

**FOLYAMATOS ŐRLÉSI FOLYAMATOK**  
**SZÁMÍTÓGÉPPEL SEGÍTETT**  
**NUMERIKUS VIZSGÁLATA**

Doktori (PhD) értekezés tézisei

Készítette: Dr. Buzáné Kis Piroska

A Veszprémi Egyetem  
Informatikai Tudományok Doktori Iskolája keretében

Témavezető:  
Dr. László Zoltán nyugalmazott egyetemi docens,  
a matematika tudomány kandidátusa és  
Dr. Mihálykó Csaba egyetemi docens, PhD

Matematikai és Számítástechnikai Tanszék  
Veszprémi Egyetem

2004

## Előzmények és célkitűzések

Az őrlésnek fontos szerepe van számos iparágban. Az őrlés nagy energiaigényű művelet, melyet a széleskörű alkalmazásoknak megfelelően különféle működési elvű őrlőkészülékekkel végeznek. A dolgozat alapvetően a hengeres golyósmalmi folyamatos őrlés vizsgálatával foglalkozik. A folyamatos őrlések kétfélek: nyílt és zárt őrlések. A nyílt folyamatos őrléskor az őrlendő anyagot folyamatosan táplálják be a malomba annak bejáratánál, az anyag a malmon való végighaladása során őrlődik, majd a kijáraton keresztül az őrlemény folyamatosan kiáramlik a malomból. Nagyon gyakran osztályozót is társítanak a malomhoz. Ilyenkor a malom kijáratánál az őrlemény osztályozásra kerül. Az apró szemcséket, mint készterméket eltávolítják az őrlési folyamatból, míg a nagy szemcséket újraőrlésre visszaadják. Az ilyen típusú őrlés a zárt folyamatos őrlés. Zárt őrlés során az osztályozó működési módja és az őrlemény durva része visszaadási módja következtében kétféle üzemzavar keletkezhet: a malom megszorulása és a malom túltelítődése, melyeket – üzembiztonsági és gazdaságossági szempontok miatt – ki kell védeni.

A folyamatos őrlések matematikai leírásával, analitikus vizsgálatával a feladat nehézsége miatt keveset foglalkoztak, e helyett a részproblémák és főként a konkrét gyakorlati őrlések számítógépes szimuláció útján történő tanulmányozását végezték a téma kutatói. A nyílt folyamatos őrlésekhez képest a zárt folyamatos őrlések matematikai leírását tovább nehezíti az osztályozó készülék figyelembevétele. A zárt őrlések terén sem analitikus, sem numerikus vizsgálatot eddig még nem végeztek, a matematikai modellek fejlesztésük nagyon korai szakaszában vannak.

A dolgozat célkitűzése a zárt folyamatos őrlés matematikai leírásának megadása, egy olyan matematikai modell megalkotása, amely

- speciális esetként magában foglalja a nyílt folyamatos őrlés leírását,
- az őrlési folyamat számítógéppel támogatott tanulmányozása alapjául szolgál,
- az őrlési folyamat tanulmányozása mellett annak tervezésében is használható,
- alkalmazásával a zárt őrléskor a malom megszorulása vagy túltelítődése folytán keletkező üzemzavar előre jelezhető,
- alkalmazásával gazdaságossági és hulladék-gazdálkodási szempontok figyelembe vehetők,
- használatával a késztermékre vonatkozó előírások teljesítéséhez szükséges működési paraméterek optimális értékei megadhatók, a modell alkalmazása hozzájárul az üzemi termelés optimalizálásához.

## Az alkalmazott kutatási módszerek

A kutatás a hazai és a külföldi szakirodalom tanulmányozásából, az értekezés elméleti megalapozásából, az értekezés tárgyát képező numerikus vizsgálat elvégzéséből, az eredmények értékeléséből, valamint következtetések levonásából állt.

Alapvetően az 1941-től 2003-ig terjedő időszakban született, őrléssel kapcsolatos tudományos közlemények közül elsősorban az őrlések matematikai leírásával foglalkozó szakirodalmat tanulmányoztam. A nyílt folyamatos őrlések leírására elterjedten használják a szemcseméret szerinti diszkrét modellek közül a Whiten-féle (Whiten, 1974) és a Mika-féle (Mika, 1976) modellt. A nyílt folyamatos őrlések leírására javasolják a folyamatos őrlés folytonos alapegyenletének használatát (Mihálykó et al., 1998), mert az alapegyenletben a szemcseméret, a szemcse malombeli tartózkodási helye és az idő is szerepel, míg az előző két modellben e három változó közül csak kettő fordul elő. A nyílt folyamatos őrlés esetén további módszer az őrlemény jellemzői számítására a szemcsék malombeli tartózkodási idő eloszlásán alapuló eljárás (Keviczky et al., 1984), valamint a Markov-láncok alkalmazása (Berthiaux, 2000).

A zárt folyamatos őrlés leírására újonnan kidolgozott matematikai modellek Whiten, Mika, Mihálykó és kutatótársai modelljéhez hasonlóan, a fizikai-kémiai rendszerek megmaradási és mérlegelveire támaszkodnak (Whiten, 1974, Mika, 1976, Mihálykó et al., 1998). Az értekezés elméleti alapját képező, a populációs mérlegegyenletek elméletének alkalmazásával megalkotott folytonos modell analitikus megoldása nem ismert – derült ki a másodrendű parciális differenciálegyenletek idevonatkozó elméletéből. A numerikus analízis eszközeivel – a közönséges és parciális differenciálegyenletek numerikus módszerei, továbbá a numerikus differenciálási és integrálási módszerek alkalmazásával – kaptam meg a modell közelítő megoldását. A numerikus analízis témaköréből alkalmaztam még a numerikus konvergencia-vizsgálatot és a feltételes függvény minimalizálást.

Igénybe vettem a lineáris algebra eljárásait: a modellek felírásában a rekurzív lineáris egyenletrendszer mátrix formára hozásában és a sajátértékek vizsgálatában. A késleltetett differenciaegyenletek elméletét a modelleknek a konvergencia-vizsgálat céljára történő átírásához alkalmaztam.

A diszkrét modellek matematikai diszkussziója során a matematikai modellezés eszközeit használva meggyőződtem arról, hogy a diszkrét matematikai modellek teljesítik a természettörvényeket és a viselkedésük megfelel a várakozásoknak.

A programozásméleti módszerek a számítógépes programok és az algoritmusok tervezésében kaptak szerepet, míg a programozási módszerek a számítógépes szimuláció megvalósításában, amelyet C programozási nyelven és Matlab programcsomag alkalmazásával végeztem.

Valószínűségszámítási és matematikai statisztikai eszközöket használtam a számítások elvégzésére és az eredmények kiértékelésére. A számítógépes szimuláció során a statisztikai jellemzők számítását a matematikai statisztikában ismertetett módon hajtottam végre.

Elvégeztem a modellek numerikus diszkusszióját.

A számítási eredmények alapján megállapításokat tettem, következtetéseket vontam le. Az eredmények közzétételére, megjelenítés táblázatokat, ábrákat is használtam.

## **Irodalom**

Berthiaux, H., Analysis of grinding processes by Markov chains, Chem. Eng. Sci., 55 (2000) 4117-4127.

Keviczky, L., Hilger, M., Kolostori, J., Folyamatidentifikáció, folyamatirányítási kutatások a szilikátiparban 3., Szabályozástechnikai őrlésmélet, SZIKKTI, Budapest, 1984.

Mihálykó, Cs., Blickle, T., Lakatos, G. B., A simulation model for analysis and design of continuous grinding mills, Powder Technology, 97 (1998) 51-58.

Mika, T. S., A solution to the distributed parameter model of a continuous grinding mill at steady state, Chem. Eng. Sci., 31 (1976) 257-262.

Whiten, W. J., A matrix theory of comminution machines, Chem. Eng. Sci., 29 (1974) 31-34.

## **Új tudományos eredmények**

Az értekezés új tudományos eredményei az alábbiakban foglalhatók össze:

### **1. Tézis**

Matematikai modelleket dolgoztam ki golyósmalmokban végzett folyamatos őrlés leírására és vizsgálatára.

1.1. Elkészítettem a zárt folyamatos őrlés folytonos matematikai modelljét.

1.2. A zárt folyamatos őrlés folytonos matematikai modelljéből levezettem a zárt folyamatos őrlésnek azt a diszkrét matematikai modelljét, amely a szemcsék áramlását és törését valószínűségszámítási értelemben egymást kizáró eseményként írja le. (Modell I.)

1.3. A szemcsék áramlását és törését valószínűségszámítási értelemben egymást kizáró eseményként leíró diszkrét modellből átalakításokkal származtattam a szemcsék áramlását és törését valószínűségszámítási értelemben egymástól független eseményként leíró diszkrét modellt. (Modell II.)

1.4. Bebizonyítottam, hogy a zárt folyamatos őrlés folytonos, illetve diszkrét matematikai modelljei speciális esetekben megadják a nyílt folyamatos őrlés és a szakaszos őrlés folytonos, illetve diszkrét matematikai modelljeit.

1.5. A diszkrét matematikai modellekre alapozva számítógépes szimulációt dolgoztam ki golyósmalmokban végzett folyamatos őrlések tanulmányozására.

[1], [4], [5], [7].

### **2. Tézis**

Bebizonyítottam a diszkrét modellegyenletek megoldásának nemnegativitását és numerikus konvergenciáját. Numerikus kísérletekkel igazoltam, hogy a számítógépes szimuláció útján nyert eredmények megfelelnek a várakozásoknak, összhangban állnak a malom várható viselkedésével.

2.1. Bebizonyítottam, hogy a szemcsék áramlását és törését valószínűségszámítási értelemben egymást kizáró és egymástól független eseményként leíró modellek esetén egyaránt igaz az, hogy a szimulációs időegység

megválasztható úgy, hogy a zárt folyamatos őrlés egyenletrendszerében előforduló minden együttható nemnegatív, amiből kifolyóan a megoldás nemnegatív.

- 2.2. Igazoltam, hogy a szemcseméret és a malomhosszúság szerinti felosztások finomításával a numerikus kísérletekkel kapott számítási eredmények konvergensek. A numerikus kísérletek tanúsága szerint a szekciók és a szemcseméret-osztályok számát alkalmasan, legalább tíznek megválasztva a numerikus kísérletek számítási eredményei megfelelő pontosságúak.
  - 2.3. Numerikus kísérletekkel igazoltam a diszkrét modellekre alapozott számítógépes szimulációs eredmények nagymértékű egyezését az irodalomban ismertetett tapasztalati eredményekkel.
  - 2.4. Numerikus kísérletekkel megmutattam, hogy a kifejlesztett számítógépes szimuláció számításai szerint, amennyiben a működési és a kinetikai paraméterek értéke állandó, a folyamatos őrlési folyamatban beáll a stacionárius állapot a kinetikai és a működési paraméterek tapasztalati értékeit tekintve, ha időegységenként azonos mennyiségű és összetételű friss anyagot adagolunk be.
- [6].

### 3. Tézis

Elvégeztem a diszkrét modellek matematikai diszkusszióját, bebizonyítottam a diszkrét modellek legfontosabb tulajdonságait.

- 3.1. Bebizonyítottam, hogy a folyamatosan beadagolt anyagmennyiség megválasztható úgy, hogy a nyílt és a zárt folyamatos őrlés során egyaránt bármely időpillanatban a malom minden szekciójában állandó az anyagmennyiség, feltéve, hogy az őrlés kezdetén a malomban sehol sem torlódott az anyag, továbbá a kinetikai és a működési paraméterek értéke állandó.  
Következésképpen a kiszabott feltételek mellett a malom minden szekciójában minden időpillanatban, így a stacionárius állapotban is, állandó az anyagmennyiség.
- 3.2. Bebizonyítottam, hogy a stacionárius állapotban folyamatos őrléskor a malom minden szekciójában azonos mennyiségű anyag van, ha az időegységenként beadagolt friss anyag mennyisége és összetétele változatlan, valamint a kinetikai és működési paraméterek értéke állandó.
- 3.3. Azzal a feltétellel, hogy az időegységenként beadagolt friss anyag mennyisége és összetétele változatlan, továbbá a kinetikai és működési paraméterek értéke állandó, bebizonyítottam azt, hogy a stacionárius állapotban a késztermék mennyisége megegyezik a beadagolt friss szemcsék mennyiségével.
- 3.4. Bebizonyítottam, hogy azonos kezdeti betöltési és beadagolási feltételek teljesülése esetén bármely időpillanatban a malomban legalább ugyanannyi anyag van zárt folyamatos őrléskor, mint nyílt folyamatos őrléskor és az őrlemény mennyisége is legalább ugyanannyi a zárt folyamatban, mint a nyílt folyamatban, ha a zárt és a nyílt őrlési folyamatot jellemző megfelelő paraméterek értékei rendre megegyeznek.
- 3.5. Igazoltam, hogy a zárt folyamatos őrlés esetén az őrlés kezdetétől a malom stacionárius állapota eléréséig a malombeli anyagmennyiség növekedése a beadagolt friss szemcsék mennyiségének speciális megválasztása esetén arányos az átlagos tartózkodási idő alatt a stacionárius állapotban az osztályozóból visszaáramló anyagmennyiséggel, feltéve, hogy a beadagolt friss anyag összetétele, továbbá a kinetikai és a működési paraméterek értéke állandó.
- 3.6. Feltéve, hogy a beadagolt friss anyag összetétele, valamint a kinetikai és a működési paraméterek értéke állandó, igazoltam azt, hogy zárt folyamatos őrléskor az időegységenként a malomba beadagolt friss anyag mennyisége megválasztható úgy az osztályozó működésének és a malom terhelhetőségének figyelembevételével, hogy a malom túltelítődése elkerülhető legyen.
- 3.7. A kinetikai és a működési paraméterek értékét állandónak feltételezve, meghatároztam a stacionárius állapotban a szekcióbeli anyagmennyiségnek a beadagolt friss szemcsék mennyiségétől való függése képletét, ha a zárt folyamatos őrléskor időegységenként azonos mennyiségű és összetételű friss anyagot adagolunk be, továbbá meghatároztam a visszatérített anyag mennyiségének a beadagolt friss szemcsék és a szekcióbeli anyag mennyiségétől való függése képletét ugyanilyen feltételek mellett.

[1], [5].

### 4. Tézis

Numerikus kísérletekkel igazoltam, hogy az 1. Tézisben szereplő diszkrét modellekre alapozott számítógépes szimuláció felhasználható a folyamatos őrlés tanulmányozására és tervezésére, alkalmazásával megvalósítható a malom biztonságos és takarékos üzemeltetése.

- 4.1. Igazoltam, hogy a nyílt és a zárt folyamatos őrlés esetén egyaránt igaz az, hogy közelítőleg a malom hosszával egyenes arányban csökken a stacionárius állapotbeli átlagos szemcseméret, a szórás viszont egyenes arányban kissé nő.  
Zárt őrlést végezve a jól és a kevésbé jól törő anyag is jobban leőrlik, azonban a stacionárius állapot beállításához szükséges idő a zárt őrlésnél a nyílt őrléskor szükséges idő többszöröse, a különbség a jól törő anyagok esetén kisebb, a rosszul törőknél nagyobb.
- 4.2. Eljárást dolgoztam ki az előírásoknak megfelelő késztermék előállításához szükséges működési paraméterek optimális értékei megállapítására függvényminimalizáló módszer alkalmazásával.
- 4.3. A malombeli konvekcióra vonatkozóan megállapítottam, hogy a konvektív áramlási sebesség növelésével egyenes arányban nő az őrlemény és a késztermék átlagos szemcsemérete, míg a szórását a változás alig érinti.
- 4.4. Megállapítottam, hogy az axiális diszperzió értékének növekedése az őrlemény és a késztermék átlagos szemcseméretének kis mértékű növekedését, az őrlemény szórásának csekély mértékű csökkenését, a késztermék szórásának elenyésző mértékű változását eredményezi.
- 4.5. A kinetikai paraméterekre vonatkozóan megállapítottam, hogy az  $\alpha$ , a  $\beta$  és a  $\gamma$  paraméterek értékének növelése, a  $K_s$ , a  $\Phi$  paraméterek értékének csökkentése az őrlemény és a késztermék átlagos szemcseméretének növekedését, szórásának csökkenését eredményezi.
- 4.6. Igazoltam, hogy a kidolgozott diszkrét modelleknek a kinetikai és működési paraméterek változása hatását is figyelembe vevő módosításával kapott modelleknek a malombeli anyagmennyiségekre, eloszlásokra vonatkozó számítási eredményei a tapasztalati megállapításokkal összhangban állnak.
- 4.7. Megmutattam, hogy a kidolgozott diszkrét modellek felhasználhatók annak az üzemi őrlésnek a folyamat-szabályozására, amelynek során a betáplált friss szemcsék mennyiségét az osztályozóból visszatérített durva szemcsék mennyisége függvényében csökkentik a malombeli anyagmennyiség konstans értéken tartása érdekében.
- 4.8. A tranziens állapotra vonatkozóan megmutattam, hogy az őrlemény statisztikai jellemzői az őrlés kezdetén változnak a legnagyobb mértékben. A stacionárius állapot bekövetkezését a számítógépes szimuláció megbízhatóan állapítja meg.
- 4.9. A malombeli anyagmennyiségre vonatkozó numerikus kísérletekkel megállapítottam, hogy a jól törő anyagok őrlésekor a malomban a recirkuláció okozta hirtelen anyagmennyiség-növekedést az anyagmennyiség folyamatos csökkenése követi, kevésbé törő anyagoknál a malombeli anyagmennyiség oszcillációja jelentkezik, a rosszul törő anyagok őrlésekor – esetleg jelentéktelen oszcillációt követően – folyamatosan növekedik a stacionárius állapotbeli mennyiség eléréséig.
- 4.10. Igazoltam, hogy a szemcsék áramlását és törését egymást kizáró eseményeknek tekintő modell (Modell I) kisebb átlagos szemcseméretet, de kissé nagyobb szórást eredményez, mint az áramlás és törés függetlenségét feltételező modell (Modell II).

[2], [3], [8], [9],[10].

## Az új tudományos eredmények hasznosítása

Az eredmények hasznosíthatók a folyamatos őrlést végző hengeres golyósmalmok és a légsugaras malmok egyes típusai, kisebb módosításokkal más típusú malmok modellezésére is. Ilyen készülékeket számos ipari területen alkalmaznak, például a cement- és a vasgyártásban, a kerámia-, a szilikát-, a gyógyszer-, az élelmiszeriparban, az ásványi anyagok előkészítése területén.

A szimulációs eredményeknek a tapasztalati eredményekkel való nagymértékű egyezése azt a reményt kelti, hogy a felsorolt területeken történő alkalmazásra a modell nehézségek nélkül bevezethető, s a használatából kimutatható gazdasági előnyök származnak.

A modellek felhasználhatók az őrlő-osztályozó folyamat tervezésében is. Elkerülhető a többletköltséget okozó túlőrlés, ezzel egyrészt nagyon jelentős megtakarítás érhető el a különösen nagy energiaigényű őrlések során, másrészt elkerülhető a túlőrlésből származó veszteség. A finomőrléseknél a túlőrlés szintén veszteséget okozó kedvezőtlen irányú változásokat idézhet elő, aminek következtében nagyon drága gyógyszeripari, kozmetikai és más finomvegyipari anyagok válhatnak részben vagy teljesen használhatatlanná.

A modell alkalmazásával előrejelzés adható a zárt őrlés során a malom megszorulásából vagy túltelítődéséből származó üzemzavarra, így a szükséges megelőző intézkedések még időben megtehetők.

Az őrlési folyamat késztermékére vonatkozó előírások gazdaságosan teljesíthetők a modell felhasználásával. A folyamat modellezése a gazdasági szempontokon túl a környezetvédelem miatt is fontos, mert a modellek segítségével jól megtervezett őrlések során kevesebb hulladék keletkezik, s környezetet kímélő, alapanyag- és energiatakarékos gazdálkodás valósul meg.

A dolgozatban bemutatott eredmények azt mutatják, hogy az őrlési folyamatok szimuláció útján való tanulmányozása jelentősen hozzájárul a folyamatok mélyebb megértéséhez és fontos szerepet tölt be az őrlésekhez kapcsolódó feladatok megoldásában.

## **Az értekezés témaköréből készült publikációk**

### **Referált nemzetközi folyóiratban megjelent/elfogadott cikkek**

- [1] Kis, P. B., Mihálykó, Cs., Lakatos, G. B., Mathematical models for simulation of continuous grinding process with recirculation, Acta Cybernetica, 15 (2002) 529-545.
- [2] Kis, P. B., Mizonov, V. E., Mihálykó, Cs., Lakatos, G. B., Aszimtoticszeszkie rezsenija raznosztnyih uravnyenyij kinetiki uzmelcsesznyija v zamknutom cikle, Hímija i Himicseszskaja Technologija, 47 (2004) 131-133.
- [3] Kis, P. B., Mihálykó, Cs., Lakatos, G. B., Optimizing design of the continuous grinding mill-classifier systems, Chemical Engineering and Processing, 44 (2005) 273-277.
- [4] Kis, P. B., Mihálykó, Cs., Lakatos, G. B., Mathematical models and computer programs for simulation of continuous grinding processes with classification, International Journal of Mineral Processing. (Elfogadott.)

### **Lektorált konferencia-kiadványban megjelent cikkek**

- [5] Kis, P. B., Mihálykó, Cs., Lakatos, G. B., Mathematical models for simulation of continuous grinding process, Proc. The Seventh Fenno-Ugric Symposium on Software Technology, Szeged, (2001) 155-167.
- [6] Kis, P. B., Mihálykó, Cs., Lakatos, G. B., Discrete modelling of continuous grinding mill-classifier, Proc. 4<sup>th</sup> International Symposium on Mathematical Modelling, Bécs, (2003) CD-ROM, 1067-1073.

### **Nemzetközi konferencia-kiadványban megjelent cikkek**

- [7] Kis, P. B., Mihálykó, Cs., Lakatos, G. B., Mathematical models and computer programs for simulation of continuous grinding process with classification, Proc. 10<sup>th</sup> European Symposium on Comminution, Heidelberg, (2002) CD-ROM, P03, 1-13.
- [8] Kis, P. B., Mihálykó, Cs., Lakatos, G. B., Optimising design of the continuous grinding mill-classifier, Proc. The 4<sup>th</sup> International Conference for Conveying and Handling of Particulate Solids, Budapest, (2003) Vol. 1, 8.69-8.74.
- [9] Kis, P. B., Mihálykó, Cs., Lakatos, G. B., Comparison of two discrete models for closed mill-classifier systems, Proc. of 16<sup>th</sup> International Congress of Chemical and Process Engineering, Prága, (2004) CD-ROM, F7.8.

### **Hazai konferencia-kiadványban és folyóiratban megjelent cikkek**

- [10] Buzáné Kis P., Mihálykó Cs., Lakatos G. B., Recirkulációs őrlési folyamat számítógépes szimulációja, Műszaki Kémiai Napok '03 Konferencia kiadványa, Veszprém, (2003) 392-397.
- [11] Buzáné Kis P., Mihálykó Cs., Lakatos G. B., Markov-láncok alkalmazása zárt folyamatos őrlés modellezésére, GÉP, 6 (2004) 14-15.

### **Nemzetközi konferencia előadások**

- [12] Kis, P. B., Mihálykó, Cs., Lakatos, G. B., Mathematical models for simulation of continuous grinding process, The Seventh Fenno-Ugric Symposium on Software Technology, Szeged, 2001.
- [13] Kis, P. B., Mihálykó, Cs., Lakatos, G. B., Numerical method for solving the population balance equation of continuous grinding processes, Numerical Methods and Computational Mechanics, Miskolc, 2002.
- [14] Kis, P. B., Mihálykó, Cs., Lakatos, G. B., Discrete modelling of continuous grinding mill-classifier, The 4<sup>th</sup> International Symposium on Mathematical Modelling, Bécs, 2003.
- [15] Kis, P. B., Mihálykó, Cs., Lakatos, G. B., Optimising design of the continuous grinding mill-classifier, The 4<sup>th</sup> International Conference for Conveying and Handling of Particulate Solids, Budapest, 2003.
- [16] Kis, P. B., Mihálykó, Cs., Lakatos, G. B., Asymtotic behaviour of the delay difference equations of the grinding mill-classifier system, International Conference on Delay Differential and Difference Equations with Applications, Veszprém, 2003.

- [17] Kis, P. B., Mihálykó, Cs., Lakatos, G. B, Comparison of two discrete models for closed mill-classifier systems, 16<sup>th</sup> International Congress of Chemical and Process Engineering, Prága, 2004.

#### **Poszter**

- [18] Kis, P. B., Mihálykó, Cs., Lakatos, G. B, Mathematical models and computer programs for simulation of continuous grinding process with classification, 10<sup>th</sup> European Symposium on Comminution, Heidelberg, 2002.

#### **Hazai konferencia előadások**

- [19] Buzáné Kis P., Mihálykó Cs., László Z., A matematikai modellezés és számítógépes szimuláció néhány tapasztalata,  
Matematika-Fizika-Informatika Főiskolai Oktatók Országos Konferenciája, Zalaegerszeg, 2001.
- [20] Buzáné Kis P., Mihálykó Cs., Lakatos G. B., Recirkulációs őrlési folyamat számítógépes szimulációja,  
Műszaki Kémiai Napok '03, Veszprém, 2003.