

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI

Əlyazması hüququnda

**TOZVARİ MADDƏLƏRİN DƏNƏVƏRLƏŞMƏSİ
PROSESİNİN SİSTEM TƏHLİLİ
VƏ İNTENSİVLƏŞDİRİLMƏSİ**

İxtisas: 3303.01 – Kimya texnologiyası və mühəndisliyi

Elm sahəsi: Texnika

İddiaçı: Vüqar Muxtar oğlu Səmədli

Fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi almaq üçün
təqdim edilmiş dissertasiyanın

A V T O R E F E R A T I

Bakı – 2021

Dissertasiya işi AMEA-nın Akad. M.Nağıyev adına Kataliz və Qeyri-üzvi Kimya İnstitutunun "Kimyəvi-texnoloji proseslərin modelləşdirilməsi" laboratoriyasında yerinə yetirilmişdir

Elmi rəhbər:

AMEA- nın müxbir üzvü, texnika elmləri doktoru, professor
Qüdrət İsfəndiyar oğlu Kəlbəliyev

Rəsmi opponentlər:

texnika elmləri doktoru, dosent
Aqil Rafiq oğlu Səfərov
texnika elmləri doktoru, professor
Cavanşir Firudin oğlu Məmmədov
texnika üzrə fəlsəfə doktoru, dosent
Lətifə Rəsul qızı Məmmədova

Azərbaycan Respublikası Prezidenti yanında Ali Attestasiya Komissiyasının Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyası akademik Y.H.Məmmədəliyev adına Neft-Kimya Prosesləri İnstitutunun nəzdində fəaliyyət göstərən ED 1.17 Dissertasiya şurası

Dissertasiya şurasının sədri:

kimya elmləri doktoru, akademik
Vaqif Məhərrəm oğlu Abbasov

Dissertasiya şurasının elmi katibi:

texnika üzrə fəlsəfə doktoru, dosent
Zaur Zabil oğlu Ağamalıyev

Elmi seminarın sədri:

texnika elmləri doktoru, dosent
Səyyarə Qulam qızı Əliyeva

İŞİN ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI

Mövzunun aktuallığı və işlənmə dərəcəsi. Respublikamızda kimya sənayesinin sürətlə inkişafı, prinsipcə yeni, daha müasir və iqtisadi cəhətdən qənaətcil texnoloji istehsal üsullarının işlənməsini, həmçinin mövcud ənənəvi proseslərin intensivləşdirilməsi və modernləşdirilməsi mühüm əhəmiyyət kəsb edir və bu sahədə yeni araşdırmaların aparılması tədqiqatçılar üçün prioritet vəzifələrindəndir. Bu baxımdan, kimya məhsullarının dənəvərləşdirilməsi texnologiyasının təkmilləşdirilməsi və istehsalın effektivliyinin, eləcə də istehsal olunan məhsulun keyfiyyətinin yüksəldilməsi elmi və praktik cəhətdən maraq doğurur. Dənəvərləşdirmənin məlum olan üsulları, əsasən hazır məhsulun ənənəvi keyfiyyət göstəriciləri ilə alınmasını təmin edirlər. Məhsulun keyfiyyət göstəricilərinə tələbatın yüksəlməsi dənəvərləşdirilmə prosesinin məlum olan üsul və qaydalarının təkmilləşdirilməsini, daha yeni və mükəmməl üsulların axtarılmasını ön plana çəkir. Tozşəkilli materialların dənəvərləşdirilməsi proseslərinin layihələndirilməsi və aparat tərtibatı nəzəri analiz və hesablamalar əsasında riyazi modelləşdirmə üsulları ilə həyata keçirilir. Tozşəkilli materialların dənəvərləşdirilməsi prosesləri bir çox fiziki hadisələrə əsaslandığından, əlaqələndirici maddənin damcılarının ölçüləri, toz hissəciklərin vahid sistemə birləşməsinin səmərəliliyinin yüksəldilməsi mühüm əhəmiyyət kəsb edir.

Tozvari materialların dənəvərləşdirilməsi prosesinin kifayət qədər öyrənilməsinə baxmayaraq, dənəvər superfosfatın alınmasında bir sıra çatışmamazlıqlar yenə də mövcuddur. Bunlardan dənəvər materialın fiziki-mexaniki xassələrinin kifayət qədər yüksək olmaması, qranulun strukturu ilə prosesin parametrləri arasındakı qarşılıqlı əlaqənin kifayət qədər dərinədən öyrənilməməsi, eləcə də hazır məhsulda toz hissəsinin miqdarının artıq olması və narın fraksiyanın retur şəklində yenidən sistemə qaytarılmasını, qranulların mexaniki möhkəmliyinin və əmtəlik fraksiyanın çıxımının kifayət qədər yüksək olmamasını göstərmək olar. Ona görə də tozvari superfosfatın dənəvərləşdirilməsi prosesinin intensivləşdirilməsi və alınan dənəvər superfosfatın əlavə qida elementləri ilə modifikasiya olunması istiqamətdə nəzəri və təcrübi tədqiqatların aparılması elmi və praktik cəhətcə maraq doğurur. Odur ki, tozvari materialların dənəvərləşdirilməsi prosesinin yeni effektiv

üsulunun yaradılması, tozvari materialların dənəvərləşdirilməsi prosesinin riyazi modelinin qurulması, yüksək mexaniki möhkəmliyə və əmtəəlik fraksiyanın yüksək çıxımına malik, əlavə qida elementləri ilə modifikasiya olunmuş dənəvər superfosfatın alınmasının yeni texnologiyasının işlənməsi aktual və perspektivli məsələlərdəndir.

Tədqiqatın obyektı və predmeti. Tozşəkili maddələrin, intensivləşdirici əlavələrin iştirakı ilə dənəvərləşdirilməsi prosesinin tədqiqi, azot, kalium və maqneziumla zənginləşdirilmiş fosforlu dənəvər mineral gübrənin alınması, qranuləmələgəlmənin riyazi modelinin qurulması və prosesin texnologiyasının işlənməsi.

Tədqiqatın məqsəd və vəzifələri. Intensivləşdirici əlavələrdən istifadə etməklə tozşəkili materialların silindrik tip aparatda dənəvərləşdirilməsi prosesinin nəzəri və təcrübi tədqiqi, təbii seolit, ammonium hidrokسيد və manqan oksiddən istifadə etməklə klassik texnologiya əsasında əlavə qida- və mikroelementlərlə modifikasiya olunmuş dənəvər superfosfatın alınmasının yeni səmərəli texnologiyasının işlənməsidir.

Tədqiqat işinin məqsədinə uyğun olaraq aşağıdakı məsələlərin həlli qarşıya qoyulmuşdur:

- ✓ tozvari materialların dənəvərləşdirilməsi prosesində hissəciklərin sıxlaşmasının mexanizminin öyrənilməsi;
- ✓ təbii seolit iştirakı ilə tozşəkili superfosfatın dənəvərləşdirilməsi yolu ilə azot, kalium və maqneziumla zənginləşdirilmiş dənəvər superfosfatın alınması prosesinin tədqiqi;
- ✓ tozvari materialların silindrik tip aparatda dənəvərləşdirilməsi prosesinin bəzi kinetik qanunauyğunluqlarının işlənməsi;
- ✓ klassik texnologiya əsasında alınmış tozşəkili superfosfatın təbii seolit iştirakı ilə silindrik aparatda dənəvərləşdirilməsi prosesinin riyazi modelinin qurulması;
- ✓ alınmış təcrübi dəlillər əsasında əlavə qida elementləri ilə modifikasiya olunmuş dənəvər superfosfatın alınmasının yeni səmərəli texnologiyasının işlənməsi.

Qarşıya qoyulan məqsədə, intensivləşdirici əlavələrin təbiətinin və sistemə verilmə miqdarının müəyyənləşdirilməsi, dənəvərləşdirilmə prosesinin texnoloji rejim parametrlərinin optimal qiymətlərinin

öyrənilməsi, qranuləmələgəlmənin texnoloji şəraitinin və alınan məhsulun əsas göstəricilərinin analizi nəticəsində nail olunmuşdur.

Tədqiqatın metodları. Təbii seolit və ammonium hidroksid məhlulunun qarışığından hazırlanmış suspenziyadan istifadə etməklə alınan modifikasiya olunmuş dənəvər fosforlu mineral gübrənin faza və struktur tərkibi müasir fiziki-kimyəvi analiz üsulları – rentgen faza və İQ – spektroskopik üsullarla tədqiq edilmişdir. Hazır məhsulun keyfiyyət göstəriciləri və fiziki xassələrinin göstəriciləri standart əsasən fotokolorimetrik, qravimetrik və həcmi üsulla təyin edilir.

Müdəfiyə çıxarılan əsas müddəalar: a) tozşəkilli materialların dənəvərləşdirilməsi prosesində hissəciklərin sıxlaşmasının mexanizmini tədqiq etməklə mərkəzi hissəciyin kontaktda olduğu digər hissəciklərin sayından asılı olaraq sıxlaşma dərəcəsinin yəni, qranulun məsaməliliyi ilə koordinasiya ədədi arasında qarşılıqlı əlaqənin mövcudluğunun müəyyənəşdirilməsi; b) klassik üsullardan fərqli olaraq intensivləşdirici komponent kimi tərkibində təbii seolit və ammoniyaklı su olan suspenziyadan istifadə etməklə tozvari superfosfatın dənəvərləşdirilməsi yolu ilə azot, maqnezium və kaliumla modifikasiya olunmuş yeni növ fosforlu mineral gübrənin alınmasını; c) tərkibində təbii seolit və ammonium hidroksid olan suspenziyadan istifadə etməklə tozşəkilli superfosfatın silindrik aparatda dənəvərləşdirilməsi prosesinin kinetik qanunauyğunluqlarını müəyyənəşdirməklə qranuləmələgəlmənin əsas parametrlərinin təyini; d) silindrik tip dənəvərləşdiricidə intensivləşdirici komponentin iştirakı ilə tozşəkilli superfosfatın dənəvərləşdirilməsi prosesində standart (1-4 mm) qranulların çıxımının artırılmasını və qranulların mexaniki möhkəmliyinin yüksəldilməsini təmin edən əsas parametrlərin optimal qiymətlərinin müəyyənəşdirilməsi və prosesin texnoloji sxeminin qurulması.

Tədqiqatın elmi yeniliyi. Nəmləşdirici, əlaqələndirici və neytrallaşdırıcı əlavə kimi təbii seolitlə ammoniyaklı su qarışığından ibarət olan suspenziyadan istifadə etməklə əlavə qida elementləri azot, kalium və maqneziumla zənginləşdirilmiş dənəvər superfosfatın alınmasının yeni üsulu işlənmişdir. Intensivləşdirici əlavənin iştirakı ilə qranuləmələgəlmənin mexanizmi öyrənilmiş, prosesin bəzi kinetik

qanunauyğunluqları müəyyənləşdirilmiş və qranulların qeyri-simmetrik böyüməsinin dinamikasını təsvir edən riyazi model və qranulların silindrik aparatın uzunluğu boyu paylanma funksiyası alınmışdır. Aparılan nəzəri və təcrübi tədqiqatlar əsasında təbii seolit iştirakı ilə əlavə qida elementləri ilə modifikasiya olunmuş dənəvər superfosfatın alınmasına, məhsulun fiziki-kimyəvi və mexaniki xassələrinin yaxşılaşdırılmasına, eləcə də əmtəlik fraksiyanın çıxımının yüksəldilməsinə təminat yaradan yeni texnologiya işlənmişdir.

Tədqiqatın nəzəri və praktiki əhəmiyyəti. Respublikamızda zəngin yataqları olan təbii seoliddən və tərkibində ammonium hidrokسيد olan istehsalat qalıq məhsullarından istifadə etməklə azot, kalium və maqneziumla zənginləşdirilmiş dənəvər superfosfatın alınmasının yeni texnoloji üsulu təklif olunmuşdur.

Bu texnologiya əsasında klassik üsulla alınan tozşəkilli superfosfat tərkibində təbii seolit, ammonium hidrokسيد və su olan suspenziya ilə nəmləşdirilərək dənəvərləşdirilir. Alınan dənəvər superfosfat əlavə qida elementləri azot, kalium və maqneziumla zənginləşmiş olur.

Bu texnoloji üsul sadəliyi, universallığı və sənaye miqyasında tadbicinin mümkünlüyü ilə fərqlənir.

Tozşəkilli maddələrin dənəvərləşdirilməsi prosesində özək (nüvə) ətrafında hissəciklərin aqlomerasiyası nəticəsində qranulların formalaşması qanunauyğunluqlarının müəyyənləşdirilməsi və qranulun məsaməliliyi ilə koordinasiya ədədi arasında qarşılıqlı əlaqəni xarakterizə edən riyazi asılılığın alınması.

İşlənmiş yeni texnoloji üsulla alınan modifikasiya olunmuş dənəvər superfosfatın fiziki-kimyəvi və mexaniki xassələri tədqiq edilmişdir.

Tədqiqatlarla müəyyənləşdirilmişdir ki, təklif olunan üsulla əldə edilən səmərəlilik:

✓ tozşəkilli superfosfatın tərkibində olan sərbəst fosfat turşusunun daha sadə üsulla neytrallaşdırılmasından və bununla klassik üsulda neytrallaşdırıcı əlavə kimi əhəngdaşı istifadəsinin tamamilə ləğv edilməsindən;

✓ hazır məhsulda qida elementlərinin sayının və miqdarının artırılması ilə mineral gübrənin dəyərinin yüksəldilməsi;

✓ modifikasiya olunmuş dənəvər superfosfatın fiziki-kimyəvi və mexaniki xassələrinin yaxşılaşdırılması, əmtəlik fraksiyanın çıxımının yüksəldilməsi ilə yeni texnologiyanın səmərəliliyinin yüksəldilməsindən ibarət olmuşdur.

Aprobasiyası və tətbiqi. Dissertasiya işinin elmi nəticələri bir sıra beynəlxalq və Respublika səviyyəli elmi konfranslarda müzakirə olunmuşdur. Ulu Öndər Heydər Əliyevin anadan olmasının 86-cı ildönümünə həsr olunmuş “Kimya və Ekologiyanın Aktual Problemləri” mövzusunda REK, Bakı, ADPU, 2009; Akademik T.N.Şaxtaxtinskiyin 85 illiyinə həsr olunmuş REK, Bakı 2011; “Sənaye İli”nə həsr olunmuş “Ekologiya və Həyat fəaliyyətinin mühafizəsi” mövzusunda VIII BEK Sumqayıt, 2014; Akademik T.N.Şaxtaxtinskiyin 90 illiyinə həsr olunmuş REK, Bakı 2015; M.Nağıyev adına Kataliz və Qeyri-üzvi kimya İnstitutunun 80 illik yubileyinə həsr olunmuş REK Bakı, 2016; X Междун. научно – практическая конферен. молодых ученых. «Актуальные проблемы науки и техники -2017», Россия, г.Уфа. 2017; Tətbiqi fizika və energetikanın aktual məsələləri. BEK. Sumqayıt, 2018; İnformasiya Sistemləri və Texnologiyalar: Nailiyyətlər və Perspektivlər BEK, Sumqayıt, SDU, 2018; Akademik M.Nağıyevin 110 illiyinə həsr olunmuş “Nağıyev Qraətləri” BEK, Bakı, 2018; Химия. Экология. Урбанистика.Всероссий. НПК с междун.участием, г.Пермь, 2019. Kimyanın müasir problemləri REK, Sumqayıt , 2021.

Dissertasiya işi üzrə 22 elmi iş, o cümlədən 10 elmi məqalə, 5 konfrans materialı, 6 məruzə tezisləri dərc olunmuş və bir ixtira üzrə Azərbaycan Respublikasının patenti alınmışdır. Dissertasiya işinin nəticələri kimya mühəndisliyi ixtisası üzrə təhsil alan tələbələr tərəfindən kimya sənayesinin proses və aparatları fənninin tədrisində istifadə olunur.

Dissertasiya işinin yerinə yetirildiyi təşkilatın adı. Azərbaycan MEA-nın akad.M.N.Nağıyev adına Kataliz və Qeyri-üzvi Kimya İnstitutunda yerinə yetirilmişdir.

Müəllifin şəxsi iştirakı. Dissertasiya işinin məqsəd və istiqamətinin müəyyənləşdirilməsi, məsələnin qoyuluşu, eksperimentlərin və analizlərin yerinə yetirilməsi, alınan təcrübə dəlillərinin təhlili, ümumiləşdirilməsi, məntiqi nəticələrin şərh edilməsi və dissertasiyanın

tərtibi iddiaçıya məxsusdur.

Dissertasiyanın struktur bölmələrinin ayrılıqda həcmi qeyd olunmaqla dissertasiyanın işarə ilə ümumi həcmi. Dissertasiya işi giriş hissə, 4 fəsildən, nəticə, 179 adda istinad edilmiş ədəbiyyat siyahısından və əlavələrdən ibarət olub, 12 cədvəl, 6 şəkil, 11 qrafik daxil olmaqla 157 səhifədə çap edilmişdir. Dissertasiya işinin cədvəl, şəkil və ədəbiyyat siyahısı istisna olmaqla ümumi həcmi 208306 işarədir.

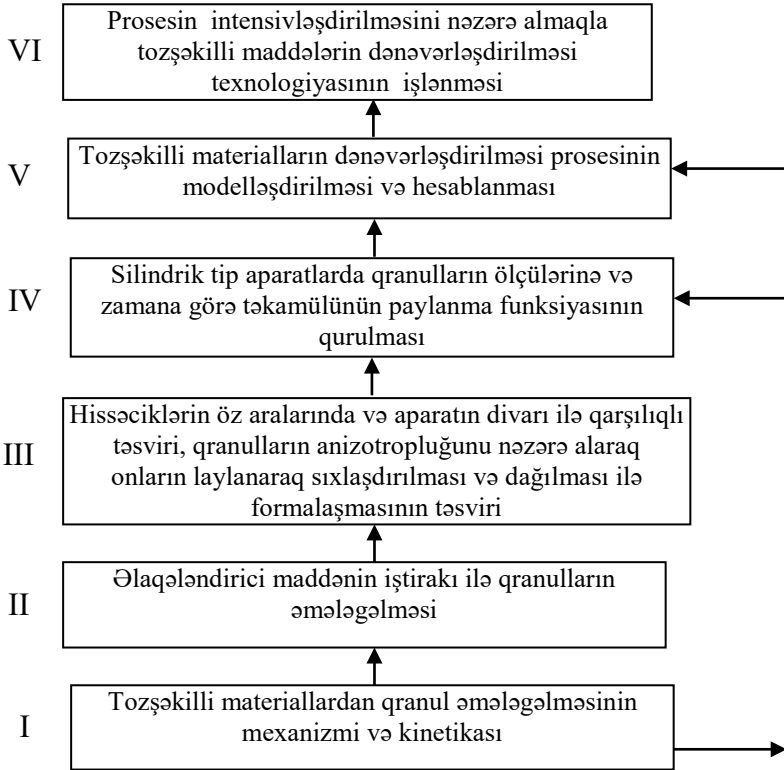
Giriş hissədə mövzunun aktuallığı, dissertasiya işinin məqsədi, elmi yeniliyi, praktiki əhəmiyyəti, nəticələrin etibarlılığı, işin aprobeşiyası, strukturu və həcmi haqqında materiallar qısa şəkildə şərh edilmişdir.

Birinci fəsildə dissertasiya işinin mövzusuna dair ədəbiyyat mənbələri araşdırılmış, nüfuzlu elmi jurnallarda və patent materiallarında olan məlumatlar toplanmış və tozşəkili maddələrin dənəvərləşdirilməsinə dair məlumatlar hərtərəfli təhlil edilərək onların müsbət və mənfə cəhətləri müəyyənəşdirilmişdir. Ədəbiyyat məlumatlarının təhlili əsasında problemin aktuallığı əsaslandırılmış və dissertasiya işinin məqsəd və istiqaməti təyin edilmişdir.

İkinci fəsildə tozşəkili maddələrin silindrik tip aparatda dənəvərləşməsi prosesinin eksperimental tədqiqi üçün sistem təhlilinin iyerarxik ardıcılığı müəyyənəşdirilmiş (şək.1) və şərh edilmişdir. Burada həmçinin tədqiqat aparılması üçün istifadə olunan xammal, reagent və intensivləşdirici əlavələrin standart tərkibləri və əlavə qida elementləri ilə modifikasiya olunmuş dənəvər mineral gübrənin alınması üçün istifadə olunan tozşəkili superfosfatın ilkin göstəriciləri verilmişdir. Eləcə də tədqiqatın aparılması üsulu işlənmiş, silindrik tip aparatda tozşəkili materialların dənəvərləşdirilməsi yolu ilə alınan məhsulun keyfiyyət göstəricilərini təyin etmək üçün standarta əsasən analitik üsullar müəyyənəşdirilmişdir.

Üçüncü fəsildə tozşəkili materialların dənəvərləşdirilməsinə dair nəzəri və eksperimental tədqiqatların nəticələri şərh edilmiş. Tozşəkili materialların silindrik tip aparatda, mineral əlavələrlə dənəvərləşdirilməsi prosesinin bəzi kinetik qanunauyğunluqları tədqiq edilmiş, dənəvərləşmə prosesində qranulların silindrik tip aparatın daxilində uzunluğu boyu paylanma funksiyası müəyyənəşdirilmişdir. Burada həmçinin dənəvərləşmə prosesində hissəciklərin sıxlaşmasının mexanizmi,

qranulların sıxlaşması və dağılmasının reoloji modeli və dənəvərləşmə prosesində qranuləmələgəlmənin riyazi modeli işlənmişdir.



Şəkil 1. Tozşəkilli materialların dənəvərləşməsi prosesinin iyerarxiq quruluşu.

Dördüncü fəsilə azot , kalium və maqneziumla modifikasiya olunmuş dənəvər suprfosfatın alınmasının yeni texnologiyası işlənmiş, laboratoriya qurğusunda alınan yeni növ dənəvər mineral gübrənin keyfiyyət göstəriciləri və mexaniki xassələri təyin edilmiş, klassik üsulla alınmış dənəvər superfosfata nəzərən, yeni üsulla alınan dənəvər mineral gübrənin (Azərbaycan Respublikasının patenti İ 2017 0068) üstünlükləri müəyyənləşdirilmişdir. Tədqiqat nəticələrinə əsasən modifikasiya olunmuş dənəvər superfosfat istehsalının texnologiyası işlənmişdir.

İŞİN QISA MƏZMUNU

1. Tozşəkilli materialların intensivləşdirici komponentlərin iştirakı ilə dənəvərləşdirilməsi prosesinin nəzəri və eksperimental tədqiqi

Tozşəkilli materialların dənəvərləşdirilməsi prosesinin tədqiqi klassik üsulla alınmış superfosfatın silindrik tip aparatda dənəvərləşdirilməsi ilə aparılmışdır. Burada nəmləşdirici, neytrallaşdırıcı, əlaqələndirici və intensivləşdirici reagent kimi tərkibində təbii seolit və ammoniyaklı su olan suspenziyadan istifadə edilmişdir. Aparılan tədqiqatların əsas nəticələri sistemləşdirilmiş formada ayrı-ayrı bölmələrdə verilmişdir.

1.1. Təbii seolitə iştirakı ilə tozşəkilli materialların dənəvərləşdirilməsi prosesinin tədqiqi

AXICI materialların dənəvərləşdirilməsi az miqdarda su olmaqla başlayır. Dənəvərləşdirilməyə qarşı belə hərəkət çox narın tozvari materialda hissəciklərin Van-der-Vaals birləşmə qüvvələrinin aşkar olunması ilə əlaqədardır. Məlumdur ki, bu qüvvələrin təsirindən 1 mkm ölçüdə xırda hissəciklər aqlomerasiya olunurlar, yəni materialın hərəkəti zamanı, məsələn, onun fırlanan barabanda diyərlənməsi müddətində həmin hissəciklər bir-birinə birləşərək, xırda kürələr, yumaqlar əmələ gətirirlər. Buna səbəb hissəciklərin elektrostatik yüküdür. Həmin yükü onlar xırdalanma və hərəkət zamanı sürtünmə nəticəsində əldə edə bilirlər. Bu yük yalnız aqlomerasiya prosesinə təsir edir və formalaşmış yumaqda möhkəmliyi artırır, çünki tezliklə tarazlaşır. Toz hissəciklərin dənəvərləşdirilmə prosesində qranullarda mexaniki davamlılığın saxlanılmasının əsas səbəbi hissəciklər arasında maye və ya bərk bənd-körpücükərin əmələ gəlməsidir. Bənd – körpücük materialı kimi, dənəvərləşdirilən maddənin özü və onun tərkibinə qatılan əlavələr ola bilər. Qranulların davamlılığını artırmaq məqsədilə əlavələr və nəmləndirici maye kimi, tərkibində təbii seolit və NH_4OH olan məhluldan istifadə olunmuşdur.

Tozşəkilli superfosfatın yuxarıda qeyd olunan məhlulla nəmləndirilməsi materialın plastikliyini və dənəvərləşdirilmə zamanı hissəciklərin aqlomerasiyasını təmin edir. Müəyyən olunmuşdur ki, mayenin az miqdarında ayrı-ayrı hissəciklər arasında körpücük - bəndlər əmələ gəlir. Lakin optimal nəmlikdə məhlul bütün məsamələri doldura bilər. Hər iki halda aqlomerasiyanı, yəni

qranulların əmələ gəlməsini və davamlılığın artmasını təşkil edən birləşmə kapilyar qüvvələri və səthi gərilmə qüvvələri təsir edirlər. Yüksək nəmlikdə maye faza qranulları tamamilə əhatə edir. O, səthi gərginliyin təsirinə məruz qalaraq, bərk hissəciklərlə sıx doldurulmuş maye damcısına bənzəyir. Alınan dənəvər kütlə həddindən artıq yapışqan yönümlü və ya nahamar olur.

Beləliklə, nəmləndirici, maye ilə tozşəkili superfosfatın dənəvərləşdirilməsi prosesində maye bəndlərdən başqa, həmçinin bərk bəndlər də yaranır. Dənəvərləşdirilən materialın hissəcikləri arasında bərk bəndlərin yaranması $Ca(H_2PO_4)_2$, $Mg(H_2PO_4)_2$, $NH_4H_2PO_4$ -ün kristallaşması zamanı, yəni maye fazadan qranulların qurudulması və tozşəkili superfosfatda olan sərbəst fosfat turşusu və nəmləndirici mayədə olan ammoniyaklı su arasında gedən kimyəvi reaksiya nəticəsində baş verir. Bunlar qranullara vacib olan davamlılıq gətirirlər. Təbii seolitın tərkibində müəyyən miqdarda SiO_2 , Fe_2O_3 , Al_2O_3 , K_2O vardır. Onlar dənəvərləşdirilmə prosesində qranulların məsələlərini dolduraraq daha yüksək mexaniki davamlılıq gətirirlər. Tozşəkili superfosfatın tərkibindəki sərbəst fosfat turşusu qismən təbii seolitın tərkibində olan kalsit və dolomit mineralları ilə və nəmləndirici mayenin tərkibində olan ammoniyaklı su ilə reaksiyaya daxil olur.

Müəyyənləşdirilmişdir ki, formalaşan qranulların silindrik aparatın daxili səthinin divarına sürtünməsi, həmçinin qranulların bir-birinə toxunması və sürtünməsi qranulların ölçülərinə əhəmiyyətli dərəcədə təsir göstərir. Qranula təsir edən qüvvələrin ümumi formada təsviri şəkil 2-də verilmişdir. Bu sxemə əsasən qranulun səthinə təsir edən qüvvələrin yekun vektoru aşağıdakı kimi ifadə olunur:

$$\vec{F} = \sigma_D \vec{n} S_p - \vec{\tau}_w S_p \quad (1.1)$$

Qranulun diyirlənməsi anında ona təsir edən qüvvənin vektorunun (\vec{F}) hərəkət istiqamətinin oxu üzərində proyeksiyası aşağıdakı kimi olar.

$$\vec{F} = \sigma_D \cos(\vec{n}, x) S_p - \tau_w \cos(\vec{\tau}_w, x) S_p$$

Xüsusi halda, bu tənlikdə $\cos(\vec{n}, x) = 0$ və $\cos(\vec{t}_w, x) = -1$ ifadələrini nəzərə alsaq, tənliyin daha sadə formasını almış olarıq:

$$\vec{F} = \tau_w S_p \quad (1.2)$$

burada $\tau_w = \sigma_D \tan g(\varphi_1) + C_1$, $\mu = \tan g(\varphi_1)$ - sürtünmə moduludur, onun qiyməti $0.3 \leq \mu \leq 0.6$ hədlərində olur.

Bu ifadələri (1.2) tənliyində nəzərə aldıqda, aşağıdakı ifadə alınır:

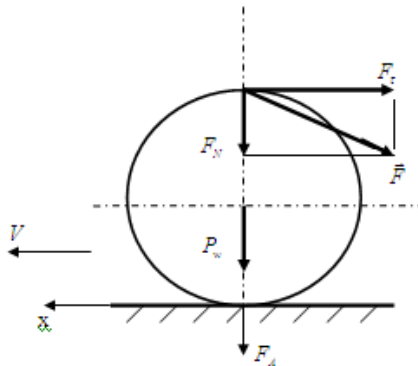
$$\vec{F} = \sigma_D \mu S_p$$

Qranulun möhkəmliyini sxemə əsasən aşağıdakı kimi identifikasiya edərək,

$$\frac{d\Delta}{dt} = C_m \vec{F} V = \gamma \sigma_D a^2 V \quad (1.3)$$

burada $\gamma = C_m \gamma \pi \psi$, C_m - dənəvərləşdirilən materialın və aparatın daxili divarının səthinin xassələrindən asılı olan əmsaldır, $S_p = \psi \pi a^2$. ψ - qranulun səhində toz materialın laylanmasını xarakterizə edən əmsaldır.

(1.3) tənliyindən görüldüyü kimi, qranulların aşınma sürəti qranulun ölçüsünün kvadratı ilə və onun hərəkət sürəti ilə mütənəsbdir. Ona görə də qranulların ölçüsünün böyük olması üçün aparat daxilindəki sistem böyük olmalıdır.



Şəkil 2. Formalaşan qranula təsir edən qüvvələrin sxematik təsviri

Beləliklə, əmələ gələn dənəvərləşdirilmiş superfosfat azot, kalium və maqnezium kimi əlavə qida elementləri ilə zənginləşir. Qranulların formalaşması isə dinamik yüklərin təsirindən dənəvərləşdirilən materialın ayrı-ayrı hissəciklərinin bir-birinə yapışması nəticəsində aqlomeratların sıxlaşması hesabına gedir.

Buna görə də məsaməliliyin azaldılması, davamlılığın artırılması üçün əlavə kimi təbii seolitə ammonium hidrokksidlə qarışığından istifadə olunmuşdur, nəticədə superfosfat qranullarının azot, kalium və maqnezium kimi əlavə qida elementləri ilə zənginləşdirilməsi mümkün olmuşdur.

Dənəvərləşdirilmiş superfosfatın fiziki-kimyəvi və mexaniki göstəricilərinə əlavələrin təsiri laboratoriya dənəvərləşdiricisində aparılan eksperiment tədqiqatlarından öyrənilmişdir. Bununla əlaqədar olaraq, laboratoriya şəraitində təbii seolitə ammonium hidrokksidlə (NH_4OH) qarışığının dənəvərləşdirilmiş superfosfatın tərkibinə, fiziki-kimyəvi və mexaniki xassələrinə təsiri tədqiq edilmişdir, tədqiqatın nəticələri Cədvəl 1-də verilmişdir.

Cədvəl 1

Fiziki –kimyəvi, mexaniki göstəricilərin və hazır məhsulun tərkibinin əlavənin miqdarı və tərkibindən asılılığı (küt, %) (təbii seolit məhlulu – 35-38; NH_4OH məhlulu - 14-15; H_2O – 47-51).

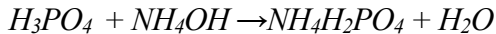
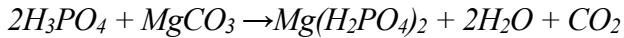
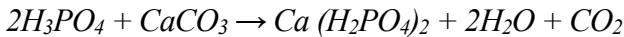
Superfosfat və əlaqələndirici maddənin nisbəti	P_2O_5 (mən)	P_2O_5 (sərb)	N	K_2O	MgO	H_2O	Δ , MPa	Çıxım Q, %
1:0,10	18,21	3,52	0,25	0,12	0,14	0,87	0,8	57,6
1:0,15	18,53	2,95	0,44	0,15	0,18	0,93	0,9	58,8
1:0,20	18,85	2,58	0,63	0,18	0,26	1,01	1,0	60,2
1:0,25	19,02	1,75	0,96	0,24	0,30	1,09	1,1	63,7
1:0,30	20,03	0,28	1,56	0,34	0,40	1,12	2,6	84,6
1:0,35	20,26	0,24	1,72	0,37	0,43	1,25	2,7	85,1
1:0,40	20,45	0,18	2,01	0,42	0,45	1,36	2,8	86,2
1:0,45	19,31	0,12	2,13	0,46	0,48	1,39	1,2	65,4
1:0,50	18,75	0,10	2,35	0,50	0,52	1,45	1,0	58,5

Cədvəldən göründüyü kimi qranulların ən yüksək möhkəmliyi tozşəkili superfosfatın və əlaqələndirici maddənin 1: (0,30 – 0,40)

nisbətlərində əldə olunur. Belə ki, əhəngdaşı tamamilə sərf olunmur, superfosfatın tərkibində olan sərbəst fosfat turşusu isə nəmləndirici mayenin tərkibində olan ammonyaklı su ilə, həmçinin təbii seolitin tərkibindəki kalsit və dolomit mineralları ilə qismən neytrallaşır.

Qranullarda davamlılığın artmasının səbəbi onunla əlaqədardır ki, təbii seolitin tərkibinə daxil olan SiO_2 , Fe_2O_3 , Al_2O_3 , K_2O qranulların formalaşması zamanı superfosfat hissəciklərini daha sıx birləşdirir, məsamələri doldurur və onların daha dolğun diyirləndirilməsini təmin edirlər. Nəmləndirici mayenin tərkibindəki ammonyaklı su və təbii seolitin tərkibindəki kalsit və dolomit mineralları tozşəkilli superfosfatın tərkibindəki sərbəst fosfat turşusu ilə qarşılıqlı təsirdə olurlar. Nəticədə, əmələ gələn kalsiumhidrofosfat, ammoniumdihidrofosfat və maqneziumdihidrofosfat kristallaşır. Bu duzların formalaşmış kristallik quruluşu nöqtəli qüsurların əmələ gəlməsi ilə müşayiət olunur, belə ki, onlar öz növbəsində qranulların əmələgəlmə mexanizminə əlverişli təsir göstərir.

Beləliklə, alınan dənəvər superfosfat azot, kalium və maqneziumla zənginləşmiş olur. Bu prosesdə baş verən reaksiyaları aşağıdakı tənliklərlə göstərmək olar:



Dənəvərləşdirilmə prosesi tozşəkilli superfosfatın və nəmləndirici mayenin optimal interval nisbətlərində, yəni 1 : (0,30-0,40) nisbətlərində apardıqda qranulların mexaniki möhkəmliyi 2,6-2,8 MPa qədər, dənəvərləşdirilmiş superfosfatın əmtəəlik fraksiyasının çıxımını 84,6-86,2% qədər yüksəltmək, son məhsulun keyfiyyət göstəricilərini onun azot, kalium və maqnezium kimi qida elementləri ilə zənginləşdirilməsi hesabına yaxşılaşdırmaq mümkündür. Qranulların böyüməsinin təkamülünü araşdırmaq məqsədilə silindirik dənəvərləşdiricinin uzunluğu boyunca dənəvər kütlənin ələnməklə analizi aparılmışdır. Dənəvərləşdiricinin uzunluğu boyunca və L10, 20,40,60,80 sm məsafələrdə nümunələr götürülmüşdür, hər nümunənin kütləsi -200 qr. Hər nümunəni $t=100^{\circ}C$ temperaturda 1 saat ərzində

qurudulub, ələklərdə (13 ədəd –ölçüləri 0,1-6,0 mm) ələnir, müvafiq ölçü intervallarına aid fraksiyalar isə çəkilir. Cədvəl 2-də ölçülmüş hər fraksiyanın çeşidlənmə analizinin eksperiment göstəriciləri verilmişdir. Cədvəl 2-dən göründüyü kimi, baraban aparatın başlanğıc hissəsində (L=10 sm və L=20sm) kiçik ölçülü fraksiyaların payı daha yüksəkdir, böyük ölçülü fraksiyaların payı – daha aşağıdır.

Lakin L=40sm , L=60sm və L=80sm kəsiklərdə 1,0-5,0 mm ölçülü fraksiyaların kütlə payı çox yüksəkdir.

Beləliklə, təbii seolitın ammoniyaklı su ilə qarışığının modifikasiyalı əlavə qismində istifadəsi, bir tərəfdən qranulların formalaşmasını, digər tərəfdən onların məsamələrinin doldurulması ilə əmələ gələn qranulların fiziki-kimyəvi xassələrini yaxşılaşdırır, həmçinin alınmış dənəvərləşdirilmiş superfosfat azot, kalium və maqnezium kimi əlavə qida elementləri ilə zənginləşdirilir, yəni tozşəkilli superfosfatın tərkibindəki sərbəst fosfat turşusunun neytrallaşması prosesi həmin elementlərin müvafiq duzlarının kristallaşması hesabına baş verir.

Cədvəl 2.

Qranulların ölçülərinə görə aparatın uzunluğu boyu paylanmasının eksperimental göstəriciləri

Fraksiyanın ölçüsü, mm	L=10sm		L=20sm		L=40sm		L=60sm		L=80sm	
	Miq. qr	Kütlə payı	Miq. qr	Kütlə ə payı	Miq. qr	Kütlə payı	Miq. qr	Kütlə ə payı	Miq. qr	Kütlə payı
0,1-0,2	15,4	0,077	10,02	0,050	3,98	0,020	5,97	0,03	3,02	0,015
0,2-0,4	19,3	0,097	11,75	0,059	6,87	0,034	9,02	0,04	4,58	0,023
0,4-0,6	22,5	0,113	14,98	0,075	11,0	0,055	10,9	0,05	7,04	0,035
0,6-0,8	26,9	0,135	16,87	0,084	12,9	0,065	13,6	0,06	9,03	0,045
0,8-1,0	28,8	0,144	18,93	0,095	14,6	0,073	15,3	0,07	10,5	0,053
1,0-1,2	26,9	0,135	22,41	0,112	16,9	0,085	17,8	0,08	15,0	0,075
1,2-1,5	23,6	0,118	25,84	0,129	19,7	0,099	19,9	0,10	17,9	0,090
1,5-2,0	18,3	0,092	24,58	0,123	22,0	0,110	22,1	0,11	20,1	0,101
2,0-2,5	11,0	0,055	20,96	0,105	24,8	0,124	25,0	0,12	21,0	0,105
2,5-3,0	5,17	0,026	16,73	0,084	23,9	0,120	25,9	0,13	29,0	0,145
3,0-4,0	1,05	0,005	10,05	0,050	21,0	0,105	17,8	0,08	29,9	0,150
4,0-5,0	0,52	0,003	6,18	0,031	14,9	0,075	11,6	0,05	23,1	0,116
5,0-6,0	0,00	0,00	0,62	0,003	7,03	0,035	4,56	0,02	8,67	0,043

1.2. Tozşəkili materialların silindirik tip aparatda dənəvərləşdirilməsi prosesinin bəzi kinetik qanunauyğunluqları

Kimya sənayesində tozşəkili maddələrin dənəvərləşdirilməsi prosesində əlaqələndirici məhluldan istifadə olunması texnologiyanın səmərəliliyini artırır. Bu proseslərdə müxtəlif tip dənəvərləşdirici aparatlardan istifadə olunur. Elmi ədəbiyyatlardan məlumdur ki, silindirik tip aparatlar sənaye miqyasında geniş tətbiq olunur və böyük perspektivlərə malikdir. Dənəvərləşmə proseslərində qranulların əmələ gəlməsi və böyüməsi toz hissəciklərin nəmlənməsi nəticəsində baş verir. Bu isə hissəciklərin bir-biri ilə toqquşmasında aqlomerasiya və koaqulyasiya sayəsində qranullar yaranır. Ona görə də, dənəvərləşdirilmənin ilk mərhələsində qranulların böyüməsi və formalaşması kiçik hissəciklərin və aqlomeratların yapışması hesabına daha böyük qranulların əmələ gəlməsinə gətirib çıxarır. Dənəvərləşdirilmə prosesinə maye fazanın təsiri çox böyükdür. Belə ki, onun hesabına qranulların səthində hissəcikləri saxlayan adgeziya, kapilyar və səthi gərilmə qüvvələri yaranır. Toz hissəciklərin aqlomerasiyası nəticəsində qranulların formalaşmasına qarışdırılma tezliyi (aparatın fırlanma sürəti), aparatın doldurulma dərəcəsi və maillik bucağı, maye və bərk fazaların nisbəti də mühüm təsir göstərir. Bu meyarlar alınan məhsulun keyfiyyət (sıxlıq, bərklik, axıcılıq, daxili sürtünmə əmsalı) və kəmiyyət (məhsuldarlıq) xüsusiyyətlərini şərtləndirir.

Formalaşma prosesində qranulların böyüməsi nəticəsində xarici gərginliyin təsirindən – sıxlaşma, formanın deformasiyası və səthin aşınması baş verir ki, bunlarda qranulların forma və ölçülərini müəyyən edirlər. Beləliklə, qranulların əmələgəlmə mexanizmi mürəkkəb, çoxmərhələlidir, prosesdə gedən hadisələr isə stoxastikdir. Əlaqələndirici maddənin iştirakı ilə toz hissəciklərin bir vahid sistemə (qranula) aqlomerasiyası və birləşməsi fizika qanunları ilə təyin edilir. Lakin hissəciklərin qarşılıqlı təsiri (toqquşma, adgeziyalı, xırdalanma) stoxastik xarakter daşıyır. Özəkəmələgəlmənin və dənəvərləşdirilmənin ilkin mərhələsində qranulların formalaşması səthi gərilmə və kapilyar qüvvələrin hesabına toz hissəciklərin nüvəyə yapışması ilə baş verirsə,

qranulların daha da böyüməsi toz hissəciklərinin qranulların səthinə laylarla yığılması və sıxlaşması ilə gedir.

Qrafik 1-də orta ölçülü qranulların, qranuləmələgəlmənin nəmlikdən asılılığının eksperimental göstəriciləri verilir. Sferik qranullar üçün ölçülərin dəyişməsi tənliyi aşağıdakı kimi ifadə olunur:

$$\frac{da}{dt} = K_0(w)a \quad (1.4)$$

burada $K_0(w)$ – qranuləmələgəlmə əmsalıdır.

(1.1) tənliyi $t=0$, $a=a_0$ şəraitdə aşağıdakı kimi olur:

$$a(t) = a_0 \exp(K_0(w)t) \quad (1.5)$$

burada $a_0 = a_0(w)$ – məhlulun miqdarından və ya əlaqələndirici maddənin damcısının ölçüsündən asılı olan dənəvərləşmə nüvəsinin ilkin ölçüsüdür. Qrafik 1-də eksperiment dəlilləri və (1.5) tənliyinə əsasən qranulların ölçülərinin böyüməsi və ölçülərə görə paylanma əyriləri verilmişdir. Eksperimental nəticələrdən istifadə etdikdə naməlum əmsalları (1.5) tənliyində aşağıdakı kimi qiymətləndirmək olar:

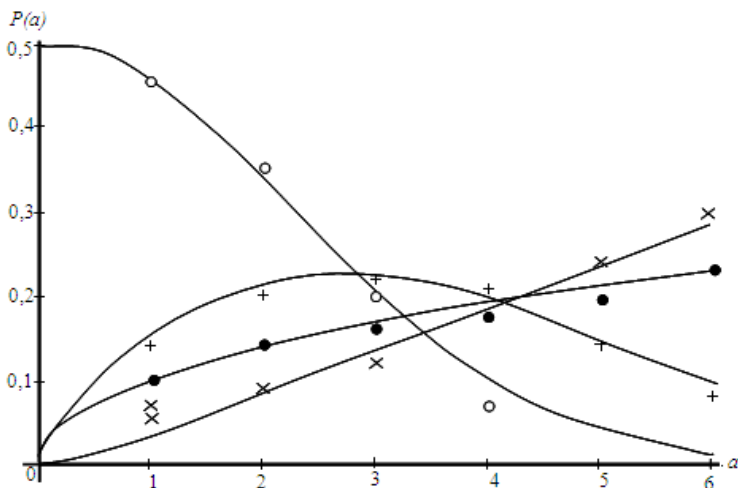
$$K_0(w) = 0.00353w^2 - 0.10355w + 1.0743$$

$$a_0(w) = -0.00175w^2 + 0.0849w - 0.786$$

müvafiq olaraq birinci və ikinci tənliklər üçün əmsalları: $r^2=0.9999$ və $r^2=0.9975$.

Praktik olaraq bir çox hallarda qranullar qeyri-sferik formada xarakterizə olunur. Ümumiyyətlə, qranulların daha mükəmməl formalaşmasının təmin edilməsi iki amilin simmetriyası ilə daha dəqiq olar, yəni diyirlənmə prosesində qranulun hərəkət dinamikasının və qranulun anizofropluq xassələrinin (yumşaqıq, bərklik) qarşılıqlı təsiri ilə əldə etmək mümkündür.

Əlaqələndirici maddənin məsamələrdə məcburi konvektiv köçürməsi qranulun sıxlaşması zamanı xarici gərginliklərin təsiri məsələlərinin həlli verilmiş və Şervud ədədi (1.6) üçün funksiyanın növü təyin olunmuşdur. Qranulların formalaşmasına nəmliyin təsirinin eksperimental tədqiqatları nəticəsində ölçülərin nəmliyə əsasən fraksiyalara ayrılması müəyyənləşdirilmişdir.



Qrafik1. Şixtanın nəmliyindən asılı olaraq qranulların ölçülərinə görə paylanması: 1 – 0,14 (o); 2 – 0,18 (+); 3 – 0,22(x); 4 - 0,26(•).

Qranulların zaman ərzində ölçülərə görə səpələnməsi Fokker-Plank tənliyinin həllindən alınan ifadə ilə aşağıdakı kimi təsvir olunur.

$$P(a) = B(w)a^{m(w)} \exp(-n(w)a^2) \quad (1.6)$$

burada $P(a)$ –qranulların ölçülərə əsasən səpələnmə funksiyası; $B(w)$, $m(w)$, $n(w)$ – qranulun nəmliyindən asılı olan səpələnmə əmsallarıdır:

$$B(w) = -736.98 \times 10^{-6} w^3 + 485.468 \times 10^{-4} w^2 + 10.69w + 7.90$$

$$m(w) = 1549.48 \times 10^{-6} w^3 - 928.90 \times 10^{-4} w + 19.0w - 12.0$$

$$n(w) = 106.77 \times 10^{-6} w^3 - 55.78 \times 10^{-4} w^2 + 0.830w - 0.2628$$

Bu əmsallar (1.3) düsturu ilə hesablanan səpələnmə funksiyasının hesablanmış qiymətləridir.

Beləliklə, tozvari superfosfatın qranullarının formalaşması laylanma və sıxlaşma proseslərinin növbələnməsi ilə əlaqədardır. Laylanma zamanı qranulların ölçüləri artır, sıxlaşmada isə - azalır. Qranul formasının tamamlanması qranulun həcmində əlaqələndirici

maddənin qatılığının paylanması ilə müəyyən olunur. Dənəvərləşdiricidə şixtanın optimal nəmliyi 17-18% təşkil edir.

Cədvəl 3.

Qranul fraksiyalarının kütlə paylarının materialın nəmliyindən asılılığı

Qranulların orta ölçüsü, <i>a</i> , mm	Tərkibi, kütlə payı, <i>w</i> , %			
	14	18	22	28
≤ 1.0	0.45	0.21	0.115	0.055
1.0-2.0	0.35	0.20	0.140	0.090
2.0-3.0	0.20	0.22	0.160	0.180
3.0-4.0	0.07	0.21	0.170	0.200
4.0-5.0	-	0.14	0.195	0.240
5.0-6.0	-	0.08	0.230	0.300

Müəyyənəşdirilmişdir ki, qranuldakı toz hissəciyin hər biri digər hissəciklərlə toqquşur və kürəcik hissəciklər arasında yaranan dairəvi kapilyarlarda əlaqələndirici maddə saxlanılır. Hissəciklərin vahid sistemə aqlomerasiyası nəticəsində müxtəlif koordinasiya ədədli (N_k) quruluşlar əmələ gələ bilər; bu isə bütövlükdə qranulun məsaməliliyini təyin edən bir hissəciyin digərləri ilə toqquşmalarının sayını ifadə edir. Formalaşmış qranulların koordinasiya ədədindən asılılığını aşağıdakı düsturla təyin etmək mümkündür:

$$\theta = 0.693 - 0.0372 N_k \tag{1.7}$$

burada θ – qranulun məsaməliliyi; N_k – koordinasiya ədədi.

(1.7) düsturundan görüldüyü kimi yumşaq quruluşlu qranulun koordinasiya ədədi ($N_k = 6$) olduqda məsaməlilik $\theta = 0.476$, daha sıx olduqda isə – ($N_k = 12$) məsaməlilik $\theta = 0.259$ olar. Koordinasiya ədədinin artması və ya qranulun məsaməliliyinin azalması onun sıxlaşdırılma mexanizmi ilə təyin edilir, onlardan biri – xarici gərginliklərin təsirindən qranuldakı möhkəməlaqəli kürəcikli toz hissəciklərin yenidən dislokasiya olunmasından, həmçinin baraban tip dənəvərləşdiricinin fırlanması nəticəsində laydakı qranulların yenidən qruplaşmasıdır. Qranula və ya qranuldakı hissəciyə təsir edən xarici gərginliklərin xüsusiyyəti barabanın fırlanması nəticəsində əmələ gələn mərkəzdənqaçma qüvvələrin mövcudluğu ilə, yuxarıda yerləşən layların çəkisinə əsaslanan kütləvi qüvvələr ilə, həmçinin, qranulların öz

aralarında və aparatın divarına toqquşma zamanı yaranan qüvvələr ilə təyin edilir.

2. Modifikasiya olunmuş dənəvər superfosfatın alınması

Məlumdur ki, tozşəkili superfosfatın klassik üsulla dənəvərləşdirilməsi prosesində sərbəst fosfat turşusunun neytrallaşdırılması üçün əhəng daşından istifadə olunur ki, bu da böyük əmək tutumuna malikdir və mürəkkəb texnoloji qurğunun istismarı ilə əlaqədardır. Ona görə də təklif olunan üsulda əhəng daşından, ümumiyyətlə, istifadə olunmur. Sərbəst fosfat turşusunun neytrallaşdırılması üçün tərkibində təbii seolit və ammoniyaklı su olan suspenziyadan istifadə olunur. Ümumiyyətlə, baraban tip dənəvərləşdiricidə qranulların böyüməsi və formalaşması zamanı hissəciklərə müxtəlif qüvvələr təsir göstərir. Bu qüvvələr bərk və maye fazaların ayrılması sərhəddində kapilyar və səthi aktiv qüvvələri, bərk hissəciklər arasında cazibə qüvvələri – bunlara Van-der-Vaalsın monomolekulyar qüvvələri və elektrostatik cazibə qüvvələri aiddir. Həmçinin qurudulma, kimyəvi reaksiya, əlaqələndirici reagentin bərkiməsi və həll olan maddənin kristallaşması nəticəsində material görpücüklerinin əmələ gəlməsindən yaranan əlaqə qüvvələrini göstərmək olar. Ona görə də, tozvari materialların dənəvərləşdirilməsi prosesində bu qüvvələrin səmərəliliyinin artırılması istiqamətində müvafiq eksperimental tədqiqatların aparılması zəruridir. Qeyd etmək lazımdır ki, tozşəkili materialların ilkin hissəciklərindən qranulların formalaşması üçün onların bir-birinə yaxınlaşması təmin olunmalıdır. Nəzərə almaq lazımdır ki, qarşılıqlı təsir qüvvələri hissəciklər arasındakı məsafənin optimal ölçülərində səmərəli olurlar. Maye fazadan, yəni əlaqələndirici mayedən istifadə etmədikdə sıxılma və ya presləmə üsulu ilə dənəvərləşmə aparılır ki, bu halda əsasən Van-der-Vaals və elektrostatik əlaqə qüvvələri təsir göstərir. Dənəvərləşdirməni diyərlənmə üsulu ilə apardıqda kapilyar qüvvələrinə əsaslanan hissəciklər arasındakı qüvvələr daha effektiv olurlar. Bu da maye faza vasitəsilə verilən əlaqələndirici ilə tozşəkili materialın komponentləri arasında baş verən kimyəvi reaksiya nəticəsində yaranan maddələrin kristallaşması sayəsində yaranan körpücüklər hesabına mümkün olur. Burada həmçinin maddələrin kristallaşması prosesində yaranan, kristal qəfəsin

qüsurları, qranulların formalaşmasında hissəciklər arasındakı əlaqənin güclənməsini və onların mexaniki möhkəmliyinin yüksəlməsini şərtləndirir.

2.1. Azot, kalium və maqneziumla zənginləşdirilmiş dənəvər superfosfatın yeni üsulla alınması

Bu halda laboratoriya qurğusunda yeni üsulla modifikasiya olunmuş dənəvər superfosfatın alınması aşağıdakı ardıcılıqla aparılır.

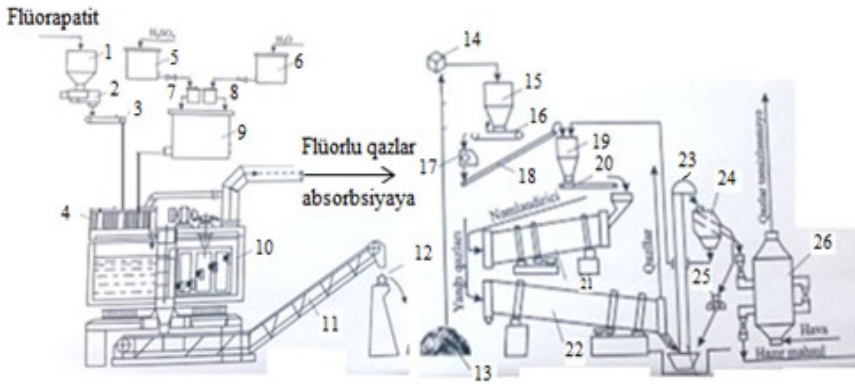
Dənəvərləşdirilmə prosesində tozşəkilli superfosfatın tərkibində olan sərbəst fosfat turşusu seolitın tərkibində olan kalsit və dolomit mineralları ilə fosfat turşusunun bir hissəsi isə suspenziyanın tərkibində olan ammonium hidroksid vasitəsilə neytrallaşdırılır. Beləliklə, alınan dənəvər superfosfat azot, kalium və maqneziumla zənginləşmiş olur. Təcrübələrdə istifadə olunan seolit Azərbaycan Respublikası Tovuz rayonunun Aydaq yataqlarından alınan klinoptilolit tip seolittir. Tədqiqatın nəticələri cədvəl 1.1-də verilmişdir. Cədvəldən göründüyü kimi superfosfatla suspenziyanın kütlə nisbətləri (1:0.30-1:0.40) hədlərində olduqda alınan dənəvər superfosfatın tərkibində qida elementlərinin cəmi (22.13-22.62)% təşkil edir ki, bu da alınan məhsulun əlavə qida elementləri azot, kalium və maqneziumla zənginləşməsi ilə əlaqədardır. Bu halda qranulların mexaniki möhkəmliyi (2.6-2.8) MPa, əmtəlik fraksiyasının çıxımı isə (84.6-86.2)% olur ki, bu da dənəvərləşmə prosesində dənəvər superfosfatın məsamələri seolitın tərkibində olan SiO_2 , Fe_2O və Al_2O_3 ilə tutularaq onun daha sıx kipləşməsinə təmin edir və nəticədə alınan qranulların mexaniki möhkəmliyi və əmtəlik fraksiyanın çıxımı yüksək olur.

2.2. Modifikasiya olunmuş dənəvər superfosfat istehsalının yeni texnologiyası

Klassik texnologiya əsasında dənəvər superfosfatın alınması ilkin sadə tozşəkilli superfosfatın tərkibində olan sərbəst fosfat turşusunu əhəng daşı ilə neytrallaşdırmaqla şixtanın qurulmasına, ələnməsinə və soyudulmasına əsaslanır. Burada əhəng daşının

üyükülməsi və sistemə verilməsi üçün əlavə olaraq mürəkkəb texnoloji qurğudan istifadə olunmasına ehtiyac yaranır. Bu isə əlavə material və enerji xərcləri ilə yanaşı kifayət qədər çoxlu işçi qüvvəsi və vəsait tələb edən mürəkkəb texnoloji prosesdir. Təklif olunan texnologiyada isə əhəng daşından ümumiyyətlə istifadə olunmur, flüorapatitin sulfat turşusu ilə parçalanmasından alınan tozşəkilli superfosfatın tərkibində olan sərbəst fosfat turşusunun təbii seolit və amonyaklı sudan ibarət olan suspenziya ilə neytrallaşdıraraq nəmləşdirilməsinə və dənəvləşdirilməsinə əsaslanır. İşlənmiş yeni texnologiya ilə alınan modifikasiya olunmuş dənəvər superfosfat əlavə qida elementləri azot, kalium və maqneziumla zənginləşmiş olur. Texnoloji proses aşağıdakı ardıcılıqla həyata keçirilir (Şəkil 3).

Standart tərkibə malik apatit konsentratı bunkerdən (1) dozatoru (2) keçərək lentli nəqledici (3) vasitəsilə qarışdırıcıya (4) verilir, buraya eyni zamanda (67-68)%-li sulfat turşusu verilir. Tələb olunan qatılıqda sulfat turşusunu hazırlamaq üçün 75%-li sulfat turşusu basqı çənindən (5) sərfölçəni (7) keçərək turşu çəninə (9) verilir, buraya digər çəndən (6) su sərfölçəni (8) keçərək turşu çəninə (9) daxil olur. Tələb olunan miqdarda su ilə 75%-li sulfat turşu qarışdırılaraq alınan 68%-li sulfat turşusu 105-110⁰C qızmış olur və birbaşa qarışdırıcıya (4) verilir. Qarışdırıcıda pərlərin fırlanma sürəti (530-550) dəq⁻¹ hədlərində olur. Apatit konsentratı ilə sulfat turşusunun qarışdırıcıda qarışdırılma müddəti 7 dəq. təşkil edir, bu müddətdə reaksiyanın normal davam etməsi üçün bərkiməyə yönümlü horra alınır. Sonra alınan horra superfosfat kamerinə (10) verilir. Kamerada reaksiya 110-115⁰C temperaturda 1.5 saat müddətində davam edir. Alınan superfosfat lentli nəqledici (11) vasitəsilə səpələyiciyə (12) oradan isə səpələnmə yolu ilə anbara (13) verilir. Tozşəkilli superfosfat anbarda bir neçə dəfə qarışdırılaraq 10-12 sutka müddətində “yetişmə” prosesindən sonra dənəvləşməyə verilir. Tozvari gübrə qreyfer kranı (14) vasitəsilə bunkerə (15), oradan isə lentli dozatorla (16) əziciyə (17) və lentli nəqledici (18) vasitəsilə qidalandırıcı bunkerə (19) oradan isə lentli qidalandırıcı (20) ilə dənəvləşdiriciyə (21) verilir. Qidalandırıcı bunkerə (19) sistemdən qaytarılan narın fraksiya (retur) da verilir.



Şəkil 3. 1,15-bunkrlər; 2-dozator; 3,11-lentli nəqliçilər; 4-qarışdırıcı; 5-basqı çəni; 6-su çəni; 7,8-sərfölçənlər; 9-turşu çəni; 10-superfosfat kameri; 12-səpələyici; 13-tozşəkilli superfosfat; 14-qreyfer kranı; 16-lentli dozator; 17-əzici; 18-lentli nəqliçisi; 19-qidalandırıcı bunker; 20-lentli qidalandırıcı; 21-silindrik tip dənəvərləşdirici; 22-quruducu aparat;23-elevator; 24-ələklər; 25-xırdalayıcı; 26-“Qaynar lay” tipli soyuducu.

Dənəvərləşdirici 4 ədəd forsunka ilə təchiz olunub. Returla qarışan tozvari superfosfat suspenziya vasitəsilə nəmləşdirilir və neytrallaşdırılır. Şixtanın dənəvərləşdiricidə dövr etdirilmə müddəti 10-12 dəq təşkil edir. Sonra nəm şixta quruducu aparata (22) daxil olur burada isti tüstü qazları ilə eyni istiqamətli axın şəraitində qurudulur.

Dənəvərləşdiricidən çıxan şixtanın nəmliyi 17-18% təşkil edir, şixta quruducu aparatda qurudulduqdan sonra nəmliyi 3%-dən çox olmamalıdır. Qurudulmuş şixta elevatorla (23) ələklərə (24) verilir, buradan 1-4 mm ölçülü fraksiya “qaynar lay” tipli soyuducuya (26) oradan isə hazır məhsul kimi anbara verilir. İri ölçülü fraksiya xırdalayıcıda (25) xırdalanaraq yenidən ələklərə göndərilir, narın ölçülü fraksiya isə yenidən dənəvərləşdiriciyə göndərilir.

Sənaye sınaq tədqiqatları zamanı texnoloji rejimin əsas parametrlərinin optimal qiymətləri laboratoriya tədqiqatlarında

müəyyənləşdirilən qiymətlərə uyğun olmuşdur. Sənaye sınaq üsulu ilə alınan modifikasiya olunmuş dənəvər superfosfatın əsas keyfiyyət göstəriciləri standart üsullarla analiz edilmiş və alınan nəticələr laboratoriya tədqiqatlarının nəticələrini təsdiq etmişdir.

NƏTİCƏ

1. İntensivləşdirici komponentlərin iştirakı ilə tozşəkili materialların silindrik tip aparatlarda dənəvərləşdirilməsi prosesinin nəzəri və eksperimental tədqiqi aparılmış və standart məhsulun alınmasını şərtləndirən əsas parametrlərin optimal qiymətləri müəyyənləşdirilmişdir [1,2].

2. Tozşəkili superfosfatın dənəvərləşdirilməsi prosesində nəmləşdirici, əlaqələndirici və neytrallaşdırıcı reagent kimi tərkibində manqan oksid, alüminium oksid və ammonium hidrokسيد olan suspenziyadan istifadə etməklə, əlavə qida elementləri ilə modifikasiya olunmuş dənəvər mineral gübrənin alınması prosesi tədqiq edilmiş və laboratoriya qurğusunda alınan məhsulda əmtəlik fraksiyanın çıxımı 85,8 – 86,7% olmuşdur [5].

3. İntensivləşdirici əlavələrin iştirakı ilə tozşəkili maddələrin dənəvərləşdirilməsi prosesində nüvə ətrafında hissəciklərin aqlomerasiyası nəticəsində qranulların formalaşması və sıxlaşmasının mexanizmi və qanunauyğunluqlarının tədqiqi ilə müəyyənləşdirilmişdir ki, qranulların formalaşması onların təbəqələşməsi və sıxlaşmasından asılı olub ölçülərinin ardıcıl olaraq dəyişməsi ilə xarakterizə olunur. [3,4,7].

4. Qranulların formalaşmasının nəzəri və təcrübi qanunauyğunluqlarını, həmçinin nəmləşdirici, əlaqələndirici və neytrallaşdırıcı məhlulun verilməsi rejimlərini tədqiq etməklə rəqsi rejimin tezliyinin və amplitudunun optimal qiymətlərini müəyyənləşdirən riyazi ifadə alınmışdır ki, dənəvərləşdirmə prosesində nəmləşdirmə rejiminin təklif olunan ifadə əsasında aparılması tamamlanmış standart qranulların çıxımının yüksəlməsini şərtləndirir [8,9].

5. İntensivləşdirici əlavələrlərin iştirakı ilə tozşəkili maddələrin dənəvərləşdirmə prosesinin sistem təhlili aparılmaqla

müəyyənləşdirilmişdir ki, dənəvərləşmə prosesində nüvə ətrafında hissəciklərin aqlomerasiyası nəticəsində qranulların formalaşmasını xarakterizə edən qanunauyğunluqların müəyyənləşdirilməsində və prosesin determinləşmiş-stoxastik modelinin qurulması üçün, stoxastik modelləşdirmə üsullarından əlavə fenomenoloji modellərlə təsvir olunan köçürmə hadisələri də tətbiq edilməli iyerarxik qanunauyğunluqla, determinləşmə prosesi fenomenoloji asılılıq, təsadüfilik isə qranulların ölçülərinə görə paylanmasını təkamül funksiyası kimi təfsir etməlidir [10].

6. Klassik üsuldən fərqli olaraq tozşəkili superfosfatın dənəvərləşdirilməsi prosesində neytrallaşdırıcı reagent kimi əhəng daşının istifadəsi təmamilə ləğv edilmiş və təklif olunan üsulda neytrallaşdırıcı, nəmləşdirici və əlaqələndirici reagent kimi tərkibində intensivləşdirici komponentlər olan suspenziyadan istifadə edilmişdir ki, bu da alınan məhsulu əlavə qida elementləri ilə zənginləşdirmiş, texnoloji prosesin iqtisadi və ekoloji səmərəliliyini yüksəltmişdir [6, 22].

7. Aparılan kompleks tədqiqatlar nəticəsində azot, kalium və maqneziumla zənginləşdirilmiş, dənəvər superfosfatın yeni universal texnologiyası işlənmiş, alınan məhsulun fiziki- kimyəvi və mexaniki xassələrinin yaxşılaşdığı müəyyənləşdirilmiş və laboratoriya tədqiqatlarının nəticələri sənaye qurğusunda sənaye-sınaq təcrübələri ilə təsdiq edilmişdir [22, Əlavə 1].

Dissertasiya işinin əsas məzmunu aşağıdakı dərc olunmuş elmi işlərdə verilmişdir

1. Келбалиев, Г.И. Улучшение прочностных свойств гранул с целью интенсификации процесса гранулирования порошкообразных материалов / Г.И.Келбалиев, В.М.Самедли, М.М.Самедов // Химическая промышленность сегодня, – М., 2009. № 7, – с.4-7.
2. Kelbaliyev, G.I. Modeling of granule formation proses of powdered materials by the method of rolling / G.I.Kelbaliyev, V.M.Samedli, M.M.Samedov // Powder Technology, ELSEVIER, – 2009. 194, – p.87-94.
3. Kelbaliyev, G.I. Analysis of Dispersity and Temporary Evolution of

the Distribution Function of Granules in Drum Apparatus / G.I.Kelbaliyev, R.K.Kasimova, M.M.Samedov, V.M.Samedli // Journal of Dispersion Science and Technology. – London: – 2011. 32:6. – p. 799-806

4. Келбалиев, Г.И. Моделирование процесса гранулообразования порошкообразных материалов методом окатывания / Г.И.Келбалиев, В.М.Самедли, М.М.Самедов // Теоретические основы химической технологии, – 2011. Т.45, № 5, – с.571-577.

5. Келбалиев, Г.И. Экспериментальное исследование и расчет влияния интенсифицирующих добавок на прочность суперфосфатный гранул / Г.И.Келбалиев, В.М.Самедли, М.М.Самедов, Р.К.Касимова // – Санкт-Петербург: Журн. прикл. химии, – 2013. т.86, № 10, – с.1519-1524.

6. Келбалиев, Г.И. Кинетические закономерности процесса гранулирования порошкообразных материалов в барабанных грануляторах / Г.И. Келбалиев, В.М.Самедли, М.М.Самедов // Журнал прикладной химии. - Санкт Петербург: - 2015. Т.88, №5, - с. 812-820.

7. Kelbaliyev, Q.I. Kinetic Laws of the Granulation Process of Powdered Materials in Drum Granulators / Q.I.Kelbaliyev, V.M.Samedli, M.M.Samedov // – Germany: Russian Journal of Applied Chemistry, Springer, - 2015. Vol.88. № 5, - p. 852-860.

8. Kelbaliyev, G.I. Investigation of granulation process and calculation of influence of intensifying additions on strength of superphosphate granules / G.I.Kelbaliyev, V.M.Samedli, M.M.Samedov, V.N.Akhmedov, G.M.Mustafayeva // - Baku: Azerbaijan Chemical Journal, - 2017. №2, - s.38-44.

9. Səmədli, V.M. Silindrik tip dənəvərləşdiricidə mineral gübrə qranullarının formalaşmasının əlaqələndirici məhlulun verilmə rejimindən asılılığı // – Sumqayıt: SDU Elmi xəbərlər Təbiət və texniki elmlər bölməsi, – 2019. Cild 19, № 2, – s.45-49.

10. Səmədli, V.M. Tozşəkilli maddələrin dənəvərləşdirilməsi prosesinin sistem təhlili və riyazi modellərində determinləşmə və təsadüfçilik // - Sumqayıt: SDU Elmi Xəbərlər. Təbiət və texniki elmlər bölməsi, - 2019. Cild 19, № 3, - s.36-39.

11. Kelbaliyev, G.I. Regularities of formation of granules at granulation of powdered materials in drum devices / G.I.Kelbaliyev, V.M.Samedli // - Baku: Abstracts of the Republican Scientific Conference dedicated to the 85th anniversary of academician T.N. Shakhhtakhtinsky, -27-28 okt. - 2011. – p.17-19.
12. Келбалиев, Г.И., Самедов, М.М., Ахмедов, В.Н., Самедли, В.М. Экспериментальное исследование процесса гранулирования порошкообразного суперфосфата с применением промышленных отходов //Материалы VIII Междун. Научной Конфер. «Экология и охрана жизнедеятельности» - Сумгаит: – 2014. - с. 62-66.
13. Келбалиев, Г.И., Самедли, В.М., Мамедова, Г.М., Самедов, М.М. Моделирование процесса грануляции порошкообразных материалов в цилиндрическом аппарате // Материалы Международной Научной Конференции, Информационные системы и технологии: Достижения и Перспективы, - Сумгаит: - 15-16 ноя. -2018. - с.137-139.
14. Келбалиев, Г.И., Самедли, В.М., Самедов, М.М., Халилов, С.А. Системный анализ и интенсификация процессов гранулирования порошкообразных материалов с применением минеральных добавок и промышленных отходов // Химия. Экология. Урбанистика. Материалы всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Россия. - .Пермь: - 2019. Том 1, - с.192-197.
15. Səmədli, V.M. Tozvari superfosfatın baraban tipli aparatda dənəvərləşdirilməsi prosesinin mexanizmi // Ulu öndər H.Əliyevin anadan olmasının 86-cı il dönümünə həsr olunmuş “Kimya və Ekologiyanın Aktual problemləri” mövzusunda REK materialları, - Bakı: - 2009. - s. 139-140.
16. Келбалиев, Г.И., Самедов, М.М., Ахмедов, В.Н., Самедли, В.М. Интенсификация и моделирования процесса гранулирования порошкообразного суперфосфата в барабанном аппарате // Тезисы Докладов Республиканской Научной Конференции, посвященной 90-летию академика Т.Шахтахтинского, - Баку: - 2015. - с.81.
17. Келбалиев, Г.И., Самедли, В.М., Мурадов, М.М., Ахмедов, В.Н., Самедов, М.М. Некоторые кинетические закономерности процесса грануляции порошкообразных материалов методом окатывания //

Материалы Республиканской Научной Конференции, посвященной 80-летию юбилею Института Катализа и Неорганической Химии имени М.Нагиева, - Баку: - 2016. - с.411-412.

18. Самедли, В.М., Мустафаев, М.М., Самедов, М.М. Механизм и закономерности процесса грануляции порошкообразных материалов барабанных грануляторах // X Международная научно-практическая конференция молодых ученых. «Актуальные проблемы науки и техники-2017» Сборник материал. конф. Россия. – Уфа: - 2017. Том. 1, - с. 132-133.

19. Самедов, М.М., Келбалиев, Г.И., Мамедова, Г.М., Самедли, В.М. Экспериментальное исследование физических явлений процесса гранулирования порошкообразного суперфосфата с применением природного цеолита // Международная Научная Конференция Актуальные Вопросы Прикладной Физики и Энергетики, – Сумгаит: - 2018. - с.418-420.

20. Kelbaliyev, G.I., Samedli, V.M., Mammadova, G.M., Sariyev, Q.A., Samedov, M.M. Investigation on granulation processes of powdered materials cylindrical granulator // Abstracts of scientific conference “Nagiyev Readings” dedicated to the 110th anniversary of academician M.Nagiyev, – Baki: - 2018. -s.47.

21. Келбалиев, Г.И., Самедли, В.М., Алиева, С.Г. Детерминированность и системный анализ процессов гранулирования порошкообразных веществ// Материалы РНК Современные проблемы химии,- Сумгаит: - 2021.-с.31-36.

22. Səmədov, M.M. Dənəvər superfosfatın alınması üsulu, İxtira İ 2017 0060, Azərbaycan Respublikası / Səmədov, M.M., Əhmədov, V.N., Səmədli, V.M.

Dissertasiyanın müdafiəsi “22” dekabr 2021-ci il tarixdə saat 10⁰⁰-da Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının akademik Y.H.Məmmədaliyev adına Neft-Kimya Prosesləri İnstitutunun nəzdində fəaliyyət göstərən ED 1.17 Dissertasiya şurasının iclasında keçiriləcəkdir.

Ünvan: Az.1025, Bakı, Xocalı prospekti, 30

Dissertasiya ilə AMEA-nın akademik Y.H.Məmmədaliyev adına Neft-Kimya Prosesləri İnstitutunun elmi kitabxanasında tanış olmaq mümkündür.

Dissertasiya və avtoreferatın elektron versiyaları AMEA-nın akademik Y.H.Məmmədaliyev adına Neft – Kimya Prosesləri İnstitutunun rəsmi internet saytında yerləşdirilmişdir.

Avtoreferat “22” noyabr 2021-ci il tarixində zəruri ünvanlara göndərilmişdir.

Çapa imzalanıb: 18.11.2021

Kağızın formatı: A5

Həcm: 37870

Tiraj: 100