

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК АЗЕРБАЙДЖАНА
ИНСТИТУТ КАТАЛИЗ И НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ
им. Акад. М.НАГИЕВА.

На правах рукописи

МАМЕДОВА ШАМАМА ГАДЖИБАЛА ГЫЗЫ

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МАТЕМАТИЧЕСКОЕ
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ СИНТЕЗА КАЛИЙ-
КАРБОКСИМЕТИЛЦЕЛЛЮЛОЗЫ И КАПСУЛИРОВАНИЕ
ГРАНУЛ СУПЕРФОСФАТА

*Специальность – 3303.01 – Химическая технология и
инженерия*

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

*диссертации на соискание учёной степени доктора
философии по технике*

Баку-2015

AZƏRBAYCAN MİLLİ ELMLƏR AKADEMİYASI
akad. M.NAĞİYEV adına KATALİZ VƏ QEYRİ-ÜZVİ
KİMYA İNSTİTUTU

Əlyazmalar hüququnda

MƏMMƏDOVA ŞAMAMA HACIBALA QIZI

KALIUM KARBOKSİMETİLSELLÜLOZUN SİNTEZİ VƏ
SUPERFOSFAT DƏNƏLƏRİNİN KAPSULLAŞDIRILMASI
PROSESİNİN TEXNOLOJİ ƏSASLARI VƏ RİYAZİ
MODELLƏŞDİRİLMƏSİ

İxtisas 3303.01 - "Kimya texnologiyası və mühəndislik"

Texnika üzrə fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi almaq
üçün təqdim edilmiş dissertasiya işinin

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

BAKİ – 2015

Dissertasiya işi AMEA-nın Polimer Materialları İnstitutunda yerinə yetirilmişdir.

Elmi rəhbər:

AMEA-nın müxbir üzvü,
texnika üzrə elmlər doktoru, prof.

Y. İ. Rüstəmov

Rəsmi opponətlər:

Texnika üzrə elmlər doktoru
Texnika üzrə elmlər doktoru, prof.

Q. S. Həsənov
M. S. Alosmanov

Aparıcı təşkilat: AMEA-nın akademik Y. Məmmədəliyev adına
Neft Kimya Prosesləri İnstitutu (Çoxfunksiyalı
reagentlər şöbəsi)

Dissertasiya müdafiəsi “____” _____ 2015-ci il tarixində
saat _____ AMEA-nın akad. M.Nağıyev adına Kataliz və Qeyri-üzvi
Kimya İnstitutunda fəaliyyət göstərən D 01.021 Dissertasiya Şurasının
iclasında keçiriləcəkdir.

Ünvan: AZ 1143, Bakı şəhəri, H.Cavid prospekti, 113

Dissertasiya işi ilə AMEA-nın akad. M.Nağıyev adına Kataliz və
Qeyri-üzvi Kimya İnstitutunun kitabxanasında tanış olmaq olar.

Avtoreferat “____” _____ 2015-ci il tarixində göndərilmişdir.

**Dissertasiya Şurasının
elmi katibi, k.ü.f.d., ap.e.i.**

C. Ə. Əliyeva

İŞİN ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI

Mövzunun aktuallığı. Kimya elminin və istehsalının inkişafı daha müasir, iqtisadi cəhətdən səmərəli və ekoloji təmiz texnologiyaların yaradılmasını, həmçinin kimya texnologiyasında fəaliyyətdə olan proses və aparatların yeniləşdirilməsini tələb edir. Bununla əlaqədar müxtəlif materiallardan kalium karboksimetilsellülozun sintezi prosesinin tədqiqi və fasiləsiz fəaliyyət göstərən texnoloji proseslərin yaradılması sellüloza törəmələrinin alınması texnologiyasının əsas məsələlərindən biridir. Bu zaman prosesin parametrlərinin qruplaşdırılması, onlar arasında əlaqənin müəyyən edilməsi və riyazi yazılması kimya texnologiyasının inkişafının müasir tələblərinə cavab verir. Prosesin tam riyazi modeli olarsa kimya-texnoloji sistemin məsələlərini həll etmək və elektron hesablama sistemlərinin köməyi ilə onu idarə etmək mümkün olur. Həndəsi parametrləri nəzərə almaqla kalium karboksimetilsellülozun alınmasının fasiləsiz ekoloji təmiz sisteminin hesablama alqoritminin yaradılması nəzəri və praktiki əhəmiyyət kəsb edir. Mineral gübrələrin bioloji parçalanan və suda həll olan polimer kapsuləmələgətiricilərlə kapsullaşdırılması tədqiqatlarının genişləndirilməsi kimya texnologiyasında və gübrələrin kənd təsərrüfatında istifadəsi texnologiyasında mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Göstərilən istiqamət, yuxarıda qeyd edildiyi kimi, daha çox mineral gübrələrin kənd təsərrüfatında istifadəsi zamanı onların səmərəliliyinin artırılmasına aiddir. Gübrələrin tərkibinə daxil olan böyük miqdarda qida elementlərinin yeraltı sular ilə yuyulması və retrogradasiya nəticəsində onların bitgilər tərəfindən mənimsənilmə dərəcəsi 60 %-dən artıq deyildir. Göstərilən səbəb gübrələrin səmərəliliyini azaldır və onların vahid torpaq sahəsinə düşən sərfini artırır. Mineral gübrələrinin səmərəliliyini artırmaq yollarından biri onların dənələrinin polimer örtükəmələgətiricilərlə kapsullaşdırılmasıdır.

İstehsalatın inkişafı yollarının təhlili və mineral gübrələrin kapsullaşdırma istiqamətində aparılan tədqiqatların nəticəsi göstərir ki, bu proses uzun müddət kimya texnologiyasının aktual problemi kimi qalacaqdır. Bu zaman əsas məsələ kapsullaşdırıcı materialın seçilməsidir. Bunların içində üstünlüyü üzvi həlledici tələb etməyən, aşağı temperaturda suda həll olan və bioloji parçalanan polimer materiallar tutur. Ona görə də tədqiqat işində kapsullaşdırma üçün obyekt kimi dənəvər

superfosfat, kapsuləmələgətirici material kimi isə təbii polimer sellüloza törəmələri götürülmüşdür.

İşin məqsədi. Təbii tullantılar olan pambıqtəmizləmə zavodunun tullantısı və ağac kəpəyindən istifadə etməklə kalium karboksimetilsellülozun sintezi prosesinin və baraban aparatında superfosfat dənələrinin kapsullaşdırılması prosesinin fasiləsiz texnologiyasının işlənilməsi.

Proses aşağıdakı mərhələlərdən ibarətdir: nəzərdə tutulan tullantıların zənginləşdirilməsi, zənginləşdirilmiş sellüloza tərkibli tullantıların qələvi ilə işlənilməsi, onun monoxlorşirkə turşusunun kalium duzu ilə alkilləşdirilməsi, prosesin texnoloji rejiminin təyin edilməsi, suda həllolmanın kinetik qanunauyğunluqlarının öyrənilməsi, prosesin parametrləri arasında asılılığın riyazi ifadəsinin və riyazi ifadələrdən istifadə etməklə sistemin əsas göstəricilərinin avtomatik hesablama alqoritminin hazırlanması.

Prosesin bu mərhələlərini həyata keçirmək üçün xüsusi xassəli polimerlərin sintezi prosesinin qanunauyğunluqlarını, prosesin parametrləri arasında əlaqəni və superfosfat dənələrinin kapsullaşdırılmasını geniş şəkildə tədqiq etməklə nail olmaq olar.

Elmi yeniliklər. İşdə əldə edilmiş elmi yeniliklər aşağıdakılardır:

- kalium karboksimetilsellülozun sintezində standart xammal kimi istifadə olunan pambıq tullantılarının və ağac kəpəyinin zənginləşdirilməsi prosesi işlənilmişdir;

- kalium karboksimetilsellülozun ümumi suda həllolma prosesinin bütün mərhələlərini nəzərə almaqla fasiləsiz texnoloji sistemin yaradılması təklif edilmişdir;

- müxtəlif sellüloza tərkibli materialların kütləkeçirmə əmsalını (molekulyar diffuziya) təyin etmək üçün yeni üsul təklif edilmişdir;

- pambıq tullantısının və ağac kəpəyinin zənginləşmədən əvvəl və sonra kütləötürmə və bu tullantılardan sintez olunmuş kalium karboksimetilsellülozun suda həll olmasının kinetik qanunauyğunluqları, həmçinin bu qanunauyğunluqlar arasında əlaqə müəyyən edilmişdir;

- heterogen prosesin homogen prosesə tədricən keçməsi baş vermişdir ki, bu da kalium karboksimetilsellülozun ümumi sintezi prosesini sürətləndirməyə və keyfiyyət göstəricilərinə görə bircinsli məhsul almağa imkan verir;

- dənələr üzərində kapsul layının qalınlığının artmasının kinetik qanunauyğunluqları K-KMS-nin makromolekulunda hidrofilyar qrupların sayını nəzərə alaraq öyrənilmiş və prosesin kinetik modeli tərtib edilmişdir;

-kalium karboksimetilsellülozun fasiləsiz sintezi prosesinin bütün mərhələlərinin əsas parametrləri arasında əlaqənin riyazi yazılışı həyata keçirilmişdir və onların avtomatik hesablanması üçün alqoritm işlənilmişdir ki, bu da sistemi idarə etməyə imkan verir.

İşin təcrübi əhəmiyyəti. Təklif edilmiş fasiləsiz texnoloji sistem fasiləli sistemlə müqayisədə enerji və əmək itkisini azaltmağa imkan verir, pambıqtəmizləmə zavodlarının tullantılarından və ağac kəpəyindən xammal kimi istifadə edilməsi kalium karboksimetilsellülozun sintezində xammal ehtiyatını genişləndirir və ətraf mühitin ekologiyasını yaxşılaşdırır. Ümumi prosesin riyazi modelinin alınması layihələndirməni həyata keçirməyə və istehsalın mərkəzləşdirilmiş idarə edilməsinə şərait yaradır.

Materialın şərh. Dissertasiya materialı Polimer Materialları, Kataliz və Qeyri-üzvi Kimya İnstitutlarının elmi seminarlarında, AMEA Beynəlxalq Elmi Praktiki Konfransında (2010-cu il), Sumqayıt Dövlət Universiteti Respublika Elmi Konfransında (2011-ci il), "Monomerlər və polimerlər kimyasının müasir problemləri" II Respublika Elmi Konfransında (2012-ci il), "Ekologiya və həyat fəaliyyətinin mühafizəsi" VII Beynəlxalq Elmi konfransında (2012-ci il), Akademik M.Nağıyevin 105 illiyinə həsr olunmuş elmi konfransında (2013-cü il), "Sənayəli"nə həsr olunmuş VIII ənənəvi Beynəlxalq Elmi Konfransında (2014-cü il) müzakirə edilmişdir.

Tədqiqatçının şəxsi iştirakı. Tədqiqatların həyata keçirilməsi, alınan nəticələrin işlənməsi, məlum ədəbiyyat mənbələrinin təhlili, tədqiqatın nəticələrinin şərh, elmi məqalə və dissertasiyanın hazırlanması müəllif tərəfindən yerinə yetirilir.

Çap olunmuş əsərlər. Dissertasiyanın mövzusu üzrə 18 elmi əsər, o cümlədən resenziya olunmuş elmi jurnallarda 8 məqalə, 10 məruzə tezisi çap olunmuşdur.

İşin həcmi və strukturu. Dissertasiya girişdən, 3 fəsildən, 9 nəticədən, 175 adda istifadə edilən elmi ədəbiyyat siyahısından ibarət olub, 127 səhifə həcminə malikdir. Dissertasiyaya 11 şəkil və 12 cədvəl daxil edilmişdir.

İŞİN ƏSAS MƏZMUNU

Giriş hissədə mövzunun aktuallığı, görülməli işin məqsədi, onun yerinə yetirilmə istiqaməti və alınmış nəticələrin elmi yeniliyi və təcrübi əhəmiyyəti haqqında məlumat verilmişdir.

Birinci fəsildə karboksimetilsellülozun (KMS) duzlarının alınması və istifadəsi, həmçinin onlarla dənəvər materialların kapsullaşdırılmasına aid məlum ədəbiyyat mənbələrinin araşdırılmasından bəhs olunur. Tərkibində sellüloza olan müxtəlif təbii materiallardan kalium və ammonium karboksimetilsellülozun alınması prosesinə aid tədqiqat işləri təhlil olunmuşdur. Sellülozanın törəmələrinin sintezi sahəsində ədəbiyyat mənbələrinin təhlili, KMS-nin duzlarının istifadə sahələri, KMS-nin duzlarının və onlarla gübrə dənələrinin kapsullaşdırılması proseslərinin texnoloji tərtibi sahəsində işlərin təhlili, dənəvər materialların kapsullaşdırılması prosesinin kinetikasi sahəsində müasir işlərin təhlili verilmişdir.

Sellüloza təbii bitki materiallarının əsas komponentlərindən biridir və poliefir polimerlər qrupuna aiddir. Sellüloza ilə zəngin olan bitki mənşəli materiallara ağac kəpəyi, saman, pambıqtəmizləmə zavodlarının tullantıları və kağız tullantılarını göstərmək olar. Bu materiallardan xammal kimi istifadə etmək ekoloji cəhətdən əlverişlidir. Bu həm də KMS-nin duzlarını sintez etmək üçün xammal bazasını genişləndirir və ətraf mühitin təmizliyinin bərpa olunmasına şərait yaradır.

İkinci fəsil tədqiqatların aparılmasının üsulları, istifadə olunan materialların fiziki və kimyəvi parametrlərinin təyin olunması, KMS duzunun sintezi prosesinin laboratoriya qurğusunun təsviri, tərkibində sellüloza olan təbii materialların kondisiya üsulu, kalium karboksimetilsellülozun qarışıqlardan təmizlənməsi üsulu, kalium karboksimetilsellülozun suda həll olunması kinetikasının öyrənilməsi, riyazi modellərin tərtibi və hesablama alqoritminin qurulması, polimerlə gübrə dənələrinin kapsullaşdırılması üsullarına həsr olunmuşdur.

Kalium karboksimetilsellülozun laboratoriya partiyasını alarkən müqayisə üçün viskoz sellülozası və pambıqtəmizləmə zavodlarının tullantılarından istifadə edilmişdir. İlk sellülozu qələvi ilə işləmək üçün müəyyən qatılıqlı kalium qələvisinin sulu məhlulundan istifadə etmişik, alınan kalium sellülozun eterifikasiyası üçün isə toz şəkilli kalium monoxlorosirkədən istifadə edilmişdir.

Qeyd etmək lazımdır ki, əvvəlcədən zənginləşdirilmiş pambıq tullantılarından və ağac kəpəyindən məhlul alarkən qələvi ilə işləmə prosesi heterogen sistemə yaxın iki fazlı sistemdə baş verir. Bu zaman reagent hissəciklərinin vaxtdan asılı olaraq reaktorda paylanması şərti ilə proses ideal parçalanma şəraitində baş verir.

Tədqiqatın aparılma üsulu. Tədqiqat laboratoriya qurğusunda fasiləli rejimdə aparılmışdır. Sellülozanı işləmək üçün hesablanmış

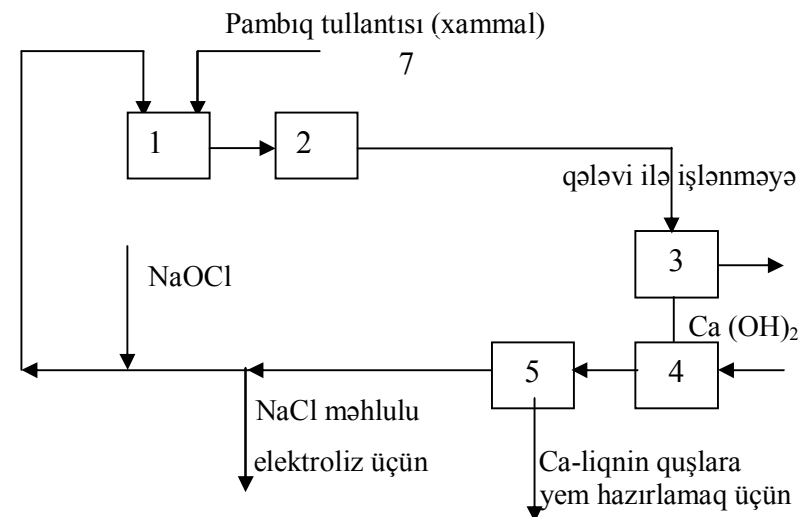
miqdarda kalium qələvisinin sulu məhlulundan, alınmış kalium sellülozu karboksimetilləşdirmək üçün isə toz şəkilli kalium monoxlorsirkədən istifadə edilmişdir. Reagentlərin hesablanması götürülmüş sellülozun makrozəncirindəki elementar həlqələrin nəzərdə tutulan əvəz olunma sayından asılı olaraq hesablanmışdır. Bizim tərəfimizdən ilkin xammal kimi tərkibində sellülozun miqdarı 95% olan pambıqtəmizləmə zavodlarının zənginləşdirilmiş tullantılarından istifadə edilmişdir. Təcürübələrin hamısında sellülozun götürülmüş miqdarının üzərinə fasiləsiz qarışdırmaqla 25%-li kalium qələvisi əlavə edilmişdir. Qarışdırma 45-50⁰S temperaturda 2,5 saat davam etdirilmişdir. Sonra reaksiya kütləsi 25⁰S-yə qədər soyudulmuş və kalium sellülozu alkillaşdırmaq məqsədilə ona quru şəkildə kalium monoxlorsirkə (KMXS) əlavə edilmişdir. Kapsuləmələgətirici polimerlərin dənələrin mütləq quru və nəm vəziyyətdə həqiqi sıxlıqlarını təyin etmək üçün hidrostatik Vastval-Mor cihazından istifadə edilmişdir. Kapsuləmələgətiricinin sulu məhlulunun sıxlığı aerimetrik üsulla təyin edilmişdir.

Bu məhlulların qatılıqları kalorimetrik üsulla KFK-2 cihazının tədqiq olunan məhlulunun müəyyən qalınlığından buraxılan işıq şüasının optiki sıxlığının dəyişməsinə görə təyin edilmişdir. Kapsuləmələgətirici polimer məhlulun dinamiki özlülüyü PVI-4 tipli viskozimetrlə təyin olunmuşdur. Alınmış K-KMS-nin orta molekula kütləsini və onun molekulada karboksimetil qruplarının sayını təyin etmək üçün nümunə spirt-su məhlulunda həll edilib çökdürülməklə kənar qarışıqlardan təmizlənmişdir. Sellülozun və sintez olunmuş K-KMS-nin molekula kütləsi Mark-Xuvink üsulu ilə təyin edilmişdir. Sonrakı tədqiqat onların optimal qiymətlərində aparılmışdır.

Üçüncü fəsil tədqiqatın aparılmasına həsr olunub. Burada kalium karboksimetilsellülozunsintezi prosesi işlənilmiş, superfosfat dənələrinin kapsullaşdırılması prosesi həyata keçirilmiş və riyazi model tərtib olunmuşdur. Əvvəlki tədqiqat işlərinin çoxunda xammal kimi qiymətli viskoz yaxud pambıq liflərindən istifadə olunmuşdur. Qənaət və iqtisadi nöqteyi nəzərdən pambıq zavodlarının tullantılarından və ağac kəpəyindən istifadə edilməsi aktualdır. Kalium karboksimetilsellülozun pambıqtəmizləmə zavodlarının tullantılarından və ağac kəpəyindən alınması üçün məlumlantıları zənginləşdirməkləzımdır. Bu prosesin aparılmasının texnoloji sxemi aşağıda verilmişdir.

Tullantıları zənginləşdirmək üçün natriumhipoxloridin (NaOCl) 1-4%-li məhlulundan istifadə edilmişdir. Tullantı NaOCl-un məhlulu ilə

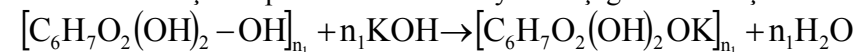
müəyyən nisbətdə qarışdırıldıqdan sonra qarışdırıcıda (1) 70⁰S-yə qədər qızdırılır və şnek aparatına (2) daxil olur. Burada NaOCl-un parçalanma-



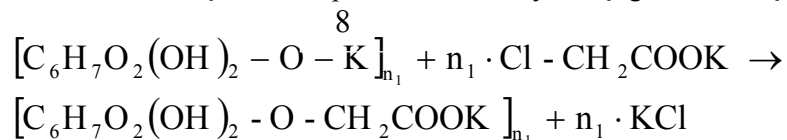
Şəkil 1. Pambıq təmizləmə zavodlarının tullantılarının zənginləşdirilməsi mərhələsinin prinsipal texnoloji sxemi. 1-qarışdırıcı-qızdırıcı; 2-şnek aparatı; 3-ikifazlı sıxıcı aparatı; 4-neytrallaşdırıcı, 5-vakumsüzgəci.

sından alınan atomar oksigen rejimində tullantının zənginləşdirilməsi aparılır. İşlənmiş tullantı (3) aparatında sıxıldıqdan sonra KMS duzunu sintez etmək üçün sistemə daxil edilir. Bu zaman maye fazada olan liq-nin turşuları (4) aparatında Ca(OH)₂ ilə neytrallaşdıqdan, (5) aparatında süzüləndən və tərkibindəki çatışmayan NaOCl-un miqdarı bərpa edildikdən sonra təkrar istifadə üçün (1) aparatına qaytarılır. Liq-nin turşusunun kalsium duzu isə quşlara yem hazırlamaq üçün (4) aparatından (5) aparatına verilir.

Karboksimetilsellülozun kalium duzunun alınması prosesinin təcürübələri laboratoriya şəraitində aparılmışdır. Sellülozun kalium qələvisi ilə işlənməsi və alınmış sellülozun monoxlorsirkə turşusunun kalium duzu ilə alkillaşması proseslərinin reaksiyaları aşağıda verilmişdir.



Təcrübələrin bu bölməsində pambıqtəmizləmə zavodlarının tullantılarının kalium qələvisi ilə işlənməsinin texnoloji parametrləri təyin edilmişdir. Kalium sellülozun alınmasında qələvinin qatılığı 23-25% təşkil etmişdir. Alınmış kalium sellülozun monoxlorsirkə turşusunun kalium duzu ilə alkillaşdırılması prosesinin reaksiyası aşağıda verilmişdir:



Monoxlorsirkə turşusunun kalium duzunun alınması prosesinin səmərəli variantları öyrənilmişdir. Monoxlorsirkə turşusunun kalium duzu həmin turşunun KOH-la və K₂CO₃-lə neytrallaşdırılması nəticəsində əldə oluna bilər. Tədqiqatlar nəticəsində məlum olmuşdur ki, neytrallaşmanın Na₂CO₃ aparılması məqsədə uyğundur.

Tərkibində sellüloza olan materialların zənginləşdirmədən əvvəl və sonrakı göstəriciləri cədvəl 1 və 2-də verilmişdir. Cədvəldəki nəticələrin təhlili göstərir ki, zənginləşmədən sonra onların tərkibində olan sellülozanın miqdarı artır, rəngi yaxşılaşır. Bundan başqa makromolekulada sellülozanın qismən parçalanması kütləkeçirməni artır ki, bu da tədricən heterogen prosesin homogen prosesə keçməsinə səbəb olur. Nəticədə ümumi prosesin sürəti artır və bircinsli məhlul alınır. Tullantının polimerləşmə dərəcəsinin standartla yaxınlaşması müşahidə edilir ki, bu da müsbət hal hesab olunur.

Cədvəl 1.

Zənginləşdirilmədən əvvəl və sonra təbii sellüloza tərkibli materiallarda sellülozanın miqdarı.

s/s	Xammal materialları	Sellülozanın miqdarı kütlə %		Rəngi	
№		Zənginləşmədən		Zənginləşmədən	
		əvvəl	sonra	əvvəl	sonra
1	Ağac kəpəyi	40-50	63-69	Ağ	Ağ

2	Saman	34-45	55-57	Sarı	Ağ
3	Pambıqtəmizləmə zavodunun tullantısı	85-86	93-95	Tünd şabalıdı	Ağ
4	Kağız tullantısı	25-31	37-49	sarı	Ağ

Cədvəl 2.

Zənginləşmə prosesindən sonra xammal materiallarının bəzi göstəriciləri.

9

Xammal materialları	Orta molekula kütləsi		Kütlə keçirmə əmsali	
			kq · M ⁻¹ · S ⁻¹	
	Zənginləşmədən		Zənginləşmədən	
	əvvəl	sonra	əvvəl	sonra
Ağac kəpəyi	150000	120000	4.5 · 10 ⁻⁴	2.03 · 10 ⁻²
Saman	350000	110000	2.03 · 10 ⁻⁵	2.7 · 10 ⁻²
Pambıqtəmizləmə zavodunun tullantısı	500000	140000	1.25 · 10 ⁻⁵	0.69 · 10 ⁻²
Kağız tullantısı	200000	90000	3.06 · 10 ⁻⁴	3.8 · 10 ⁻²

Cədvəl 2-də nəticələrin təhlilindən görünür ki, zənginləşdirildikdən sonra müxtəlif təbii materialların makromolekulunda sellülozanın par-

çalanma əmsalı 1,3-3,6 arasında dəyişir, kütləkeçirmə əmsalı isə 50-600 dəfə sürətlənir. Bu zaman ən yüksək kütləkeçirmə (600 dəfə sürətlənmə) pambıqtəmizləmə zavodlarının tullantısında müşahidə edilmişdir. Zənginləşdirmədən sonra materialların kütləkeçirməsinin sürətlənməsi onların kristallik strukturunun dəyişməsi ilə əlaqədardır ki, bu da maddənin diffuziya əmsalının artmasına səbəb olur.

Cədvəl 1 və 2-də nəticələrin təhlilindən görünür ki, KMS-nin duzlarını almaq üçün tərkibindəki sellülozanın miqdarına görə ən münasib tullantı pambıqtəmizləmə zavodlarının tullantısı və ağac kəpəyidir. Aparılmış laboratoriya tədqiqatlarının nəticələri göstərir ki, zənginləşdirilmiş saman və kağız tullantılarından tikintidə yapışqan kimi istifadə oluna bilər.

Makromolekulanın sellülozaya parçalanma əmsalını aşağıdakı formula ilə hesablamaq olar:

$$K_p = \frac{M_0}{M_{zəng}} = \frac{N_1}{N} = \frac{n_0}{n_1^0}$$

Burada M_0 və $M_{zəng}$ - zənginləşmədən əvvəl və sonra makromolekulada

sellülozanın malekula kütləsi, kq/mol;

n_0 və n_1^0 - zənginləşmədən əvvəl və sonra sellülozanın makromolekulada

elementar həlqələrin sayı, ədəd,¹⁰

N və N_1 - zənginləşmədən əvvəl və sonra makromolekulada sel-

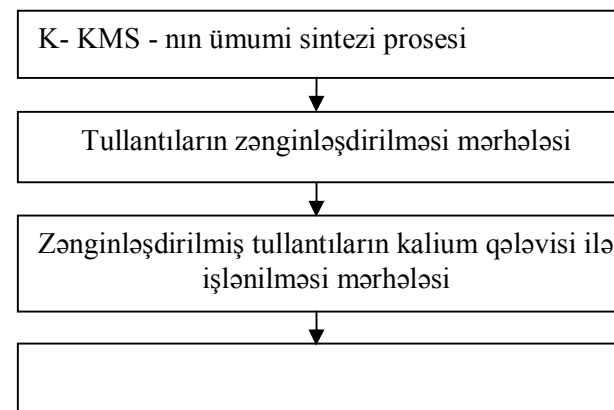
lülozanın miqdarı, ədəd;

K_p - zənginləşmə zamanı sellülozanın parçalanma əmsalı.

Şəkil 2-də zənginləşmə prosesini nəzərə almaqla göstərilən tullantılardan K-KMS duzunun ümumi sintezi prosesinin sxemi təqdim edilmişdir. Proses üç ardıcıl mərhələdə aparılır. Ona görə də ümumi prosesə sərf olunan vaxt bu mərhələlərə sərf olunan vaxtların cəminə bərabərdir:

$$\tau = \tau_1 + \tau_2 + \tau_3$$

τ , τ_1 , τ_2 və τ_3 - prosesə və onun ayrı-ayrı mərhələlərinə sərf olunan ümumi vaxtdır, san.



Şəkil 2. K- KMS -nin ümumi sintezi prosesinin sxemi.

Zənginləşmə prosesinin şnek aparatda getdiyini, prosesin isə sellülozun qələvi ilə işlənilməsi və qələviləşmiş sellülozun MXST ilə baraban tipli aparatda alkilləşdiyini nəzərə alsaq, tənliyə daxil olan vaxtları aşağıdakı riyazi tiffadələrlə yazmaq olar:

$$\tau_1 = \frac{L_{\text{ş}}}{n_d \cdot Z}$$

$$\tau_2 = \frac{m_b}{m_0} = \frac{s_b \cdot L_b \cdot \rho_t}{m_0}$$

$$\tau_3 = \frac{m'_b}{(m_0 + m_M)} = \frac{s'_b \cdot L'_b \cdot \rho'_t}{(m_0 + m_M)}$$

- $L_{\text{ş}}, n_d$ və Z – uyğun olaraq, şnek aparatının uzunluğu (m), dövrlər sayı (dövr/san) və onda hərəkət edən materialın addımının uzunluğu (m/dövr);
- m_b, m'_b – baraban aparatında reagentlərin layının kütləsi, kq;
- m_0 və m_M – qələvi ilə işləmək və alkilləşmə üçün baraban aparatına verilən reagentlərin kütlə məhsuldarlığı, kq/s;
- s_b, s'_b – baraban aparatında reagentlə tutulmuş seqmentin en kəsik sahəsi, m²;
- L_b, L'_b – baraban aparatının uzunluğu, m;
- ρ_t, ρ'_t – baraban apartında material layının səpələnmiş sıxlığı, kq/m³.

$$\tau = \frac{L_{\text{ş}}}{n_d \cdot Z} + \frac{s_b \cdot L_b \cdot \rho_t}{m_0} + \frac{s'_b \cdot L'_b \cdot \rho'_t}{(m_0 + m_M)}$$

Göstərmək lazımdır ki, karboksimetilsellülozun kalium duzunun sintezində makromolekulda hidrofilyl qrupları ilə əvəz olunma dərəcəsi sumar prosesin kalium qələvisi ilə işlənməsi mərhələsindən asılıdır. Yəni makromolekulada kaliumla əvəz olunmuş elementar manqaların sayından asılıdır.

Karboksimetilsellülozun kalium duzunun sintezində əsas texnoloji parametrlər reagentlərin nisbətindən, proseslərin temperaturundan, ilkin sellülozun molekula kütləsindən və qələvi məhlulunun qatılığından asılıdır.

3 sayılı cədvəldə temperaturun optimal qiymətlərində karboksimetilsellülozun kalium duzunun sintezində reagentlərin mol nisbətlərinin təsviri verilmişdir.

12

Cədvəl 3

Komponentlərin mol nisbətləri	Karboksimetilsellülozun orta molekulyar kütləsi	Əvəz olunma dərəcəsi
1:1:1,1	55000	0,46
1:1,3:1,1	47620	0,64
1:1,4:1,1	51070	0,79
1:1,5:1,1	33500	0,61
1:1,4:1,2	47990	0,78
1:1,4:1,3	58960	0,64
1:1,4:1,5	68520	0,61

Cədvəl 3-ün təhlili göstərir ki, reagentlərin mol nisbətlərinin 1:1,4:1,1 qiymətində sellülozun makromolekulunda karboksimetil qrupları ilə əvəz olunma dərəcəsi ən yüksək qiymətə malik olur (0,79). Bu da alınmış karboksimetilsellülozun kalium duzunun standart uyğunluğunu təmin edir.

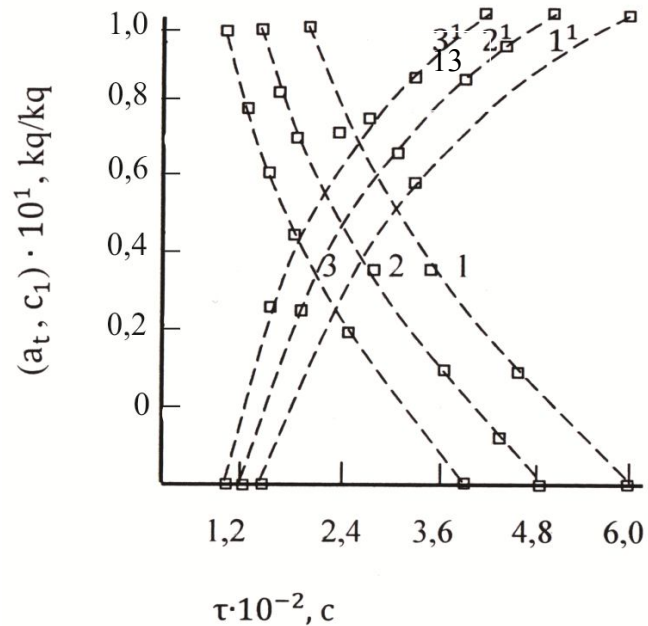
Şəkil 3-də 20⁰S-də makrozəncirində elementar həlqələrdə karboksimetil qrupları ilə müxtəlif əvəz olunma dərəcəsi olan K-KMS-nin suda həll olmasının kinetik ayrıləri göstərilmişdir.

Burada 1-3 ayrıləri bərk K-KMS-nin həll olmasını, 1'-3' ayrıləri isə məhsulun həlledicidə artmasını göstərir. Həmin şəkildən qərara gəlmək olar ki, K-KMS-nin suda həll olması induksiya dövrü ilə gedir.

İnduksiya dövrünün fiziki mənası bərk məhsulun həll olunmadan əvvəl genişlənməsi ilə əlaqədardır, buda həlledicinin bərk polimerin daxilinə diffuziya etməsini təmin edir. Beləliklə, yekunlaşdıraraq qeyd etmək lazımdır ki, K-KMS-nin kondisiya olunmuş pambıq tullantılarından sintez olunması bütün göstəricilərinə görə standartı uyğun gəlir və sərfəlidir.

Əyrilərə əsasən K-KMS-nin suda həll olmasının sürətlərini aşağıdakı differensial tənliklərlə ifadə etmək olar:

1. Bərk polimerin sərfi (kütləsinin azalması) üçün



Şəki 3. Əvəzolunma dərəcəsi (n_1/n) müxtəlif 1,1'-0,5; 2,2'-0,6; 3,3'-0,7 olan təmizlənmiş karboksimetilsellülozun $t=20^0\text{S}$ -də suda həll olması (1-3) məhlulda yığılmasının (1'-3') kinetik əyriləri.

$$-\frac{dm}{d\tau} = K(m - m_p)$$

$$C_T = (C_p - C_T) \cdot \exp(-K\tau_T)$$

Burada, m_0 və m_p – bərk polimerin ilkin və sistemin (bərk polimer-su) tarazlıq halındakı kütləsidir, $q(\text{pol.})/kq(\text{həlledici})$;

τ_T – həllolmanın cari vaxtıdır, san.;

C_p və C_T – polimerin məhlulda toplanmasının tarazlıq cari qatılıqları, $kq(\text{pol.})/kq(\text{həlledici})$;

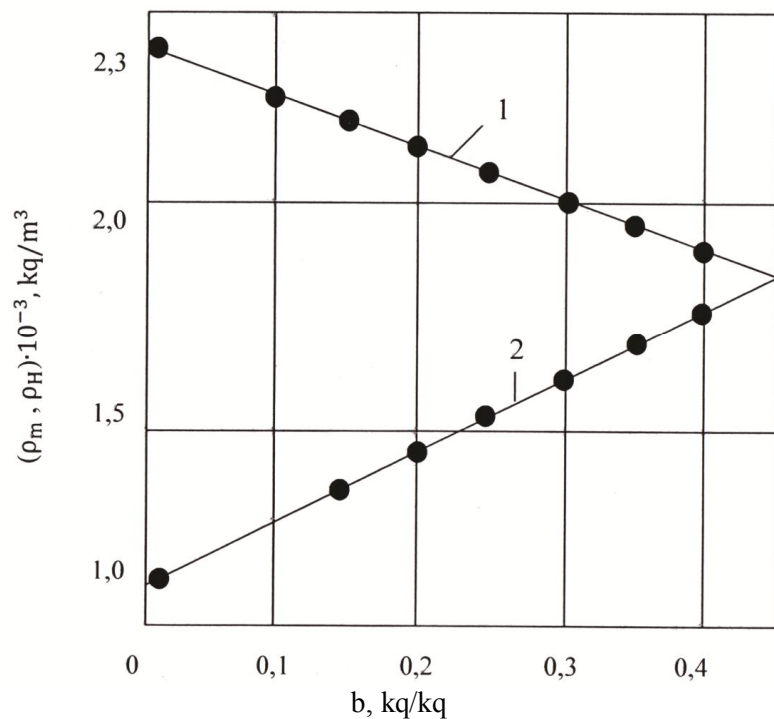
K – həllolma prosesinin kinetik əmsalıdır, $1/\text{san.}$

Göstərilən tənliklərdən məlum olur ki, həll olmanın kinetik əmsalı (K) polimerlərin suda həll olması və məhlulda onların toplanması üçün mümkündür.

Şəkil 4-də kapsullaşdırılmış qurudulmuş superfosfat dənələrinin polimer və qarışığın kütlə payından asılı olaraq həqiqi və səpələnmiş sıxlıqlarının

$$\frac{1}{\rho_m} = \frac{1}{1+a} \left(\frac{1}{\rho_0} + \frac{a}{\rho_n} \right) \quad (3.1)$$

$$\rho_H = \rho_{H.O} \exp(K_2 b) \quad (3.2)$$



Şəkil 4. Polimer kapsuləmələgətiricinin kütlə payından asılı olaraq superfosfat dənələrinin sıxlıqlarının $\rho_m(1)$ və $\rho_H(2)$ dəyişməsinin ayrılırları.

(3.1) və (3.2) tənlikləri ilə ifadə olunaraq dəyişməsinin təcrübi qrafiki ayrılırları göstərilmişdir. 1 əyrisindən göründüyü kimi polimerin kütlə payı artdıqca qarışığın həqiqi sıxlığı azalır, bu onunla əlaqədardır ki, yapışan materialın (polimerin) sıxlığı ilkin dənələrin sıxlığından azdır. Qarışıqda polimerin kütlə payı ~~1,5~~ azaldıqca kapsullaşmış kütlə dənələrinin səpələnmiş layının sıxlığı artır (əyri 2). Superfosfat dənələrinin kapsullaşan layının səpələnmiş sıxlığının belə artması onunla əlaqədardır ki, kapsullaşma nəticəsində dənələrin həcmi onların kütləsi ilə müqayisədə cüzi dəyişir.

(3.2) tənliyi ilə hesablanmış qiymətləri 2 əyrisinin qiymətləri ilə müqayisə etməklə $K_2=1,1 \div 1,3$ olduğu müəyyən edilmişdir.

Cədvəl 4.

Qələvi məhlulunun 25 %-li qatılıqda və reagentlərin göstərilən nisbətlərində (S:KOH:KMXS) – 1:1,4:1,2 (n_1/n)-in verilmiş və təcrübi qiymətləri.

n_1/n qiymətləri		Nisbi xəta, %
Verilmiş	Təcrübi	
0,3	0,25	+0,05
0,4	0,36	+0,02
0,5	0,52	+0,2
0,6	0,53	+0,07
0,7	0,61	+0,9

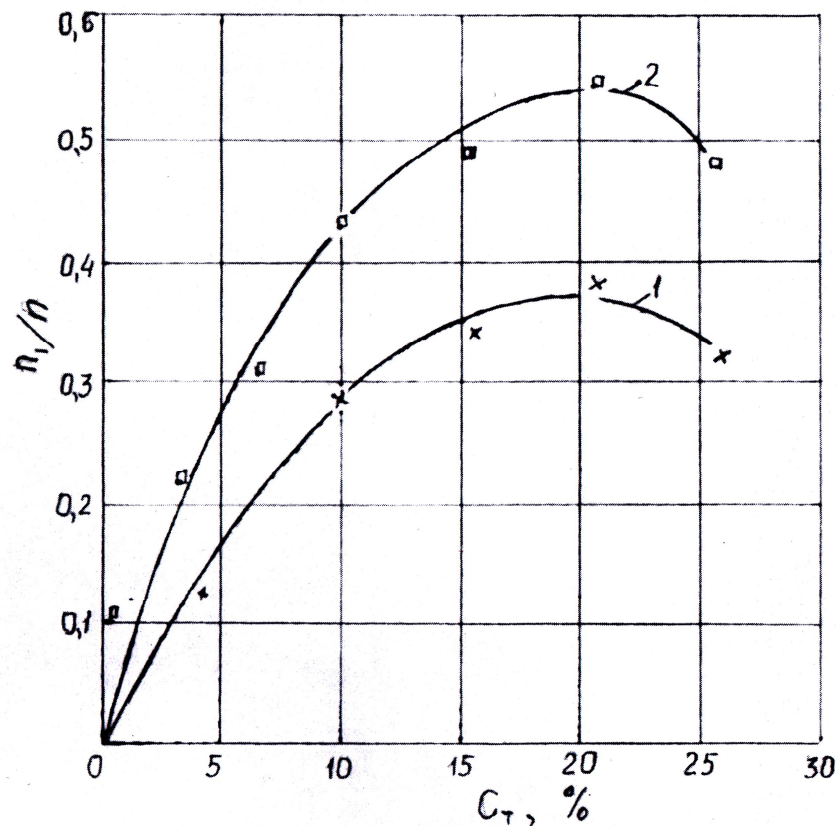
Cədvəldən göründüyü kimi n_1/n -in verilmiş və təcrübədən alınmış qiymətləri arasında nisbi xəta $\pm 10\%$ -dən çox olmur ki, bu da mühəndis hesablamalarında istifadə etməyə imkan verir.

Bu nəticələrdən göründüyü kimi sellülozun makrozəncirində karbo-ksimetil qrupları ilə maksimal əvəzlənmə dərəcəsi və monoxlorsirkə kaliumun istifadə dərəcəsi mol nisbəti ilə: sellüloza, kalium qələvisi və monoxlorsirkə kalium (S:KOH:MXAS) reaksiya qarışığında isə 1: (1,4-1,5): (1,1-1,2) götürülmüşdür. Bu halda MXSK-un istifadə dərəcəsi istehsalat miqyasında K-KMS alınmasından bir neçə dəfə çox qarışıq xarakter daşıyır ki, bu da sintez prosesinin temperaturunun qeyri-sabit olması ilə əlaqədardır.

Cədvəl 4-də göstərilən nəticələrə əsasən qeyd etmək olar ki, K-KMS-nin sintezi üçün reagentlərin 1:1,4:1,2 götürülməsi məqsədə-

uyğundur.

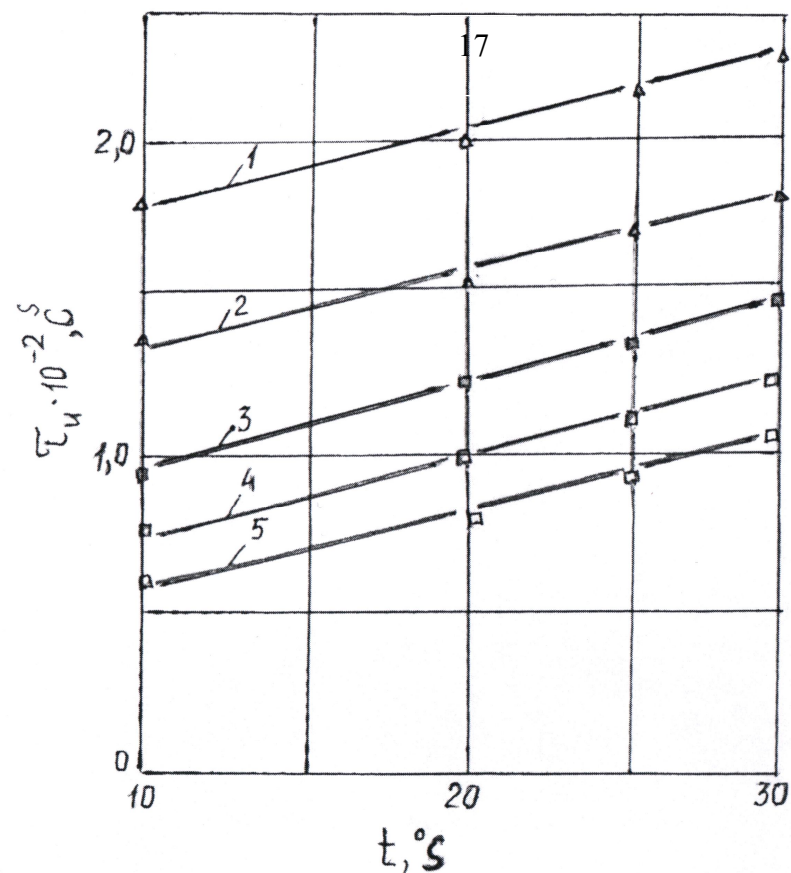
Şəkil 5-də n_1/n qiymətini nəzərə almaqla reagentlərin optimal (1:1,4:1,2) qiymətində KMS-nın makromolekulunda olan karboksimetil qruplarının kütlə payının prosesə verilən qələvi məhlulunun qatılığından asılılığının qrafiki təsviri verilmişdir. Şəkildən görüldüyü kimi ayrılərin dəyişməsi ekstremal xarakter daşıyır.



Şəkil 5. $(n_1/n)_0$ -in müxtəlif qiymətlərində və reagentlərin 1:1,4:1,2 mol nisbətlərində n_1/n -in C_T -dən asılılığı: əyri 1 – $(n_1/n)_0=0,4$; 2 – 0,6.

Beləliklə, tərkibində nəzərdə tutulan miqdarda karboksimetil qrupu olan K-KMS-nın sintezi prosesinin əsas qanunauyğunluqları təyin

edilmişdir, n_1/n ilə prosesin əsas parametrləri arasında əlaqə müəyyən edilmişdir.

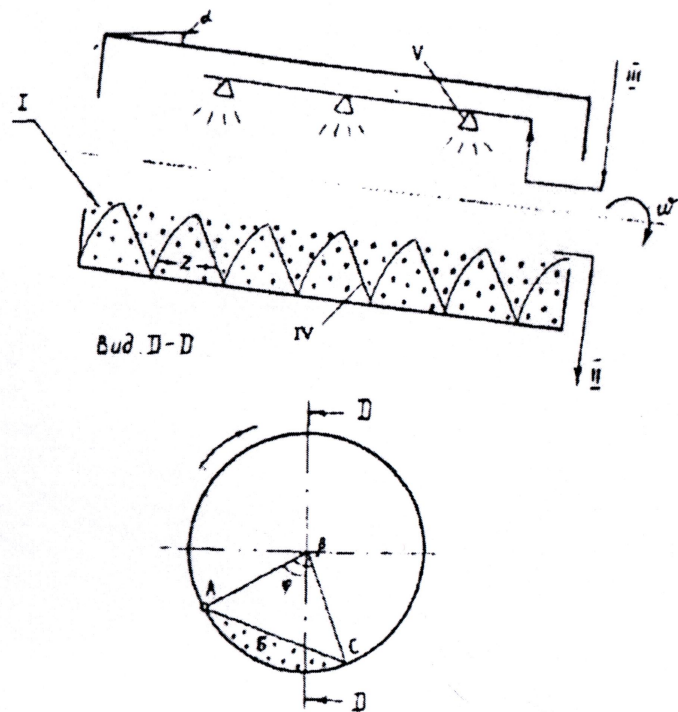


Şəkil 6. n_1/n -in müxtəlif qiymətlərində induksiya dövrünün K-KMS-nın suda həllolma prosesindən və temperaturdan asılılığı: 1– $n_1/n=0,3$; 2–0,4; 3–0,5; 4–0,6; 5–0,7.

K-KMS-nın həllolma prosesi induksiya müddəti ilə (τ_n) müşahidə olunur, hansı ki, qiyməti əsasən n_1/n nisbətindən və həllolma temperaturundan, həmçinin polimerin xassəsindən asılıdır. $\tau_n=f(t, n_1/n)$ funksiyasının qrafiki asılılığı şəkil 6-da göstərilmişdir. Buradan görünür ki,

K-KMS-nın həllolma prosesinin induksiya müddətinin temperaturdan asılılığı düz xətlidir. İnduksiya müddətinin fiziki mənası, həlledicinin polimerin daxili sahəsinə diffuziya etmə müddətidir, bu da sonuncunun şişməsi və sonra həllolması ilə müşahidə olunur.

Kimya-texnologiyasının inkişafındavə proseslərin idarə edilməsində tam riyazi modelin işlənilməsi həlledici rol oynayır. Bütün əsas parametrlər arasında əlaqələndirici tənliyin olması konkret prosesin avtomatik hesabının aparılmasına və uzaq məsafədən onun idarə olunmasına imkan yaradır.



Şəkil 7. Dənələrin kapsullaşdırılması üçün öz oxu ətrafında fırlanan baraban aparatının şaquli və profil proyeksiyaları: 1–ilkin dənələr; 2–kapsullaşdırılmış dənələr; 3–kapsuləmələgətirən polimerin su məhlulu; 4–aparatda kapsullaşdırılan dənələrin trayektoriyası; 5–çiləyici.

Dənələrin trayektoriyasının uzunluğunun riyazi ifadəsinin yazılması öz oxu ətrafında fırlanan baraban aparatının kinematik parametrlərindən asılıdır. Bununla əlaqədar aparatda dənələrin qalxıb və sürüşmə

sayını və onların barabanda qalma müddətini əks etdirən $\left(\frac{360}{\beta} \cdot n_b \tau_k \right)$,
19

həm də A, C vətərinə əks etdirən $\left(2R_b \sin \frac{\beta}{2} \right)$, həmçinin ABC qövsü-

nün uzunluğunu əks etdirən $\left(\frac{2\pi R_b}{360} \cdot \beta \right)$ nəzərə alsaq dənələrin ümumi

trayektoriyasının uzunluğunu aşağıdakı ifadə ilə təyin etmək olar:

$$L_t = \frac{1}{2} \cdot \frac{360}{\beta} \cdot n_b \cdot \tau_k \left(\frac{2\pi R_b}{360} \cdot \beta + 2R_b \cdot \sin \frac{\beta}{2} \right) \quad (3.3)$$

$$\text{və ya} \quad L_t = \frac{360}{\beta} n_b R_b \tau_k \left(\sin \frac{\beta}{2} + \frac{\pi \beta}{360} \right) \quad (3.4)$$

Burada, L_t və L_b – kapsullaşdırılan dənələrin trayektoriyasının və baraban aparatının uzunluqlarıdır, m;

β və φ – kapsullaşdırılan dənəvər layını əhatə edən bucaq və dənələrin baraban aparatının en kəsiyinin şaquli oxundan aralanması bucağıdır, rad.;

n_b – baraban aparatın fırlanma tezliyidir, 1/s;

τ_k – dənələrin kapsullaşdırılma prosesinin müddətidir, s;

R_b – baraban aparatının radiusudur, m;

(3.3) və (3.4) ifadələri baraban aparatında dənələrin oxu ətrafında dövr edən trayektoriyasının uzunluğunun həmin aparatın kinematik və həndəsi parametrlərindən asılılığının riyazi ifadəsidir. Bu ifadələrin təhlili dənələrin trayektoriyasının aparatın radiusundan, fırlanma tezliyindən, aparatda layın kütləsindən və dənələrin barabanda qalxma müddətini xarakterizə edən məhsuldarlığından asılılığını göstərir.

Fasiləsiz işləyən baraban aparatında dənələrin trayektoriyasının uzunluğunu, onların çıxışa doğru addımını nəzərə alaraq başqa yolla da hesablamaq mümkündür. Bununla əlaqədar nəzərə alsaq ki, addımların

sayı dənələrin qalxma və sürüşmələrinin sayına bərabərdir ($n_a = n_{q,d}$), onda baraban aparatının uzunluğu (L_b) addımların uzunluqlarının cəminə bərabər ($L_b = \Sigma z$) olar. Göstərilən fikrə əsasən yazmaq olar,

$$n_{q,d} = n_a = \frac{L_b}{z} \quad (3.5)$$

$$L'_t = \frac{1}{2} \cdot \frac{L_b}{z} \cdot \left(\frac{2\pi R_b}{360} \cdot \beta + 2R_b \cdot \sin \frac{\beta}{2} \right) \quad (3.6)$$

və ya

$$L'_t = \frac{L_b}{z} \cdot R_b \left(\frac{\pi}{360} \cdot \beta + \sin \frac{\beta}{2} \right) \quad (3.7)$$

(3.3) və (3.7) tənliklərinin müqayisəsində aşağıdakı nəticəyə gəlmək olar

$$\frac{L_b}{z} = \frac{360}{\beta} \cdot n_b \cdot \tau_k \quad (3.8)$$

Burada, n_a və $n_{q,d}$ – addımların sayı, dənələrin yuxarı qalxma və aşağı diyirlənmələrinin sayıdır, ədəd;
 z – baraban aparatının çıxışına doğru dənələrin addımının uzunluğudur, m/ədəd.

(3.4) və (3.7) tənliklərinin doğruluğunun yoxlanılması L_t -in və L'_t -nin bu tənliklərlə hesablanmış qiymətlərinin uyğun gəlməsi ilə həyata keçirilmişdir.

Kapsuləmələgətirmə prosesini tənzimləmək üçün dənələr üzərində örtüyün qalınlığının artması kinetikasının qanunauyğunluğunun müəyyən edilməsi maraq doğurur.

Sferik formalı tək dənələrdə kapsulanın qalınlığının artması [9, 10] işlərindəki ikinci və üçüncü tərtibli tənliklərlə yazılmışdır. Bu tənliklər mürəkkəbdir. Burada müəlliflər tərəfindən kapsullaşdırılan dənələrin formaları, həmçinin kapsullaşdırılan və kapsuləmələgətirici komponentlərin xassələri nəzərə alınmamışdır. Göstərilən çatışmamazlıqları aradan qaldırmaq üçün bizim tərəfimizdən dənələr üzərində örtüyün qalınlığının artmasının kinetikasını yazmaq üçün kinetik əmsal daxil olan birinci

tərtibli tənliklər təklif edilmişdir.

$$\frac{dD}{d\tau} = K_b D \quad (3.9)$$

$D = D_0 + 2\delta$ olduğunu nəzərə alsaq (3.9) tənliyi aşağıdakı forma alar:

$$\frac{d(D_0 + 2\delta)}{d\tau} = K_b (D_0 + 2\delta) \quad (3.10)$$

(3.10) ifadəsinin çevrilməsi gübrə dənələri üzərində polimer örtüyün qalınlığının artması sürətinin əsas tənliyinə gətirir:

$$\frac{d\delta}{d\tau} = \frac{K_b}{2} (D_0 + 2\delta) \quad (3.11)$$

(3.11) tənliyini dəyişənlərin $0 \leq \tau \leq \tau_k$, $0 \leq \delta \leq \delta_k$ intervalında dəyişmələrini nəzərə alaraq integrallasaq və alınan ifadəni δ_k -ya görə həll etsək aşağıdakı ifadəni alarıq:

$$\delta_k = \frac{1}{2} D_0 [\exp(K_b \tau_k) - 1] \quad (3.12)$$

$$\tau_k = \frac{SL_b}{m_b} \rho_t \text{ və } S = \frac{R_b^2}{2} \left(\frac{\pi\beta}{180} - \sin\beta \right) \text{ olanda baraban tipli aparat}$$

üçün (3.12) tənliyi aşağıdakı kimi çevrilir:

$$\delta_k = \frac{1}{2} D_0 \left\{ \exp \left[\frac{K_b L_b R_b^2 \rho_t}{2m_b} \left(\frac{\pi\beta}{180} - \sin\beta \right) \right] - 1 \right\} \quad (3.13)$$

Burada, D_0, D – kapsullaşdırılan dənələrin ilkin və son diametrləridir, m;

δ_k – dənələr üzərində polimer örtüyün son qalınlığıdır, mkm;

P_t – kapsullaşdırılan dənələrin layının tökmə sıxlığıdır, kq/m³;

K_b – baraban tipli aparatda kapsullaşdırılan dənələrin kinetik əmsalıdır, 1/s;

m_b – ilkin materiala görə aparatın məhsuldarlığı, kq/s;

S – material layının baraban aparatında tutduğu seqmentin sahəsi, m².

(3.13) tənliyin tərkibinə daxil edilmiş örtüyün qalınlığının artması əmsalı (K_b) əsasən aparatın hidrokinamik rejimindən, kapsullaşdırılan dənələrin formasından və kapsullaşdırılan obyektin xassəsindən asılıdır. Dənəvər superfosfat üçün (K_b)-nin qiyməti qrafiki üsulla təyin edilmişdir və cədvəl 3.4-də təqdim edilmişdir.

Cədvəl 3.4

Dənələrin ilkin diametri, $D_0 \cdot 10^{-3}$, mkm	$K_b \cdot 10^4$ polimer məhlulun müxtəlif nisbi qatılıqlarında (kq/kq), 1/s		
	0,1	0,15	0,2
1,5	0,23	0,43	0,51
2,5	0,19	0,32	0,43
3,5	0,15	0,31	0,38

Cədvəldə verilənlərdən bu nəticəyə gəlmək olar ki, konkret material üçün K_b əmsalının qiyməti kapsullaşdırılan dənələrin diametrindən və polimer məhlulunun nisbi qatılığından asılıdır. Kinetik əmsal müəyyən qədər aparatdakı hidrodinamik şəraitdən və kapsullaşan dənələrin formasından da asılıdır. Cədvəl 3.4-dəki təcrübi nəticələrin işlənilməsi üsulu ilə kinetik əmsalı hesablamaq üçün empirik tənlik təklif edilmişdir:

$$K_b = 3,5 \cdot 10^{-4} C_p - 0,000071 \cdot 10^{-4} \frac{D_o}{\sqrt{\Phi}} \quad (3.14)$$

Bütün proseslərin, o cümlədən tədqiq olunan prosesin, əsas parametrlərinin hesablanma alqoritminin tərtib olunması həmin prosesin avtomatik tənzimlənməsi üçün nəzəri və təcrübi məna kəsb edir. Hesablama alqoritmini tərtib etmək üçün prosesin əsas parametrlərinin qruplaşdırılması və onlar arasındakı əlaqənin riyazi ifadələri mövcud olmalıdır.

Parametrlər arasında asılılığı əks etdirən hesablama alqoritmi və bloksxemin mövcudluğu hesablama sxeminin yüksək səviyyədə proq-

ramlaşdırılmasını təmin edir. Bununla yanaşı hesablamanın elektron informasiya sistemlərindən istifadə etməklə avtomatlaşdırılmasını həyata keçirmək üçün şərait yaradır.

Superfosfat dənələrinin baraban tipli aparatda kapsullaşdırma prosesinin əsas parametrlərinin hesablanması blok-sxemi və alqoritmi şəkildə əks olunmuşdur. Baraban aparatında superfosfat dənələrinin sintez olunmuş kalium KMS ilə kapsullaşdırılması prosesini kinematik həndəsi və trayektoriya parametrlərini hesablamaq üçün məlum

parametrləri şərh etmək lazımdır. Bu məlum parametrlər kimi D_0 , ρ_m ,

m_b , Φ , R_b , α , n_b , L_b və Z götürülmüşdür.

Şəkil 6-da verilmiş alqoritm sxeminə əsasən hesablama aşağıdakı üsulla aparılmışdır.

Dənələrin baraban aparatında qalxıb düşmə (n_{qd}) və onların irəliyə

doğru hərəkəti addımı (n_a) L_b/Z ifadəsilə hesablanmışdır. Kapsullaşdırılan dənələrin layının barabanda seqmentinin sahəsinin hesablanması

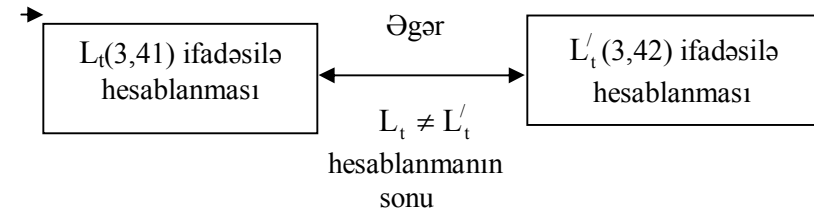
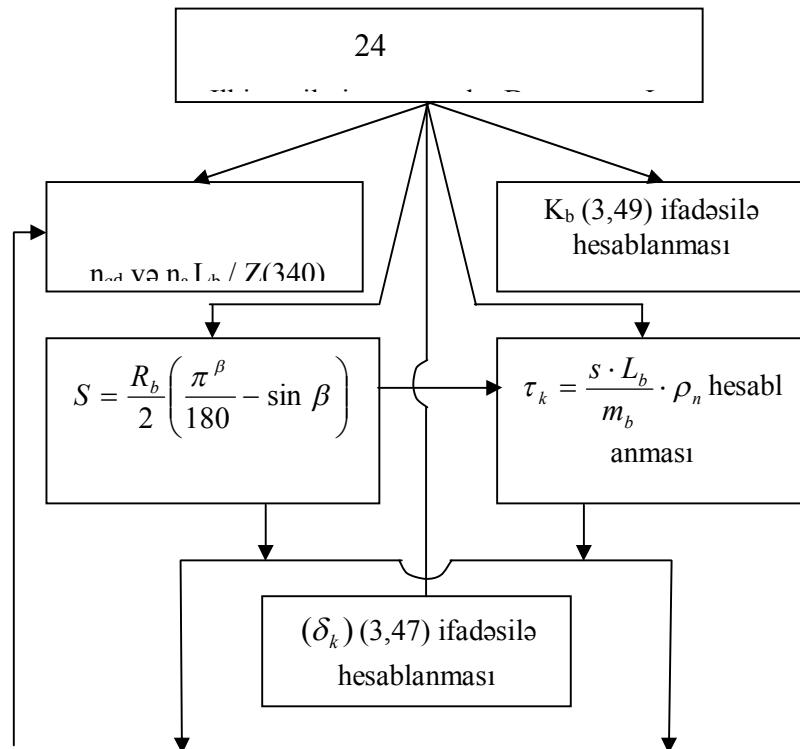
$$S = \frac{R_b}{2} \left(\frac{\pi^\beta}{180} - \sin \beta \right) \text{ ifadəsilə aparılmışdır. Kapsullaşdırma müddəti}$$

$$(\tau_k) \tau_k = \frac{s \cdot L_b}{m_b} \cdot \rho_n \text{ ifadəsilə həyata keçirilmişdir. Kapsul örtüyünün}$$

qalınlığının kinetik əmsalı (K_b) (3.14) ifadəsilə hesablanmış və onun əsasında dənələr üzərində kapsul örtüyünün qalınlığı (3.12) ifadəsilə hesablanmışdır. Baraban aparatında dənələrin trayektoriyasının uzunluğu iki üsulla (3.4) və (3.7) ifadələrilə hesablanmışdır. Bu üsulla

hesablanmış uzunluqların fərqlənməməsi tərtib olunan alqoritmin dəqiqliyini təsdiq edir.

Yuxarıda göstərilən ifadələrlə kapsullaşdırılan dənələrin öz oxu ətrafında dövr edən baraban aparatında qalxıb düşmələrinin sayı aparatın dövrlər sayından asılıdır. Bu hesablama qalxıb düşmələrin orta ədədi uzunluqları götürülmüşdür. Bu uzunluqların qəbul edilməsinin vacibliyi kapsullaşdırılan dənələrin polidispers olmasından asılıdır. Trayektoriyanın ümumi uzunluğu baraban aparatının uzunluğundan bir neçə dəfə çox olur ki, bu da kapsullaşdırılan dənələrin qalınlığını tənzimləməyə imkan yaradır. Kapsullaşdırılan dənələrin irəli doğru hərəkət addımlarının uzunluğu bir-birinə bərabər olaraq baraban aparatının maillik bucağından (α) və baraban aparatında kapsullaşdırılan layın seqmentinin sahəsindən asılıdır. Həmin sahənin səthinin yüksək olması dənələrin hərəkət traktekriyasının uzunluğunun artmasına şərait yaradır.

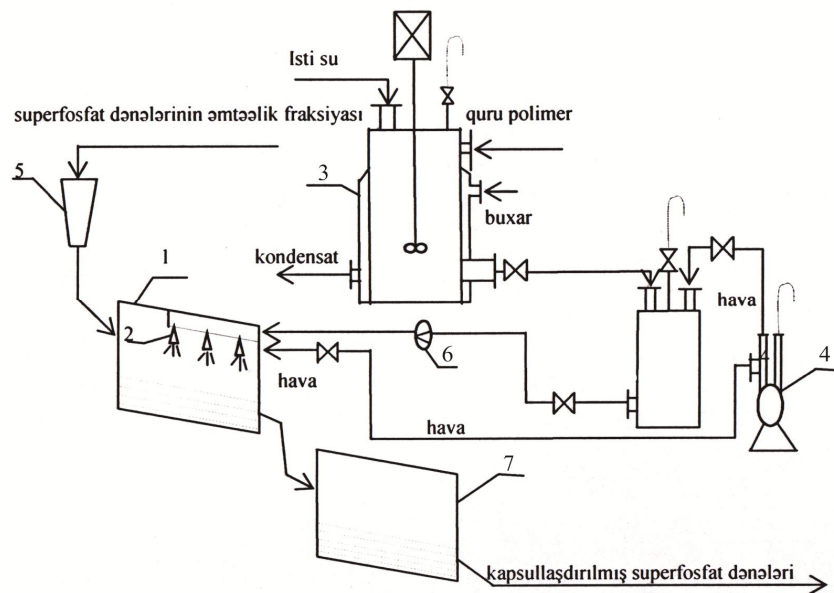


Əgər $L_t \neq L'_t$ bu zaman $\rho_1 m_b$, -ni dəyişdirməklə hesablamanı davam

etdirmək lazımdır.

Şəkil 8. Baraban aparatında superfosfat dənələrinin kapsullaşdırılması prosesinin əsas parametrlərinin hesablama alqoritmi.

Superfosfat dənələrinin kapsullaşdırılması üçün təklif olunan texnoloji sxem.



Şəkil 91-baraban aparatı ; 2-prevmatik çiləyici; 3-polimer məhlulu hazırlamaq üçün tutum; 4-kompressor; 5-bunker; 6-polimer məhlulu üçün tutum; 7-sərfölçən; 8-quruducu.

Göstərilmiş texnoloji sxemdə superfosfat dənələrinin kapsullaşdırılması aşağıdakı ardıcılıqla həyata keçirilir. Karboksimetilsellülozun kalium duzunun müəyyən qatılıqda su məhlulu 3saylı tutumda alınır və 1 saylı baraban aparatındakı superfosfat dənələrinin layına səpələnir. Bunker 5-dən superfosfat dənələri baraban aparatına daxil olur və orada dənələrin kapsullaşdırılması həyata keçirilir. Polimer məhlulun səpələnməsi 2 saylı pnevmosəpələyici vasitəsilə həyata keçirilir. Polimer məhlulun verilməsi 6 saylı sərf ölçənlə tənzimlənir. Superfosfat dənələrinin üzərinə polimer məhlulu səpələndikdən sonra, onlar 7 saylı quruducu aparata qurudulması üçün daxil olur. Bunun nəticəsində dənələr üzərində kapsuləmələgətirən pərdə layı formalaşır.

NƏTİCƏLƏR

1. Ədəbiyyat mənbələrinin araşdırılması nəticəsində təyin olunmuşdur ki, məlum işlərdə karboksimetilsellülozun natrium duzunun sintezində xammal kimi viskoz sellülozundan və pambıq liflərindən istifadə edilmişdir. Həmin işlərdə pambıqtəmizləmə zavodlarının tullantılarından əsas xammal kimi istifadəsi nəzərdə tutulmuşdur.

2. Apardığımız elmi-tədqiqat işlərində yeni nəsil kapsulaəmələgətirən karboksimetilsellülozun kalium duzunun sintezində pambıqtəmizləmə zavodlarının tullantılarından istifadə olunmuş və onların əvvəlcədən hipoxlorid (NaOCl) məhlulu ilə kondisiya edilməsi aparılmış və standart xammal şəklinə gətirilmişdir. Kondisiya nəticəsində tullan-

tlarda sellülozun faizlə miqdarı 93-95%-ə qaldırılmış, rəngi ağardılmış,

kütlə keçirmə əmsalı isə təqribən 10^3 dəfə yüksəldilərək, (bərək-maye) ikifazlı sistemdə sellülozun qələvi ilə işlənməsi prosesində heterogen prosesin homegenə yaxınlaşması baş vermişdir. Bu da sintez prosesinin sürətlənməsini eynicinsli məhlulun alınmasını təmin etmişdir.

3. Karboksimetilsellülozun kalium duzunun əvvəlcədən kondisiya olunmuş pambıqtəmizləmə zavodlarının tullantılarından alınması sumar prosesin üç ardıcıl mərhələdə baş verməsi təsdiq edilmiş və həmin mərhələlərin parametrlərinin optimal variantları tədqiq edilmişdir. Göstərilmişdir ki, sellülozun kalium hidroksidlə və monoxlorosirkə turşusunun kalium duzu ilə 1:1,4:1,1 mol nisbətlərində makromolekulada yüksək əvəzolunma dərəcəsində (0,79) nail olmuşdur.

4. Qarışıqlardan təmizlənmiş kalium karboksimetilsellülozun kalium duzunun suda həll olmasının qanunauyğunluqları öyrənilmiş və bu qanunauyğunluqları lazımı dəqiqliklə əks etdirən riyazi tənliklər tərtib edilmişdir. Göstərilmişdir ki, xüsusi polimerin həll olması prosesi induksiya dövrü ilə gedir, hansının ki, vaxtı polimerin karboksimetil qrupları ilə əvəzolunma dərəcəsindən asılıdır. Həllolma prosesinin və

induksiya dövrünün vaxtlarını hesablamaq üçün empirik ifadələr təklif edilmişdir.

5. Superfosfat dənələrinin baraban aparatında kapsullaşdırılması zamanı onlar üzərində polimer örtüyünün qalınlığının artmasının kinetik qanunauyğunluqları öyrənilmişdir. Prosesin əsas parametrləri arasındakı əlaqəni əhatə edən riyazi tənliklər tərtib olunmuşdur. Kinetik əmsalı hesablamaq üçün empirik tənlik təklif edilmiş, göstərilmişdir ki, həmin əmsal əsasən kapsullaşdırılan dənələrin formasından və kapsulaəmələgətirən polimerin xassələrindən asılıdır.

6. Öz oxu ətrafında dövr edən baraban aparatında kapsullaşdırılan dənələrin trayektoriyasının qalxma və irəli doğru sürüşmə xarakterində olması göstərilmiş və qeyd edilmişdir ki, həmin trayektoriyanın uzunluğu barabanın mailik bucağından, uzunluğundan və addımların sayından asılıdır. Bu asılılığı əks etdirən müxtəlif üsulla analitik riyazi tənliklər tərtib edilmişdir. Bu tənliklərdən istifadə etməklə hesablanmış trayektoriyanın uzunluqlarının fərqlənməməsi onların düzgünlüyünü təsdiq edir.

7. Göstərilmişdir ki, kapsullaşdırma nəticəsində superfosfat dənələrinin fiziki-mexaniki və aqrokimyəvi xassələrini yaxşılaşdırmaqla yanaşı gübrənin əkin sahəsində kimyəvi retrogradasiyanı artırmaq da mümkün olmuşdur. Kapsullaşdırılmış mineral gübrə dənələrinin xassələrini tənzimləmək üçün kapsuləmələgətirən polimerin makrozəncirində karboksimetil qruplarının sayının və kapsul pərdəsinin qalınlığının dəyişilməsinin elmi əsasları işlənmişdir.

8. Karboksimetilsellülozun kalium duzunun sintezini və superfosfat dənələrinin kapsullaşdırılması proseslərinin parametrlərini nəzərə almaqla sumar prosesin riyazi modeli tərtib edilmişdir. Baraban tipli aparatda dənələrin kapsullaşdırılması prosesinin məlum parametrlərini nəzərə almaqla dənələrin trayektoriyasının hesablanması tərtib edilmişdir.

9. Dissertasiya işinin nəticələri əsasında gübrə dənələrinin kapsullaşdırılması üçün prosesin prinsipial sxemi tərtib edilmiş və prosesin sənaye sistemlərinin yaradılmasında istifadəsi ilə yanaşı, onlardan ali təhsil müəssisələrində tələbələrin kurs və diplom işlərinin həyata keçirilməsində də istifadəsi mümkündür.

Dissertasiyanın əsas nəticələri aşağıdakı elmi əsərlərdə çap olunmuşdur:

1. Я. И. Рустамов, Ш. Г. Мамедова, У. А. Гулиева, Г. Я. Рустамова. Новая технология процесса получения калий карбоксиметилцеллюлозы из отходов хлопко очистительных заводов. АМЕА, Beynəlxalq Elmi Praktiki konfransının materialları, Bakı, 2010, səh.135-138.
2. Я. И. Рустамов, Ш. Г. Мамедова, Г. Я. Рустамова. Полная математическая модель процесса капсулирования гранул суперфосфата в барабанном аппарате. SDU Elmi xəbərlər, №2, Sumqayıt, 2010 səh.49-55.
3. Я. И. Рустамов, Ш. Г. Мамедова, В. Н. Адилова, Г. Я. Рустамова, В. А. Насирова. Технологические проблемы получение солей карбоксиметилцеллюлозы из различных при-родных сырьевых материалов. Azərbaycan Kimya jurnalı, № 2, 2010, səh. 28-31.
4. Я. И. Рустамов, Ш. Г. Мамедова. Новые методы гранулирования катализаторов и определение их пористости. Azərbaycan-Rusiya Beynəlxalq simpoziumun materialları, Bakı, 2010, səh. 241-242.
5. Я. И. Рустамов, Ш. Г. Мамедова, Г. Я. Рустамова. Технологические основы процесса облагораживания отходов некоторых целлюлозосодержащих природных материалов для синтеза из них солей карбоксиметилцеллюлозы. Kimya problemləri jurnalı, № 4, 2010, səh. 613-617.
6. Y. İ. Rüstəmov, Ş. N. Məmmədova, U. Ə. Quliyeva. Kapsulaəmələgətirən polimerin müxtəlif təbii tullantılardan alınması və tətbiqi proseslərinin texnoloji və ekoloji xüsusiyyətləri. SDU Respublika elmi konfransı, Sumqayıt, 2011, səh. 126-128.
7. Я. И. Рустамов, Ш. Г. Мамедова, У. А. Гулиева, Г. Я. Рустамова. Механизм процесса синтеза солей карбоксиметилцеллюлозы из отходов разлчных целлюлозосодержащих природных материалов. Akademik T.N.Şahtaxtınskinin 85 illik yubileyinə həsr olunmuş respublika elmi konfransı, Bakı, 2011, səh. 179-181.
8. Я. И. Рустамов, Ш. Г. Мамедова, Г. Я. Рустамова. Некоторые аспекты синтеза и кинематическая модель растворения в воде калиевых солей карбоксиметилцеллюлозы с различным содержанием гидрофильных групп. Azərbaycan kim-ya jurnalı, № 3, Bakı, 2011, səh. 23-28.
9. Я. И. Рустамов, Ш. Г. Мамедова. Новая технология процесс-совполучения и капсулирования ванадий содержащего гранулированного суперфосфата. VII Beynəlxalq Elmi konfrans. SDU-50. Sumqayıt-2012.səh. 403-404.
10. Я. И. Рустамов, Ш. Г. Мамедова, Р. В. Асадов, Г. Я. Рустамова. Основные пути синтеза натрий карбоксиметилцеллюлозыдля интенсификации бучения скважин и добычи нефти. VIII Ба-кинской международной Мамедалиевской конференции по нефтехимии. 2012.səh. 391.
11. Y. İ. Rüstəmov, Ş. N. Məmmədova, Ü. Ə. Quliyeva, G. Y. Rüstəmov, R. V. Əsədov. Sellülozanın xüsusi xassəli törəmələrinin sintezi və tətbiq sahələri. II Respublika elmi konfransı, 2012, səh. 141-143.
12. Я. И. Рустамов, Ш. Г. Мамедова, Р. В. Асадов, Г. Я. Рустамова. Некоторые аспекты технологии и механизм синтеза солей кар-хбоксиметилцеллюлозыиз различных природных мате-риалов. Узбекский химический журнал 2/2012. Дашкент-2012. ст.. 49-54.
13. Я. И. Рустамов, Ш. Г. Мамедова, Г. Я. Рустамова, В. А. Насирова, У. А. Гулиева. Синтез производных целлюлоза с особыми свой-ствами из целлюлозосодержащих природных материалов и приоритетные области их использо-вания. Azərbaycan kimya jurnalı № 2, 2013, səh. 39-43.
14. Я. И. Рустамов, Ш. Г. Мамедова, Г. Я. Рустамова. Изучение поверхностно активного свойства натриевой соли карбоксиме-тилцеллюлозы, синтезированной из природных отходов. Ака-демик M.Nağıyevin 105 illiyinə həsr olunmuş elmi konfrans. Bakı-2013, səh. 94-95.

15. Я. И. Рустамов, Ш. Г. Мамедова, Г. Я. Рустамова, И. Н. Велиева, К.В.Ахмедов. Закономерности синтеза производных целлюлозы из промышленных отходов и приоритетные области ихиспользования “Ekologiya və Təbiiat fəaliyyətinin mühafizəsi” üzrə “Sənaye ili”nə həsr olunmuş Beynəlxalq Elmi Konfransı, 23-24 dekabr 2014, səh .34-37 Sumqayıt Dövlət Universiteti.
16. Y. İ. Rüstəmov, Ş. H. Məmmədova Superfosfat dənələrinin karboksimetilsellüloza ilə kapsullaşdırılması prosesinin riyazi modelinin qurulması. Sumqayıt Dövlət Universiteti, “Elmi xəbərlər”, №4 2014, səh.31-34
17. Рустамов Я.И., Мамедова Ш. Г. Кинетические закономерности математическая модель процесса растворения в воде калиевой соли карбоксиметилцеллюлозы. Химическая промышленность сегодня. №10 2015, ст.16-19.
18. Я. И. Рустамов, Ш. Г. Мамедова, У. А. Кулиева, Г. Я. Рустамова. Некоторые аспекты по механизму многостадийных процессов в химической технологии. Azərbaycan Respublikası Təhsil Nazirliyi SDU, Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyası Polimer Materialları İnstitutu, Monomerlər və Polimerlər Kimyasının Müasir Problemləri, III Respublika Konfransının Materialları. Sumqayıt-2015. Səh.153-155.

МАМЕДОВА ШАМАМА ГАДЖИБАЛА ГЫЗЫ
31
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ СИНТЕЗА КАЛИЙ-
КАРБОКСИМЕТИЛЦЕЛЛЮЛОЗЫ И КАПСУЛИРОВАНИЕ
ГРАНУЛ СУПЕРФОСФАТА
РЕЗЮМЕ

В диссертационной работе исследована и создана технологическая система процесса получения. Калий карбоксиметилцеллюлозы с использованием отхода хлопкоочистительных заводов и древесины. При этом отходы хлопкоочистительных заводов предварительно обработанных раствором гипохлорида натрия (NaOCl) и подведена к составу стандартного сырья. Которая α-целлюлоза составляет 93-95%, белог цвета, массопроводность повышена до 10^3 раза и в двухразных систем твердым –жидким процессе обра-ботке целлюлозы щелочью получено приблизительно четырех-генных процессов к гомогенному. Это обеспечил повышенную скорость процесса синтеза и получения однородного продукта.

Изучена кинетические закономерность повышения толщины капсулообразующей пленки на гранулах суперфосфата при капсулировании в барабанном аппарате. Расчитана математическим уравнением описывающий взаимосвязь между основных параметров процесса. Предложены уравнения для расчета эмпирических коэффициентов, указано что, эти коэффициенты зависят от формы гранул и характера капсулообразующего полимера с учетом параметров синтеза калиевой соли карбоксиметилсцеллюлозы и капсулирования процессов гранул суперфосфата, разработана математическая модель суммарного процесса с учетом известных параметров процесса капсулирования гранул в барабанном аппарате для расчета траектории гранул создан алгоритм.

За основу результатов исследование диссертации исследование и разработка процессов получения капсулообразующего полимера нового поколения и капсулирования гранул суперфосфатапредло-

жена новая принципиальная технологическая схема процесса
капсулирования гранул суперфосфатного удобрения.

**TECHNOLOGICAL BASES AND MATHEMATICAL OF
PROCESSES OF GRANULES OF SUPERPHOSPHATE
POTASSIUM – CARBOXYMETHYLCCELLULOSE
SUMMARY**

In the thesis the technological system of producing potassium carboksimetilcellulose with the use of the waste products of cottoncleaning and wood waste treatment plants has been studied. The cottoncleaning waste products were in advance treated with the solution of sodium hypochlorite (NaOCl) and have been carried out to the state of the standard raw material, where d-cellulose comprises 93-95%, this product is of white colour, massconductivity has been increased to 10^3 times and in two various systems –solid and liquid. After treating of the cellulose with alkali the conversion of heterogeneous to homogeneous state has been taken place. This product was synthesized in the acceleration of the process and thus homogeneous solution has been achieved.

The kinetic appropriateness of encreaseng of the capsulfoformingfilm thickness on the superphosphate granules of the capsulation process was studied. The correlation between main parameters of the process has been calculated with the mathematical equation. The equations for calculating of empiric coefficients have been offered; it is indicated that the coefficients depend on shape of granules and the nature of the capsuleforming polymer taking into account the parameters of the potassium salt carboksimetilcellulose synthesis and superphosphate grains capsulation process; mathematical model of summary process has been developed taking into account of the known parameters of the grain capsulation parameters in drum apparatus; for grain trajectory account the algorithm has been designed.

On the basis of the investigation results of the thesis Research and Development process for producing capsulfoforming polymers of new generation and capsulating of superphosphate granules principally new technological scheme of superphosphate grains capsulation of superphosphate fertilizer has been designed.

Çapa imzalanmışdır: 13.11.2015
Kağız formatı: 64/80. Ofset çapı 1/16.
Fiziki ç.v.2. Tiraj: 100.

“Azəri” Poliqrafiya
Ünvan: Sumqayıt ş., 13-cü mkr, Niyazi küç.
E-mail: bilik-2008@mail. ru
Tel.: (012) 408 39 51; (018) 656 50 42.

