

# A HAZAI MŰSZAKI MECHANIKAI KUTATÁS\*

## HELYZETKÉP

(1967–1975)

BOSZNAY ÁDÁM

A MŰSZAKI TUDOMÁNYOK DOKTORA

KOZÁK IMRE

A MŰSZAKI TUDOMÁNYOK KANDIDÁTUSA

KALISZKY SÁNDOR

A MŰSZAKI TUDOMÁNYOK DOKTORA

LAZÁNYI ISTVÁN

VAJNA ZOLTÁN

A MŰSZAKI TUDOMÁNYOK KANDIDÁTUSA

A helyzetkép áttekintést nyújt az 1967–75. években Magyarországon, a műszaki mechanikai kutatás terén elért eredményekről és összeveti azokat a nemzetközi helyzettel. Ismerteti a tudományágazattal összefüggő oktatási problémákat és vázolja a várható fejlődés legfontosabb irányait. Végül összefoglalja azokat a legfontosabb javaslatokat, amelyek megvalósítása a hazai műszaki mechanikai kutatás fejlesztését elősegítené.

Az MTA Műszaki Tudományok Osztályának 1974. február 12-én tartott ülése határozatot hozott arra, hogy a Műszaki Mechanikai Bizottság az Áramlás- és Hőtechnikai Gépek és Berendezések Bizottság, a Talaj- és Kőzetmechanikai Bizottság és a Gépszerkezettani Bizottság bevonásával mérje fel a Magyarországon művelt elméleti és alkalmazott műszaki mechanikai kutatás helyzetét, eredményeit és igényeit, és ennek alapján nyújtson áttekintést egyrészt az MTA Műszaki Mechanikai Tanszéki Munkaközösség által művelt, másrészt a többi, a mechanika tudományterületéhez tartozó kutatómunkáról. A Műszaki Tudományok Osztálya a felsorolt Bizottságok egy-egy képviselőjéből Szakértői Bizottságot hozott létre és azt megbízta a műszaki mechanika hazai helyzetképének elkészítésével. Jelen tanulmány a Szakértői Bizottság jelentését tartalmazza.

### I. A TUDOMÁNYÁGAZAT KÖRÉNEK MEGHATÁROZÁSA

A Szakértői Bizottság megbízásának és személyi összetételének megfelelően jelen helyzetkép elkészítésekor a Műszaki Mechanikai Bizottság, az Áramlás- és Hőtechnikai Gépek és Berendezések Bizottság, a Talaj- és Kőzetmechanikai Bizottság és a Gépszerkezettani Bizottság területéhez tartozó műszaki mechanikai kutatásokat vette alapul, különös tekintettel a Műszaki Mechanikai Tanszéki Munkaközösség keretében folytatott kutatói munkára. Mivel a műszaki mechanikai kutatás hazai helyzetéről 1966-ban készült egy felmérés [lásd: *MTA VI. Osztály Közleményei* 38 (1967) 5–19. old], ezért

\* Az MTA Műszaki Tudományok Osztálya megbízásából készült tanulmány.

munkája során az 1967—1975. években végzett kutatói tevékenységet tekintette át.

A mechanika számos tudományterület alapja. A sokféle elmélet és alkalmazási terület közül a felmérés az alábbi területekre terjedt ki:

- szilárd testek és szerkezetek dinamikája,
- rugalmas testek és szerkezetek egyensúlyi vizsgálata,
- képlékeny testek és szerkezetek egyensúlyi vizsgálata,
- folyadékok mechanikája,
- talaj- és kőzetmechanika.

Nem foglalkozik a helyzetkép többek között az anyagvizsgálattal, a törési mechanikával, a fémek képlékeny alakításával, mivel ezek a szakágazatok nem tartoznak a megbízásban megjelölt Bizottságok munkaterületéhez. A felmérés egyébként sem törekedhetett teljességre. Csak a jelentősebb oktatási és kutatói intézmények munkájára, ill. a szaklapokban publikált eredményekre terjedhetett ki. A gyárakban, a honvédség területén és az egyéni úton végzett műszaki mechanikai kutatói eredmények rendszeres összegyűjtésére nem volt lehetőség.

## II. A TUDOMÁNYÁGAZAT TÁRSADALMI ÉS TUDOMÁNYOS JELENTŐSÉGE

A műszaki mechanika a társadalom előtt álló feladatok megoldásának nagy részében fontos szerepet játszik. A rakétatechnika, a gép-, építő-, kohó- és bányaiipar tevékenysége, különösen műszaki fejlesztése nem képzelhető el beható mechanikai ismeretek és kutatás nélkül. Emellett azonban jóformán valamennyi iparág közvetlenül vagy közvetve a műszaki mechanikával kapcsolatban áll.

Jóformán valamennyi mechanikai jelenség időben változó jellegű, ezért a mechanikai feladatok vizsgálatának nagy része dinamikai ismereteket is igényel. Ennek megfelelően a kutatómunka ezen a területen rohamosan fejlődik.

A rugalmasságtan a mechanika egyik klasszikus fejezete. Tudományos megalapozása a múlt századra tehető, ennek ellenére napjainkban is fejlődik és alkalmazásának jelentősége nem csökkent, hiszen az egyre nagyobb számú és méretű mérnöki alkotások jelentős részénél a biztonságos üzemeltetés miatt csak rugalmas alakváltozás engedhető meg.

A képlékenységtan az utóbbi 30 évben indult gyors fejlődésnek. Ma már egyre szélesebb körben alkalmazzák, fontosságát a vonatkozó szabványok és műszaki előírások is egyre inkább hangsúlyozzák. A szilárd testek és szerkezetek maradékalakváltozásairól nyújt tájékoztatást és így a rugalmasságtan alapján nyerhető információkat jól kiegészíti és számos technológia elméleti alapját képezi.

A talaj- és kőzetmechanika viszonylag fiatal tudományág. Rohamos fejlődését nagyban elősegítette az utóbbi évtizedben világszerte kibontakozott

nagyarányú mérnöki építő tevékenység. Ez elsősorban gyakorlati feladatok megoldását követelte, de egyben az alapkutatás iránti igények megnövekedésével is járt.

A folyadékok mechanikája különösen olyan tudományágazat, melyet az élet szerzteágazó területén alkalmaznak. A vízépítés és a hidraulika klasszikus kereteit túllépve a vízgépészet, környezetvédelem, árvízvédelem, energia-termelés, automatizálás és mezőgazdaság területén is fontos szerepet játszik.

Nemzetközi vonatkozásban a mechanika utóbbi évtizedekben tapasztalható nagymértékű fejlődését elsősorban a repülőgép-, rakéta-, hajó-, szerkezetépítő- és hadiipar egyre növekvő igénye és jelentős anyagi támogatása segítette elő. A fejlődés szempontjából — különösen a numerikus módszerek területén — az elektronikus számítógépek széles körű elterjedése is igen nagy jelentőségű.

Bár hazánkban a fent említett ipari bázis kisebb szerepet játszik és részben hiányzik is, a többi iparág — elsősorban a gép-, építő-, kohó- és bányai ipar — mechanikai kutatások iránti igénye ugyancsak jelentős. Ezt tükrözik azok az országos szintű kutatási célprogramok, tárcaszintű kutatási főirányok és célprogramok, amelyek közvetlenül vagy közvetve mechanika tárgyú kutatásokra irányulnak. Ugyanakkor a rendszeres mechanikai kutatást a kutatóhelyek kutatási tervei és jelentései is híven tükrözik.

### III. A TUDOMÁNYÁGAZAT HAZAI KUTATÁSI BÁZISÁNAK JELLEMZÉSE ÉS EREDMÉNYEI

Hazánkban — e felmérés területét tekintve — az MTA Műszaki Mechanikai Tanszéki Munkaközösség, és a közelmúltban átszervezett MTA Áramlás-technikai Tanszéki Munkaközösség keretében, a Budapesti Műszaki Egyetem és a Miskolci Nehézipari Műszaki Egyetem tanszékein, valamint több kutatóintézet, nagyobb gyár és tervező intézet egyes osztályain folyik szervezett műszaki mechanikai kutatás. Emellett egy-egy részletprobléma megoldásán különböző intézményeknél számos kisebb csoport vagy egyéni kutató is dolgozik. Az 1967–75. időszakban elért fontosabb, a Bizottság részére hozzáférhető műszaki mechanikai kutatási eredményeket — a teljesség igénye nélkül — az alábbiakban ismertetjük.

#### A) Szilárd testek és szerkezetek dinamikája

##### 1. Az anyagtörvénnyel kapcsolatos kutatások

A képlékenységi tartományig előfeszített vékony, egyenes rudak (szalagok) erős és gyenge hullámok hatására előálló viselkedésének a méréséből viszonylag a legkönnyebben juthatunk az anyagtörvény vizsgálatához. E cél-

ből elég általános feltevések mellett elvben megoldották a probléma differenciálegyenletét, majd a mérési eredmények alapján következtettek az elvi megoldásban szereplő ismeretlenekre, illetve az anyagtvényre.

## 2. Rúdszerkezetek és építmények rezgésszámítása

Az egyik megközelítési módban a szerkezet megoszló tömegét és tehetlenségi nyomatékát a csomópontokba koncentrálták, majd az így kialakuló modellt a rúdszerkezetekre vonatkozó állapotegyenlet segítségével vizsgálták.

Foglalkoztak keret- és panelvázaz épületek önrezgésszámának és dinamikus gerjesztés hatására létrejövő igénybevételeinek meghatározásával, épületrezgések fizikai és fiziológiai hatásainak elemzésével.

Egy másik megközelítés az ún. fixpont-módszer általánosításával az eredeti kontinuum modellel dolgozik közvetlenül. Ez a módszer csak prizmatikus rudakból felépített szerkezetekre alkalmazható.

Ugyancsak az eredeti kontinuum modellhez csatlakozóan olyan eljárás is kidolgozásra került, amely finit modellek két sorozatát rendel hozzá az eredetihez. Az egyikkel javítható felső, a másikkal javítható alsó sajátfrekvencia-korlátok számíthatók.

## 3. A mozaik-módszer és a numerikus matematika alkalmazása

Rendszerezett, s a továbbhaladást szolgáló irodalmi összefoglalás készült, a véges elemek módszer területén.

A numerikus matematika alkalmazása területén az egyik irányzat speciális szerkezetű mátrixok spektrálfelbontását adta meg, egy másik irányzat pedig sajátértékfeladatok numerikusan hatékonyabb megoldására alakított ki eljárásokat.

## 4. Szeleprugók

Az egydimenziós hullámterjedési feladat numerikus megoldása adott surlódás esetén. A munka nemlineáris peremfeltételek esetére ad a karakterisztikák elméletén alapuló, numerikus szempontból stabilis megoldást. Felhasználja azt a felismerést, hogy a surlódás a közeg minden pontján okoz visszaverődéseket.

A hengeres csavarrugók, vagy több rugóból kialakított rugórendszerek menetfelütközéssel járó, nemlineáris rezgésének vizsgálatára olyan elméletet dolgoztak ki, ami a helyettesítő egyenes rúdmodellel dolgozik. A módszer a felütközés helyén kielégítendő elemi összefüggések felírásával, s lépésenkénti integrálással dolgozik. Méréssel az elméletet alátámasztó eredmények adódtak.

V-motor szelepvezérlésének optimalizálása. A motor mindkét oldalát ugyanarról a büttyökről kell vezérelni. Az optimalizálás változója a büttyök-

alak. Ezt úgy alakítja ki a számítás, hogy a gyorsulások és a rugólengések mindkét oldalon adott értékeket ne lépjenek túl, a vezérlés időkeresztmetszetei pedig maximálisak legyenek.

### 5. *Forgattyús tengelyek*

A torziós lengések csillapítására gyakran használnak külső olajtáplálású, cellás rendszerű csillapítót. Üzemi tapasztalat, hogy rezonanciaközben ez a szerkezet hatástalanná válik, mert a táprendszert ekkor nem képes a kellő olajnyomást a cellákban fenntartani. Analóg szimulációval olyan új, ugyancsak cellás csillapítót dolgoztak ki, amelyben a szükséges olajnyomást maga a torziós lengés állítja elő.

Lineárisan modellezett, egyébként tetszőleges torziós lengőrendszer számítására olyan számítógépi programrendszert építettek ki, amely az adat-előkészítéstől a tervezéshez szükséges adatokig mindent magában foglal. A nagy számítógépes cégek által felhasználásra ajánlott hasonló programrendszerekhez képest ez szélesebben alkalmazható.

Hajlító és csavaró lengéseknek kitett forgattyús tengely szilárdsági méretezésére számítási program kialakítása.

Az előző két téma tartozékaként lengéscsillapító optimalizálását célzó gépi programot alakítottak ki.

Többsapátású, siklócsapágyakkal ágyazott forgattyús tengely csapágyreakcióinak számítására olyan programot alakítottak ki, amely tekintetbe veszi a kialakuló, a csapágyerőktől is függő vastagságú olajréteg dinamikai viselkedését is.

A hajók hajtásánál alkalmazott motor-hajócsavar rendszert diszkrét modellhez kapcsolódó kontinuus modellre leképezve analitikus módszert találunk a frekvencia-egyenlet felírására, majd ennek alapján grafikus eljárást legkisebb gyökének meghatározására.

Páros számú hengerrel bíró kétütemű Diesel-motornál vizsgálták a tömegkiegyensúlyozás feltételeit. Az eredmények alapján új konstrukciót kialakítva kiderül, hogy ez a konstrukció gyakorlatilag egyenértékű egy korábban megvalósított konstrukcióval, amely azonban páratlan számú hengerrel felszerelt csillag motorra vonatkozik; a kialakított új konstrukció azonban egyszerűbb a régebbinél.

### 6. *Vasúti járművek*

Kardáncsuklós hajtás szöghibái által gerjesztett lengésnek a szerkezet paraméterei által való optimalizálására programrendszert alakítottak ki.

Vasúti kocsik keresztirányú lengését 28 szabadságfokú modellel vizsgálták, s azok stabilitására vonatkozóan nyertek eredményeket.

Vasúti szerelvény hosszirányú lengését a vonókészülék nemlineáris rugó-karakterisztikájának tekintetbevételével vizsgálták.

### 7. Közúti járművek

Kétszabadságfokú, nemlineáris modelleket analóg számítógépen vizsgáltak mágneses szalagon tárolt, méréssel előállított útprofillal gerjesztve. Ennek kapcsán egy elvben új felfüggesztő elemet (pneumatikus lengéscsillapítót) alakítottak ki.

Digitális szimulációs programot dolgoztak ki két- vagy háromtengelyes jármű síkbeli mozgásának vizsgálatára. A modellt a gumiabroncs és a talaj közötti tapadás jelenségét nagy pontossággal veszi tekintetbe, de a rugózási lengést figyelmen kívül hagyja. E program blokkolásgátló rendszerek analízisére vagy szintézisére is felhasználható. Alkalmas ízelt járművek menetstabilitásának, s összecsuklásukat gátló rendszereknek a vizsgálatára.

Közúti járművek dinamikai és szilárdságtani vizsgálata stochasztikus módszerek alkalmazásával is napirendre került.

Autóbuszok baleseti viselkedésére (a borulás dinamikája) elméleti, modell-kísérleti és természetbeni kísérleti vizsgálatot végeztek.

A dugattyús motorral hajtott járműtestet a motor működése üresjáratban is ún. paraméteresen gerjesztett rezgésbe hozza. A jelenség vizsgálatához szükséges, meglehetősen bonyolult egyenletrendszer megalkotása mellett javaslatot találunk azok közelítő megoldására Galjorkin módszerével.

### 8. Turbinalapátok

Az irodalomból ismert elméletek egyike alapján számítógépi program készült a lengéseket is figyelembe vevő méretezésre.

### 9. Tervezési segédletek (meglevő tudományos eredmények szelektált, rendezett, kiegészített összefoglalásai)

Rezgő szállítóvályuk méretezéséhez.

Egyenes rudak és sík lemezek legkisebb sajátfrekvenciáinak számításához.

Többszabadságfokúnak modellezett gép lökésekre való méretezéséhez.

Alap nélküli, rugalmasan támasztott, vagy talajrugózású gépek gépágyazásának rezgéstani méretezéséhez.

### 10. *Hegesztett szerkezetek optimális méretezése*

Bordázott lemez optimális méretezése előírt legkisebb sajátfrekvencia esetén. Optimálisnak azt az esetet tekinti ez a vizsgálat, amelyben a szerkezet-súlytól és a hegesztési költségektől függő összköltség minimális.

A rezgéscsillapítási tulajdonságok elméleti és kísérleti vizsgálata — irodalomtanulmányozás.

### 11. *Szerszámgépek*

Az akadozó csúcszás jelenségével több vizsgálat foglalkozott. Egyik elsősorban a szemléletre alapozva vezet le egyenleteket és szerkesztő eljárást, s azokkal az egyes paraméterek befolyását vizsgálja; a jelenség elkerülését lehetségesnek tartja. Egy másik vizsgálat ugyanezt a modellt a fázis-sík felhasználásával vizsgálva osztályozza a különböző lehetőségeket; eszerint az akadozó csúszás elkerülése nem lehetséges, legfeljebb az egy periódusidőre eső csúszási idő minimalizálható. Egy harmadik vizsgálat analóg számítógéppel vizsgálta ugyanezt a modellt; a nyert eredmények megegyeztek a fent említett második vizsgálat eredményeivel.

A szerszámgép főorsó-csapágy rendszerének statikus merevségét különböző szempontok szerint optimalták. Ugyane rendszer hajlítózregési sajátfrekvenciáit szakaszmátrixos módszerrel approximálták, és kísérlettel is vizsgálták, külön kitérve a pótcsillapítók és a csillapítással rendelkező csapágyak hatására. A rendszer kritikus fordulatszámait ugyancsak szakaszmátrixos módszerrel közelítőleg kiszámították.

Merevnek modellezett szerszámgépszán támasztásainak rugalmasságát és csillapítását tekintetbe véve koncentrált, szinuszos erő hatására végbemenő stacionárius rezgését vizsgálták. Számítógép segítségével adott numerikus tartományban az egyes paraméterek hatását áttekintették. A numerikus számításokhoz kísérletek is kapcsolódtak, amelyek az egyes modelljellemzők kimérésével foglalkoztak.

Fúrórörök két leegyszerűsített kontinuum-modelljének előállították a frekvencia-egyenletét, majd ennek legkisebb pozitív gyökét egy konkrét példában kiszámították.

### 12. *Forgórészek*

Izotróp csapágyazású, tengelykapcsolóval összekapcsolt motorok hajlítózregési sajátfrekvenciáit úgy vizsgálták, hogy a csapágyak és a tengelykapcsoló rugalmas tulajdonságait is tekintetbe vették.

Adott műszaki fejlesztési feladathoz csatlakozva a járműkerék kiegyensúlyozó gépek fő típusait rezgéstani szempontból analizálták, kitértek az előnyökre és hátrányokra, végül a munka egy megvalósított berendezést mutat be.

### 13. *Antennatorony rezgése*

Az antennatornyot kifeszítő köteleknek viszonylag nagy a belógása, ami miatt a torony kifeszítése szempontjából mértékadó rugóállandó függ az előfeszítés mértékétől. Ezt a nemlineáris tulajdonságot ki lehet használni arra a célra, hogy a torony szél okozta kényszerrezgéseinek amplitudóját korlátozzuk. E probléma felvetése és megoldása, valamint számpéldával való illusztrálása a tárgya egy munkának.

Az előző vizsgálat előkészítéseképpen a kötelekkel merevített torony hajlítórezgésének legkisebb sajátfrekvenciáját egy speciális közelítéssel számítják ki. A pontonként rugalmasan támasztott tornyot pontonként mereven megtámasztottnak, de egyébként kontinuusan rugalmasan ágyazottnak veszik, s a Dunkerley-féle sajátérték approximációit alkalmazzák.

### 14. *Vibrációs betontömörítés*

Betontömörítő rúdvezetők tömörítési hatásfoka főleg a vibrátor és a beton rezgése közötti fázisszögtől függ. Ez a beton összetételétől és a betonnak — a folyamat alatt is változó — tömörségtől függ. Elméleti úton egy formulát vezettek le a fázisszög meghatározására.

### 15. *Golyócsapágy rezgése*

A csapágyhézag és e deformációk által különböző üzemi körülmények között lehetővé tett tengelyközéppont-mozgások tüzetes vizsgálata során elemzik az erőhatásokat és a csapágyalkatrészek forgásra szuperponált rezgéseit. A vizsgálat több dinamikai és geometriai paraméter hatására is kiterjed.

### 16. *A váltópályás hajtómű*

A vizsgálatok egy része azokat az okokat tárta fel, amelyek miatt a megvalósuló mozgástörvény eltér az elméletileg tervezettől.

A vizsgálatok másik része módszert származtat le a hajtóműben felépő erőhatás csökkentésére.

### 17. *Áttekintést adó munkák*

Elsőként a szovjet kutatók által 1960—1970 között művelt főbb dinamikai témacsoportokról készült rövid áttekintést említjük meg.

Az utóbbi idők dinamikai kutatásaiból kiszűrhető legfontosabb finitizálási módszerekről, majd a nemzetközi és hazai kutatás főbb irányairól kapunk áttekintést, végül javaslatot a hazai kutatás főirányaira, illetve egyes, már művelt irányok intenzifikálására.



A szilárd testek anyagtörvényeinek kutatásával kapcsolatban eddig kialakult legfontosabb elméletek alapvonalairól összefoglalás készült.

A kapcsolt géprendszerek dinamikájának problémái.

Az anyagmozgató dinamikai kérdései.

A dinamikus terhelésű siklócsapágyak számításának fejlődési irányai.

A nagysebességű rotorok dinamikus stabilitása.

Nemlineáris rugókarakterisztikájú tengelykapcsolók.

### 18. Mechanizmusok lengése

Szilárd tagokból álló mechanizmus üzem közben elkerülhetetlenül lengésbe jön. Újabban — különösen diplomamunkákban — különböző finitizálási alapelvek, továbbá a lengés stabilitására vonatkozó vizsgálatok látnak napvilágot.

### 19. Anyagmozgató gépek

Ezeket a gépeket általában véges szabadságfokú modell alapján vizsgálva főként a tranziens (indulás vagy megállás során előálló) viselkedést analizálták a konstrukció kedvezőbbé való tétele céljából.

### 20. Fogaskerék problémák

Ívelt kúpfogaskerekek tervezésének néhány problémája.

Korszerű csigahajtóművek gyártási problémái.

A fogaskerék-bolygóművek alkalmazási problémái.

Hengeres kerékpárok fogazatának tervezése.

### 21. Általános méretezési, tervezési problémák

A szilárdságtan módszerei és alkalmazásai.

A Hertz-feszültségre való méretezés gyakorlati problémái.

A gépszerkesztési gyakorlat állásfoglalása a terhelés, a határállapot és a méretezési eljárás kérdésében.

A gépszerkezetek szilárdsági méretezése időben változó terhelési esetekre.

A műszaki tervezés néhány alapja és módszere.

A hegesztett szerkezetek tervezése és gyártása különös tekintettel a növelt folyáshatárú acélokra és acélöntésű fődarabok kötésére.

## 22. Kinematikai kutatások

Kiegyensúlyozatlan köszörűkorong hatása a munkadarab alakhűségére. A Burmester-féle méretmeghatározó tervezési eljárás alkalmazásának lehetőségei és korlátai.

Merev testekből álló holonóm rendszer sebességállapota, kényszerrendszere és kinematikai határozottsága.

A „Mechanizmusok” tudományágának egyes fejlődési irányai.

### B) Rugalmas testek és szerkezetek egyensúlyi vizsgálata

#### 1. Átfogó elméleti módszerek

Kiemelkedő jelentőségűek azok a kutatások, amelyek egy-egy területen átfogó elméleti rendszer megalkotásához vezettek vagy valamely elmélet alkalmazásának széles spektrumait mutatták be. Ilyenek:

Rúdszerkezetek és felületszerkezetek állapotváltozási differenciálegyenletének (alapegyenletének) előállítása mátrixmegfogalmazásban és alkalmazása a rúd- és felületszerkezetek kis és nagy elmozdulásokkal járó állapotainak, valamint az állapotváltozások stabilitásának és posztkritikus állapotának elemzésére és numerikus számítására.

Általános érvényű számítási módszer kidolgozása tetszőleges elrendezésű függőtetők vizsgálatára számos alkalmazással.

Többtámaszú tartók és keretszerkezetek statikai vizsgálatára szolgáló fixpont eljárás új egyszerűsített változatának kidolgozása és alkalmazása a keretszerkezetek statikai, dinamikai és stabilitási feladatainak megoldására.

Teherviselő szerkezetek méretezési alapelveinek kidolgozása a valószínűségelméleti mechanika alapelveinek és módszereinek felhasználásával. E vizsgálatok alapján méretezési előírások összeállítása.

Véges elemek és véges sávok módszer alkalmazása rúd-, felület-, híd- és panelvázás szerkezetek, valamint különböző elméleti rugalmasságtani feladatok (pl. parciálisan terhelt féltér, érintkezési és elválási feladatok) vizsgálatára.

#### 2. Elméleti rugalmasságtan

Néhány középértéktétel a potenciálméletben.

A rugalmasságtan első alapproblémájának megoldása valós potenciálok segítségével.

A másodfokú szimmetrikus tenzorok Mohr-féle ábrázolásának továbbfejlesztése.

Szilárd kontinuumok (tetszőleges, héj-, rúdalakú testek) egyensúlyi egyenleteinek azonos alakú előállítása.

Tárcsák vegyes peremértékfeladatának megoldása sorok segítségével.

Téglalap alakú tárcsák számítása biharmonikus függvényekkel.

Körfurattal bíró prizmatikus rudak csavarási feszültségfüggvényének közelítő előállítása.

Térbeli feladatok vizsgálata feszültségfüggvényekkel és mérési eredmények felhasználásával.

Nagymértékű rugalmas alakváltozások meghatározása gumyszerű anyagoknál.

### 3. Általános módszerek rugalmasságtani feladatok megoldására

Különböző terheléseknek és hatásoknak kitett vasbeton szerkezetek számítása.

Az optikai feszültségvizsgálat módszerének megbízhatósága és pontossága.

Görbevonalú koordináta-rendszer használata a feszültségeloszlás meghatározására optikai feszültségvizsgálatnál.

Iterációs eljárás továbbfejlesztése rugalmas rendszerek érintkezési feladatainak vizsgálatára.

Aszimptotikus és iterációs módszerek szerkezetek mátrixanalízisének.

Új módszer a lemezek és tartórácsok számításával kapcsolatos differenciáloperatorokra.

A differenciámódszer alkalmazása síkbeli és csavarási rugalmasságtani feladatokra.

Algoritmus a peremértékfeladatok véges differenciák módszerével történő számításakor a lineáris egyenletrendszer meghatározására.

Nagykiterjedésű rendszerek hőmérsékletmezőjének és hőközta feszültségeinek meghatározására szolgáló feladatok számítástechnikai kérdései.

Közelítő módszer véges méretű elemek segítségével az elemre felvett feszültségeloszlásra támaszkodva.

Az Airy-féle feszültségfüggvények közelítő előállítása.

Feltételes kapcsolatokat tartalmazó szerkezetek vizsgálata.

### 4. Szerkezetek belső erőrendszerének és elmozdulásainak vizsgálata

Elméleti és kísérleti vizsgálatok vékonyfalú acélszerkezetek méretezési irányelveihez.

Extrémumtétel a rúd- és felületszerkezetek másodrendű elméletében.

Algoritmus kidolgozása gyártási és szerelési pontatlanságok, rúdszerkezetek igénybevételeire gyakorolt hatásának számítására.

Nyílásokkal áttört falak méretezése szélterhelés hatására.

Kereszttartók nyírás okozta alakváltozásának hatása sokrudas hídrácszatok terheléseloszlására.

Hajlításra igénybevett tartók optimális méretezése.

Konzolos kéttámaszú tengely optimális csapágytámaszköze.

Köszörűkorong optimális elhelyezése az alakváltozások figyelembevételével.

Szokrényes tartók csavarása.

Statikailag többszörösen határozatlan szerkezetek számítása Nikolszkij iterációs eljárásának általánosításával.

Módszer térbeli terhelésű síkbeli zárt keretekre.

Keretszerkezetek nagy elmozdulásainak számítása integrálegyenletek felhasználásával.

Egyenlőtlen hőmérsékleteloszlás és a hajlítási merevség változásának hatása statikailag határozatlan rúdszerkezeteknél.

Kétrétegű térbeli rácsosszerkezet vizsgálata helyettesítő síkbeli kontinuum segítségével.

Rúdszerkezetek hálózatelmélete.

Jármű-vázszerkezetek és kocsiszokrények statikai számítási módszere. Térbeli rácsos tartók rúderőinek ellenőrzése geometriai-statikai módszerrel.

Viereendel-tartók vizsgálata.

Rugalmas befogású tartószerkezetek.

Ékhoronnyal gyengített tiszta csavarásra igénybevett rúd.

Küllős kötél tárcsa belső erőrendszere.

Síkgörbe tartók erőjátékának számítása.

Síkbeli keretsor számítása.

Komplex rendszerű panelépületek számításának alapelvei.

Talaj és a panelváz együttdolgozásának figyelembevétele és az együttdolgozás hatásának vizsgálata.

Membránhéjak és rácsfelületek vizsgálata komponens egytengelyű feszültségállapotok alapján.

Gömbhéj alakhibájának hatása a belső erőrendszerre.

Geometriai nemlinearitás figyelembevétele elliptikus paraboloid héjnal.

Membránhéjak oldalnyomásmentességének feltétele.

Speciális lapos membránhéj feszültségfüggvényének közelítése hatványsorral.

Speciális translációs héj belső erőrendszere az élek közelében.

Köralakú felülvilágító nyílással ellátott szabályos sokszögalaprajzú forgásparaboloidhéj.

Pontokon támaszkodó, állandó jellegű függőleges megoszlású erőrendszerrel terhelt membránhéjak alakja.

Egyenlőszárú háromszög alaprajzú, elliptikus paraboloid alakú membránhéj.

Körszimmetrikusan terhelt, csillagsokszög alaprajzú, forgási paraboloid alakú membránhéj.

Csak függőleges erőkkel szemben ellenálló fallal megtámasztott általános alakú membránhéj.

Három ferdesíkú, oldalnyomással szemben nem ellenálló peremmel megtámasztott gömbalakú membránhéj.

Analógia a gömbhéj és egy hozzárendelt forgásparaboloidhéj membrán-erői között.

Membrán gömbhéjak vizsgálata derékszögű koordinátarendszerben.

Szerkesztő eljárás szabályos háromszög alaprajzú forgási paraboloid alakú membrán héjak erőjátékának meghatározására.

Membránállapotú héjak feszültségfüggvényeinek kerületi feltételei szabad peremszakaszokon.

Általános négyszögalaprajz feletti torznégyszög alakú membránhéj.

Héjszerkezetek általános vizsgálata hengerkoordináta-rendszerben.

Hajlított ortogonális anizotróp hengeres héjak vizsgálata az elmozdulásfüggvény segítségével.

Héjak peremfeltételei tetszőleges görbevonallú koordinátarendszerben.

Lapos héjak hajlításelméletének alkalmazása.

Transzlációs héjak peremzavarásainak számítása.

Befogott peremek mentén ébredő hajlítónyomatékok vizsgálata.

Negyedrendű felületű egyenes peremű héjak.

Torznégyszög alakú hiperbolikus paraboloidhéjak peremzavarásainak számítása.

Tengelyére merőleges síkban tetszőleges egyensúlyi erőrendszerrel terhelt körhengerhéj.

Lineáris erőrendszerrel támasztott, koncentrált erővel excentrikusan terhelt körlap.

Álló tartályokban keletkező feszültségek a megtámasztás környezetében.

Tartórácsmodell hajlított héjak közelítő számítására.

Hosszbordákkal merevített körhengerhéj együttdeformálódó körhengerhéj és tartórendszer modell alapján.

Belső nyomással terhelt reaktortartály különböző üzemiállapotokban.

Féloldalas földnyomással terhelt rövid vasbeton folyadéktartály.

### 5. Szerkezetek egyensúlyi helyzeteinek stabilitása

Rugalmas rendszerek stabilitását fokozó és csökkentő hatások kritikai elemzése.

Tételek a rugalmas rendszerek stabilitása területén.

Ferde tartóoszlopú befogott keret.

Parabolikus ívek stabilitása.

Felfüggesztett vékonyfalú tartók kifordulása.

A beton- és vasbetonhéjak speciális tulajdonságainak figyelembevétele homogén stabilitásánál.

Térbeli szerkezetű panelépületek stabilitása.

Lapos, anizotróp héjak rezgései és stabilitása.

Hiperbolikus paraboloidhéj stabilitása a lapos héjak elmélete alapján.

Felfújható gumiballonok húzófeszültségek mellett fellépő speciális stabilitási feladata.

Héjívек oldalirányú stabilitása.

Kör és körgyűrű alakú tárcsák stabilitása különböző peremfeltételek és terhelések esetén.

Héjszerkezetek stabilitási viselkedése a kritikuson túli állapotban.

Réteges (sandwich) lemezek stabilitása.

### 6. Különleges témák

Ragasztórétegekben ébredő feszültségi állapotok számítása.

Szegmens csapágycak optimális csapágyszélességének meghatározása.

Zsugorgyűrűs kommutátorok és fecskéfarkas kommutátor-szerkezetek erőjátékának számítása.

Aszinkron motorok rövidrezárt szabadgyűrűs kalickarendszerének szilárdsági számítása.

Excentrikus terhelésű axiális golyóscsapágy terhelhetősége.

Hajtórúdfej szilárdságtani analízise.

### C) Képlékeny testek és szerkezetek egyensúlyi vizsgálata

A hazai képlékenységtani kutatások többsége egyes szerkezet típusoknak vagy szerkezeteknek a képlékenységtan törési határállapotvizsgálatán alapuló teherbírásszámítására, ill. tervezésére irányul. Számos megoldás az acél vagy a vasbeton különleges sajátságaiából származó jelenségeket is figyelembe veszi és így a gyakorlat számára is közvetlen hasznosítható eredményekre vezet. Emellett néhány olyan általános elméletet is kidolgoztak, amelyek bizonyos képlékenységtani feladatok (pl. keretek stabilitásvizsgálata, lökés-szerű teherrel terhelt szerkezetek vizsgálata, vasbetonszerkezetek optimális méretezése) szélesebb körű vizsgálatára alkalmasak. Viszonylag kevesebb a matematikai képlékenységtan elméleti feladataival foglalkozó kutatás.

A fontosabb képlékenységtani kutatások és eredmények az alábbiakban foglalhatók össze.

## 1. Általános összefüggések és anyagtörvények

Elméleti és kísérleti kutatás folyik a képlékeny alakváltozási energia meghatározására és a képlékeny alakváltozás, ill. a törés és a terhelési folyamat közötti kapcsolat vizsgálatára. Ide sorolható az ortotróp anyagok képlékenységi feltételeivel foglalkozó kutatás is.

Dinamikai problémák alapját képezi az a kutatás, amely az előfeszített rudakban keletkező képlékeny ütéshullámok terjedését vizsgálja és a dinamikus képlékeny húzás anyagtörvényének általános alakját igyekszik felállítani. Az e téren végzett kísérleti kutatás különösen figyelemre méltó.

A betonnal és a különböző műanyagokkal végzett kísérleti és elméleti vizsgálatok a törés feltételeinek, az anyagtörvényeknek és a reológiai tulajdonságoknak a meghatározására irányulnak. Eredményeik a beton- és vasbetonszerkezetek pontosabb vizsgálatát és a műanyagok teherviselő szerkezetként való szélesebb körű alkalmazását segítik elő. Az utóbbinak a könnyűszerkezeteknél és a sandwich-szerkezeteknél van különösen fontos szerepe.

## 2. Szerkezetek vizsgálatának általános elmélete

Olyan általános eljárást dolgoztak ki, amely a lökészerű teherrel terhelt képlékeny kontinuumok és szerkezetek elmozdulásainak közelítő meghatározására alkalmas. Az eljárás a viszkózitásnak és a nagy alakváltozásoknak a hatását is figyelembe veszi. Eredményei a teherviselő szerkezetek vizsgálata mellett a járműiparban és a fémek alakításánál is alkalmazhatók.

A keretszerkezetek vizsgálatakor igen fontos szerepet játszik a stabilitás kérdése. Az ezzel kapcsolatban kidolgozott számítási eljárás a rugalmas-képlékeny anyagú keretek másodrendű elméletre alapuló közelítő vizsgálatára alkalmas. A kidolgozott tételek elméleti jelentőségük mellett a gyakorlati számításoknál is aránylag egyszerűen felhasználhatók.

A rugalmas-képlékeny anyagú keretek törőterhelésének meghatározására alkalmas az a számítási eljárás, amely a merevségi mátrix változtatása helyett a képlékeny csuklók helyén alkalmazott kinematikai terhek révén oldja meg a feladatot.

Kutatás indult meg a matematikai programozásra és más numerikus módszerekre alapuló olyan eljárások terén, amelyek különböző fajta képlékeny anyagú szerkezetek teherbírásának meghatározására, optimális tervezésére és beállításának vizsgálatára alkalmasak illetőleg állapotváltozását írják le. A tartórácsok és egyszerűbb keretszerkezetek vonatkozásában már eredményekről is be lehet számolni.

### 3. Acél- és fémszerkezetek

Az acélgerendák lokális instabilitási jelenségeit vizsgáló kísérleti és elméleti kutatás a felkeményedés hatását is figyelembe veszi. Eredményei a vonatkozó szabványokba is beépíthetők.

A magasított acélgerendák kísérleti és elméleti vizsgálata lehetővé teszi ezeknek a gazdaságos szerkezeteknek a szélesebb körű gyakorlati alkalmazását.

Az acélkeretek, gerendák és oszlopok képlékenységtani eljárásait rendszerező tanulmányok több részletkérdést (pl. a kapcsolatok viselkedését) feltárták és ezzel elősegítik a képlékenységtan gyakorlatban való szélesebb körű elterjedését.

Alumínium ötvözetek méretezési kérdései (kihajlás, horpadás, kapcsolatok viselkedése).

### 4. Vasbetonszerkezetek

A vasbetontartók alakváltozásainak és alakváltozás képességének vizsgálata megadta a nem rugalmas alakváltozások és a szerkezeti méretek közötti összefüggést és lehetővé tette a repedések kialakulásának, valamint az ismétlődő jellegű terhelés hatásának a tanulmányozását.

A feszített vasbetongerendákkal, oszlopokkal és vastagfalú csövekkel kapcsolatos kutatás részben kísérletek, részben numerikus módszerek révén igyekszik választ adni a képlékeny állapot és a rideg törés bekövetkezésénél felmerülő problémákra. A feszített vastagfalú csöveknél termikus hatásokat és lökésszerű terhelést is figyelembe vesznek, ezért ezek az eredmények az atomreaktorok tervezésénél is felhasználhatók.

A nyomott vasbeton rudakkal foglalkozó kutatás a képlékenységtan korszerű elveinek megfelelően tárgyalja a teherbírás kimerülésének feltételeit, és eredményeivel elősegíti a szabványok vonatkozó előírásainak pontosabb megfogalmazását.

A fejnélküli gombafödémek fontos problémája az oszlop környékének átlukadása. Az erre vonatkozó kísérleti és elméleti kutatás új eredményekre vezetett és hozzájárult több kérdés tisztázásához.

A vasbeton tartók hajlítás és nyírás hatására bekövetkező törését kísérleti és elméleti úton vizsgálták.

A vasbeton lemez képlékenységi feltételeinél számos megoldatlan kérdés és ellentmondás tapasztalható. Kutatás folyik e kérdés kísérleti és elméleti vizsgálatára különös tekintettel a ferdén vasalt lemezekre és a vasalás optimális elrendezésére.

Elméleti és kísérleti munkát végeznek a teherhordó falak teherbírásának meghatározására. E kutatásnak a panelvázás szerkezetek vonatkozásában nagy gyakorlati szerepe is van.



Általános tételeket és eljárásokat dolgoztak ki a vasbetonszerkezetek (gerendák, lemezek és tengelyszimmetrikus héjak) optimális tervezésére. A kutatás elméleti érdekessége mellett gazdasági szempontból is érdeklődésre tarthat számot, mivel beton- és acélangyag megtakarítást tesz lehetővé.

## D) Talaj- és kőzetmechanika

### 1. Talajmechanikai alapkutatás

Talajok fizikai tulajdonságai; a szemcsés közegek szilárdsági alakváltozási és fázismozgási jellemzői. Célja a talaj tulajdonságainak az általános fizikai törvényekből való levezetése; a szemcsés közegnek mint az anyag külön halmazállapotának a vizsgálata, az általános alapegyenlet meghatározása. A kutatás magában foglalja a talajalkotó fázisok eloszlásának és relatív mozgásainak, a gravitációs és kapilláris vízmozgásnak, a szuffózióknak, a hidraulikus talajtörésnek, a talaj összenyomódásának és konszolidációjának, valamint reológiai tulajdonságainak a vizsgálatát.

Földtömegek statikája és szilárdságtana. Célja a megtámasztó szerkezetekre ható földnyomás meghatározása a szerkezet deformációjával és elmozdulásaival kölcsönhatásban. Földtömegek bevonása a megtámasztó szerkezetek és alapok teherviselésébe.

Szemcsés és kohéziós talajok átmeneti talajok fizikai tulajdonságainak a kutatása; fázismozgások, áteresztőképesség, összenyomhatóság, nyírószilárdság vizsgálata kritikus fázisos állapotok meghatározása.

### 2. Alkalmazott geotechnikai kutatás

Cölöpök és cölöpcsoportok teherbírása és alakváltozása. Célja a cölöpök viselkedési mechanizmusának vizsgálata: a teherbírás összetevőinek (köpenysurlódás és csúcsellenállás) viszonya, cölöpök egymásrahatása. Numerikus módszerek kifejlesztése a teherbírás és a süllyedés számítására.

Modern támasztószerkezetek; munkagödrök körülhatárolásának és megtámasztásának korszerű módszerei. Függőleges munkaárkok állékonysága. Résfalás és cölöpfalás megtámasztás elméleti kérdései. Kihorgonyzások; a horgonyzás mechanizmusa, a törőerő meghatározása.

Talajok tömörítése; a tömörítés mechanizmusa, statikus és dinamikus tömöríthetőségek összehasonlítása, a tömörítés hatása a talaj fizikai-mechanikai jellemzőire.

Földtömegek határgyensúlya: vízáramlás hatása rézsűk állékonyságára; rétegzett és anizotróp talajokban épült rézsűk állékonysága; az időtényező vizsgálata. Külszíni bányafejtések laza meddőhányóinak állékonysági vizsgálata.

Természetes lejtők káros mozgásainak (suvaszás, rogyás stb.) vizsgálata; a mozgás mechanizmusa, az időtényező szerepe, az állékonyság vizsgálatának módszerei.

Talajok víztelenítése; a különböző fizikai hatások hatékonysága, a víztelenítés okozta fázismozgások és fizikai változások, a víztelenítés hatására bekövetkező felszínsüllyedések.

Toronyszerű építmények alapozásának különleges kérdései; ismétlődő terhelések hatása, az alapok állékonysága, a külpontosság kritikus mértéke.

Útpályaszerkezetek teherbírása; feszültségeloszlás rétegzett rendszerekben; a szerkezeti rétegek szilárdsági (teherbírási) jellemzőinek a meghatározása, lehajlás és teherbírás összefüggése.

Nagy, hirtelen terhelésnek kitett építmények (víztornyok, silók) alapozási kérdései; a terhelés okozta pórusvíznyomás hatása a talaj törőterhelésére, a süllyedések és a konszolidáció számítása, egyenlőtlen süllyedések hatása.

Épületszerkezet és alapozás kölcsönhatása; süllyedés okozta többlet-igénybevételek és alakváltozások a szerkezeten, süllyedési kritériumok meghatározása.

Árvédelmi gátak állékonyságának a vizsgálata; tartós vízelárasztás hatására bekövetkező fizikai változások (térfogatváltozás, szilárdság-csökkenés); gátak stabilitása, a talaj húzószilárdságának a szerepe.

Cölöpalapozások méretezése; a cölöpteherbírás meghatározása és a vasbeton gerendarács méretezése számítógépes eljárással. Vízsintes erőkkel terhelt cölöp határteherbírásának a számítása.

A talajok rezgésközvetítő tulajdonságai. Felszíni és mélységi rezgésforrások hatása. Talajok rezgésközvetítő tulajdonságainak kísérleti meghatározása. Impulzusszerű hatásokból eredő rezgések terjedése.

Földet támasztó szerkezetek méretezése számítógépes eljárással; a földnyomás meghatározása, a fal állékonysági vizsgálata és méretezése.

### 3. Kőzetmechanikai alapkutatás

Kőzettani—kőzetfizikai—kőzetmechanikai összefüggések vizsgálata; a geológiai keletkezési körülmények és a kőzetmechanikai tulajdonságok közti kapcsolat tisztázása; az egyedi kőzetalkotók közti kötési szilárdság szerepe; kőzetek időállóságának a vizsgálata.

A törési állapot megfogalmazása kőzetek esetére; a nyírási szilárdság értelmezése; a törési határgörbe kísérleti meghatározása; szilárdsági vizsgálatok összetett feszültségállapotban.

Kőzetek primér (in situ) feszültségállapotának a meghatározása; vizsgálati módszerek a feszültségek és alakváltozások mérésére.

Üregek környezetében kialakuló feszültség- és alakváltozási mező (tér)

elméleti vizsgálata; lineárisan rugalmas és nemlineárisan rugalmas közeg feltételezésével. Képlékeny jelenségek figyelembevétele. Numerikus módszerek (véges elemek módszer) alkalmazása; folytonossági hiányok (elválási felületek, réteghatárok) figyelembevétele.

A kőzetmechanika reológiai alapegyenleteinek a megfogalmazása. Üreg körüli reológiai mező vizsgálata.

#### 4. Alkalmazott kőzetmechanikai (mérnökgeológiai) kutatás

Bánya-biztosítószerkezetekre ható terhelések helyszíni meghatározása. Köríves biztosításra ható normál- és tangenciális erők mérési módszereinek kifejlesztése. A lazulási nyomás kialakulása, az időtényező szerepe.

Védőpillérek méretezése és a bányászás hatására bekövetkező felszín-süllyedések meghatározása; a védőpillérek optimális alakja, a külszín mozgásainak időbeni változása.

Geomechanikai jelenségek vizsgálata modellkísérlettel. „Ekvivalens” anyagból és granulált anyagból épült modellek alkalmazása kőzettömegek viselkedésének a reprodukálására; bányafejtések hatásterében kialakuló kőzetmozgások és felszín-süllyedések vizsgálata, a vajatok deformációinak a meghatározása.

Modern bányászati biztosítószerkezetek kifejlesztése és teherbírásának a vizsgálata; acél hengerelt harangszekrényes és vasbeton vágatbiztosító szerkezetek, hidraulikus táмок, alumíniumötvözetből készült tartószerkezetek, önjáró fejtésbiztosító pajzs, főtécsavarozás stb. kifejlesztése.

Alábányászás okozta felszín-süllyedések vizsgálata; vízszintsüllyesztés hatása; numerikus módszerek alkalmazása.

Földalatti nagyrobbantások kőzetmechanikai problémái.

### E) Folyadékok mechanikája

#### 1. Áramlástechnikai alapjelenségek

Az áramlástechnikai elméleti vizsgálatok jelentős részénél az áramló közeg idealizálásának kényszerű feltevésével kell élni. Ez az elhanyagolás gyakran jelentős hibát okoz. A közeg surlódásos volta főleg szilárd falak közelében érvényesül. Ennek az ún. határrétegnek a folyamatban levő vizsgálata azt mutatja, hogy jelentős az eltérés az álló síklap, forgó síklap, ill. forgó görbült felszín közelében kialakuló áramlás jellemzői között (sebességeloszlás, hőátadás).

Hidrodinamikai szingularitások módszerének nevezik azt az eljárást, melynél egy áramlásba helyezett szilárd test (pl. egy szivattyú járókerekének lapátjai) körül kialakuló áramkép elméleti vizsgálatánál a szilárd testet ör-

vényekkel, forrásokkal, ill. nyelőkkel (szingularitásokkal) helyettesítik. A módszer az ötvenes évek óta alkalmazzák hazánkban elsősorban áramlástechnikai gépek lapátozásának számítására. A vizsgált időszakra esik a szingularitáshordozó segédgörbe elméletének, valamint gyűrűs testek körül, ill. forgásszimmetrikus terekben kialakuló áramlások elméletének kidolgozása.

Csővezetékben, ill. csőrendszerekben az áramlási viszonyok megváltoztatása (pl. szivattyú leállása áramkimaradás következtében) tranziens jelenségeket okoz. Ezek vizsgálata mind üzemeltetési, mind biztonsági szempontból nagy jelentőségű.

Folyadék áramlásánál előforduló nem kívánatos jelenségek, a kavitációnak vizsgálatával kapcsolatban sikerült a zajszintmérést felhasználni, mely a kavitáció meghatározására ezideig az egyetlen indirekt módszer. Jelentős a kavitációs erózió intenzitását jellemző ún. kritikus adatok meghatározási módszerének és ennek alapján az anyagok erózióval szembeni ellenállásának jellemzésére alkalmas eljárás kidolgozása.

A szivárgási probléma mozgásegyenleteiben szereplő állandók (elsősorban a szivárgási tényezők) vizsgálata, a gyakorlatot kielégítő meghatározása. A szivárgással szemben működő ellenállást jellemző egységes dinamikai rendszer megalkotása.

A háromfázisú zónában kialakuló hidrológiai folyamatok, a telítetlen porózus közegben végbemenő áramlás elemzése, a talajnedvesség tárolódását leíró pF görbe dinamikai értelmezése és alkalmazása szivárgás-hidraulikai feladatok megoldására.

A mozgó alkatrészt nem tartalmazó kapcsoló és szabályozó ún. fluid elemek áramlástan vizsgálat, a veszteségek csökkentésére irányuló kutatások, az elemekben kialakuló áramlás alapjelenségeinek elméleti és kísérleti vizsgálata.

Az áramlásba helyezett testek által gerjesztett hangjelenségek vizsgálata mind a hangforrás lehetséges megszüntetése vagy csökkentése, mind a keletkezett zaj csillapítása szempontjából.

Épületek szélterhelésének vizsgálata.

Rúd-, cső-, stb. szerkezetek szélterhelésének és gerjesztett rezgéseinek vizsgálata.

Hígáramú pneumatikus szállítás fizikai jellemzőinek elméleti és kísérleti vizsgálata.

Sűrűáramú (fluidizációs) és dugós szállítás vizsgálata, gazdaságos szállítási mód meghatározása.

Porszerű anyagmozgatás kifejlesztése, pneumatikus szállítóberendezés ciklonjaihoz méretezési módszer kidolgozása.

Porkoncentráció mérési módszer kidolgozása, ehhez új gázmennyiségmérési eljárás kifejlesztése.

## 2. Áramlástechnikai gépek és berendezések

Az 1. alatt említett szingularitások módszerének alkalmazása járókerék lapátrácsának tervezésére és ellenőrzésére a járókerék előtti áramlási viszonyok figyelembevételével összenyomhatatlan közeg feltételezésével.

A szingularitások módszerén alapuló, az áramlástechnikai gépek lapátosításnak méretezésére és ellenőrzésére kidolgozott módszer általánosítása összenyomható közeg esetére, kísérleti vizsgálatok.

A szingularitások módszerének alkalmazása erősen ívelt profilos kettős lapátrácsok számítására.

A szingularitások módszerének alkalmazása lapátrácsokban fellépő instacionárius áramlás esetére, a vizsgálat kifejlesztése kettős rácsokra.

Áramlástechnikai gépek elméleti jelleggörbéjének meghatározása hidrodinamikai rácselmélet alapján.

Vízgépekben keletkező hidraulikai veszteségek analízise azok csökkentése, azaz a hatásfok javítása érdekében.

Áramlástechnikai gépek főméretének, a belső tér kialakításának optimalizációjára irányuló vizsgálatok.

Vízgépek kavitációs jelenségeinek, egyben a léptékhatásnak a vizsgálata. A vízgépek alkatrészeire ható hidraulikai erők elméleti és kísérleti vizsgálata.

Instacioner jelenségek vizsgálata turbina- és szivattyútelepeknél.

Instacioner aerodinamikai hatások tanulmányozása a repülőgépeken észlelhető lengési jelenségekkel kapcsolatban.

Helikopter és autogiro rotorok aerodinamikája, a ferde csavarörvényfelület által indukált sebességek számítása.

A Rogallo típusú (egyenlőszárú háromszög alaprajzú) szárny gyakorlati aerodinamikai jellemzőinek mérése a geometriai arányok függvényében.

A sugár irányában változó perdületre méretezett axiális átömlésű ventillátorok elméleti és kísérleti vizsgálata, a célszerű alkalmazás feltételeinek meghatározása.

Keresztáramú ventillátorok elméleti és kísérleti vizsgálata.

Nagyerőművek speciális követelményeit kielégítő kazán aláfúvó és elszívó ventillátorainak elméleti alapon történő kifejlesztése és kísérleti vizsgálata.

Légfüggönyök elméleti és kísérleti vizsgálata.

Hidrodinamikus tengelykapcsolók elméleti és kísérleti vizsgálata, elméleti méretezési eljárás kidolgozása. A forgó rendszerbeni hőmérsékletmérés alapján a biztosítási szinthez tartozó jelleggörbék felvétele. Új, magas lobbanáspontú töltőfolyadék kikísérletezése.

Turbinás áramlásmérők metrológiai tulajdonságai és a bennük kialakuló valóságos áramlás közti kapcsolat elméleti és kísérleti vizsgálata.

Vákuumszivattyúk előttét injektoraként alkalmazható hangsebesség feletti gázinjektor kifejlesztése, elméleti számítási módszer kidolgozása.

### 3. Vízgazdálkodás és vízépités

A mesterséges és természetes medrekben levonuló nem permanens vízmozgások leírása (árvizek levonulása, öntözőcsatornák üzemi kérdései stb.).

Tároló és tisztító medencék áramlástanai vizsgálata, a medencék geometriájának optimalizálása az adott cél szempontjából, elméleti és kísérleti módszerek.

Rezgésvizsgálatok a műtárgyhidraulika tárgyköréből.

Sekélyvízi hullámvázások vizsgálata (sekélyvízű hazai tavak és tározók problémái).

A hordalékszemcsék megindulásának, mozgásának, lerakódásának és rendeződésének elméleti és kísérleti vizsgálata (a hordalékmozgás dinamikai elemzése, a görgetett hordalékszállítás leírása, statisztikai módszerének kidolgozása).

Szennyvízbeocsátás, hőszennyeződés stb. során fellépő elkeveredési problémák elméleti és kísérleti vizsgálata.

A szivárgáshidraulika kismintatörvényeinek meghatározása.

Felszín alatti vízutánpótlás kérdéseinek vizsgálata.

Nagykiterjedésű, mély üledékgyűjtőmedencék összefüggő dinamikai rendszerének vizsgálata.

Árvízvédelmi töltések szivárgási problémáinak vizsgálata, gyakorlati számítási módszer kidolgozása.

Duzzasztó művek okozta talajvízproblémák vizsgálata, a természetes helyzet elemzése, szabályozó rendszerek tervezése.

Kutak vízáradóképeségével kapcsolatos vizsgálatok, a vízelszakadás jelenségének elemzése és számítása, a beáramlás eloszlásának és a rétegek konszolidációja révén kitermelhető vízkészlet számítása.

Öntözőcsatornák szivárgási veszteségeinek számítása, a talajvízfelszínváltás előrejelzésének, a talajvízháztartás és sófelhalmozás folyamata kapcsolatának vizsgálata.

A drénezési és lecsapolási munkálatok szivárgáshidraulikai problémáinak vizsgálata.

Nagy területeken végbemenő felszín alatti víztermelés hatása új számítástechnikai módszerének kidolgozása.

## IV. A TUDOMÁNYÁG KÜLÖNBÖZŐ IRÁNYÚ KAPCSOLATAIRÓL

A műszaki mechanikát egységesen átfogó, szervezett koordináció hazánkban ezideig még nem alakult ki. Az egyes tudományágazatok területén folyó kutatási munka koordinálása szempontjából fontos szerepük van a helyzetkép elején felsorolt Akadémiai Bizottságoknak. Ezek mellett ki kell emelni a IUTAM Magyar Nemzeti Bizottság és az IFTOMM Magyar Nemzeti Bizottság koordinációs tevékenységét is és a különböző mechanikával kapcsolatos hazai és nemzetközi egyesületek tagjaiból alakult csoportok szervező munkáját. A Budapesti Műszaki Egyetemen folyó mechanikai kutatás összefogásában és anyagi támogatásában az MTA Műszaki Mechanikai Tanszéki Munkaközösségnek van kiemelkedő szerepe. Hasonló szerepet töltött be fennállásáig az MTA Áramlástechnikai Tanszéki Munkaközösség is.

Az elmúlt években hazánkban a műszaki mechanika egyes területein számos nemzeti és nemzetközi konferenciát, kollokviumot ankétot és tudományos ülészakot rendeztek. Ezek a kutatók kapcsolatát és munkájuk koordinálását ugyancsak nagyban elősegítették.

A műszaki mechanikai kutatás más tudományágakkal (pl. matematika, fizika) való kapcsolata szervezett formában nincs biztosítva, csupán személyes ismeretségekre alapul. A gyakorlattal való kapcsolat az ipari kutatóintézetekben és a gyárakban általában közvetlenül megvalósul, az egyetemi kutatóhelyek esetében pedig többek között az ipari megbízások révén realizálódik. Az információcsere és ezen keresztül a gyakorlati alkalmazás szempontjából az említett tudományos rendezvényeknek és publikációknak (monográfiák, tankönyvek, szakkönyvek, jegyzetek, kutatási jelentések, tanulmányok) valamint vitáknak, előadásoknak, ill. tanfolyamoknak van jelentőségük.

A mechanikával foglalkozó magyar nyelvű könyvek száma viszonylag kevés.

A mechanika tárgyú tanulmányok mintegy 10 különböző szaklapban, más tárgyú cikkekkel vegyesen jelennek meg és ezért nehezen áttekinthetők. Nincs hazánkban egy olyan — jóformán minden más országban meglévő — magyar vagy idegen nyelvű szakfolyóirat, amely csak mechanikai tárgyú tanulmányokat publikál. Egy ilyen folyóirat a mechanikai kutatás koordinálását valamint hazai és nemzetközi kapcsolatát nagymértékben előmozdítaná.

## V. A HAZAI KUTATÁS HELYZETÉNEK ÖSSZEVETÉSE A NEMZETKÖZI HELYZETTEL

A Szovjetunióban, az Amerikai Egyesült Államokban és a fejlett kapitalista országokban igen sok olyan intézet működik, ahol kifejezetten mechanikai kutatással foglalkoznak. Ezek a tudományos akadémiák keretében működnek, illetőleg elsősorban a rakéta-, repülőgép-, hajó- és hadiipartól részesülnek jelentős anyagi támogatásban. A környező szocialista országok-

ban ugyancsak mindenhol szerveztek mechanikai kutatóintézeteket. Ezek közül különösen a Lengyel Tudományos Akadémia keretében működő varsói kutatóintézet vívott ki nagy nemzetközi tekintélyt és elismerést. Érthető, hogy az említett országokban elsősorban ezekben az intézetekben végeznek szervezett mechanikai alapkutatást és a nagy költségigényű kísérleti kutatómunka is ezekre a helyekre koncentrálódik. Jellegzetességük még ezeknek az intézeteknek az is, hogy az elméleti vonatkozású munkában sok alkalmazott matematikus is részt vesz.

Hazánkban mechanikai intézet nincsen, ezért mechanikai kutatással csak a különböző intézmények keretében működő kisebb csoportok (tanszékek, osztályok) foglalkoznak. A kutatott témákat legtöbbször az egyének felkészültsége és érdeklődése szabja meg, és csak az utóbbi időben alakult ki néhány olyan kutatócsoport, ahol a témákat és a kutatókat tervszerűen választják meg. Bár a hazai mechanikai kutatás mennyiségileg elmarad a fejlett nagy országokétól, vannak olyan témák, amelyek terén az elért eredmények nemzetközi színvonalon állnak, és az ennek megfelelő elismerést is kivívták. Megállapítható, hogy ezek a témák (pl. a numerikus matematika alkalmazása diszkrét rendszerek statikai és dinamikai vizsgálatára, nagy alakváltozások és posztkritikus állapot tanulmányozása, a képlékenységtan anyagtörvényei, képlékeny szerkezetek statikai, dinamikai és stabilitás-vizsgálata, kontinuumok és szerkezetek rezgéstani kérdései, a valószínűségelméleti mechanika alkalmazása, szerkezetek modellkísérletei, a talaj fizikai tulajdonságai, földnyomáselméleti és cölöpalapozási problémák, áramlástechnikai gépek lapátózásának elmélete, kavitáció vizsgálatok, hordalékmozgás, szabad felszíni parmenens és nem permanens mozgás) jól beleilleszkednek a mechanikai kutatás nemzetközi irányvonalába és így biztosítják a hazai mechanikai kutatás helyes irányú fejlődését. Számos olyan téma is van természetesen, ahol csupán a külföldi eredmények tanulmányozása és módszeres feldolgozása folyik. Ez a munka ugyancsak hasznos, mert lehetővé teszi az eredmények átvételét és gyakorlati alkalmazását.

Szervezett nemzetközi munkakapcsolat eddig még csak kismértékben alakult ki. A meglévő együttműködés kisebb részben hivatalos, nagyrészt azonban egyéni kapcsolatokra alapszik. Az utóbbi években megnövekedett a hazánkban szervezett mechanikai tárgyú nemzetközi rendezvények száma, ami az együttműködést jelentősen előmozdítja. Szorgalmazni kell, hogy elsősorban a Szovjetunióban és a szocialista országokban működő mechanikai intézetekkel az eddigieknél szorosabb kapcsolat alakuljon ki.



## VI. A MŰSZAKI MECHANIKA VÁRHATÓ FEJLŐDÉSE

A jelenlegi nemzetközi fejlődést vizsgálva az elkövetkező néhány évtizedben a műszaki mechanikai kutatások feltehetően elsősorban az alábbi területekre fognak összpontosulni:

- anyagtörvények és alapvető összefüggések pontosabb és általánosabb megfogalmazása, az anyag időtől függő tulajdonságainak fokozottabb figyelembevétele, különböző fázisú közegek mozgástörvényei,
  - nem rugalmas és összetett anyagok vizsgálata,
  - új típusú szerkezetek (pl. sandwich-szerkezetek, nagy térelhatároló szerkezetek) vizsgálata,
  - nagy alakváltozások hatása,
  - szerkezetek postkritikus állapotának vizsgálata,
  - a nemlineáris alakváltozások, az alakváltozástól és az időtől függő dinamikai hatások figyelembevétele,
  - nem mechanikai hatások (pl. hőhatás) figyelembevétele,
  - a mechanikai jelenségek dinamikai jellegének behatóbb vizsgálata,
  - rezgéstani sajátérték problémák különös tekintettel a szerkezetvizsgálatra,
  - rendszerek és folyamatok identifikálási kérdései,
  - numerikus módszerek tökéletesítése és alkalmazásának szélesebb körű elterjedése,
  - finitizáló módszerek továbbfejlesztése,
  - variációs elvek továbbfejlesztése és szélesebb körű alkalmazása,
  - stochasztikus módszerek alkalmazása,
  - optimalizálási módszerek alkalmazása,
  - diszkontinuitások (repedések) vizsgálata,
  - az áramlástannak elsősorban a valóságos közeg figyelembevételével kapcsolatos kérdései.

Hazánkban elmélyült, rendszeres kutatást a jövőben is csak azon a néhány területen célszerű végezni, ahol már eddig is kollektív jellegű eredményes munka folyt, és jól összeforrt kutatócsoportok alakultak ki. Ezek a fentiekben felsorolt témákkal nagyrészt egybeesnek és így a mechanikai kutatás várható nemzetközi trendjével jó összhangban vannak. A kutatási erőket e témákon belül is elsősorban azokra a feladatokra kell összpontosítani, amelyek a népgazdasági fejlesztési tervekben, országos és tárcaszintű célprogramokban is szerepelnek és amelyekre a hazai ipar közvetlen igényt támaszt. Különösen fontosnak látszik, hogy ezeknek a feladatoknak számítógépes vizsgálatára egységes nyelvű programkönyvtárak kerüljenek kidolgozásra.

A műszaki mechanikai egyéb, hazánk kutatási és ipari profiljától távolabb eső területein a munka az információszerzésre, a külföldi eredmények rendszerezésére és átvételére korlátozható.

A mechanikai kutatások területén hazánkban az eddigiekhez képest lényeges struktúraváltozás és súlyponteltolódás nem várható. A numerikus módszerek és a számítógépek alkalmazása a jövőben még az eddigieknél is lényegesen nagyobb szerepet fog játszani. Az is várható, hogy a tervezett Műszaki Mechanikai Intézet megalakulása és a már eddig is kialakult kutató-csoportok további erősödése a kutatás területét, színvonalát és szervezettségét egyaránt növelni fogja.

## VII. A MŰSZAKI MECHANIKÁVAL KAPCSOLATOS OKTATÁS HELYZETÉNEK ÁTTEKINTÉSE

A Mechanika tudományterületén jelentkezett fejlődési irányok az oktatás területén is éreztetik hatásukat. Ez a mérnökképzésben, alaptárgyi jellegű műszaki mechanikai tantárgyak oktatásában az igényesebb elméleti megalapozásban mutatkozik meg. A szakok szerint differenciálódó oktatás segítségével az alkalmazási területek bizonyos mértékű bővülése is megfigyelhető. Sajnos, utóbbiak terén az oktatás kibővítésének gátat szab a rendelkezésre álló előadási órák száma. A kiutat a Nehézipari Műszaki Egyetem is és a Budapesti Műszaki Egyetem is a műszaki mechanika és a matematika területére orientált specialisták képzésében keresi. Ebben az elképzelésben folyik a képzés a BME Építőmérnöki Kar szerkezetépítőmérnöki és mérnök — matematikus szakán, továbbá a Gépészmérnöki Kar gépszerkesztő szakának matematikus mérnök, valamint a NME Gépészmérnöki Kar alkalmazott mechanikai ágazatán. Emeltebb szintű műszaki mechanikai képzést kapnak a Nehézipari Műszaki Egyetem géptervező szakán az általános gépészeti ágazat hallgatói is.

A Folyadékok mechanikáját ezen a néven, vagy az alkalmazások témaköreinek gyűjtőnéven az egyes műszaki egyetemek nappali, esti és levelező tagozatán oktatják. Az oktatás jelentős és általános problémája, hogy az elméleti vonatkozások a többi szaktárgyhoz viszonyítva magasabb szintű matematikai ismereteket igényelnek, a hallgatók ilyenirányú képzése pedig nem minden esetben kielégítő.

A Talajmechanika — ill. az alkalmazásokat is felölelő Geotechnika tárgy a BME Építőmérnöki karán fontos alapozó szaktárgyként — az új tantervben pedig választható államvizsgatárgyként — kerül előadásra.

A kőzetmechanika oktatás egyik bázisa a MNE. E tudományág oktatása különösen nagy lendületet nyert a geológus-mérnök képzés megindításával. Az oktatást korszerű laboratóriumok, modell-kísérleti berendezések segítik. Az építőmérnök képzésben a mérnökgeológia tárgy keretében oktatnak kőzetmechanikai alapismereteket.

A magasabb szintű mechanikai ismeretek oktatásában az említett

specialista képzések mellett igen fontos szerepe van a szakmérnökképzésnek és az egyetemi Továbbképző Intézet keretében szervezett ilyen vonatkozású tanfolyamoknak. Több olyan szakmérnöki tanfolyam is van, amely kifejezetten a műszaki mechanikai elméletnek, illetőleg mérnöki alkalmazásának oktatásával foglalkozik.

Sajnálatos, hogy a tudományegyetemeken mechanikával foglalkozó specialistákat (matematikusok, fizikusok) nem képeznek ki. Ez a magyarázata annak, hogy hazánkban — néhány kivételtől eltekintve — nincsenek a mechanika területén működő alkalmazott matematikusok.

A továbbképzés szempontjából is kedvezőtlen, hogy nincs hazánkban mechanika profilú tudományos folyóirat, és magasszintű magyarnyelvű mechanikai könyvek is csak egy-egy szűkebb területről jelentek meg.

### VIII. ÖSSZEFOGLALÓ ÉRTÉKELÉS ÉS KÖVETKEZTETÉSEK

Nemzetközi vonatkozásban az elmúlt néhány évtizedben elsősorban a rakéta-, repülőgép-, hajó- és hadiipar igényei és rohamos fejlődése a műszaki mechanikai kutatásoknak is kedvező anyagi feltételeket biztosított és erőteljes lendületet adott. A legjelentősebb fejlődés azokban a nagy országokban tapasztalható, amelyekben a fenti iparágaknak fontos szerepük van (pl. Szovjetunió, USA), elméleti téren azonban más országokban is (pl. Lengyelország) elérték jelentősebb eredményeket.

Hazánkban a kutatás volumene a kisebb államokhoz, például a szomszédos szocialista országokhoz képest sem kielégítő és a kutatások színvonala is heterogén. Ez a kisebb lélekszámon kívül elsősorban a mechanikai kutatásokat leginkább ösztönző ipari igények kisebb mennyiségével, a mechanikai profilú kutatóintézetek hiányával, valamint azzal a hiányossággal magyarázható, amely a műszaki mechanikának nemzetközileg megfigyelhető erős matematikai bázisa tekintetében nálunk észlelhető. Ugyanakkor azonban azt is megállapíthatjuk, hogy egyes — a nemzetközi fejlődést követő — területeken kutatóink magasszínvonalú, nemzetközileg is elismert eredményeket értek el, és több olyan tudományos iskola van kialakulóban, amely a kutatás további fejlesztésének és a káderutánpótlás biztosításának bázisát képezheti. Emellett annak a munkának is nagy jelentősége van, amely a kutatók érdeklődésétől és az ipar közvetlen igényeitől távolabb eső területeken az információszerzésre, a külföldi eredmények rendszerezésére és átvételére korlátozódik.

A hazai műszaki mechanikai kutatás továbbfejlesztésekor személyi és anyagi erőinket a jövőben is elsősorban a már eddig is eredményesen művelt területekre és kutatócsoportokra célszerű összpontosítani.

A kutatói munka mennyiségének és színvonalának emelése, valamint az összefüggő témák területén levő hézagok megszüntetése érdekében a meglévő szakemberek mellé fiatal kutatókat — közöttük lehetőleg nagyobb számban

alkalmazott matematikusokat és fizikusokat — célszerű bevonni. A mechanika távolabbi területein a jelenleg is meglévő információgyűjtő és adaptáló tevékenység a jövőben sem nélkülözhető.

A szakember utánpótlás biztosítása érdekében tovább kell erősíteni a mechanika tárgyakkal a felsőoktatásban betöltött jelentőségét, valamint az ilyen irányú szakágakat és szakmérnök tanfolyamokat. Az aspirantúrák és a hosszabb külföldi tanulmányutak keretében az eddigieknél nagyobb számban és szervezettebb módon kell biztosítani a mechanikai témakörök tanulmányozásának lehetőségét. A továbbképzést az eredeti magyar nyelvű vagy esetleg fordításban megjelenő magasszintű mechanika szakkönyvek nagyobb számban való publikálása is jelentősen elősegítené.

A mechanikai kutatás bázisát nagymértékben erősítené a tervezett Műszaki Mechanikai Kutató Intézet megalakulása és a Nehézipari Műszaki Egyetemen folyó szilárd test és folyadékmechanikai kutatás erősítése. Emellett az információcsere elősegítése érdekében szervezettebb együttműködést kell létrehozni az MTA illetékes bizottságai, valamint a hazai tanszéki kutatóhelyek és ipari kutatóintézetek között. Végül a fejlettebb országok kutatási eredményeinek átvétele céljából a külföldi — elsősorban a baráti országokban működő — kutatóhelyekkel és nemzetközi tudományos szervezetekkel az eddigieknél szorosabb és rendszeresebb kapcsolatot lenne célszerű kiépíteni.

**Situation Report on Technical Mechanics Research (1967 to 1975).** A report is made on the results of technical mechanics research conducted in Hungary from 1967 to 1975, and are compared with those achieved on international level. The teaching problems in connection with this discipline are dealt with and the anticipated directions of development of major importance are outlined. Finally, the proposals of essential importance are summarized whose realization would foster the development of the technical mechanics research in Hungary.

**Lagebericht über die ingenieurmechanischen Forschungen (1967 bis 1975).** Der Lagebericht gibt eine Übersicht über die Ergebnisse der ingenieurmechanischen Forschungen in Ungarn in den Jahren 1967 bis 1975 und vergleicht sie mit der internationalen Lage. Behandelt werden die mit der Disziplin zusammenhängenden Unterrichtsprobleme und die wichtigsten Vorschläge, deren Verwirklichung die Entwicklung der heimischen ingenieur-mechanischen Forschungen fördern würde.