

În memoriam

**Profesor RAUL
MIHAIL**
*- fondatorul școlii de
reactoare chimice din
România*



La data de 28 martie 2020 s-au împlinit 100 de ani de la nașterea profesorului Raul Mihail, întemeietorul școlii românești de reactoare chimice.

La această aniversare suntem stăpâniți de un dublu sentiment. Pe de o parte este un puternic sentiment de recunoștință pentru imensul bagaj de cunoștințe transmis doctoranzilor săi și generațiilor de studenți ai săi care s-au pregătit în meseria de inginer chimist având ca bază de studiu cursurile sale. Pe de altă parte, eu sunt cuprins și de un sentiment de satisfacție pentru că am ocazia să reamintesc și să trec în revistă, chiar dacă sumar, puternica amprentă lăsată în știința de inginerie chimică din România de către distinsului profesor universitar R. Mihail de la Universitatea Politehnica din București (UPBuc.), catedra de inginerie chimică, personalitate marcantă a comunității academice a chimiștilor și inginerilor chimiști din România.

Aportul Prof. R. Mihail la dezvoltarea științei și practicii de inginerie chimică din România a fost covârșitor, prin întemeierea și dezvoltarea rapidă a școlii de reactoare chimice în învățământul universitar de inginerie chimică din România. Prof. Raul Mihail a fost creatorul primelor manuale pentru această disciplină esențială (primul manual fiind elaborat în 1963, fiind al treilea din lume; manual îmbunătățit și dezvoltat succesiv dealungul anilor, vezi **Tabelul 1**).

Contribuția Prof. R. Mihail este definitorie la dezvoltarea acestei științe care caracterizează cel mai bine meseria de inginer chimist, respectiv știința reactoarelor chimice (biochimice și biologice), a interacției dintre reacția (bio)chimică și fenomenele de transfer de impuls, masă și căldură.

Noi, cei care l-am cunoscut (**Figura 3-4**), regretăm foarte mult faptul că profesorul Mihail s-a stins din viață în mod prematur, în urma unui accident (1985). Poate cel mai bine a spus acest lucru regretatul acad. Prof. Emilian Bratu în 1986 la

câteva luni după dispariția profesorului, în prefața cărții [Mihail, R., Grozeanu, I., Estimarea secvențială aplicată sistemelor chimice, EA]: “Este o pierdere ireparabilă pentru știința românească și pentru învățământul nostru de inginerie chimică. Noi, cei de la catedra de inginerie chimică pierdem un prieten neprețuit, numeroșii săi studenți regretă sincer pe profesorul lor iubit, pe distinsul pedagog, model de comportare în viață pentru toți cei care l-au cunoscut, prin spiritul său cuprinzător, de înțelegere a problemelor, un adevărat filozof al civilizației noastre”.

Biografie. Raul Mihail s-a născut la 28 martie 1920 în București. A urmat școala primară și prestigiosul Liceu Mihai Viteazu până în 1938. S-a înscris la Politehnica din București în 1938 și a absolvit-o ca inginer chimist cu mențiunea “foarte bine” în 1946. După absolvire, urmând pe firul anilor activitatea Prof. Mihail, în perioada 1946-1948 îl găsim inginer la CFR-Direcția Aprovizionării Materialelor - serviciul de proiectări - și apoi inginer de exploatare la Rafinăria Moris-Ploiești. În perioada 1949-1962, Prof. Mihail a activat în cercetarea științifică la Gruparea de Cercetare a Întreprinderilor Metalurgice de Stat, ulterior Institutul de Cercetări Chimice - ICECHIM - având succesiv funcțiile de cercetător, cercetător principal, șef de laborator, șef de secție și director adjunct științific. În perioada 1962-1965 este inginer șef la IPROCIM. În toată această perioadă (1949-1965) este și cadru didactic asociat în cadrul catedrei de “Procese și aparate”, mai târziu “Inginerie chimică”, a Institutului Politehnic București (facultatea de Chimie Industrială) [1].

Obține titlul de doctor inginer în 1968, cu teza “Procese de transfer însoțite de reacție chimică în sisteme eterogene” realizată sub conducerea academicianului Emilian BRATU. Începând cu 1965 devine cadru didactic titular în cadrul catedrei de “Procese și aparate” (mai târziu “Inginerie chimică”) a Institutului Politehnic București (mai târziu Universitatea Politehnica București)[1].

Cu multă perseverență, conștiinciozitate, putere de muncă, autoexigență și un neobosit spirit de investigator și creator, prof. Mihail a parcurs toate treptele didactice universitare, până la funcțiile de profesor și șef al colectivului de reactoare chimice și biochimice pe care le-a ocupat din 1974 până la încetarea din viață. Devine conducător de doctorate (1978) în specialitatea Inginerie chimică (reactoare și ingineria reacțiilor chimice, biochimice și a proceselor biologice). Spiritul viu, creator și neobosita sa căutare în vastul domeniu al modelării, proiectării, optimizării și integrării reactoarelor chimice biochimice și biologice industriale îl face să se lanseze în numeroase proiecte de cercetare naționale și în colaborări internaționale. În cadrul acestor proiecte conduce numeroase cercetări doctorale în tematica menționată. Cățiva dintre doctoranzii Prof. Mihail sunt indicați în (**Tabelul 1**). Rezultatele de excepție ale acestor cercetări sunt publicate în reviste de top, cu factorul de impact maxim în ingineria chimică [Chemical Eng. Science; AIChEJ; Ind. Eng. Chem. Research, Comput. & Chem. Eng. etc.]

Activitatea științifică. Prof. Mihail a avut o carieră excepțională de inginer chimist, dezvoltată de-a lungul a peste patru decenii, acumulând experiență din toate laturile profesiei: producție, cercetare și învățământ, lucru ce i-a permis să publice un

număr impresionant de cărți și manuale în domenii noi definite, dar și în domenii de graniță, printre care amintim:

- Reactoare chimice;
- Reactoare biochimice (enzimatice);
- Reactoare cu culturi celulare (biologice sau bioreactoare);
- Modelarea cineticii proceselor chimice (catalitice și ne-catalitice);
- Chimia monomerilor și a polimerilor;
- Ingineria reacțiilor de polimerizare, reactoare de polimerizare;
- Planificarea experimentelor și prelucrarea statistică a datelor experimentale;
- Metode numerice de optimizare;
- Optimizarea proceselor chimice;
- Proiectarea reactoarelor chimice, biochimice și biologice industriale;
- Etc.

Activitatea științifică a prof. Mihail se concretizează în: 132 articole ISI publicate în reviste de prestigiu (dintre acestea 53 fiind apărute în reviste din străinătate), 20 monografii și cursuri, dintre care câteva sunt listate în (**Tabelul 2**). Articolele sale continuă să înregistreze un număr mare de citari (peste 1500 în Googlescholar și Research-Gate). Dintre ele, manualul de “Reactoare chimice” a fost tradus în 1968 în limba rusă. În plus, prof. Mihail este autorul/co-autorul a 10 brevete de invenții, a 104 comunicări originale la conferințe, simpozioane și congrese naționale și internaționale; a 47 proiecte de cercetare cu unități industriale chimice și a 30 de procese tehnologice omologate și în parte aplicate. Cercetarea științifică a Prof. Mihail a fost nu numai una fundamentală de stabilire a bazelor teoretice a noilor discipline de studiu promovate (Reactoare și ingineria reacțiilor chimice și biochimice), dar și una cu un profund caracter aplicativ, așa cum o dovedește realizarea industrială majoră descrisă mai jos.

Contribuția științifică prețioasă a Prof. Mihail [vezi cărțile sale relevante din **Tabelul 1**] a fost și continuă să fie citată în literatura de specialitate. Câteva din articolele sale, listate în [5] continuă să fie promovate de co-autorii doctoranzi [câteva fiind menționați în **Tabelul 2**], contribuția sa de excepție fiind recunoscută și prin acordarea a numeroase premii științifice, cum ar fi: i) Premiul Academiei “Gheorghe Spacu”, 1983, pentru “Modelarea proceselor chimice”; ii) Premiul Academiei “Nicolae Teclu”, 1985, pentru “Catalizator și proces pentru conversia metanolului la olefine” (**Figura 2**); iii) Premiul de Stat cl.I, 1954, pentru “Sinteza monomerului și polimerului de clorură de vinil.”

Realizări industriale majore. Fără îndoială că principala realizare industrială majoră a Prof. Mihail este cea legată de studiul de modelare cinetică, proiectare (pe bază de modele matematice), ridicare-la-scară, realizarea și punerea în funcțiune (1985) a unei instalații pilot la scară industrială la Combinatul Petrochimic/Rafinăria Brazi (**CPB**) privind un proces nou, complex, de avangardă, respectiv transformarea metanolului în olefine (**MTO**) sau în benzină sintetică (**MTG**). În acest fel, se urmărește valorificarea unor resurse naturale ieftine (gaz natural, cărbune inferior),

sau regenerabile (biomasă, deșeuri lemnoase) prin transformarea acestora în metanol (via gaz de sinteză) și apoi într-o gamă largă de hidrocarburi cu valoare industrială ridicată sau în combustibili ieftini și puțin poluanți. O descriere detaliată a acestui proiect de avangardă și de importanță majoră atât pe plan național cât și internațional este făcută de Maria [2], Keil [3], Bertau et al. România [4].

Proiectul MTO-MTG a fost un proiect științific și industrial complex care a implicat un număr semnificativ de specialiști în domeniul chimiei (cercetători științifici, chimiști, ingineri de analiză a proceselor, ingineri chimiști care lucrează în modelarea matematică, calcule ingineresti și proiectarea de instalații chimice) de la mai multe instituții [2]. Proiectul a durat mai mult de un deceniu (1980-1995) și a fost finalizat cu proiectarea, construcția, punerea în funcțiune (1985) și operarea optimă semi-automată a instalației industriale de la CPB. Pe lângă studiul cinetic și testarea performanțelor procesele catalitice MTO-MTG, același pilot industrial a fost utilizat și pentru testarea performanțelor mai multor procese catalitice de acelaș interes major, respectiv: i) conversia metanolului la hidrocarburi BTX (aromatice); ii) alchilarea benzenului / etilbenzenului cu etilenă pentru obținerea de hidrocarburi aromatice superioare; iii) conversia etanolului la hidrocarburi; iv) alchilarea olefinelor C4 cu metanol pentru obținerea de olefine iso-C5; v) studiul cineticii dezactivării catalizatorilor MTO-MTG.

Din punct de vedere constructiv, instalația pilot industrial CPB (**Figura 1**) este formată din două reactoare catalitice cu pat fluidizat (FBR) notate R1-R2, cu caracteristicile indicate în [2]. În reactorul principal R1, catalizatorul (ZSM5, SAPO-34, mordenită sau alți silicați modificați [2]) este introdus sub formă de particule sub milimetrice unde este antrenat de reactantul gazos (metanol pur sau în amestec cu vapori de apă) introdus pe la partea inferioară a reactorului. Elutrierea catalizatorului este prevenită prin montarea unor cicloanele dispuse la vârf. Căldura de reacție este îndepărtată prin tuburile de răcire cufundate în patul catalitic. Regenerarea catalizatorului cocsat se realizează prin transportul său pneumatic continuu către regeneratorul R2 cu pat fluidizat (care funcționează în mod similar cu reactorul principal). Cocsul depus pe catalizator este îndepărtat în R2 prin arderea sa cu aer (introdus pe la partea inferioară). Catalizatorul regenerat este reîntors în R1 prin același transport pneumatic cu gaz inert (și nu cu abur ca în sistemul Mobil-Oil) pentru a preveni aglomerarea catalizatorului și înfundarea conductelor de transport. Procesul de reacție-regenerare continuă până la epuizarea catalizatorului. Funcționarea staționară a pilotului este menținută printr-un sistem sofisticat de control asistat de un calculator folosind modele simplificate ale procesului catalitic.

Pilotul industrial de la CPB a fost construit în principal pentru producerea benzinei sintetice (MTG). A fost o realizare industrială importantă atât la nivel național cât și internațional. Capacitatea de procesare a pilotului demonstrativ CPB a fost de cca. 400 tone/an, funcționând în condiții economice foarte bune, respectiv presiunea de 1 atm., cu consum minim de energie (procesul fiind exoterm) și realizând o conversie de 99% a metanolului (pentru ambele procese MTO-MTG), cu

temperaturi în stratul catalitic cvasi-stabile de 320-460°C (în funcție de proces). Mai multe detalii constructive și de funcționare sunt prezentate de Maria [2].

Această realizare industrială remarcabilă a constituit o noutate și la nivel mondial. La acea dată, un pilot MTG similar al lui Mobil Oil (USA) exploatat în Noua Zeelandă funcționa cu o baterie de 5-reactoare catalitice în strat-fix, dintre care în mod succesiv un reactor era oprit pentru regenerarea catalizatorului. În plus, condițiile de reacție erau mai severe, respectiv 350-370°C (MTO), 400-420°C (MTG) și 19-27 atm [3]. Abia ulterior, Mobil Oil (1985), Union Carbide (1986), UOP/Hydro (2005) și China (2015) au adoptat tehnologia celor două FBR interconectate, dar în variante constructive și funcționale diferite [3].

Pentru o astfel de realizare industrială și științifică de anvergură, echipa de lucru (Prof. Maria et al.) coordonată de Prof. Mihail a primit Premiul „Nicolae Teclu” al Academiei Române în 1985 (**Figura 2**).

Realizările didactice ale Prof. Mihail sunt multiple și structurate pe diverse planuri. În primul rând, Prof. Raul Mihail a fost un deschizător de drumuri. Are meritul introducerii și dezvoltării studiului reactoarelor chimice în învățământul tehnic din România. În ultimii ani ai vieții (1980-1985), datorită aceluși simț al noului care îl caracteriza, a introdus, tot pentru prima oară în țară, disciplina reactoarelor biochimice. Aceste domenii dificile ale ingineriei chimice și biochimice au fost făcute cunoscute numeroaselor serii de studenți, peste 30, prin publicarea a 9 manuale și tratate.

În anul 1963, când a apărut primul manual de „Reactoare în industria chimică” și care era chiar cursul pe care îl ținea studenților anului V ai Facultății de Chimie Industrială din București, problematica domeniului abia începea să se contureze pe plan mondial. În 1980, prof. Octave Levenspiel (întemeietorul acestei discipline la nivel mondial) la “Simpozionul de inginerie a reacțiilor chimice ISCRE 8” de la Nisa a menționat manualul prof. Mihail, ca fiind una din primele cărți de reactoare chimice din lume (a 3-a cronologic).

Trebuie subliniat faptul că, dacă înainte de 1970 lucrările profesorului Raul Mihail se refereau și la sinteze chimice, polimerizări și prelucrarea polimerilor, în special sub aspectul mecanismelor de reacție, după 1970 accentul a fost pus pe elaborarea modelului cinetic al procesului chimic, al modelului reactorului și simularea reactorului asistată de calculator, aspecte și metode de lucru care, mai ales din acest moment, au constituit preocuparea sa principală.

Una din ultimele sale cărți „Modele cinetice de polireacții” apărută la începutul anului 1986, reprezintă un unicat de metodă de abordare a cineticii reacțiilor de polimerizare, de pe poziția inginerului care se ocupă de analiza, dimensionarea și controlul reactorului în care se desfășoară aceste reacții.

Profesorul Raul Mihail a fost un făuritor de școală. Conștient de vastitatea domeniului asupra căruia se aplecase, l-a structurat pe subdomenii strategice: reactoare chimice, ingineria proceselor biochimice, procese de transfer de impuls, masă și căldură prezente în reactorul chimic, biochimic sau biologic, reologie

aplicată, procese de polimerizare și policondensare, strategia experimentării etc. (**Tabel 2**). A atras lângă el, pentru rezolvarea și dezvoltarea acestor problematici pe cei mai buni studenți. Mulți au devenit doctori ingineri, iar unii cadre didactice (**Tabel 1**). Unii dintre foștii săi studenți lucrează acum în S.U.A, Olanda, Franța, Israel, Siria, Algeria și conduc colective de cercetare proprii.

Prof. Mihail a participat la crearea și dotarea laboratorului didactic și de cercetare în domeniul reactoarelor chimice și biochimice de la UPBuc., laborator dezvoltat și întărit ulterior prin publicarea de noi manuale valoroase de către Prof. Ovidiu Muntean.

Fiind o personalitate puternică completată de dăruire, inițiativă și capacitate de a transmite pasiune și de a antrena colegii din comunitatea specialiștilor din domeniul ingineriei chimice în rândul căreia s-a bucurat de un profund respect, Prof. Mihail a fost tot timpul conștient de importanța disciplinelor de inginerie chimică de proces axate pe calculul ingineresc în dezvoltarea învățământului de inginerie chimică și al industriei chimice moderne.

În acest sens, Prof. Mihail a militat și a participat la crearea în cadrul facultății de Chimie Industrială din UPBuc. a specializării și apoi a facultății de „Utilaje și Ingineria Proceselor Chimice și Biochimice” (1981), participând activ la elaborarea planurilor de învățământ, a manualelor necesare, la conducerea studiilor de licență și post-universitare, la îmbunătățirea nivelului de pregătire a multor generații de absolvenți ai acelei specializări, dezvoltând-o și promovând-o prin proiecte și aplicații în mediul academic și în industria chimică.

Devotamentul total pentru școală, sentimentul puternic al responsabilității, autoexigență, spiritul de echipă și de implicare, i-au adus domnului profesor Raul Mihail respectul și recunoașterea colegilor din Catedra de Inginerie chimică a UPBuc., fiind apreciat ca un factor de echilibru dar și ca un element dinamic în perpetua reînnoire a preocupărilor Catedrei, în adaptarea lor la cerințele unui învățământ European modern și de performanță.

Un tragic accident de munte, în septembrie 1985 a pus capăt acestei vieți exemplare dăruită școlii, științei și industriei chimice românești. Dispariția profesorului a însemnat pentru toți care l-au cunoscut și cu care a colaborat, dispariția unui etalon de muncă, de dascăl, cu dragoste pentru studenți și cu o deosebită grijă pentru pregătirea lecțiilor de curs, un etalon în munca de cercetare științifică și un etalon de om de cultură, care poate găsi timpul necesar aplecării asupra muzicii, literaturii, culturii universale, asupra naturii și tainelor ei.

Toate acestea au fost îmbrăcate de Prof. Raul Mihail într-o conduită omenească și modestie de excepție și am dori aici să-i mulțumim doamnei Mihail (decedată) pentru viața sa de familie armonioasă, pentru sacrificiile pe care le-a făcut, astfel încât Profesorul a putut să acorde practic tot timpul meseriei căreia i-a dedicat întreaga sa viață.

Prin dispariția prematură a prof. dr. ing. **Raul Mihail**, comunitatea inginerilor chimiști din România, facultatea de Chimie Industrială (actualmente Chimie Aplicată) din cadrul UPBuc., și învățământul românesc de inginerie chimică și

biochimică a pierdut o mare personalitate recunoscută a acestui domeniu, un distins profesor care a contribuit la formarea unui mare număr de specialiști pentru care a fost și va rămâne un model de conduită profesională și morală.

Bibliografie

1. CATEDRA DE INGINERIE CHIMICA A UNIV. POLITEHNICA BUCURESTI, În memoria – Professor RAUL MIHAIL – fondatorul școlii de reactoare chimice din România, Rev. Chim.(Bucharest), 61(4), 2010, p. 427-428.
2. MARIA, G., From residual biomass and inferior quality coal to the synthesis of methanol and then to hydrocarbons and gasoline – a Romanian project of high success, Juniper publ. Inc., Simi Valley, California 93063 (USA), 2018, ISBN 978-1-946628-16-9, <https://juniperpublishers.com/ebook-info.php>
3. KEIL, F.J., Methanol-to-hydrocarbons: Process technology, Microporous and Mesoporous Journal, 29, 1999, p. 49-66.
4. BERTAU, M., OFFERMANN, H., PLASS, L., SCHMIDT, F., WERNICKE, J.M., Methanol: The basic chemical and energy feedstock of the future: Asinger's vision today, Springer Science & Business Media, Berlin, 2014.
5. MIHAIL, R., Research Gate statistics, 2002.
https://www.researchgate.net/scientific-contributions/85546892_R_Mihail

Prof. Dr. Ing GHEORGHE MARIA^{1,2,*}

¹ membru corespondent al Academiei Române

² Dept. Inginerie chimică și biochimică
Universitatea Politehnică din București

(*) gmaria99m@hotmail.com

Tabel 1. Câțiva dintre doctoranzii Prof. R. Mihail (și anii de stagiu)

Prof. dr. ing. BOZGA Grigore	1978-1985	Prof. dr. ing. MARIA Gheorghe	1981-1987
Cerc. dr. ing. OGNEAN Teodor	1978-1986	Prof. dr. ing. JUNCU Gheorghe	1985-1994
Cerc. dr. ing. TEODORESCU Cristian	1978-1985	Cerc. dr. ing. TURCU Adrian	1983-2003
Dr. ing. TOWFIGHI Jafar (Iran)	1981-1986	Prof. dr. ing. DIMIAN Alexandru	?-1982
Conf. dr. ing. STEFAN Alexandru	?-1985	Prof. dr. ing. WOINAROSCHY Alexandru	1970-1985
Dr. ing. Claude SINGER (Teva Pharmaceutical Industries Ltd. Israel)	?-1985	Dr. ing. STRAJA Sorin (USA)	1981-1988

Tabel 2. Câțeva cărți relevante publicate de Prof. R. Mihail

1	Velea, I., Mihail, R., Tehnologia sintezei monomerilor, ET, București, 1966
2	Mihail, R., Reactoare chimice - analiză, dimensionare, Litografia Institutului Politehnic București, 1963, 1968, 1971
3	Mihail, R. Modelarea reactoarelor chimice, ET, București, 1976
4	Mihail, R., Introducere în strategia experimentării cu aplicații din tehnologia chimică, Ed. științifică și enciclopedică, București, 1976
5	Vântu, V., Mihail, R., Macris, V., Ivanus, G., Piroliza hidrocarburilor, ET, București, 1980
6	Mihail, R., Vantu, V., Macris, V., Piroliza hidrocarburilor, ET, București, 1992
7	Mihail, R., Muntean, O., Reactoare chimice, ET, București București, 1983.
8	Mihail, R., Muntean, O., Bozga, G., Nagy, I., Juncu, G., Lavric, V., Maria, G., Teodorescu, C., Straja, S., Îndrumar de Proiectarea Reactoarelor Chimice, Litografia Institutului Politehnic București, 1984, 1985, 1987
9	Mihail, R., Muntean, O., Lavric, V., Ingineria proceselor biochimice, Litografia Institutului Politehnic București, 1988
10	Mihail, R., Ștefan, A., Simularea proceselor de prelucrare a polimerilor, ET, București, 1989
11	Mihail, R., Grozeanu, I., Estimarea secvențială aplicată sistemelor chimice, Ed. Academiei Române, București, 1986
12	Mihail, R., Modele cinetice de polireacții, Editura Științifică și Enciclopedică, București, 1986

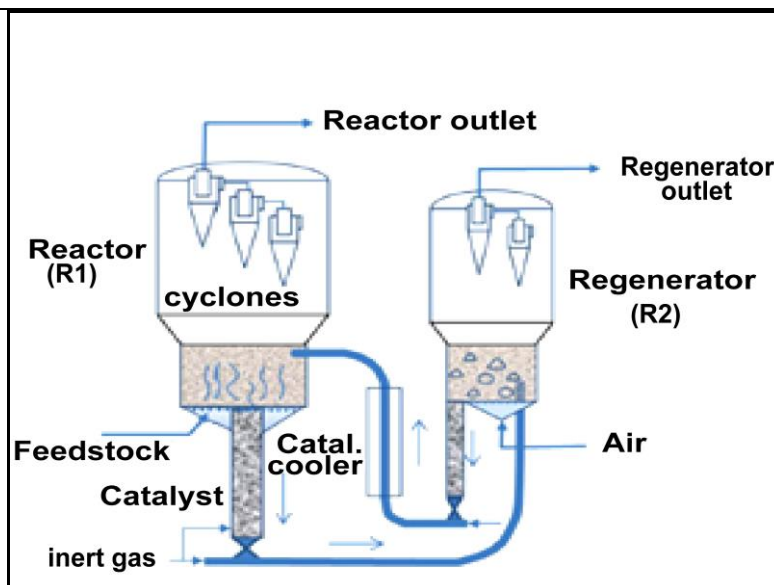


Figura 1. Schema simplificată a pilotului industrial de la Combinatul Petrochimic Brazi (Ploiești, România), utilizat pentru studiul procesului MTO-MTG, dar și al altor procese catalitice. Pilotul include două reactoare catalitice în strat-fluidizat (FBR): unul în care se conduce reacția dorită (MTO, MTG etc.) și altul pentru regenerarea catalizatorului. Catalizatorul prezintă o circulație continuă între cele două FBR prin transport pneumatic cu un gaz inert [2].



Figura 2. Premiul "Nicolae Teclu" acordat în 1985 de Academia Română colectivului de ingineri [incluzând Prof. R. Mihail, Prof. G. Maria et al.] care au contribuit la studiul cineticii procesului catalitic MTO-MTG, precum și la proiectarea, realizarea și punerea în funcțiune (1985) a pilotului industrial de la Combinatul Petrochimic Brazi (Ploiești).



Figura. 3. În Laboratorul de Reactoare Chimice al Fac. de Chimie Industrială - UPBuc. (1982). (de la stânga) lector Iosif Nagy (acum pensionar), prof. C. Balaban (decedată), prof. Raul Mihail, dr. L.C.Tao (China; decedat), prof. G. Maria, prof. O. Muntean (acum pensionar), dr. S. Straja (acum în USA) și lector M. Filipescu (decedată).



Figura. 4. În Catedra de Inginerie Chimică a Fac. de Chimie Industrială - UPBuc. (1980). (de la stânga) acad. prof. Radu Tudose (UT Iași; decedat), prof. Marcela Muntean (acum pensionară), prof. Raul Mihail.