

UOT 661.099.2

TOZŞƏKİLLİ MADDƏLƏRİN DƏNƏVƏRLƏŞMƏSİ PROSESİNİN SİSTEM TƏHLİLİ VƏ RİYAZİ MODELƏRİNDƏ DETERMİNLƏŞMƏ VƏ TƏSADÜFİLİK

SƏMƏDLİ VÜQAR MUXTAR oğlu

AMEA-nın Akademik M.Nağıyev adına Kataliz və Qeyri-üzvi Kimya İnstitutu, Bakı, Azərbaycan, doktorant
vsamadli@nobeloil.com

Açar sözlər: dənəvərləşmə, tozşəkilli maddələr, silindrik aparat, sistem təhlil, modelləşdirmə

Məlumdur ki, tozşəkilli materialların dənəvərləşdirilməsi prosesi mürəkkəb fiziki-mexaniki proses olaraq müxtəlif təsadüfi, fiziki hadisələrlə müşayiət edilirlər, bu hadisələrə aşağıdakıları göstərmək olar: qranuləmələgəlmə mərkəzlərinin yaranması, qranulların öz aralarında və aparatın divarı arasında qarşılıqlı təsirlər, mexaniki təsir və sürtünmə nəticəsində qranulların aşınması, xarici qüvvələr təsiri altında qranulların sıxlaşdırılması və s. [1-2] Odur ki, çox sayda müxtəlif qüvvələrin təsirinə əsasən qranuləmələgəlmə prosesi təsadüfi və stoxastik xüsusiyyətə malikdir. Bu isə qranulların əmələ gəlməsi zamanı onların müxtəlif ölçülərə malik olması əlaqələndirici maddənin damcılarının təsadüfi ölçüləri və qranullara təsir edən qüvvələrin xassəsi ilə əlaqədardır. Bununla bağlı olaraq, əmələ gələn qranulların aparatda paylanması xüsusiyyəti və təsadüfi xarici qüvvələrin təsirindən sürtünmə və dağılması nəticəsində sıxlaşmasını və yeyilməsini nəzərə alan, aparat boyunca dəyişməsi və böyüməsi proseslərinin tədqiqi mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Tozşəkilli materialların dənəvərləşdirilməsi prosesi kütlə mübadiləsi prosesləri ilə mürəkkəbləşmiş fiziki hadisələrə aiddir. Fiziki hadisələrin mahiyyəti isə müxtəlif qüvvələrin təsiri və əlaqələndirici maddənin iştirakında toz hissəciklərin vahid qranula birləşməsindən ibarətdir. Hadisələrin mürəkkəbliyi və stoxastikliyi dənəvərləşdirmə prosesinin zaman ərzində təhlilini tələb edir, burada prosesə təsir edən bir çox amillər nəzərə alınır [3-4]. Tozşəkilli materialların dənəvərləşdirməsi prosesinin sistemli analizi müxtəlif fiziki qarşılıqlı əlaqəli hadisələrin iyerarxik qanunauyğunluğu və analizi ilə müəyyən olunur (şəkil) və aşağıdakı mərhələlərdən ibarətdir:

- qranul ölçülərinin sürətinin dəyişməsinə təyin edən əlaqələndirici maddənin iştirakı ilə dənəvərləşmənin mexanizmi və kinetikasi, həmçinin prosesin kinetikasını təsdiqləyən eksperimental tədqiqatların aparılması. Silindrik aparatlarda qranulların böyümə sürəti aparatın fırlanma tezliyi, əlaqələndirici maddənin qatılığından asılı olan qranulun səthinə tozun laylanma qatılığı, toz hissəciklərin və qranulların cari ölçüləri, qranuləmələgəlmədə nüvələrin (özəklərin) ölçülərini və qranul səthinin islanmasını təmin edən əlaqələndirici maddənin damcılarının ölçüləri ilə müəyyən olunur;

- müəyyən səthi gərginlik əmsalına malik əlaqələndirici maddənin iştirakı ilə qranulların əmələ gəlməsi prosesində səthi gərginlik əmsalı toz hissəcikləri arasındakı van-der-vaals əlaqələrin xassəsinə və qranulların əmələgəlməsinə və tamamlanmasına mühüm təsir göstərir. Müəyyən səthi gərginliyi və digər fiziki xassələri (sıxlıq, özlülük) olan mayenin mövcudluğu əlaqələndirici maddənin damcılarının ölçülərini müəyyən edir. Damcılardan ölçüləri müəyyən həddə qədər artdıqca tamamlanmış qranulun son diametri də artır. Əlaqələndirici maddənin damcılarının ölçülərinin paylanması hesabına qranul əmələgəlmə prosesi müxtəlif ölçülü qranulların əmələ gəlməsi ilə müşayiət olunur;

- əmələ gələn qranulların öz aralarında və aparatın divarı arasındakı qarşılıqlı təsirindən onların sıxlaşdırılması, yeyilməsi (aşınması) mümkündür. Qranulların sıxlaşdırılması – əsas amil kimi, onların sıxılmasına və qranulun səthinə doğru əlaqələndirici maddənin sıxışdırılmasına gətirib çıxarır. Qranulun səthi üzərində əlaqələndirici maddənin qatılığı qranulun böyüməsinin və onun tamamlanmasını müəyyən edir. Əlaqələndirici maddə damcılarının ölçülərindən asılı olaraq müxtəlif ölçüdə qranullar əmələ gələ bilər. Əlaqələndirici maddə damcılarının böyük ölçülərdə

olması vahid qranulun əmələgəlmə prosesini poza bilər. Qranulların sıxlaşdırılması dənəvərləşdirmə prosesi zamanı toz hissəcikləri arasında körpücükler şəklində əlaqələrin davamlılığını, onun möhkəmliyini və qranulun sıxlaşmış quruluşunu təmin edir. Eyni zamanda qranulların öz aralarında və aparatın divarı arasında qarşılıqlı təsir nəticəsində onların deformasiyası baş verir ki, bu da kürəcik formasının pozulmasına və quruluşun aşınmasına səbəb olur. Beləliklə, qranulların əmələ gəlməsi prosesində müvafiq rejimin seçilməsi əsas amil hesab olunur, belə ki, həmin rejim nəticəsində sıxlaşdırılmış kürəcikdən qranullar əmələ gələ bilər;

- müxtəlif ölçülü qranulların əmələ gəlməsi baş verərsə, dənəvərləşmə prosesi stoxastik hesab olunur. Bununla əlaqədar olaraq, qranulun tərkibi polidispersliyə malik olur, onların xarakteristikalarını qiymətləndirmək üçün statistik parametrlərdən - əsasən qranulların ölçülərinə görə paylanma funksiyası və ya orta xarakteristikasından istifadə etmək məqsədəuyğundur. Baraban aparatda qranulların əmələ gəlməsi onların aparatda qalma müddətindən asılı olduğu üçün onun xarakteristikaları haqqında rəy aparat daxilində müəyyən zaman ərzində qranulların ölçülərinə görə paylanmasının təkamülü paylanma funksiyası ilə müəyyənləşdirilir. Bu prosesdə təkamülün riyazi təsvirinin əsasını dənəvərləşdirilmə sürətini nəzərə almaqla, Fokker-Plankin stoxastik tənliyi təşkil edir. Məsələnin həllinə belə yanaşma aparatın uzunluğu boyunca prosesin xarakteristikasını qiymətləndirməyə imkan yaradır;

- sistem təhlilin növbəti mərhələsi tozşəkilli maddələrin dənəvərləşdirilməsi prosesinin riyazi modelinin qurulmasından ibarətdir. Buraya prosesin həm kinetikasi, qranullarda əlaqələndirici maddənin kütləköçürməsi, həmçinin qranulların zamana görə paylanması daxildir. Riyazi modelin tərkibinə digər fiziki hadisələr də daxildir, belə ki, tozşəkilli maddənin nəmləndirilməsi, əlaqələndirici maddənin səpilməsi, qranulların sıxlaşdırılması, yeyilməsi və s. hadisələri göstərmək olar. Riyazi model qeyri-xətti, Fokker-Plank tənliyini nəzərə aldıqda isə mürəkkəb quruluşa malikdir, bununla əlaqədar olaraq, onun həlli üçün rəqəmli üsullar və alqoritmlərin işlənməsi tələb olunur. Bundan başqa, qranulların əmələgəlməsinin optimal şəraiti nəzərə alınaraq, optimal kriteriyalar və qranulların verilən intervalda ölçülərini təmin edən müvafiq məhdudiyətlər qeyd olunur;

- tozşəkilli materialların qranuləmələgəlmə proseslərinin sistemli analizinin son mərhələsi kinetika və prosesin modelləşdirilməsi əsasında aparılmış tədqiqatların optimal parametrlərinin müəyyənləşdirilməsindən, texnologiyasının işlənməsindən və aparatların arasında texnoloji əlaqələrin qurulmasından ibarətdir. Mərhələnin tərkibinə yeni aparatların işlənməsi, müvafiq aqreqlərlə texnoloji sxemin təmin edilməsi, əlaqəli aparatlarda optimal rejimin və əlaqələrin seçilməsi, texnologiyanın iqtisadi və ekoloji effektivliyinin tədqiqi daxildir.

Tozşəkilli materialların dənəvərləşdirilməsi proseslərinin sistem təhlili prosesdə gedən hadisələri sistemləşdirməyə və iyerarxik quruluşlu hər mərhələnin riyazi modelini əsaslandırmağa imkan yaradır. Silindrik tip dənəvərləşdiricilərdə tozşəkilli maddələrin dənəvərləşdirilməsi prosesinin sistemli analizi əsasında determinləşmiş-stoxastik modelləri ehtimal etmək mümkündür. Burada determinləşmə-fenomenoloji təsvirin yaranması ilə ifadə olunur. Stoxastiklik isə alınan nəticələrin paylanma funksiyasının təkamülü formasında təfsirindən (interpretasiya) ibarətdir.

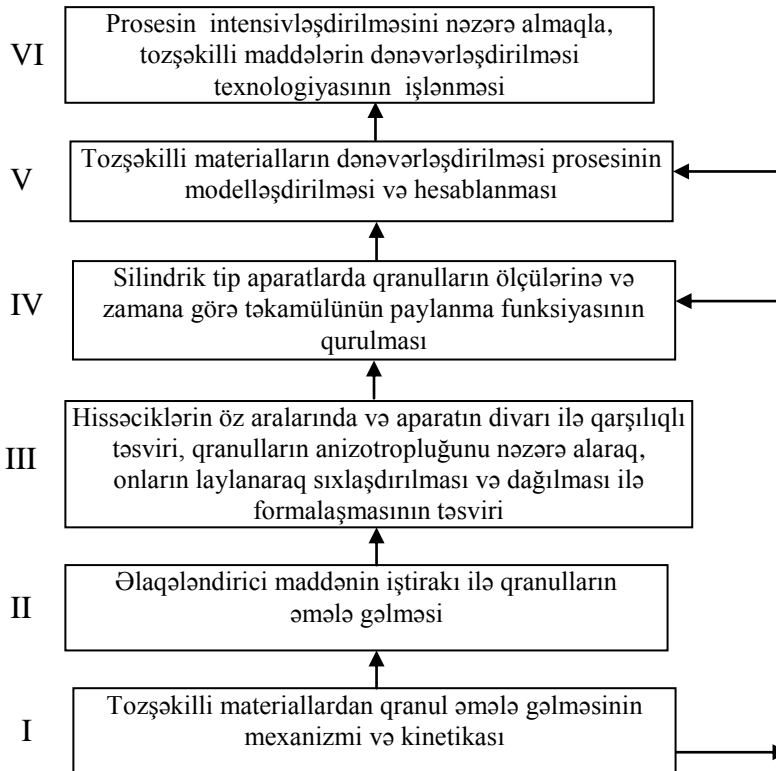
Diskret qoşulmalar hesabına dənəvərləşdirilmə və aqlomerasiya prosesləri diskret-aramsız sistemlərin xassələrini əks etdirirlər və bir çox təsadüfi və determinləşmiş hadisələrlə xarakterizə olunurlar. Beləliklə, dispers sistemlər haqqında eksperimental və nəzəri informasiya determinləşmiş qeyri-təsadüfi proseslərin yığılması nəticəsində formalaşır. Sonuncular əsas hadisələri mürəkkəbləşdirərək fenomenoloji modellərlə və fluktasiya göstəriciləri ilə təsvir olunurlar. Ümumi halda substansiya köçürülmə hadisələrinin klassik modelləri əsasında tozşəkilli materialların dənəvərləşdirilməsi proseslərinin analizi, tədqiqi və hesablanması üçün yararlı olan fenomenoloji modellər qurula bilər [5]. Parametrik təsadüfi modellərlə müqayisədə aralarında kiçik oxşarlıq olmasına baxmayaraq, belə modellər daha sadə riyazi quruluşa malikdir. Makro qeyri-bircinsli dispers mühitdə determinləşmiş stoxastik modellər üçün D_x , sahəsində (oblastında) struktur xüsusiyyəti X_i (hissəciklərin qatılığı və ölçüləri, hissəciklərin təsadüfi sürəti və diffuziya) parametrik təsadüfi sahənin iki toplanana parçalanmasının mümkünüehtimal olunur:

$$\tilde{X}_i(D_x) = \langle X_i(D_x) \rangle + \delta\tilde{X}_i$$

burada $\langle X_i(D_x) \rangle$ -riyazi gözləmə $X_i(D_x)$ kimi integrallanan və D_x oblastında müəyyən edilən determinləşmiş funksiya; $\delta\tilde{X}_i$ -eksperimental təyin edilmiş statistik xarakteristikalarla birgə X_i fluktasiyasıdır. Bununla əlaqədar olaraq, dənəvərləşdirilmiş mühidə hadisələrin daha dolğun təsviri determinləşmiş və stoxastik göstəricilərin əsasında qurula bilər. Təcrübələrdən görüldüyü kimi, dispers sistemlər nəzəriyyəsində determinləşmiş və stoxastik modellər bir-birinin əksi olmadığı üçün prosesin maksimal təsvirində bir-birini tamamlayırlar. Əsasən, daha çox ümumiləşmiş parametrik model vasitəsilə dispers sistemlərin determinləşmiş modellərinin tətbiq kriteriyalarını qeyd etmək mümkündür. Belə ki, $\delta\tilde{X}_i$ real struktur elementlərə təsadüf edirsə, o zaman D_x oblastında $\delta\tilde{X}_i$ təxminən lokal xüsusiyyətlərin sahəsi kimi şərh oluna bilər. Bu zaman

$$\frac{|\delta\tilde{X}_i|}{\langle X_i(D_x) \rangle} = \frac{|\tilde{X}_i(D_x) - \langle X_i(D_x) \rangle|}{\langle X_i(D_x) \rangle} = \delta_i \ll 1$$

düsturun qiymətləndirilməsi determinləşmiş modellərin tətbiq kriteriyası olmaqla, məlum olmayan $\delta\tilde{X}_i$ elementlərin daxili miqyasa görə kiçik şərti də ola bilər. Burada baxılan struktur xarakteristikası X_i məlum olan xarakteristika ilə müqayisə edilir. Təsadüfi kəmiyyətin bu halda paylanması yalnız hissəciklərin dəyişən ölçülərinə deyil, həmçinin qatılıq, qranulların ölçüləri və onların sürətlərinə aiddir.



Şəkil. *Tozşəkilli maddələrin dənəvərləşməsi prosesinin iyerarxik qanunauyğunluğu.*

Beləliklə, hər nəzərdə tutulan real mühit üçün verilən köçürmə prosesinin X_i xarakteristikalarının ortalanması vasitəsilə hər makrofiziki kiçik həcmdə diskret elementlərin böyük sayına görə riyazi sahə kəmiyyətləri X_i daxil olunur. Sonuncular müvafiq tamamlanmış mühiti lokal xarakterizə edir. Yəni tamamlanmış mühit kimi real cisimləri (dispers mühitlər) deyil,

onların riyazi modellərini göstərmək məqsədəuyğundur. Dispers mühitdə hadisələrin riyazi təsviri əsasən prosesin elementar xüsusiyyətlərindən təcrid olunmuş təxmini şəkildədir.

Qeyd olunanları ümumiləşdirərək belə bir nəticəyə gəlmək olar ki, tozşəkilli maddələrin dənəvərləşdirilməsi prosesində özək (nüvə) ətrafında hissəciklərin aqlomerasiyası nəticəsində qranulların formalaşmasını və sıxlaşmasını xarakterizə edən qanunauyğunluqların müəyyənləşdirilməsində və dispers mühitdə hadisələrin tamamlanmış determinləşmiş-stoxastik modelinin qurulması üçün stoxastik modelləşdirilmə üsullarından əlavə həmçinin fenomenoloji modellərlə təsvir olunan köçürmə hadisələrini də tətbiq etmək vacibdir. Dispers mühitdə belə əlavələr kimi stoxastik diferensial tənliklər, əsasən də Fokker-Plank tənliyi götürülür. Onlar qranulların ölçülərinə və zamana görə paylanmasının təkamülünü müəyyənləşdirmək məqsədilə, paylanma funksiyalarının qurulması üçün tətbiq edilir.

ƏDƏBİYYAT

- 1.Классен П.В., Гришаев И.Г. Основы техники гранулирования. М.: Химия, 1982, 272 с.
- 2.Гусейнов А.С., Келбалиев Г.И. Интенсификация процессов гранулирования суперфосфатных порошков на основе методов системного анализа // Химическая промышленность, 1992, №2, с.53-55
- 3.Гришаев И.Г., Гриневич В.А. Исследование процесса гранулирования в агрегате трубчатый аммонизатор – гранулятор // Химическая промышленность сегодня, 2006, №8, с.33-37
- 4.Gluba T. The effect of wetting droplet size on the growth of agglomerates during wet drum granulation // Powder Technology, 2003, v.130. pp.219-223
- 5.Мамедов М.И., Келбалиев Г.И., Гусейнов А.С. Детерминированно-стохастическое моделирование процессов гранулирования порошкообразных материалов // Теор. основы хим. техн. 1986, т. XX, №4, с.514-520

РЕЗЮМЕ

ДЕТЕРМИНИРОВАНИЕ И СЛУЧАЙНОСТЬ В СИСТЕМНОМ АНАЛИЗЕ И МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЯХ ПРОЦЕССА ГРАНУЛИРОВАНИЯ ПОРОШКООБРАЗНЫХ ВЕЩЕСТВ

Самедли В.М.

Ключевые слова: *гранулирование, порошкообразные вещества, цилиндрический аппарат, системный анализ, моделирование*

Проведен краткий обзор теоретических и экспериментальных исследований процессов гранулирования порошкообразных материалов в цилиндрическом аппарате, определены основные этапы гранулообразования в зависимости от применяемых добавок, осуществлен системный анализ процесса. Установлено, что процесс гранулирования порошкообразных материалов определяется иерархической структурой и анализом различных физических взаимосвязанных явлений и подразделяется на различные этапы.

SUMMARY

DETERMINATION AND RANDOMNESS IN SYSTEM ANALYSIS AND MATHEMATICAL MODELS OF POWDER GRANULATION PROCESS

Samedli V.M.

Key words: *granulation, powdered substances, cylindrical apparatus, system analysis, modeling*

A brief review of theoretical and experimental studies of granulation processes of powdered materials in a cylindrical apparatus was carried out, the main stages of granulation were determined depending on the additives used, a systematic analysis of the process was carried out, the granulation of powdered materials was determined by the hierarchical structure and analysis of various physical interrelated phenomena and divided into various stages.

Daxilolma tarixi: İlkin variant 18.07.2019
Son variant 25.09.2019