

Prikaz knjige „O načelima i postupcima proračuna građevinskih konstrukcija“

Knjiga „O načelima i postupcima proračuna građevinskih konstrukcija“, podnaslovljena „i o koječemu još, na prilično neformalan i često ležeran način“, djelo je o građevinskom konstruktorstvu, pisano nekonvencionalnim stilom, sadržajno bogato, koje obuhvaća teme od načela klasične i tehničke mehanike, preko modeliranja konstrukcija, do numeričkih postupaka za analizu linearnih i nelinearnih sistema, uvijek s naglaskom na inženjersko prosuđivanje, od koncepcije građevine do detaljnijih numeričkih proračuna. Zbog posebnoga stila, istodobno pozitivno nadahnutoga i kritičkog, može se reći da knjiga slavi ulogu inženjera–konstruktora od davnina do današnjih dana, naglašavajući njegove projektantske, analitičke i znanstvene sposobnosti, podjednako važne za rješavanje postavljenih zadaća, ali upozoravajući istodobno i na pogreške, pa i na zablude. U knjizi se u uravnoteženom narativnu tijeku prepliću inženjerska i znanstvena promišljanja i dvojbe, tako da predočeno štivo jednostavno veže čitatelja. Čitajući knjigu, čini vam se kao da razgovarate s kolegama, iznosite mišljenja, argumente i protuargumente te tako zajedno osmišljavate konstrukcijsko rješenje. Čitak i ležeran stil, u nastavnim, stručnim i znanstvenim djelima rijedak, zapravo neuobičajen, dopunjuju i obogaćuju karikature (autora Davora Trgovčevića), dajući knjizi dodatni šarm. U svaki nas odjeljak uvodi moto; njihovi su autori, među mnogima, poznatima i nepoznatijima, Einstein, Russel, Nervi, Agatha Christie, Ivana Brlić–Mažuranić...

Knjiga je, kao sveučilišni udžbenik, namijenjena ponajprije predmetu Plošni nosači (na 2. godini diplomskoga studija na smjeru Teorija i modeliranje konstrukcija na Građevinskomu fakultetu u Zagrebu), a pokriva oko polovine gradiva toga predmeta (matematički i numerički model, podmodeli, jaka i slaba formulacija, diskretizacija, točnost, pouzdanost i kontrole). No, knjiga sadrži i znatno više, pružajući sintetički pogled na gradivo predmetâ u kojima se poučavaju postupci proračuna konstrukcija, ponajprije onih teorijskih (Mehanika, Građevna statika, Plošni nosači), ali i stručnih (Betonске konstrukcije, Metalne konstrukcije...), te zaokružujući to gradivo u cjelinu. To je posebno važno danas, kada se sve češće može čuti mišljenje da propisi „pokrivaju“ sve i da je dovoljno poučavati površna znanja **kako** primjenom računala — kojima se „sve može izračunati“ — rješavati pojedinačne zadaće ili skupine sličnih zadaća, tako da su temeljna, obuhvatna i cjelovita znanja **zašto** određeni postupci vode rješenjima suvišna i nepotrebna. Heinrich Werner je u recenziji knjige napisao: „Važan je [u knjizi] originalan doprinos analizi izbora metode i nadalje izbora složenosti postupka. Nagli razvoj modernih računalnih metoda koje su često vrlo složene ne prati razvijanje adekvatnih kontrolnih postupaka, na što se u knjizi i upozorava. Zbog toga se uvode originalni načini postavljanja pomoćnih pristupa manje razine složenosti od upotrijebljenih u osnovnom postupku. To olakšava uočavanje pogrešaka koje se mogu pojaviti u osnovnom rješenju. Prikazano je da se pri tome nekada mogu efikasno upotrijebiti postupci razvijeni u vremenu prije široke primjene automatskih računala, koje se neformalno naziva ‚ručnim postupcima‘. Zato je preporučeno da se ti pristupi ne isključe potpuno iz nastavnoga procesa. Upozoreno je i na mogućnosti nekritične primjene komercijalnih programskih paketa. Važan primjer potječe od uvjerenja da izbor postupka koji sadrži veći broj jednadžbi koje se u zadatku rješavaju mora dati bolje rezultate.“

Zbog svega toga knjiga neće biti zanimljiva i korisna samo studentima.



Predgovori se obično preskaču. Ipak, nemojte to učiniti — u predgovoru je riječ o (dugom) nastanku knjige, o nadahnuću i poticajima, o djelu Otta Wernera i nekih drugih članova Zavoda za tehničku mehaniku zagrebačkoga Građevinskog fakulteta i o tradiciji koja je ishodište knjige. U uvodu je pak detaljno prikazan i objašnjen sadržaj poglavlja koja slijede.

Sažeto rečeno, poglavlja se mogu, uvjetno, svrstati u tri skupine: teme su prvoga i završnog poglavlja, koja uokviruju cjelinu, konstruktorski način razmišljanja, obrazovanje konstruktora i vrednovanje kreativnosti u konstruktorskom radu; poglavlja od drugoga do petog posvećena su općim pitanjima i načelima proračuna konstrukcija (analiza i sinteza konstrukcija; prijelaz sa „stvarne“ konstrukcije na matematički te s njega na numerički model; jaka i slaba formulacija; diskretizacija, točnost i pouzdanost; ...), dok su u šestomu i sedmom poglavlju obrađene neke specifičn(ij)e teme kojima su se autori bavili u znanstvenomu i stručnom radu (ponajčešće su problemi iz prakse poticali teorijska istraživanja). Pođimo redom...

U poglavlju „Razmišljanje dobrih konstruktora“ govori se o formalnoj i neformalnoj analizi konstrukcije (neformalna uključuje jednostavnija rješenja, analogije, idealizacije i aproksimacije), o inženjerskoj prosudbi u izboru i proračunu konstrukcije, o inženjerskoj intuiciji i heurističkom rasuđivanju, o interpretaciji formalnih postupaka, o paradoksima i o obrazovanju inženjera. Autori kažu: „Pišući o takvim stvarima ponegdje smo raspravljali na način koji nije blizak građevinarstvu... Zbog složenosti gradiva ni organizacija poglavlja nije jednostavna, niti smo njome potpuno zadovoljni. Unatoč tome, htjeli smo napisati ovaj dio knjige, jer je naša motivacija jasna: pokušati pobrojati i pojasniti što utječe na dobro (ili loše) razmišljanje konstruktora.“

Poglavlje „Matematički model konstrukcije“, s podnaslovom „Skup nužnih aproksimacija“, posvećeno je mehanici kontinuuma. Nakon objašnjenja pojma materijalnoga kontinuuma slijede odjeljci o geometrijskom opisu gibanja, uvjetima neprekinutosti, jednadžbama ravnoteže, zakonima ponašanja (spominju se i neki novi materijali neobičnih svojstava), rubnim uvjetima i opterećenjima (točnije, o približnoj naravi njihovih modela koji se uvode u proračune). Linearni model, „najkorisniji model ikad“, detaljno je i iscrpno obrađen.

U poglavlju „Počela suvremenih proračuna konstrukcija“ obrađena je zamisao podmodelâ (potpunije neke inačice štapa, kao „najuspješnijega podmodela ikad“), opisana su ograničenja jake (diferencijalnih jednadžbi) i prednosti slabe (integralne) formulacije matematičkoga modela te inačice diskretnoga oblika slabe formulacije, energijski postupci (potpunije Ritzov postupak) i motivacija za metodu konačnih elemenata, a ponešto je rečeno i o ulozi računala u znanosti i u struci.

U poglavlju „Manjkavosti proračuna u građevinarstvu“ riječ je o pogreškama u proračunima konstrukcija. Riječima autora: „Neizbježne pogreške nastaju prilikom: aproksimacije projektirane konstrukcije matematičkim modelom, zamjene matematičkoga modela numeričkim, rješavanja numeričkoga modela i netočnosti izvedene konstrukcije prema projektiranoj.“ Pogreške pak koje se

mogu izbjeći posljedica su „neznanja, poput loše zamišljene zgrade, modeliranja, neispravnoga programskog koda ili postupka proračuna“.

Poglavlje „Nitko nije savršen“ počinje rečenicom „Svakomu, od učenika koji je tek krenuo u školu, do čuvenog znanstvenika, povremeno se potkrade greška.“ Čuveni znanstvenici, koji se u poglavlju pojavljuju, jesu Euler, Lagrange i Timošenko. Nakon opisa njihovih zabluda slijedi prikaz nekoliko zabluda projektanata u konkretnim stručnim radovima; neke su ostale na papiru, ali su neke dovele do oštećenja građevina.

„Kratki numerički razgovori“ priče su o nekim problemima koji su „nas kroz dugi niz godina zaokupljali, a nikada ih nismo sustavno istražili... Ostali su na razini naših razgovora, primjena u struci, dodataka predavanjima, pokojega članka i diplomskog rada.“ To su linearni i nelinearni modeli („Svi su stvarni problemi (inženjerski, medicinski, ekonomski i slično) nelinearni. Samo njihovi matematički modeli mogu biti linearni.“), izravni postupci rješavanja sustava linearnih algebarskih jednadžbi (uz kratki prikaz nekih svojstava matrica), metoda konačnih razlika, zamisao rekurzivnih makro elemenata (nikad ostvarena), viseće konstrukcije i tlačno–vlačna analogija, optimizacija te dosezi numeričkih postupaka (pitanje: može li razvoj računala i programa „ići toliko daleko da ćemo se (bar u načelu) moći po volji točno približiti stvarnosti?“).

Sadržaj poglavlja „O iteracijskim postupcima proračuna“ objedinjen je „općim iteracijskim postupkom koji već dugi niz godina razvijamo i upotrebljavamo u našim istraživanjima i praktičnim proračunima“. Klasični iteracijski postupci rješavanja sustava linearnih jednadžbi, stacionarni (Jacobijev, Gauss–Seidelov, uzastopno prekoračenje, Čališevljevi, Crossovi, Werner–Csonkin) i nestacionarni (najstrijmiji silazak i konjugirani gradijenti), prikazani su kao posebni slučajevi općega postupka. Navedene su i prednosti i mane iteracijskih postupaka u odnosu na izravne. Poglavlje zaključuje napomene o rješavanju nelinearnih jednadžbi.

Zaključno je poglavlje „Vrednovanje stvaralačkoga inženjerskog rada“, polemično: „Ukratko, smatramo da se stručni rad na tehničkim fakultetima neopravdano omalovažava, a može značajno unaprijediti inženjersko stvaralaštvo (za koje mnogi smatraju da ne postoji), primijenjenu znanost i nastavu. Problemi koji nastaju tijekom inženjerskoga rada trebali bi biti motivacijom za vrijedna istraživanja, a mogu poslužiti i unaprjeđenju sadržaja brojnih, ponajprije stručnih predmeta na višim godinama studija.“ U recenziji je Heini Werner napisao: „Posebna vrijednost djela svakako proizlazi iz činjenice da autori pripadaju malom broju stručnjaka koji se bave teorijskim, nastavnim, projektantskim i revidentskim radom. Popis korištenih izvora daje prvi dojam o opsegu njihovog djelovanja. Zahvaljujući tako širokom polju aktivnosti autori su bili u mogućnosti ocijeniti učinak znanstveno–nastavne aktivnosti i dati sugestije za poboljšanje prijenosa znanja.“

U kratkomu pogovoru, koji započinje rečenicom „Vjerojatno, znanje opisano u ovoj knjizi neće trebati ako računala doista potpuno zamijene inženjere“, autori se vraćaju pitanju „Hoće li računalo moći inženjerski prosuđivati?“, koje su načeli u odjeljku o neformalnoj analizi konstrukcije u prvomu poglavlju. Završna je i zaključna rečenica knjige; „Ipak se čini da sposobnosti poput kreativnosti,

prosudbe ili intuicije, toliko svojstvene građevinskom konstruktoru, računalo u doglednoj budućnosti neće moći oponašati ili nadmašiti.“

Neprijeporno je da autori poznaju klasičnu i suvremenu literaturu u području teorijske i tehničke mehanike. Iako se dio sadržaja (matematički model, jaka i slaba formulacija, diskretizacija) obrađuje i u drugim knjigama (ne i na hrvatskom jeziku), u ovoj je knjizi iznesen na izvoran način, utemeljen na zoru i inženjerskomu načinu razmišljanja (za razliku od strogoga formalnomatematičkog). Neki se dijelovi u drugim knjigama ne mogu naći (primjerice o znanstvenim i inženjerskim zabludama i previdima), ili se pak nalaze vrlo rijetko, ali su ovdje obrađeni znatno detaljnije (primjerice o podmodelima ili o točnosti i pouzdanosti proračuna).

U opsežnu je popisnu vrelu navedeno gotovo 400 članaka i knjiga u rasponu od klasičnih djela teorijske mehanike i primijenjene matematike, do najnovijih radova tehničke mehanike i numeričke analize, ali i djela koja zadiru u arhitekturu i oblikovanje, pa i u filozofiju i psihologiju.

Da zaključimo: po sustavnosti, iscrpnosti i sveobuhvatnosti, po cjelovitu pogledu na konstruktorstvo, riječ je o djelu monografskoga karaktera, ali u toj se „monografiji“ krije mnogo više od onoga što prefiks „mono“ obično obuhvaća i ograničava.

prof.dr.sc. Krešimir Fresl

prof.dr.sc. Mustafa Krasnica