šios mokslo šakos mokomojo kurso. Kol kas jį sudaro grupė istoriškai susidariusių techninių dalykų: medžiagų mechanika, statybinė mechanika, tamprumo teorija, plastiškumo teorija, valkšnumo teorija, irimo mechanika, taip pat vienas kitas siauresnis techninis dalykas (gruntų mechanika, metalinės konstrukcijos ir pan.).

1.2 pav.

Medžiagų mechanika, priėmusi nemažai fizinio ir geometrinio pobūdžio prielaidų, nagrinėja inžinerinius konstrukcijų (paprastai strypinių sistemų) skaičiavimo metodus ir pateikia praktiškas rekomendacijas paprastiems uždaviniams spręsti. Medžiagų mechanikoje tarsi veidrodyje atsispindi visas, tiesa labai supaprastintas, kietojo deformuojamo kūno mechanikos kursas. Štai kodėl kietojo deformuojamo kūno mechanikos kursas paprastai pradamas nuo medžiagų mechanikos, nes, nagrinėdamas paprastus objektus, besimokantysis geriau suvokia fizikinę reiškinių esmę, lengviau įsimena naujas sąvokas, įgyja inžinerinių skaičiavimų įgūdžių ir kartu pasiruošia perimti sudėtingesnę informaciją.

Statybinė mechanika nagrinėja sudėtingus objektus, sudarytus iš strypinių arba kitokio pavidalo elementų, taip pat plokštes ir kevalus. Tokioms konstrukcijoms skaičiuoti reikia sudėtingesnių metodų ir tobulesnių skaičiavimo priemonių. Be to, statybinė mechanika, skirtingai negu medžiagų mechanika, nagrinėja ne pjūviuose veikiančius įtempimus, bet jų atstojamąsias – įrašas.

Tamprumo teorija nuodugniai ir gana tiksliai įvairiais aspektais nagrinėja kontinualiąsias konstrukcijas (plokštes, kevalus, masyvus). Jos uždavinys – analizės būdu rasti bet kaip apkrauto kietojo deformuojamo kūno įtempimus bei deformacijas. Nagrinėjamų uždavinių ratą lemia tiesinio įtempimų ir deformacijų ryšio prielaida. Tamprumo teorijos matematinis aparatas leidžia formuluoti ir spręsti praktiškai bet kokios konstrukcijos skaičiavimo uždavinį. Tiesa, sprendimo metodai yra labai sudėtingi.

Plastiškumo teorija nagrinėja bendruosius plastinių (liekamųjų) deformacijų atsiradimo ir kitimo dėsningumus. Laiko įtaką plastiniam deformavimui nagrinėja *valkšnumo teorija*.

Irimo mechanika nagrinėja plyšių atsiradimo ir plitimo dėsningumus.

Gruntų mechanika, metalinės konstrukcijos ir kiti specialieji techniniai dalykai nagrinėja tam tikros rūšies konstrukcijas ir, naudodamos anksčiau aptartų dalykų metodus, sprendžia jų patikimumo įvertinimo klausimus.

1.2 tekstas

■ Dalykus, darančius įtaką rengiant inžinierius - projektuotojus, sąlygiškai galima suskirstyti į tris grupes (1.3 pav.).

Pirmąją grupę sudaro dalykai, be kurių konstrukcijų skaičiavimo studijavimas būtų apskritai neįmanomas. Tai matematika, fizika ir teorinė mechanika. Ypač svarbus teorinės mechanikos dalykas, kuris, kaip ir MM, nagrinėja kietąjį kūną, tiesa, ne deformuojamą, bet absoliučiai standų.

Antrąją grupę sudaro MM, statybinė mechanika ir tamprumo teorija. Šie dalykai, papildydami vieni kitą, suteikia studijuojančiajam tą žinių ir įgūdžių pamatą, kuris būtinas specialiesiems dalykams sėkmingai studijuoti.

Trečioji grupė – specialiųjų dalykų grupė – priklauso nuo specialybės. Pavyzdžiui, statybos inžinieriui ją sudaro metalinės konstrukcijos, medinės konstrukcijos, gelžbetoninės konstrukcijos bei geotechnika.

Akivaizdu, kad elementarios konstrukcijų skaičiavimo žinios ir įgūdžiai reikalingi kiekvienos specialybės ir specializacijos inžinieriui.

1.3 pav.

Kontroliniai klausimai

- | | |
|--|--|
| <i>1.1. Koks yra daugumos inžinierių svarbiausias uždavinys?</i> | <i>1.11. Išvardykite mokslininkus, tyrinėjusius konstrukcijų skaičiavimą.</i> |
| <i>1.2. Kuo turi remtis inžinierius, kurdamas pastatų ar mašinų konstrukcijas?</i> | <i>1.12. Išvardykite mokslininkus mechanikus, susijusius su Lietuva.</i> |
| <i>1.3. Ką turi įvertinti, ką turi gerai pažinti ir kuo turi naudotis inžinierius, kurdamas pastatų ar mašinų konstrukcijas?</i> | <i>1.13. Išvardykite konstrukcijų skaičiavimo raidos etapus.</i> |
| <i>1.4. Kokios konstrukcijos savybės turi būti garantuojamos skaičiavimais?</i> | <i>1.14. Išvardykite kontinuumo mechanikos šakas.</i> |
| <i>1.5. Kas yra patikimumas?</i> | <i>1.15. Išvardykite techninius dalykus – kietojo deformuojamo kūno mechanikos sudedamąsias dalis.</i> |
| <i>1.6. Kas yra stiprumas?</i> | <i>1.16. Koks yra MM ir kitų bendrainžinerinių ir specialiųjų (statybos) dalykų ryšys? Brėžinys.</i> |
| <i>1.7. Kas yra standumas?</i> | <i>1.17. Kuo skiriasi MM ir tamprumo teorija?</i> |
| <i>1.8. Kas yra stabilumas?</i> | <i>1.18. Koks esminis MM ir teorinės mechanikos skirtumas?</i> |
| <i>1.9. Kas yra laikomas konstrukcijų skaičiavimo mokslo pradininku? Kokią knygą jis parašė, kada ir kur ją išleido?</i> | |
| <i>1.10. Kas yra pirmojo medžiagų mechanikos vadovėlio autorius? Kada jis išleistas?</i> | |