



VILNIAUS GEDIMINO  
TECHNIKOS UNIVERSITETAS  
FUNDAMENTINIŲ MOKSLŲ FAKULTETAS

MEDŽIAGŲ ATSPARUMO IR  
TEORINĖS MECHANIKOS KATEDRA

VGTU MECHANIKOS INSTITUTAS  
LIETUVOS SKAIČIUOJAMOSIOS MECHANIKOS ASOCIACIJA

## RESPUBLIKINIS XXV LIETUVOS SKAIČIUOJAMOSIOS MECHANIKOS ASOCIACIJOS SEMINARAS

2017 m. balandžio 21 d. 10:00 val.  
Vilniaus Gedimino technikos universitetas  
Senato posėdžių salė (SRA-I 51 kab., Saulėtekio al. 11, Vilnius).

### PRANEŠIMŲ SANTRAUKOS

(pranešimų kalba neredaguota)

**Gediminas Gaidulis**, doktorantas (VGTU, Mechanikos fakultetas, Biomechanikos katedra).

#### Pranešimas:

G. Gaidulis, O. Hubanov, R. Kačianauskas „Širdies mitralinio vožtuvo chordų modeliavimas tiesiniais elementais“

#### SANTRAUKA:

Pranešime pristatoma širdies mitralinio vožtuvo chordų tyrimo ir modeliavimo problema. Viena svarbiausių problemų, atsirandančių mitralinio vožtuvo darbo metu, yra chordų nutrūkimas. Joms nutrūkus, vožtuvas tampa nesandarus, dalis kraujo širdies darbo metu iš kairiojo skilvelio grįžta atgal į prieširdį. Dėl šitaip besimaišančio kraujo gali sutrikti širdies, plaučių ar kitų organų veikla. Pranešime nagrinėjamas pagal širdies ultragarso tyrimo metu gautus duomenis sudarytas sveiko vožtuvo užpakalinės burės segmentas su chordomis. Keičiant modelio chordų skaičių ar mechanines savybes (t. y. imituojant chordų nutrūkimą ar pakeitimą dirbtinėmis chordomis), tiriamas skirtingas tiek paties vožtuvo, tiek ir chordų darbas.

**Audrius Nečiūnas**, doktorantas (KTU, Informatikos fakultetas).

#### Pranešimas:

R. Barauskas, A. Nečiūnas „Slopinamo trimačio strypo atsakas į jėgos žadinimą naudojant pusiau analitinį baigtinių elementų metodą“

#### SANTRAUKA:

Ultragarso plačiai paplitęs struktūrų diagnostikoje. Sklindančią bangą bandinyje charakterizuoja jos dispersinės kreivės, iš kurių gaunami faziniai ir grupiniai greičiai, ir bangos struktūra erdvėje. Paprastos geometrijos kūnams (plokštelėms, cilindrams ir pan.) egzistuoja analitiniai sprendiniai. Bet kokios geometrijos kūnams patikimas būdas skaičiuoti dispersines charakteristikas yra baigtinių elementų metodas. Jei tiriamojo kūno geometrija skerspjūvyje viena ašimi nekinta (pvz., strypai, plokštelės ir t.t.), efektyviau naudoti pusiau analitinį baigtinių elementų metodą, kurio esmė diskretizuoti bangolaidžio skerspjūvį baigtiniais elementais (šiuo atveju pasirinkti Serendipo šeimos tiesiniai), o sklindančią bangą, kurios kryptis statmena skerspjūviui, išreikšti kompleksinio argumento eksponente. Panaudojus šį bangos sprendinį, sudaromas tikrinių reikšmių uždavinys užduotam

kampiniui dažniui. Sprendiniai yra tikrinė reikšmė, banginis skaičius, išreiškiantis bangą ilgį ašyje, bei tikriniai vektoriai, išreiškiantys bangos struktūrą skerspjūvyje. Keičiant duotuosius dažnius, gaunamos tiriamo strypo modos ir dispersinės kreivės. Furjė transformacija gaunamas išorinio žadinimo impulso dažnių spektras. Tuomet jėgos impulsas išreiškiamas kaip modų superpozicija, tuo pačiu apskaičiuojamas strypo atsakas į impulsą. Strypui modeliuojamas Relėjaus slopinimas, kuris yra proporcingas tiek strypo standumui, tiek strypo masei. Pateikiami dispersiniai sprendiniai, esant skirtingai slopinimui.

---

**Dalia Čalnerytė**, doktorantė (KTU, Informatikos fakultetas, Taikomosios informatikos katedra).

**Pranešimas:**

D. Čalnerytė, R. Barauskas „Daugiaskaliai skaitiniai modeliai lanksčių vienkrypčių kompozitų dinamikos analizei“

**SANTRAUKA:**

Vienkrypčiais kompozitais vadinamos medžiagos, sudarytos iš kelių reikšmingai skirtingas savybes turinčių medžiagų – lygiagrečių gijų, kurias jungia rišančioji medžiaga (klijai). Dėl gero masės ir stiprumo santykio kompozitai plačiai naudojami neperšaunamų drabužių, šalmų ir kitų įrenginių gamyboje. Tačiau tokių objektų skaitinis modeliavimas atsižvelgiant į jų sudarančių medžiagų vidinės geometrijos savybes yra praktiškai neįmanomas. Todėl siūloma naudoti kelių skalių modelius, kai iš smulkios skalės reprezentatyvaus elemento įvertinami ekvivalentūs tiesiniai ir netiesiniai medžiagos parametrai, kurie pritaikomi objektų modeliavimui stambioje skalėje, jei žinoma pagrindinė vienkrypčio kompozito kryptis. Viena modelio stambioje skalėje problemų – tinkamo elementų ištrynimo iš modelio kriterijaus parinkimas. Ši problema ypač aktuali kontakto uždaviniuose, kai dėl vėlyvo elemento ištrynimo gali būti modeliuojama žymiai stipresnė struktūra. Stambioje skalėje elementas ištrinamas, jei pasiekama nustatyta efektyviosios deformacijos vertė. Efektyviają suirimo deformaciją (nustatytą ištrynimo vertę) siūloma apskaičiuoti iš įvairiais kampais pasukto medžiagos fragmento ašinių testų smulkioje skalėje. Formuluojamas kriterijus, kad stambioje skalėje elementas turi būti ištrinamas, jei pasiekama didžiausia efektyvioji deformacijos vertė, apskaičiuota modeliui, kuriame gijos suyra anksčiau nei rišančioji medžiaga. Aptariamas tokio kriterijaus taikymas stambios skalės modelio ašiniams ir kontakto su sfera testams bei rezultatų atitikimas atskaitos modeliams.

---

**Andrius Kriščiūnas**, doktorantas (KTU, Informatikos fakultetas, Taikomosios informatikos katedra).

**Pranešimas:**

A. Kriščiūnas, R. Barauskas „Skaitinės dispersijos minimizavimas baigtinių elementų modeliuose skirtuose trumposioms bangoms modeliuoti“

**SANTRAUKA:**

Skaitiniai bangų sklidimo modeliai iš principo yra matematiškai ir programiškai nesudėtingi, tačiau turi jiems būdingą silpnąją vietą. Tai sunkiai identifikuojamos skaičiavimo paklaidos, kurios kyla panaudojus bent kiek retesnį erdvės tinklėlį. Gerai žinoma, kad objekto, kuriame modeliuojamas bangos sklidimas, erdvės tinklelis turėtų būti ne retesnis, nei 17-20 BE modeliuojamos bangos ilgyje. Skaičiuotojai-praktikai iš patirties žino, kad tai smarkiai nekonservatyvus (nors dažnai literatūroje minimas) įvertis, ir pasirenka dar smulkesnį, ~30 BE bangos ilgyje tinklėlį. Pernelyg reto tinklelio sąlygojamos paklaidos pavojingos tuo, kad jas labai sunku atpažinti, analizuojant gautus skaitinius sprendinius. Dažnai paklaidų dedamosios vizualiai nesiskiria nuo įprastinių konstrukcijoje sklindančių bangų. Jos pasireiškia kaip sklindančios aukštesnio dažnio bangos, priekyje arba gale pagrindinės bangos. Tokio pobūdžio bangos gali būti ir tikrovėje generuojamos dėl terpės geometrinių nehomogeniškumų, kuriuos savo kelyje sutinka pagrindinė banga. Taip pat jos gali kilti dėl tuo pat metu sužadintų aukštesnio dažnio paviršinių bangų atspindžių, ir pan. Tačiau tokio pobūdžio modelyje stebimų bangų priežastimi gali būti ir skaitinės paklaidos. Kartais jos populiariai vadinamos „skaitiniu triukšmu“, arba „difrakcija nuo tinklelio mazgų“. Tačiau esmė visuomet ta pati

– nepakankamas tinklelio smulkumas. Kokį jį reiktų parinkti, iš anksto numatyti nelengva. Sužadinant bet kurią bangą, dalyvauja ne tik pagrindinė, tačiau ir visos harmoninės jos komponentės. Skaitines paklaidas gali sugeneruoti bet kuri iš jų. Vienintelė universali priemonė atpažinti skaitinėms paklaidoms yra konvergavimo analizė, sulyginant kelias to paties proceso realizacijas, gautas skirtingo smulkumo tinkleliuose.

Labai tankaus tinklelio poreikis sukuria realias problemas, kai tiriamos srities matmenys yra ženkliai didesni už joje sklindančių bangų ilgius. Iš čia kyla trumposios bangos sąvoka, kuri daugiau susijusi su bangos sklidimo modeliais diskrečiais tinkleliais pateiktose srityse, nei su absoliučiais geometriniais dydžiais. Banga laikoma trumpąja tuomet, kai jos ilgis daug kartų mažesnis už viso modelio būdingus geometrinius matmenis. Tarkime, reikia išspręsti plokščiųjų bangų sklidimo uždavinį plieninėje 10x10cm dydžio plokštelėje, kai žadinamų skersinių bangų dažnis yra 10Mhz (ultragarso bangos). Esant bangos greičiui ~3000m/s ir atitinkamai bangos ilgiui 0.03mm, išilgai plokštelės tilptų ~300 bangos ilgių, o tinklelio žingsnį tektų parinkti ~0.1mm. Taip būtų tenkinama 20-30 tinklelio žingsnių bangos ilgyje sąlyga. Tai reiškia, kad modelio mazgų skaičius netgi tokio, palyginti, nesudėtingo uždavinio atveju turėtų būti ~10000x10000. Tai reiškia, kad skaitiškai reiktų spręsti ~10<sup>8</sup> lygčių sistemą, kai banga akustinė, ir ~20<sup>8</sup> lygčių sistemą, kai banga tamprioji.

Darbe sukurtas algoritmas, kuris optimaliai koreguotų modų sintezės būdu įgalina sudaryti baigtinius elementus su įstrižaininėmis masių matricomis, iš kurių surinkti modeliai turi ženkliai platesnį artimų tiksliais tikrinių dažnių ruožą lyginant su modeliais gautais iš tradicinių baigtinių elementų. Platesnis artimas tiksliais tikrinių dažnių diapazonas leidžia panaudoti iki kelių kartų retesnę erdvės tinklę, bei sutaupyti tiek kompiuterinę atmintį, tiek skaičiavimo resursų poreikį, reikalingą bangos simuliacijai atlikti, kai įstrižaininės masių matricos leidžia bangos simuliacijai panaudoti skaitines išreikštinio integravimo schemas, kurios kaip taisyklė yra naudojamos atliekant trumpųjų bangų modeliavimą.

---

**Darius Vainorius**, doktorantas (VGTU, FMF, Medžiagų atsparumo ir teorinės mechanikos katedra).

**Pranešimas:**

D. Vainorius „Dalelių judėjimas akustiniame lauke“

**SANTRAUKA:**

Šiuolaikiniame pasaulyje vis didesne miestų aplinkos oro kokybės problema tampa oro užterštumas KD10 (skersmuo iki 10 μm skersmens) kietosiomis dalelėmis. Dėl savo mažumo kietosios dalelės nesulaikomos viršutiniuose žmogaus kvėpavimo takuose ir gali prasiskverbti giliai į plaučius bei tokiu būdu sukelti didelę grėsmę žmogaus sveikatai. Sveikatos specialistų nuomone, KD10 tipo dalelės prisideda prie lėtinių plaučių ligų, plaučių vėžio, astmos ir kitų plaučių ligų vystymosi. Pagal Europos Sąjungos direktyvos 2003/35/EB paskutinius pakeitimus Europos sąjungos narės ne vėliau kaip nuo 2017 metų privalo pradėti taikyti direktyvos reikalavimus ir užtikrinti veiksmingą smulkių dalelių išsiskyrimo į atmosferą kiekio apribojimą pagal atitikties koeficientus. Tam tikslui kuriami įvairūs šiuolaikiniai oro valymo įrenginiai, būdai ir metodai. Vienas iš tokių būdų – dalelių aglomeracija veikiant jas akustiniu lauku. Yra nustatyta, kad mažos (mikro dydžio) aerolių dalelės linkusios aglomeruoti stipriame akustiniame lauke. Tačiau nevisiškai suprantami pagrindiniai akustinės aglomeracijos mechanizmai ir jiems įtaką darantys veiksniai. Šio pranešimo tikslas yra apžvelgti aerolių dalelių aglomeratų sąveikas akustiniame lauke.

---

**Oleg Ardatov**, doktorantas (VGTU, Mechanikos fakultetas, Biomechanikos katedra).

**Pranešimas:**

O. Ardatov, A. Maknickas, R. Kačianauskas „Osteoporotinio slankstelio modeliavimas“

**SANTRAUKA:**

Darbe yra pristatomas kaulinio audinio modeliavimas ir jo įtempio būvio tyrimas baigtinių elementų metodu. Yra iškeliamas osteoporozės problema ir yra siūlomas naujas medicinos diagnostikos metodas paremtas skaičiuojamosios mechanikos metodais.