

Qarışdırıcı intiqalların elektromexaniki parametrləri əsasında polimerləşmə prosesi gedişinə operativ nəzarət məsələsi

Həşimova Hüsniyyə Mirbağı qızı ^{ORCID} 0000-0001-9712-3522

Sumqayıt Dövlət Universiteti, Sumqayıt, Azərbaycan, tex.f.d., müəllim
husniyya.hashimova@sdu.edu.az

MƏQALƏ HAQQINDA MƏLUMAT	XÜLASƏ
Məqalənin tarixəsi Daxilolma tarixi: 21.10.2025 Düzəliş tarixi: 06.02.2026 Qəbul olunma tarixi: 03.03.2026 Açar sözlər polimerləşmə prosesi, operativ nəzarət, reoloji tədqiqat, sabit cərəyan intiqalı, elektromexaniki xarakteristika	Təqdim olunan tədqiqat işi periodik polimerləşmə proseslərinin temperatur, konsentrasiya, inisiator və inhibitor təminatı rejimlərinin verilmiş proqram üzrə inkişafının avtomatlaşdırılmış idarəetmə sistemi səviyyəsində realizasiyasına həsr olunmuşdur. Reoloji tədqiqat əsasında qurulan nəzarət sisteminin aparat vasitəsi olaraq ənənəvi ölçü sistemlərindən fərqli, yəni reaktor daxili qarışdırıcı aqreqatın elektromexaniki parametrlərindən istifadə əsasında identifikasiya məsələsi qarşıya qoyulur. Göstərilir ki, reaksiya materialı – süspenziyanın qeyri-nyuton xassəli maye sinfində tədqiqi ölçmə prosesinə operativlik, identifikasiya obyektinə isə informativlik gətirmə baxımından orijinal yanaşmanı əks etdirir. Bu yanaşmanın elmi və praktiki cəhətdən əsaslı olduğu müvafiq şəraiti kifayət qədər dolğun əks etdirən pilot qurğusunda aparılan sınaqlarda öz təsdiqini tapa bilmişdir. Təklif olunan identifikasiya alqoritmı qurğunun ən zəruri elektromexaniki parametrlərini daxil edir ki, bu da sistemin həssaslıq göstəricilərinin qiymətləndirilməsinə imkan verir

Giriş

Məlumdur ki, yüksək molekul birləşmələrdə və o cümlədən polimer əsaslı materiallarda əksər mexaniki parametrlər onların molekulyar kütlə paylanma funksiyaları (MKPF) ilə sıx əlaqəlidir [1, 2]. Polimer materiallar tədqiqində bu paylanmaları statistik momentlər əsasında parametrikləşdirmədən geniş istifadə olunur [3]. Konkret materiallar üçün bu statistik momentlərin qiymətləndirilməsi MKPF-lərin əldə edilməsindən heç də asan deyildir. Çünki parametrikləşdirmə yalnız tədqiqat məsələlərində informasiya emalının sadələşdirilməsinə xidmət edə bilər, baxılan funksiyanın əldə olunma texnologiyasına heç bir metod gətirə bilmir [4].

Hazırda polimerlərin və ya digər yüksək molekul materialların istehsalı zamanı bu funksiyanın real vaxt miqyasında təkamülünü səmərəli şəkildə izləmək faktiki olaraq mümkün deyildir. Elmi ədəbiyyatda faktik MKPF-lər ilə texnoloji rejim parametrləri arasında korelyasiya asılılığından istifadə cəhdi aşkar şəkildə özünü göstərir. Bu sahədə geniş tətbiq tapmış bir sıra ekspres metodlar yaranmışdır ki, onların əksəriyyəti özlülük faktoruna istinad edir (Mark-Kuhn-Houwink tənliyi) [5].

Elmi-texniki ədəbiyyatda polimerlərin viskozimetrik analizinə həsr olunmuş çoxsaylı tədqiqatlara rast gəlmək mümkündür [6, 7]. Lakin bu qəbildən olan eksperimental ölçmələrin real prosesdən kənarda, yəni real vaxt rejimində, aparat daxilində deyil, yalnız laboratoriya şəraitində həyata keçirilməsinin qeyri-operativlik və kalibrlənmə problemləri yaratdığı da məlumdur ki, məhz bu səbəbdən bu mühüm göstəricinin praktiki baxımdan informativliyi heç də yüksək qiymətləndirilə bilmir.

Tədqiqatımızda qarşıya qoyduğumuz əsas məqsəd məhz ölçü sistemi aparat vasitələrinin istehsal mühitinə köçürülməsinə nail olaraq, avtomatlaşdırılmış qaydada reoloji ölçmələrin həyata

keçirilməsini təmin edən metodikanın işlənməsi və bu metodikanı realizə edən sistemin sintezi olmuşdur.

Qeyd edək ki, müasir şəraitdə istehsal proseslərinin dinamikasının real vaxt rejimində monitorinqi bir zərurət təşkil edir ki, məhz bu səbəbdən də qarşıya qoyduğumuz problem bilavasitə idarə olunan keyfiyyət probleminin həllinə yönəldilmişdir.

Məsələnin qoyuluşu. Polimer istehsalı texnologiyasında məlumdur ki, latekslərin qarışdırılması üçün tələb olunan güc başlanğıc həddə orta zəncir ölçüləri ilə mütənasib surətdə artdığı halda, sonrakı artım zamanı aşkar qeyri-xətti xarakter daşımağa başlayır. Qeyri nyuton xassə daşıyan əksər yüksək molekullu materialların qarışdırılması prosesində özlü müqavimət momenti sürət qradientindən özünəməxsus xarakteristikalar əsasında dəyişir.

Tədqiqatımızın əsas ideya xəttini kompozit materialların istehsal mərhələsində xammalın axıcılıq ayrılmasına məxsus bu özəl cəhətin yekun keyfiyyətin proqnozunda bilavasitə istifadə etmək təşkil edir. Bu ideyanın ən əsas özəlliyi kimi isə hesab edirik ki, monitorinq prosesi üçün reaktor daxili qarışdırıcı intiqalın operativ işçi xarakteristikası ən zəngin operativ informasiya mənbəyi olaraq, bilavasitə istifadə edilə bilər.

Ölçü texnikası baxımından qeyri nyuton xassəli mühitin reoloji göstəricilərinin təyin edilməsində ən yaxın analogiya olaraq, şübhəsiz, Brukfeld viskozimetrinin iş prinsipini göstərə bilərik. Ölçü mühitinə daxil edilmiş müxtəlif quruluşa malik rotasiya oxunun sabit fırlanma sürəti ilə fırlanması və bu zaman meydana çıxan müqavimət qüvvəsinin ölçülməsinə əsaslanan bu prinsipin real istehsal proseslərində prototip kimi götürülməsi, demək olar ki, təməmilə özünü doğrulda bilir. Brukfeld viskozimetri məsələn, DV2T seriyası ilə istehsal olunan nümunə [8], praktiki olaraq sənaye miqyaslı texnoloji prosesin gedişində istifadəyə qətiyyənlə yararlı sayıla bilmir. Bu məhdudiyyəti aşkar şəkildə göstərən ən əsas arqumentlər kimi ilk növbədə aşağıdakılar göstəriləlidir:

1. Əsas rotasiya elementi olan fırlanan pərlərin miqyasının ölçmə prosesində həlledici rol oynaması. Məsələn, farmasevtika təyinatlı bir sıra məlhəmlərin xarakteristikalarının qiymətləndirilməsi [6] üçün istifadə olunan cihazın həm rezervuarı, həm də rotasiya pərləri fərqli ölçüləri təşkil edir. Digər tərəfdən apardığımız əvvəlki tədqiqatlardan əldə etdiyimiz nəticələr [9] göstərmişlər ki, reoloji tədqiq cihazında rotasiyaya qarşı müqavimət momentinin qiymətini müəyyən edən faktorlar içərisində aparatın qabarit ölçüləri böyük əhəmiyyət daşıyır. Bu faktor tədqiqat aparatında özünü nümayiş etdirən maye dinamikası proseslərinin özəl cəhətləri ilə bağlı olub, miqyas keçidi problemi kimi müvafiq sahədə nəzəri müddəaları özündə əks etdirir.

2. Məlum ölçmə metodları və onların həyata keçirildiyi aparat vasitələrində rotasiya sürəti sabitdir və bu cəhət yalnız verilmiş sürətlər diapazonunda özlülüyün qiymətləndirilməsinə xidmət edə bilər. Qarşıya qoyduğumuz geniş diapazonda axıcılıq ayrısının qurulması ilə keyfiyyət nəzarət probleminin qarşıya qoyduğu məsələnin həllinə isə, heç cür cavab verə bilmir.

3. Operativ ölçmə prosesinin həyata keçirilməsi cihazın periodik olaraq polimerləşdirmə reaktorunun daxilinə yerləşdirmək və avtomatik texniki təminat problemi heç də özünü doğrultmayacaq dərəcədə mürəkkəb avtomatlaşdırmanı tələb edir.

Əlbəttə, özlülük ölçən cihazların əksəriyyətində fırlanma bucaq sürətinin pilləli dəyişdirilməsi nəzərdə tutulmuş olsa da, fasiləsiz dəyişən axın sürətli mühitin yaradılması qarşıya qoyulan problemin həllində prinsipial mahiyyət kəsb etməsi də, qeyd etmək lazımdır ki, bir mühüm arqument kimi nəzərdən atıla da bilməz.

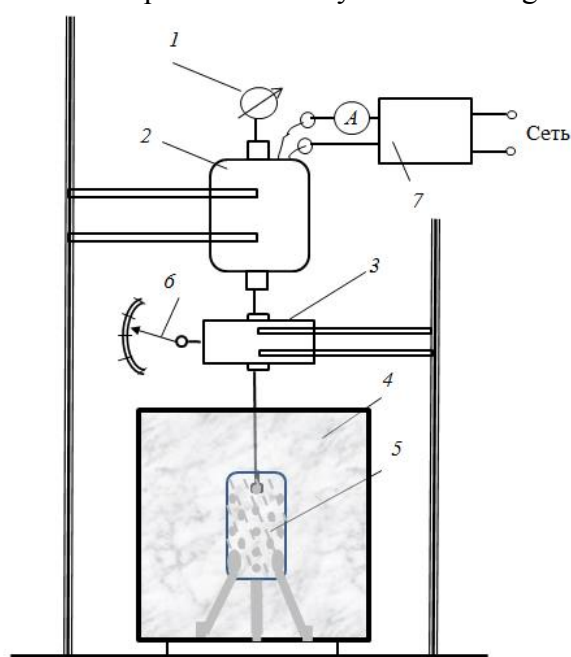
Bu qeyd olunanların nəzərə alınması ilə tədqiqatımızda operativ monitorinq modeli olaraq sənaye reaktorunu imitasiya edən pilot qurğu yaradılmış [9] və tədqiqat həmin qurğu üzərində həyata keçirilmişdir. Qurğunun prinsipial sxemində (şəkil 1) bucaq sürətinin ölçülməsi üçün taxometr, fırlandırıcı elektrik intiqalında mühərrikin lövbər cərəyan şiddətinin ölçülməsi üçün ampermetr (1), güc dövrəsinin qidalandırma xəttində sabit gərginlik stabilizatoru (7), elektrik mühərriki (2), pilləsiz friksion ötürmə vasitəsi olaraq pilləsiz variator (3), friksion pərlərin fırlanma

sürətinin göstərən taxometr (6), lateks ilə doldurulmuş rezervuar (4) və qarışdırıcı rolunu oynayan relyefli ucluq öz əksini tapmışdır.

Güc dövrəsində gərginlik stabilizatorunun yerləşdirilməsində məqsəd sabit cərəyan intiqalında mexaniki gücə mütənasib olan elektrik gücünün qiymətləndirilməsi üçün zəruri olan “volt-ampere” komponentlərinin dəqiq qiymətləndirilməsi olmuşdur. Variator reduksiya diapazonu (1-5) intervalında olan və dəstəklə idarə olunan mexanizmdən ibarətdir və laboratoriya şəraitində proqramlı sürətdə əl ilə dəyişdirilir. Bu halda intiqalda vala düşən müqavimət momenti yalnız lövbər cərəyanı qiymətində öz əksini tapır. Sürətin dəyişdirilməsi isə bütün digər elektriki parametrlərin sabit qalması ilə, yalnız variatorun ötürmə ədədinin dəyişdirilməsi hesabına həyata keçirilir.

Relyefli silindir şəklində olan qarışdırıcı tədqiq olunan material daxilində təbəqələr arası sürüşmə və müvafiq müqavimət momenti yaradır.

Qeyd edək ki, təklif etdiyimiz ölçü sisteminin dəqiqliyini müəyyən edən ən əsas məsələ elektrik intiqalının sərf etdiyi ani elektrik gücünün ölçülüb, qiymətləndirilməsi ilə bağlıdır.



Şəkil 1. Pilləsiz reduktiv variator tətbiqi əsasında reoloji tədqiq həyata keçirən laborator qurğusu [9].

Axıcılıq ayrısı funksiyası parametrlərinin intiqalın güc göstəriciləri ilə identifikasiyası

Elektrik intiqalının sərf olunan güc baxımından hesablanması mühəndis prktikasası üçün adi məsələ olduğuna baxmayaraq, bu ölçmənin məhz ölçü sistemi baxımından yerinə yetirildiyinin əlavə şərtləndirici xüsusiyyətləri də vardır. İlk növbədə sürətdən-sürətə keçid dinamikasında ani gücün dəyişməsinin, qərarlaşma prosesinin yaradılmasına sərf olunacaq müddətin nəzərə alınmasına ehtiyac yarandığı özünü göstərir. Bu baxımdan, təbii, ölçmə prosesinin kompüterləşdirilməsindən yarana biləcək səmərə özünü aşkar sürətdə göstərir.

Digər problematik məsələ mühərrikin sərf etdiyi ani elektrik gücün dəqiq təyin edilməsi, yəni nəzərə alınması çətin olan güc itgilərinin qiymətləndirilməsidir. Sərf olunan (faydalı) mexaniki gücün real elektrik ekvivalentinin (f.i.ə. baxımından) qiymətləndirilmə məsələsi dəqiqliyə təsir göstərən əsas amil olaraq meydana çıxır. Praktiki nəticələr göstərir ki, mühərrikin optimal güc parametrlərinin seçilməsi maksimal rotasiya

gücünün 1.5-2.0 misli diapazonunda götürülməsi məqsədə uyğundur. Bu müddəanın əsaslandırılması elektrik intiqazının aşağıdakı elementar hesabı ilə öz təsdiqini tapa bilər.

Konstruksiyada sabit cərəyan intiqalının sərf etdiyi ani gücün qiyməti ilə (lövbər dövrəsində işçi cərəyan şiddəti ilə) fırlanma hərəkətinə müqavimət momenti arasında determinik əlaqənin olmasından istifadə edilir. Məlum olduğu kimi, mühərrikin rotorunda mühitin özlü müqavimətinə qarşı yönəlmiş elektrik gücünü aşağıdakı kimi ifadə etmək olar [10]:

$$P_1 = M \cdot \omega = P_2 \eta^* ; \quad P_2 = I_2 U_n ; \quad (1)$$

harada ki, M – fırlandırıcı moment (stasionar rejimdə yükün müqavimət momentinə bərabər götürülür), ω – bucaq sürəti, P_1 – faydalı güc (müqavimət momentinə qarşı yönəlmiş), P_2, I_2 – mühərrikin qida mənbəyindən götürdüyü elektriki güc və müvafiq cərəyan şiddəti, η^* – ümumi güc

itgilərinin (elektrik və mexaniki təbiətli) nəzərə alınması ilə faydalı iş əmsalı, U_n – nominal gərginlikdir. Buradan (1) münasibətlərinin nəzərə alınması ilə aşağıdakı düsturu yazı bilərik:

$$M = I_2 \cdot U_n^* \frac{\eta}{\omega} \quad (2)$$

Göründüyü kimi, mühərrikin valına düşən müqavimət momentinin qiymətləndirilməsi üçün üç fiziki olaraq ölçülən kəmiyyətin və bir nominal xarakteristika məlumatı kimi bəlli olan (mühərrikin faydalı iş əmsalı) kifayət edir. Məlum olduğu kimi [10] rotasiyada müqavimət momentinin maye axınında sürüşmə gərginliyinə, axın sürətinin isə rotasiya sürətinə ekvivalent qəbul edilməsi, sabit əmsal fərqli dəqiqliklə özünü doğrulda, yəni $M = F(\omega)$ ifadəsinə haqq qazandıra bilər.

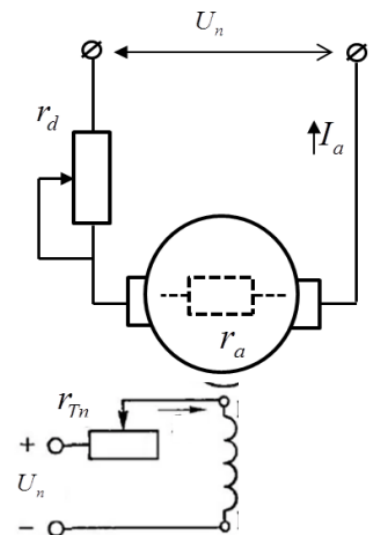
Qəbul edək ki, həm ω və həm də M kifayət qədər yüksək dəqiqliklə ölçülən bilən kəmiyyətdir. Belə olduqda identifikasiya dəqiqliyi məsələsinin ölçü aspektini ümumi qaydaya istinad edərək xüsusi törəmə konsepsiyası əsasında tərtib etmək heç bir çətinliklə qarşılaşmır. Ölçü texnikasında həssaslığın qiymətləndirilməsi alqoritmi kimi məlum olan xüsusi törəmə yanaşması baxdığımız məsələdə axıcılıq əyrisinin eksperimental identifikasiya keyfiyyətinin qiymətləndirilməsinə də xidmət edə bilər. Bunun üçün baxılan mexaniki sistemin güc balansı tənliyi əsasında ω -nın bir vahid artımına elektrik gücünün müvafiq artımı müəyyən edilməli və sonra bu asılılıqdan momentə keçmək lazım gəlir. Güc balansı tənliyindən istifadə məhz yüksüz işləmə gücünün təcrübənin nəticəsinə gətirdiyi xətanın aradan qaldırılmasına xidmət etdiyini görmək də çətin deyildir. Bu qiyməti yalnız mühərrikin və digər mexaniki hissələrin nominal texniki parametrləri əsasında qiymətləndirilməsi, təbii, yüksək dəqiqliyi təmin edə bilməsə də, tələb olunan dəqiqlik sinfinə uyğunlaşdırmanı təmin edə biləcəkdir.

Bununla yanaşı olaraq nəzərə almalıyıq ki, şəkil 1-də göstərilən laborator qurğusu və onun üzərində həyata keçirilən təcrübələr əslində bir model nümunəsi olaraq daha mühüm idarəetmə məsələsinin, yəni operativ keyfiyyət analizi probleminin həllinə yönəlmiş olduğu üçün bir sıra prinsipial suallar diqqət mərkəzində saxlanılmalıdır. Təbii, bunlar içərisində iki aspekt özünü daha qabarıq göstərir:

- Qarışdırıcı aqreqatın (frikson pərlərin) optimal konstruktiv quruluşuna və optimal ölçülərinin təyini məsələsinə müstəqil surətdə baxılması;
- Götürülmüş intiqalın elektromexaniki paraetrləri arasında dəqiq funksional asılılığın modelləşdirilməsi.

Problemin birinci aspekti, qeyd edə bilərik ki, müstəqil istiqamət olaraq bəzi baxış bucağı altında əvvəlki tədqiqatımızda müəyyən qədər öz əksini tapa bilmişdir [11]. Polimerləşmə reaktoru daxilində qarışdırıcı intiqalının iş rejiminə operativ nəzarət və keyfiyyət təhlilinə gəldikdə isə burada tədqiqat yüksək dərəcədə konkretlik tələb edir.

Şəkil 2-də elektrik intiqalında istifadə olunan sabit cərəyan mühərrikinin qoşulma sxeminin yalnız bir variantı verilmişdir. Şəkildə müvafiq parametrlər, yəni P_n – mühərrikin nominal gücünü, I_n – nominal lövbər cərəyanını, U_n – nominal gərginliyi, ω_n – nominal işçi parametrlərə müvafiq dövr sürətini, r_a, r_d, r_{Tn} – lövbər dolağı müqavimətinin, onun dövrəsinə qoşulmuş əlavə müqavimətin və təsirlənmə dövrəsi müqavimətinin nominal qiymətlərini əks etdirirlər.



Şəkil 2. Mühərrik dövrəsində real və ekvivalent müqavimətlər [9].

Sabit cərəyan mühərrikində ani gücün mühüm hissəsinin lövbər cərəyanı ilə müəyyən olduğunu və təsirlənmə cərəyanının isə təcrübə zamanı praktiki olaraq sabit qaldığını qəbul etmək olar. Güc itgilərini (r_a, r_d -də yaranan) ümumən istilik itgiləri kimi ümumiləşdirək. Sürtünmə ilə bağlı itgilər mexaniki itgi kimi adlandırılırsa, ümumən bunların cəmini intiqalın faydalı iş əmsalı kimi ifadə edək.

Digər tərəfdən lövbər cərəyanı

$$\frac{I \cdot U_n - P_1 - P_n(1 - \eta^{mex})}{I^2(r_a + r_d)} = 1 \quad (4)$$

tənliyinə nəzərən təyin edilə bilər. Alınan ifadə I –yə görə həll edilmiş olarsa:

$$I = \frac{-U_n \pm \sqrt{U_n^2 + 4(r_a + r_d)(M\omega + P_n(1 - \eta))}}{-2(r_a + r_d)} \propto M \quad (5)$$

lövbər cərəyanının bucaq sürətindən və dövrə parametrlərindən asılılığı üçün düstur əldə etmiş olarıq. Beləliklə, cərəyan şiddətinin ekvivalenti olan fırlandırıcı moment üçün lazım olan əsas düstur əldə edilmiş olur.

Qeyd etdiyimiz kimi həmin düstur şəkil 2-də göstərilmiş birləşmə variantı üçün öz doğruluğunu saxlaya bilər. Sənaye miqyaslı qurğu və aparatlarda qarışdırıcı intiqal əsasən dəyişən cərəyan mühərriklərinin istifadəsini nəzərdə tutur. Bu intiqallar sürətin geniş diapazonda hamar dəyişdirilməsi üçün münasib variant olmadığı üçün sabit cərəyan maşınına keçidin məsələsi aktuallaşır. Sabit cərəyan maşınlarının yük xarakteristikalarının təsirlənmə dövrəsinin qoşulma variantlarının müxtəlifliyi içərisində optimal sxemin seçilməsi, məlumdur ki [13], mühüm mühəndis məsələsini təşkil edir. Paralel, ardıcıl və kompaund birləşmə xemlərinin yük xarakteristikalarının müxtəlif olduğu kimi, parametrlərin funksional asılılıqları da ciddi sürətdə fərqləndiyi məlumdur.

Aşağı sürətlərdə və böyük fırlandırıcı moment tələb olunan hallarda ardıcıl təsirlənmə sxeminə keçid zərurəti yaranır. Ardıcıl və ya qarışıq təsirlənmə sxemlərində I_a ilə ω arasında mütənasib asılılıq pozularaq, kvadratik qanunla əvəz olduğu ilə yanaşı, həm də maqnit sisteminin doyma rejimi özünü göstərir, elektromaqnit sistemi kəskin qeyri xətti xarakteri kəsb edir.

Əlbəttə, ölçü texnikası baxımından ən əlverişli variantın müstəqil təsirlənmə və ya sabit maqnitli təsirlənmə olduğunu qəbul edərək, şəkildə göstərilən variantın qəbul edilməsinə üstünlük verilə bilər. Lakin polimerləşmə proseslərində reaksiya qarışığının getdikcə yüksələn özlülüyü böyük müqavimət yaratdığı paralel birləşmənin mümkünlüyünü aradan qaldırır.

Beləliklə, qeyd olunan müddəaları ümumiləşdirərək aşağıdakı nəticələrə gəlmək mümkündür:

a) Periodik polimerləşdirmə proseslərində optimal keyfiyyət əldə etmə məsələsinin operativ texnoloji nəzarətin müstəsna əhəmiyyəti reoloji xarakteristikanın real vaxt rejimində əldə edilməsini, bu isə öz növbəsində reaksiya qarışığı üçün axıcılıq funksiyasının əldə olunmasını tələb edir.

b) Qarışdırıcı mexanizmin müştərək funksiya daşması, yəni əlavə olaraq ondan həm də real vaxt rejimində reoloji informasiya mənbəyi kimi istifadə oluna bilməsi, təmamilə real texnoloji amillərə istinad edə bilər. Məhz bu müştərək funksionallıq amilinin tətbiqi qarışdırıcı intiqalı böyük miqyasda Brukfeld viskozimetr analogiyasına çevirərək, operativ monitoring probleminin həllini reallaşdırır.

c) Qarışdırıcı intiqalın geniş sürət və fırlandırıcı momentlər diapazonlarında fəaliyyəti mühərrik seçimi məsələsinə öz şərtlərini irəli sürür. Bu baxımdan müstəqil təsirlənmə maqnit sisteminə malik sabit cərəyan mühərrikinin tətbiqi tövsiyə olunur ki, onun nominal gücü rotasiya pərlərinin qarşılaşdığı maksimal gücün 1.5-2.0 misli tərtibində olmasını tələb edir.

d) Qeyd olunan müddəalar laboratoriya və ya yarı pilot qurğusunda aparılmış ЭД-20 epoksid qətranı üzərində aparılmış təcrübələr əsasında irəli sürülmüşdür.

Yekun olaraq qeyd edək ki, qarışdırıcı intiqalın əsas funksiyası ilə yanaşı, onun həm də reoloji informasiya mənbəyi kimi iki funksionallığı, təbiidir ki, istehsalat şəraitində işçi rejimə özəl texnoloji yanaşmanı bilavasitə nəzərdə tutur. Prosesin periodik olması imkan verir ki, daimi rejim olaraq hər şeydən öncə latekslərin qarışdırılması həyata keçirilməli, monitoring rejimi olaraq isə reoloji xarakteristikanın əldə olunması periodik impuls rejimində yerinə yetirilsin.

Ədəbiyyat

- [1]. Крыжановский, В.К. Прикладная физика полимерных материалов / В.К.Крыжановский, В.В.Бурлов. –СПб.: СПбГТИ (ТУ), –2001. –261 с.
- [2]. Суриков, П.В. Влияние молекулярной массы и молекулярно-массового распределения на реологические свойства эпоксидных олигомеров // П.В. Суриков, А.Н. Трофимов, Е.И. Кохан [и др.] // Вестник МИТХТ им. М.В. Ломоносова. Т. 4, № 5. –2009. –с. 87-90.
- [3]. Берлин, А.А. Кинетика полимеризационных процессов / Б.А.А.ерлин, С.А.Вольфсон, Н.С.Ениколопан. –М.: Химия, –1978. –320 с.
- [4]. Киреев, В.В. Высокомолекулярные соединения / В.В.Киреев, –М.: Высшая школа, –1992. –512 с.
- [5]. Бриедис, И.П. Реология и молекулярное строение расплавов полиэтилена / И.П.Бриедис, Л.А.Файтельсон // Механика полимеров, № I, –1976, –с. 120-127.
- [6]. Кутузова, И.В. Реологические свойства мазей с полиненасыщенными жирными кислотами микробиологического происхождения / И.В.Кутузова, Ю.В.Степанов, Н.К.Бабанова [и др.] //Фармация, Т.40. –1991, –с.30-35.
- [7]. Li, Chun-Liang, Kinetics of Coil-to-Globule Transition of Dansyl-Labeled Poly(N -sopropylacrylamide) Chains in Aqueous Solution / Chun-Liang Li, Xiaodong Ye, Yan-Wei Ding // Chinese Journal of Chemical Physics 25(27), –2012. DOI:10.1088/1674-0068/25/04/389-397
- [8]. Вискозиметр Брукфильда – аналоговая модель Analog / <https://www.optimum-lab.ru/product/viskozimetr-brukfilda-analogovaja-model/> .
- [9]. Həşimova, H.M. Polimerləşmə prosesində viskozimetrik ölçmə texnologiyalarının təkmilləşdirilməsi ilə keyfiyyətə nəzarət probleminin tədqiqi: / Tex.f.d. elmi dərəcəsini almaq üçün diss. –Sumqayıt, SDU, –2023, –158 s.
- [10]. Забудский, Е.И. Электрические машины. ч.: Машины постоянного тока / Е.И.Забудский, –М.: ФГБОУ ВПО МГАУ, –2013. –217 с.
- [11]. Нагиев, А.Г. Идентификация функций молекулярно-массового распределения полимерных материалов по их механическим параметрам вязкого сопротивления / А.Г.Нагиев, В.В.Садыхов, У.М.Гашимова // Пластические массы т.98. №7. –М., –2016, –с.52-55.

Summary

The task of operational control of the polymerization process based on the electromechanical parameters of mixing devices

Hashimova H.M.

Keywords: *polymerization process, operational monitoring, rheological study, DC electric drive, electromechanical characteristic.*

The presented research work is devoted to the realization at the level of an automated control system of the development of temperature, concentration, initiator and inhibitor maintenance modes of periodic polymerization processes on a given program. As a hardware tool of the control system built on the basis of rheological research, the problem of identification is posed on the basis of using electromechanical parameters of the reactor internal mixing Unit, different from traditional measurement systems. It is shown that the study of the reaction material – suspension in the non-Newtonian liquid class reflects the original approach in terms of efficiency to the measurement process and informativeness to the identification object. He was able to find confirmation in the tests carried out on a pilot installation, which quite fully reflects the relevant conditions in which this approach is scientifically and practically

justified. The proposed identification algorithm includes the most necessary electromechanical parameters of the unit, which allows evaluating the sensitivity indicators of the system.

Резюме

Проблема оперативного управления процессом полимеризации на основе электромеханических параметров перемешивающих устройств

Гашимова У.М.

Ключевые слова: *процесс полимеризации, оперативный контроль, реологическое исследование, электропривод постоянного тока, электромеханическая характеристика.*

Представленная исследовательская работа посвящена реализации на уровне автоматизированной системы управления разработки по заданной программе температурного, концентрационного, инициирующего и тормозного режимов обеспечения процессов периодической полимеризации. В отличие от традиционных измерительных систем в качестве аппаратного средства системы управления, построенной на основе реологических исследований, то есть на основе использования электромеханических параметров внутреннего смесительного агрегата реактора, ставится вопрос об идентификации. Показано, что исследование реакционного материала – суспензии в классе жидкостей с неньютоновскими свойствами отражает оригинальный подход к процессу измерения с точки зрения оперативности, а объекта идентификации-информативности. Он смог найти свое подтверждение в испытаниях, проведенных на пилотной установке, которые достаточно полно отражают соответствующие условия, в которых этот подход научно и практически обоснован. Предлагаемый алгоритм идентификации включает в себя наиболее необходимые электромеханические параметры устройства, что позволяет оценить показатели чувствительности системы.