

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI

Əlyazması hüququnda

**İNŞAAT QUMUNUN HAZIRLANMA
TEKNOLOGİYASININ MODELLEŞDİRİLMƏSİ**

İxtisas: 3338.01 - Sistemli analiz, idarəetmə və
informasiyanın işlənməsi (modelləşdirmə və
idarəetmə)

Elm sahəsi: Texnika

İddiaçı: Nuranə Məhyəddin qızı Allahverdiyeva

Fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi almaq üçün
təqdim edilmiş dissertasiyanın

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

Bakı – 2024

Dissertasiya işi Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti PHŞ-nin "Elektronika və avtomatika" kafedrasında yerinə yetirilmişdir.

Elmi rəhbər: Texnika üzrə fəlsəfə doktoru, dosent
Almaz Mobil qızı Mehdiyeva
Texnika elmləri doktoru, dosent
Cəsarət Ələddin oğlu Camalov

Rəsmi opponətlər: 1. Texnika elmləri doktoru, professor
Cavanşir Firudin oğlu Məmmədov
2. AMEA-nın müxbir üzvü, Texnika elmləri doktoru, professor
İsmayıl Mahmud oğlu İsmayılov
3. Texnika elmləri doktoru, dosent
Fəhrad Heydər oğlu Paşayev

Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Ali Attestasiya Komissiyasının Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti PHŞ-nin nəzdində fəaliyyət göstərən ED 2.48 Dissertasiya Şurası

Dissertasiya şurasının sədri: AMEA-nın müxbir üzvü,
Texnika elmləri doktoru, professor
Rafiq Əziz oğlu Əliyev

Dissertasiya şurasının
elmi katibi:

Texnika üzrə fəlsəfə doktoru, dosent
Almaz Vəli oğlu Əlizadə

Elmi seminarın sədri:

Texnika elmləri doktoru, professor
Təvfin Səməd oğlu Abdullayev

İMZANI TƏSDİQ EDİR
ADNSU-nun Elmi katibi,
dosent N.Əliyeva



İŞİN ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI

Mövzunun aktuallığı və işlənmə dərəcəsi. Müasir dövrdə hər bir dövlətin qarşısında duran başlıca vəzifələrdən biri ölkə vətəndaşlarının yaşayış səviyyəsini daha da yüksəltmək, mənzil tikintisini genişləndirmək, mədəniyyət, təhsil, səhiyyə işini inkişaf etdirməkdir. Bunun üçün elmi-texniki tərəqqinin nailiyyətlərindən yararlanmaqla tikinti sənayesinin material-texniki əsasını gücləndirmək tələb olunur. Hazırda tikinti sektorunda yenidənqurma işlərində yerli tikinti materiallarından istifadə ön plana çəkilir. Məhz bu amil regionlarda tikinti-quraşdırma işləri aparılan zaman tikinti materialları sənayesinin inkişafına səbəb olur. Belə ki, tikinti işlərində vacib hesab edilən inert materialları (qum, çınqıl, qırmaqdaş və s.) inşaat materiallarının, məmullatlarının və konstruksiyalarının tərkib nöqtəyi nəzərdən əsasını təşkil edir. Belə ki, qumdan müxtəlif tikinti qarışıqlarının (beton, asfalt, suvaq, müxtəlif dekorativ örtüklər və s.), dəmir-beton konstruksiyaların yaradılmasında və həmçinin, qum şırnağı ilə işlənmə və doldurma işlərində, şüşə, silikat və klassik gil kərpic istehsalı üçün bir komponent kimi geniş istifadə olunur. Qumun yuyulmasına dair müxtəlif üsullar mövcuddur və hazırda onlardan qum istehsal edən karxanalarda geniş istifadə olunur.

Ənənəvi üsullar ilə qumu təmizlədikdə qumun tərkibində olan gil hissəciklərinin tam təmizlənməsi üçün təkrarən yuyulması tələb olunur. Bu zaman məhsuldarlıq azalır və qurğuların idarə edilməsi üçün izafi enerji sərf olunur. Bu sahədə çoxsaylı elmi tədqiqatların, tətbiq metodlarının və üsulların işlənməsinə baxmayaraq, problem aktual olaraq qalmaqdadır. Göstərilən çatışmamazlıqların aradan qaldırılması vacib elmi-praktiki əhəmiyyətə malik, aktual məsələdir.

Təqdim olunan dissertasiya işi bu problemin həllinə həsr edilmiş, qumun keyfiyyətinin yüksəldilməsi üçün tədqiqatlar aparılmış, alınan nəticələr riyazi və imitasiya modelləşdirməsinə əsaslanmışdır. Problemin aradan qaldırılması üçün yeni yanaşma təklif edilmiş – qumyuma üsulları və mövcud texnologiyalar tədqiq edilmiş, daha effektiv üsul kimi yeni üsul təklif edilmiş və sınaqdan keçirilmişdir. Belə ki, təklif olunan üsulla istehsal olunan qumun yuyularaq toz, gil və lil hissəciklərindən təmizlənməsinə daha yüksək səviyyədə nail olmaq üçün yeni qumyuma qurğusu təklif edilmiş və sınaqdan keçirilmişdir.

Şerti adı “J.J. Clean Sand” (JJCS) olan qumyuyan qurğu vasitəsi ilə sənayedə hər növ qum istehsalı üçün nəzərdə tutulmuş yeni bir

qumyuma texnologiyası tətbiq edilmişdir. Qeyd edilən texnologiya və qurğunun tətbiqi karxanalardan çıxarılan narın və iri dənəli qumların toz, lil və gil qarışıqlarından yuyularaq təmizlənməsində keyfiyyət göstəricilərinin yüksəlməsinə, qumun maya dəyərinin aşağı düşməsinə və hasilat xərclərinin xeyli azalmasına səbəb olar.

Tədqiqatın obyektı və predmeti. Dissertasiya işinin tədqiqat obyektı qumyuma texnoloji prosesidir. Predmeti isə bu aparatların və texnoloji proseslərin layihələndirilməsinin, texniki-istismar xüsusiyyətlərini təsbit edən parametrlərinin elmi-nəzəri tədqiqatın metodları və vasitələridir. Aparat və onun yerinə yetirdiyi texnoloji prosesi mülki və sənaye tikinti qurğularında tətbiq edilən inşaat qumunun hidravlik emalını yerinə yetirilir.

Tədqiqatın məqsədi və vəzifələri. Tədqiqatın məqsədi inşaat qumunun keyfiyyətinin yaxşılaşdırılmasını təmin edən yeni metodların tətbiqi, aparatların yaradılması, qumun keyfiyyətini yüksəldilməsini təmin edən avtomatlaşdırılmış idarəetmə sisteminin işlənməsidir.

Tədqiqatın əsas vəzifələri aşağıda qeyd olunan məsələlərin kompleks həllindən ibarətdir:

- inşaat qumunun emalı ilə bağlı olan son illərin texnoloji təcrübəsinin müqayisəli təhlilinin aparılması;
- təbii resursların (inert materialların) parametrlərini nəzərə almaqla inşaat qumunu zərərli qarışıqlardan ayıran yeni üsulun işlənməsi;
- təbii resursların parametrlərini nəzərə almaqla inşaat qumunu zərərli qarışıqlardan təmizləyən yeni qumyuma qurğusunun hazırlanması;
- inşaat qumunu zərərli qarışıqlardan yuyaraq təmizləyən yeni qurğunun Proteus proqramı vasitəsi ilə simulasiya modelləşdirilməsinin işlənilməsi;
- inşaat qumunu zərərli qarışıqlardan yuyaraq təmizləyən yeni qurğu üçün Arduino sistemi proqramlaşdırma vasitəsilə sadə kodlamalarla işlənilməsi;
- təklif edilmiş qumyuyan qurğudan istifadə edərək inşaat məhlullarının, beton məmulatlarının və konstruksiyalarının hazırlanmasında yaranan qüsurların aradan qaldırılmasının eksperimental nəticələrinin təhlili.

Tədqiqatın elmi-praktiki əhəmiyyəti və tətbiqi. İnert inşaat materiallarının (çınqıl, qum və qırmadaşı), xüsusən də inşaat qumunun tərkibində olan zərərli qarışıqlarının təmizlənməsində istifadə olunan yeni qumyuma üsulu, idarəetmə sistemi işlənməmiş və qurğu hazırlanmışdır. Həmçinin eksperimental nəticələrə əsaslanaraq müxtəlif irilik modullu inşaat qumunun tərkibində olan gil, lil və toz

qarışıqlarının yuyularaq təmizlənməsi müəyyənləşdirilmişdir. Yeni modelləşdirilmiş qumyuyan qurğunun istehsal etdiyi təmiz inşaat qumu əsasında inşaat məhlulundan və beton qarışıqından hazırlanmış müxtəlif nümunələri üçün bərkimə prosesləri tədqiq edilərək, yüksək keyfiyyətin təmin edilməsi riyazi və imitasiya modelləşdirməsi ilə əsaslandırılmışdır.

Hazırlanmış kiçik ölçülü qumyuyan qurğu Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universitetinin “İnşaat materialları elmi-tədqiqat və sınaq” laboratoriyasında təcrübədən keçirilmiş və “C.C. Concrete” MMC-nin beton istehsalı zavodunun sınaq meydançasında tətbiq edilmişdir.

Tədqiqat metodları. Tədqiqatlar zamanı inşaat materiallarının emalı texnologiyasının və aparatlarının yaradılmasının, işləməsinin, avtomatik tənzimlənmə texnikasının, sxemotexnikanın, mühəndis eksperimentlərinin aparılmasının elmi-nəzəri metodları tədqiq edilmişdir.

Tədqiqat üsuluna əsasən ənənəvi texnologiyalardan fərqli yeni üsul yoxlanılmış, laboratoriya və sənaye şəraitində təcrübələr və sınaq işləri aparılmış, karxanalardan çıxarılan narın və iri dənəli qumların toz, lil və gil qarışıqlarından yuyularaq təmizlənməsi kimi avtomatlaşdırılmış və modelləşdirilmiş müasir qumyuma üsulu və qurğu tədqiq edilmişdir. Hesablamalar Matlab proqram mühitində kompüter modelləşdirməsinə əsaslanır.

Müdafiəyə çıxarılan əsas müddəalar. İnşaat qumunun hazırlanma texnologiyasının modelləşdirilməsi və keyfiyyətinin yüksəldilməsi üçün aparılmış tədqiqatların nəticələri:

- təbii resursların (inert materialları) parametrlərini nəzərə almaqla inşaat qumunu zərərli qarışıqlardan ayıran yeni üsulun işlənməsi;
- təbii resursların (inert materialları) parametrlərini nəzərə almaqla inşaat qumunu zərərli qarışıqlardan yuyaraq təmizləyən yeni qurğunun əsas parametrlərinin avtomatik tənzimlənməsinin tədqiqi, avtomatlaşdırılmış texnoloji prosesin tədqiq edilməsi;
- inşaat qumunu zərərli qarışıqlardan yuyaraq təmizləyən yeni qurğunun Proteus proqramı vasitəsi ilə simulyasiya modelləşdirilməsinin işlənilməsi;
- inşaat qumunu zərərli qarışıqlardan yuyaraq təmizləyən yeni qurğu üçün Arduino sisteminin proqramlaşdırma vasitəsilə sadə kodlamalarla işlənilməsi;

- yeni qumyuyan qurğudan istifadə edərək inşaat məhlullarının, beton məmulatlarının və konstruksiyalarının hazırlanmasında yaranan qüsurların aradan qaldırılmasının tədqiqi.

Tədqiqatın elmi yeniliyi:

- qumyuyan qurğunun idarəetmə obyektini kimi tədqiqi, onu xarakterizə edən kəmiyyətlərin müəyyənləşdirilməsi;
- qumyuyan qurğunun funksional elementlərinin dinamika tənliliklərinin və onların əsasında idarəetmə sisteminin dinamika tənliliyinin tərtib edilməsi;
- qumyuyan qurğunun idarə olunmasının Proteus proqramı vasitəsi ilə simulyasiyalı tədqiqi və Arduino kontrolleri üçün proqram təminatının işlənməsi;
- İddiaçı tərəfindən təklif edilən yeni qumyuyan qurğunun üçkonturlu avtomatik kaskad tənzimləmə sisteminin işlənməsi;
- üçkonturlu avtomatik kaskad tənzimləmə sisteminin Matlab mühitində simulyasiya proqramı vasitəsilə idarəetmə sisteminin dayanıqlıq oblastlarının təyini və onun əsasında qurğunun etibarlı iş rejiminin təyin edilməsi.

Tədqiqatın nəzəri və praktiki əhəmiyyəti. Təbii resursların (inert materialları) parametrlərini nəzərə almaqla inşaat qumunu zərərli qarışıqlardan ayıran yeni üsul ixtira edilmişdir. Belə ki, inşaat qumunun yuyulması üsulu, karxanadan ilkin qumun paylarla yuxarıdan kameraya verilməsini ilkin qumun yüksək təzyiqli turbulentli su-hava şırnaqlarla kamerada disperqasiyasını və ayrıca təmizlənmiş qumun və sulu-gilli şlamın ayrılmasını öz tərkibində birləşdirir. İlkin qumun disperqasiyası, kameranın dibində yerləşdirilmiş tordan 3-4 atmosfer təzyiq altında çıxan üz-üzə gələn şırnaqlar cəbhəsi ilə aparılır, hansı ki, kamerada qaynayan mühit yaradır, ancaq qaynayan mühitin (sulu-havalı-qumlu-gilli) kameranın yuxarı hissəsində bərkidilmiş, kinematik sallanan əyilən elementləri ilə birgə biri-birinə qarşılıqlı təsiri nəticəsində qaynayan mühiti əlavə disperqasiya edir. Təbii resursların parametrlərini nəzərə almaqla inşaat qumunu zərərli qarışıqlardan yuyaraq təmizləyən yeni növ avtomatlaşdırılmış və modelləşdirilmiş müasir qurğu ixtira edilmişdir. Belə ki, inşaat qumunun yuyulması üçün qurğu, yüklənən bunkerini, işçi kameranı, sulu-havalı qarışığın verilmə sistemini, yuyulmuş qumun kameradan çıxarılması üçün çıxışını və sulu-gilli şlamın kameradan çıxışını öz tərkibində birləşdirir. İşçi kamera onun aşağı hissəsində 30⁰ bucaq altında

yerləşdirilmiş metal kiçikoyuqlu barmaqlıqla iki qeyri bərabər hissəyə bölünüb. Kameranın kiçik olan aşağı hissəsinə iki tərəfdən biri-birinə doğru su və 3-4 atmosfer təzyiq altında hava verilir. Alınan qarışıq kiçikoyuqlu metal barmaqlıqdan kameranın yuxarı hissəsinə keçir, harada ki, ilkin qumla qarışaraq qaynayan mühit yaradır, ilkin materialı, qumlu və gilli fraksiyalara bölərək, disperqasiya edir. Kameranın yuxarı səthinə metal zəncirlər bərkidilib, hansılarda ki, qaynayan çoxkomponentli mühit biri-birinə təsir edirlər, nəticədə isə bu mühit əlavə disperqasiyaya uğrayır. Bununla yanaşı, yuyulan qum üçün çıxış kameranın yuxarı hissəsində metal barmaqlığın aşağı nöqtəsi zonasında yerləşir. Sulu-gilli şlamın kənarlaşma çıxışı isə kameranın yuxarı hissəsinin yuxarı zonasında yerləşir. İxtiranın məsələsi təbii qumların gilli qarışıqlarda yuyulma dərəcəsini yüksəltməkdir. Dissertasiya işinin əsas elmi-praktiki əhəmiyyəti keyfiyyət göstəricilərinə görə analoqlarından, nisbətən üstün olan yeni qumyuyan aparatlarının yaradılmasının nəzəri-praktiki metodunun işlənməsi və tətbiqi, əsas parametrlərinin tənzimlənməsi üsullarının təkmilləşdirilmiş formalarının işlənməsi və riyazi alqoritmlərinin hesablanmasıdır.

Aprobasiyası və tətbiqi. Dissertasiya işinin əsas nəticələri aşağıdakı beynəlxalq konfrans və seminarlarda müzakirə və məruzə olunmuşdur.

The 7th International Conference on Control and Optimization with Industrial Applications. 26-28 August, 2020. Baku, Azerbaijan, COIA2020;

- Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetinin 100 illik yubileyinə həsr edilmiş gənc tədqiqatçı və doktorantların onlayn elmi konfransı, 7-8 may, 2020, GTDOEK 2020;
- XXXVI Международная научно-практическая конференция "Advances in Science and Technology". Москва 30 апреля 2021;
- Doktorantların və gənc tədqiqatçıların XXIV Respublika elmi konfransı, 2021;
- İnformasiya Sistemləri və Texnologiyalar: Nailiyyətlər və Perspektivlər, Konfrans materialları, SDU, 08-09 dekabr, 2022;
- III International scientific forum on computer and energy sciences (WFCES 2022). Alma Ata. AIP Conference proceedings ISSN: 1551-7616. <https://ide-rus.ru/wfc2022>.

Dissertasiya işinin yerinə yetirildiyi təşkilatın adı - Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti PHS, “Elektronika və avtomatika” kafedrası.

Dissertasiyanın struktur bölmələrinin ayrılıqda həcmi qeyd olunmaqla dissertasiyanın işarə ilə ümumi həcmi. Dissertasiya işi 185 səhifədən: girişdən, 4 fəsildən, əsas nəticələrdən, 133 sayda istifadə edilmiş ədəbiyyatın siyahısından, o cümlədən 39 şəkil və 13 cədvəldən ibarətdir. Dissertasiya işi 187808 simvoldan ibarətdir.

İŞİN ƏSAS MƏZMUNU

Girişdə mövzunun aktuallığı, işin məqsədi, tədqiqatın elmi yeniliyi, tətbiqi əhəmiyyəti, müdafiə olunan müddəalar və dissertasiya işinin aprobasiya səviyyəsi verilir.

Birinci fəsil ədəbiyyat icmalına həsr edilmiş, aparılmış tədqiqat işlərinin nəticələrində mövcud üsullar və qurğular müqayisəli olaraq, təhlil və tədqiqi edilərək çatışmamazlıqlar aşkarlanmış və dissertasiya işində aktual problem kimi qarşıya qoyulmuş, inşaat qumunun hazırlanma texnologiyasının məhsuldarlığın və effektivliyinin yüksəldilməsi, keyfiyyətinin yaxşılaşdırılması məsələləri həlli istiqamətləri əsaslandırılmışdır. Həmçinin, inşaat qumunun keyfiyyətinə təsir edən əsas tərkib komponentlərinin fiziki-kimyəvi xassələri və onların əsas xarakteristikası araşdırılmışdır. Müəyyən edilmişdir ki, indiki vəziyyətlə müqayisədə, daha keyfiyyətli və daha məhsuldar və effektiv qumun alınmasını təmin edə bilən yeni qurğularda mövcud texnologiyalardan kompleks istifadə edilməli, lakin, onlar, eyni zamanda həmçinin, nisbətən sadə konstruktiv qurluq sxeminə malik olmalıdırlar.

İkinci fəsildə tədqiqat obyektinə və metodları, o cümlədən, inşaat qumunun hazırlanması texnologiyasının inkişafı və təkmilləşdirilməsi dinamikası birbaşa olaraq, emalın məhsuldarlığına və hazır məhsulun keyfiyyətinə qarşı daima sərtləşən tələbləri ilə təsbit edilir və görünən odur ki, bu inkişaf istiqaməti və tendensiyası qum-gil qarışığının dispersiyası səviyyəsinin yüksəlməsi ilə xarakterizə edilir. Bu mənada yeni yaradılan, müvafiq təyinatlı texnoloji maşınların, mexaniki disperqasiya prosesinin riyazi modelləşdirilməsi, statik və dinamik xüsusiyyətlərinin tədqiqi kifayət qədər əhəmiyyətli və aktual məsələdir. Belə ki, riyazi və onun əsasında yaradılacaq kompüter modelləri üzərində yerinə yetirilən ədədi hesablamaların və kompüter simulyasiyalarının nəticələrinin təhlili əsasında prosesin dayanıqlığını

tədqiq etmək, aparatın konstruktiv həllini müəyyən edən ölçülərinin tələb olunan qiymətlərini hesablayıb, təyin etmək, həmçinin, arzuolunmaz təsirləri, onların fəsadlarını proqnozlaşdırmaq mümkündür. Aydın ki, hər bir texnoloji maşın emal əməliyyatları üçün seçilərkən, təyinatı, universallığı və məhsuldarlığı, keyfiyyətliyi və qənaətciliyi, avtomatik idarəetmə üsulu və avtomatlaşdırılması səviyyəsi, dəyişən məhsula çevik uyğunlaşması və s. bu kimi, seçimin doğruluğunu, onun məqsədayönlü olmasını əsaslandırان ümumtərəfli amillər əsas götürülür. Bundan başqa, birbaşa hər bir aparatın məxsusi xassələrinə və göstəricilərinə bağlı olan aşağıdakı amillər də əhəmiyyətli təsirə malikdirlər: gövdənin tipi, fəzada yerləşməsi; en kəsik sahəsinin forması; qarışdırıcının tipi; qarışdırıcı qurğunun yönəldicilərinin tipi; istilik daşıyıcısının varlığı, varsa, örtüyünün forması və s. Aparılmış araşdırmaların nəticələrinin təhlili kimi göstərilmişdir ki, qarışdırıcı qurğuların işləməsinin effektivliyini müəyyən edən əhəmiyyətli parametrlərdən biri nasos effektidir:

$$V_p = Cnd_m^3 \quad (1)$$

burada V_p - mayenin qarışdırıcı vasitəsi ilə yaratdığı həcmi sərfiyyat – m^3/s ; C - qarışdırıcının tipindən asılı olaraq müəyyən edilən sabit əmsal; n - qarışdırıcının fırlanma tezliyi - dövr/dəq; d_m - qarışdırıcının diametri-m. C -əmsalının ədədi qiymətləri müxtəlif tipli qarışdırıcılar üçün məlumdur: açıq tipli turbinli qarışdırıcılar üçün- $C=0,25-1,2$ (əksər hallarda $0,5-0,8$); propellerli qarışdırıcılar üçün- $C=0,3-1$ (əksərən, $0,4-0,8$). İkinci, əhəmiyyətli amil parametrlərindən fırlanan qum-gil qarışıqlı mayenin tutumun daxili səthinə çatma müddətidir:

$$\tau_C = \frac{\pi}{4Cn} \quad (2)$$

(2) ifadəsinin əhəmiyyəti onunla izah edilir ki, o, mahiyyətinə görə, rotasion tipli qumyuma aparatında maye-bərk mühitli ikifazlı sistemin alınması müddətini müəyyən edir ki, bu da məhsuldarlıq məsələsinin həllinə təsir edən əsas amillərdən biridir.

Həmçinin bu fəsilə, tədqiqatların məntiqi davamı kimi, ikifazlı, maye-bərk hissəciklər mühiti üçün statik tədqiqin məqsədi ilə müvafiq elm sahəsində olduqca geniş istifadə edilən Xodakovun reoloji modeli əsas götürülmüşdür. Burada dispers sistemin özlülüyünün qanunauyğunluqlarını əks etdirən bir neçə əlavə parametrdən istifadə edilir: - dispers mühitin araqlarının ayrılığı; -dispers sistemin nisbi həcmi, tərkibindəki bərk hissəciklərin tutumu ilə müəyyən edilir. Bu formada nəzərdən keçirilən dispers sistemin dinamik özlülüyü:

$$\mu = \frac{\mu_0 k(\varphi_0)}{1 - \left[1.5(1 - \varphi_0)^{1.5} + 1 + V(\varphi_0) \right] \varphi_0} \quad (3)$$

ifadəsi ilə hesablanır. Burada μ_0 - dispers mühitin məxsusi dinamik özlülüüyü; φ_0 - dispers mühitin nisbi həcmi; $k(\varphi_0)$ - dispers mühitin araqatlarının əyriliyidir. Özlülüüyün ölçü vahidi Beynəlxalq Vahidlər Sistemində - Pa·san (paskal-saniyə); Mütləq Vahidlər Sistemində - puaz (pz) (1 pz = 0,1 Pa·san). Sırf nəzəri aspektdən baxıldıqda, suyun 20°C –yə uyğun dinamik özlülüüyünün qiyməti 1,002 mPa·san olsa da, praktiki hallarda vahidə bərabər götürmək olar.

(3) ifadəsində olan - dispers mühitin nisbi həcmi:

$$\varphi_0 = \frac{\rho_J + \rho_T S_M \delta}{\rho_J + \rho_T (S_M \delta + \varphi_M - 1)} \quad (4)$$

ifadəsi ilə müəyyən edilir. Burada φ_M - bərk fazanın kütlə payı;

ρ_J -; ρ_T - uyğun olaraq, maye və bərk fazaların həqiqi sıxlıqları, kq/m³ S_M - bərk fazanın xüsusi səthi, m²; δ - dispersiya mühiti qatının qalınlığıdır, yalnız bərk hissəciklərin ölçüləri ilə müəyyən edilir, m. Baxılan parametrləri üçün aşağıdakı münasibətlər doğrudur:

$$\begin{cases} 1 \leq k(\varphi_0) \leq 5 \\ \varphi_0 \leq 0,15; k(\varphi_0) = 1 \\ \varphi_0 \geq 0,5; k(\varphi_0) = 5 \end{cases} \quad (5)$$

(5) münasibətlərinə daxil olan parametrlər (3) və (4) ifadələrinə daxil olan digər parametrlərlə birlikdə inşaat qumunun emal keyfiyyətini xarakterizə edir. Dispersiya mühitini təyin edən parametrlər vasitəsi ilə dispersiyaya sərf edilən gücün təyini ifadəsi müəyyən edilmişdir:

$$N_{\text{disp}} = 3.7 \cdot 10^{-5} 3\pi^3 k_N \rho_{dm} \omega^3 d_M^3 \quad (6)$$

ρ - heterodin mühitin gətirilmiş sıxlığı- kq/m³; ω - dispersiya mühitli maye axınının fırlanmasının bucaq sürəti-rad/san.; d_M fırlanan obyektin diametri-m; k_N – qarışdırıcının tipindən və həndəsi əmsallarından asılı olaraq müəyyən edilən empirik əmsaldır.

$$N_{\text{disp}} = \frac{30}{\pi} M_{bf} n \quad (7)$$

İkifazlı maye axınının fırlanması momenti:

$$M = 3.7 \cdot 10^{-5} 3\pi^3 k_N \rho_{dm} \omega^2 d_M^5. \quad (8)$$

Müasir yuyucu maşınlara həsr edilmiş ədəbiyyatlardan burada yerinə yetirilən tədqiqatlar üçün əhəmiyyəti məlumatlar ondan ibarətdir ki, dispersiyada olan gilənin plastikliyi, yuyulma əmsalı, yuyulma prosesinin məhsuldarlığı kimi mühüm parametrlər təyin edilmişdir.

Gilənin plastiklik göstəricisi müsbət ədəd olub (plastiklik ədədi), nəmliyi olan gilənin plastikliyinin yuxarı və aşağı səviyyələrini müəyyən edən hədd qiymətlərinin (ingiliscə: upper-lower) fərqi ilə müəyyən edilir:

$$P = Wu - Wl. \quad (9)$$

Burada P – plastiklik ədədi; Wu – plastikliyin yuxarı səviyyəsini müəyyən edən hədd qiymətidir (gilənin plastik haldan maye hala keçidi ilə təyin edilir, nəm filin axması ilə bilinir), (%); Wl , – plastikliyin aşağı səviyyəsini müəyyən edən hədd qiymətidir (gilənin plastikliyini itirməsi ilə təyin edilir, adi təzyiq altında səpələnməsi ilə bilinir), (%).

Plastiklik ədədi 7-ə qədər olan gil az plastikli gil sayılır, qum ilə nisbətən asan qarışır. Əksinə, plastiklik ədədi artdıqca, qumla inteqrasiyası çətinləşir. Analoji olaraq, dezinteqrasiya prosesi üçün plastiklik ədədinin artma istiqaməti üzrə neqativ təsiri nəzərə alınmalıdır. Yuyulma qabiliyyəti müvafiq əmsal vasitəsi ilə xarakterizə edilir (flushing coefficient):

$$k_{fc} = 0.5t_0I_0 + (t_0I_0)^2 \quad (10)$$

Burada I_0 – tərkibində gil olan qarışıqlardan gilənin axıntı sürətinin maksimal qiyməti; t_0 - axıntı sürətinin maksimal qiymətinin alınması müddətidir (xarakterik yuyulma müddəti). Yuyucu maşının məhsuldarlığını hesablamaq üçün (t/saat) 1 t qumun yuyulmasına sərf olunan elektrik enerjisinin miqdarından istifadə edilir:

$$Q = \frac{N\eta}{q} \quad (11)$$

burada N – hərəkətverici icra mexanizminin (elektrik, hidravlik, pnevmatik, turbinli və s) sərf etdiyi güc, kVt ; – gücdən istifadə əmsalıdır (faydalı iş əmsalıdır) (= 0,7-0,8); q – elektrik enerjisinin vahid həcmdə götürülmüş materialın yuyulması üçün tələb olunan güc olub, məxsusi güc adlanır ($kVt \cdot saat/m^3$). Elektrik enerjisinin məxsusi qiymətinin yuyulma qabiliyyəti əmsalı ilə əlaqələndirmək, təsiredici amillərdən biridir. Əlaqənin mahiyyəti isə odur ki, materialın yuyulma

qabiliyyəti dezintegrasiya (gilin qumdan ayrılması) prosesinə sərf olunan vahid kütləyə görə məxsusi elektrik enerjisi ilə uzlaşdırılmışdır:

- asan yuyulan qarışıqlar üçün $0,25 \text{ kVt}\cdot\text{saat/t}$ -a qədər ;
 - orta çətinlikli yuyulması olan qarışıqlar üçün - $0,25 - 0,5 \text{ kVt}\cdot\text{saat/t}$
 - çətin yuyulan qarışıqlar üçün $0,5 \text{ kVt}\cdot\text{saat/t}$ -dan çox.
- Müvafiq qiymətlər cədvəl 1-də göstərilmişdir

Cədvəl 1

Qumların yuyulması göstəriciləri

Yuyulma səviyyəsi	Elektrik enerji sinin məxsusi sərfiyyatı kVt·s/t	Axınlı suda yuyulma müddəti, dəqiqə	Gil/Qum nisbəti	Molekulyar nəmlik, %	Durğun suda yuyulma müddəti dəq.	Yuyulma əmsali
Asan yuyulan qarışıqlar	0,25	50	1: 50	7	-	1
Orta çətinlikli yuyulan	0,25-0,5	70-80	1: 20-40	7-15	1-1,5	1-1,5
Çətin yuyulan Qarışıqlar	0,5-0,75	120	1: 8-10	15-20	4,0	2

Beləliklə, cədvəl 1 əsasında yuyulma qabiliyyəti əmsalının ifadəsini formalaşdırmaq olar. Məsələn, gil-qum münasibətinin 1:50 nisbəti üçün yazmaq olar ki:

$$k_{fc} = 0.5(0.83x_T)I_0 + ((0.83x_T)I_0)^2 = 1 \quad (12)$$

$$Q = \frac{N\eta}{q} = \frac{N\eta}{0.25} \quad (13)$$

(12) və (13) ifadələrinə analoji ifadələri, həmçinin, tərkibində gil-qum münasibəti 1:40; 1:20, 1:10; 1-8 nisbətində olan inşaat qumları üçün də yazmaq olar. Beləliklə, bu cədvəldə göstərilmiş münasibətlərdən istifadə edib, (10) tənliyi əsasında maye qarışıqından gil axıntısının maksimal sürətini - I_0 təyin etmək olar. Bu məqsədlə əvvəlcə (10) ifadəsini:

$$k_{fc} = 0.5T_{fc}x_T I_0 + (T_{fc}x_T I_0)^2, \quad (14)$$

formasında yazmaq lazımdır. Burada T_{fc} -qumun yuyulması müddəti-saat; x_T -tərkibində gil olan qarışıqlardan gilin axıntı sürətinin maksimal qiymətinin əldə edilməsi müddətinin nisbi qiymətidir. (xarakterik yuyulma müddətinin nisbi qiyməti). (14) tənliyinin gilin axıntı sürətinin maksimal qiymətinə- I_0 nəzərən həllinin ümumi ifadəsi aşağıdakı kimidir:

$$I_0 = \frac{1}{T_{fc}} 0.5 + \sqrt{0.25 + 4k_{fc}} \quad (15)$$

Asan yuyulan qarışıqlar üçün ($k_{fc} = 1$; $T = 50$. dəq.):

$$I_0 = \frac{0.5 + \sqrt{4.25}}{0.83x_t} \quad (16)$$

orta yuyulma çətinlikli qarışıqlar üçün ($k_{fc} = 1.5$; $T = 80$ dəq.):

$$I_0 = \frac{0.5 + \sqrt{6.25}}{1.33x_t} \quad (17)$$

nəhayət, çətin yuyulan qarışıqlar üçün ($k_{fc} = 2$; $T = 120$ dəq)

$$I_0 = \frac{0.5 + \sqrt{8.25}}{2x_t} \quad (18)$$

(7) ifadəsində olan və işçi kameranın daxili həcmnin maye qarışığı ilə dolması müddətini əks etdirən t zaman müddəti yerinə yuyulma müddətini nəzərə alsaq: $t=T$:

$$n = \frac{\pi h D^2}{4CTd_m^3} \quad (19)$$

ifadəsi alınır. Bundan sonra həndəsi ölçülərin nisbi qiymətlərinə keçilərsə, əvvəlcə hesablamaları nisbətən rahatlaşdırmaq məqsədi ilə, işçi tutumun maye qarışığı ilə doldurulması zamanı fırlanma hərəkəti icra edən maye qarışığı selinin diametrinin texnoloji maşının işçi tutumunun daxili diametrinə bərabər olmasını: $D = d_m$; işçi tutumun hündürlüyünün isə onun diametrinin misilləri kimi: $h = aD$ qəbul etmək məqsədəuyğundur. Onda:

$$n = \frac{\pi a}{4CT} \quad (20)$$

(6) ifadəsində $-N_{disp} = k_N \rho_{dm} n^3 d_M^3$, yuxarıdakı şərtlər: $D = d_m$; $h = aD$, bununla da $-d_M^3 = (h/a)^3$ olduğu nəzərə alınarsa qumun yuyulmasına sərf edilən gücün qiyməti üçün:

$$N_{disp} = k_N \rho_{dm} n^3 d_M^3 \quad (21)$$

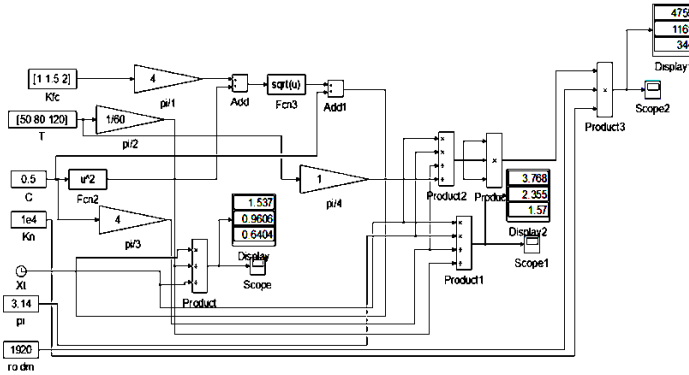
ifadəsi alınır. Bundan sonra (20) ifadəsi də nəzərə alındıqda, həndəsi ölçülərin qarşılıqlı nisbətindən asılı olaraq, yuyulmaya sərf edilən gücün qiyməti aşağıdakı kimi alınır:

$$N_{disp} = k_N \rho_{dm} \left(\frac{\pi h}{4CT} \right)^3 \quad (22)$$

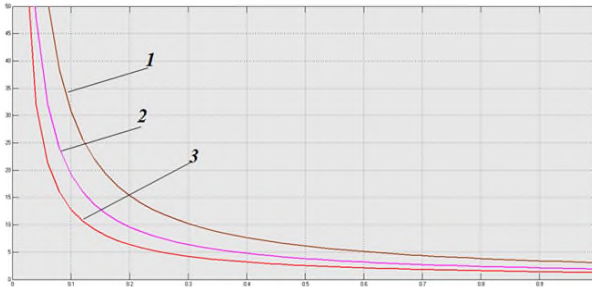
Şəkil 1-də maye-bərk hissəciklər ikifazalı mühiti üçün Matlab Simulink proqramı mühitində tərtib edilmiş statik modeli, şəkil 2 – şəkil 4-də isə modelin simulyasiyasından alınmış ossilloqramlar göstərilmişdir. Bu ossilloqramlarda su-gilli qum qarışığının fırlanma sürətinin, gilin alınması axıntısının sürətinin və yuyulmaya sərf edilən

gücün dəyişməsi qrafikləri əks edilmişdir. Modelin yaradılmasında (5)-(11), (15) - (18), (19) və (22) ifadələrindən istifadə edilmiş, parametrlərin ədədi qiymətləri isə cədvəl 1-dən ($k_{fc} = 2; T = 120$ dəq, $k_{fc} = 1,5; T = 80$ dəq.; $k_{fc} = 1; T = 50$ dəq) və $C=0,25-1,2$, $k_N = 1; \rho_{dm} = 1920 \text{ kq/m}^3$ kimi götürülmüşdür.

İkinci fəsilədən alınan nəticələrə əsasən gilin ayrılması axıntısının sürəti və yuyulmaya sərf edilən gücün nisbi qiymətlərindən asılı olaraq dəyişməsi qeyri-xətti, su-gilli qum qarışığının fırlanma sürətinin dəyişməsi isə xəttidir. Təmizlənməyən halda olan su-gilli qum qarışığının fırlanma sürətinin xəttiliyi, tutum maye-bərk hissəcik qarışığı ilə doldurulduqda, fırlanma hərəkəti ilə yaradılan dairəvi axının diametri işçi tutumun daxili diametrinə bərabər götürülmüş olduqda təmin edilir.

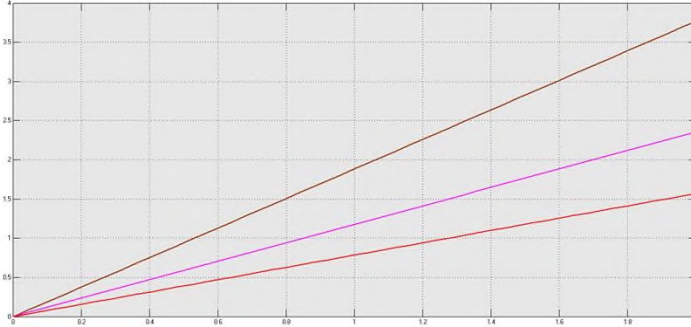


Şəkil 1. Maye-bərk hissəciklər ikiqazlı mühiti üçün tərtib edilmiş statik model



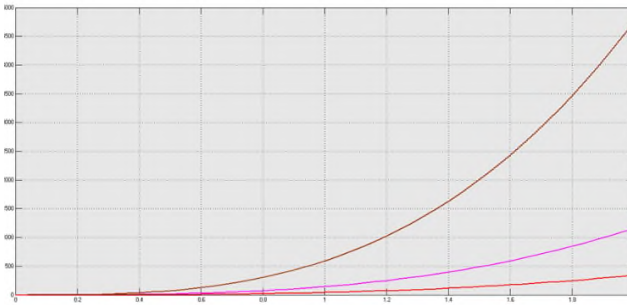
Şəkil 2. Simulyadan alınmış ossilloqramlar: gilin alınması axıntısının sürətinin dəyişməsi qrafikləri: $I_0=f(x_T)$.

1- $k_{fc} = 1; T = 50$ dəq; 2- $k_{fc} = 1,5; T = 80$. dəq; 3- $k_{fc} = 2; T = 120$ dəq.



Şəkil 3. $n=f(a)$ 1- $k_{fc} = 1; T = 50$ dəq;

2- $k_{fc} = 1,5; T = 80$. dəq; 3- $k_{fc} = 2; T = 120$ dəq.



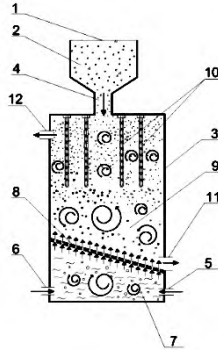
Şəkil 4. Simulyasiyalardan alınmış ossilloqramlar: yuyulmaya sərf edilən gücün dəyişməsi qrafikləri: $N=f(h)$ 1- $k_{fc} = 1; T = 50$ dəq;

2- $k_{fc} = 1,5; T = 80$. dəq; 3- $k_{fc} = 2; T = 120$ dəq.

Üçüncü fəsildə təklif olunan “J.J. Clean Sand” (JJCS) inşaat qumunun yuyulması üçün üsul və qurğunun riyazi və imitasiya modelləşdirilməsi məsələsinə baxılmışdır. Qurğunun sxemi şəkil 3.1.1-də göstərilib. Təklif olunan qurğunun əsas yeni xüsusiyyəti onunla bağlıdır ki, ilkin qumun disperqasiyası, kameranın dibində yerləşdirilmiş tordan 3-4 atmosfer təzyiq altında çıxan üz-üzə gələn şırnaqlar cəbhəsi ilə aparılır, hansı ki, kamerada qaynayan mühit yaradır və təklif olunan texniki həllə yeni xüsusiyyətlər əldə etməyə imkan yaradır. Ancaq göstərilən sulu-havalı mühitin parametrlərində

intensiv mikroşırnaqlar yaradırlar, hansılar ki, ilkin qumun qarşılıqlı axını ilə toqquşaraq kameranın qapalı məkanında xaotik turbulenti yaradırlar.

Belə ki, öz çoxkomponentli hidrodinamikası və ilkin qumun gilli qarışığı ilə öz arasında və “qaynayan” sulu-havalı mühitlə qarşılıqlı təsiri nəticəsində ilkin qumun intensiv disperqasiyasına (yəni qumlu hissəciklərin gilli kiçik dispersli hissəciklərdən ayrılmasına) imkan verir.



Şəkil 5. İnşaat qumunun yuyulması üsulu

1 – bunker; 2 – ilkin qum; 3 – kameranın korpusu; 4 – kameraya giriş dəliyi; 5 – kameraya suyu buraxmaq üçün qapı; 6 – yüksək təzyiqli havanı kameraya vermək üçün qapı; 7 – kameranın aşağı hissəsi; 8 – kiçik oyumlu metal barmaqlıq (metal tor); 9 – kameranın yuxarı hissəsi; 10 – metal zəncirlər; 11 – yuyulmuş qumun buraxılması üçün qapı; 12 – sulu-gilli şlamın çıxışı.

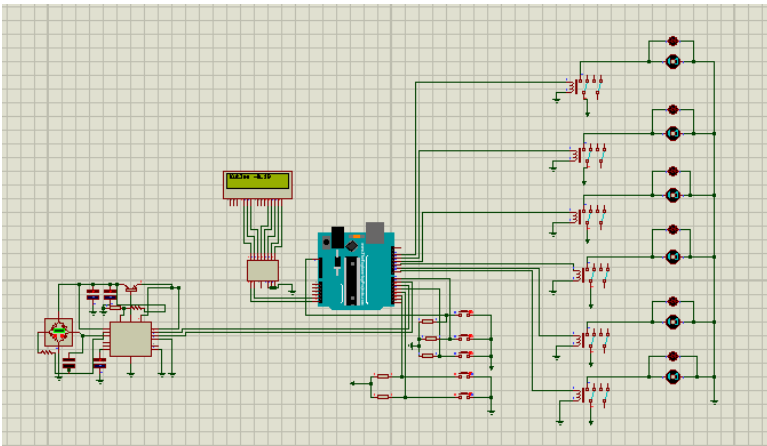
Təklif olunan qurğunun ikinci yeni əlaməti onunla bağlıdır ki, ancaq qaynayan mühitin (sulu-havalı-qumlu-gilli), kameranın yuxarı hissəsində bərkidilmiş, kinematik sallanan əyilən elementləri ilə birgə biri-birinə qarşılıqlı təsiri nəticəsində qaynayan mühiti əlavə disperqasiya edir, təklif olunan texniki həllə yeni xüsusiyyət əldə etməyə imkan yaradır. Göstərilən əyilən kinematik elementlər turbulent, qaynayan dördfazlı mühitdə titrəyiş, dinamik müqavimət yaranmasına imkan yaradırlar, hansı ki, qumlu hissəciklərin qalan gilli qarışıqlardan əlavə disperqasiyasına imkan yaradır, həm də ayrı gilli üzən aqreqatları disperqasiya edirlər. Göstərilən yeni əlamətlər və xüsusiyyətlər məlum olan texniki həllərdə yoxdurlar. Təklif olunan texniki həllə effektiv göstərməyə imkan verir və eyni zamanda təbii qumların gilli qarışıqlardan yuyulma dərəcəsini yüksəltməyə şərait

yaradır. Karxanadan bunker 1 müəyyən edilmiş ilkin qumun 2 payı doldurulur, hansı ki, yuxarıdan kameraya 2 giriş dəliyindən 4 daxil olur. Dəliyə 5 su verilir, dəlidə 6 isə təzyiq altında kameranın aşağı hissəsində 7 turbulentli qarışırlar və 3-4 atmosfer təzyiq altında sulu-havalı turbulent mühit yaradırlar. Sulu-havalı turbolent mühit kameranın aşağı hissəsindən 7 kiçik oyuqlu barmaqlıqdan (tordan) 8 keçərək kameranın 3 yuxarı hissəsinə 9 nazik yüksək təzyiqli sulu-havalı şırnaqlar şəklində daxil olur, harada ki, ilkin qumun 2 axını ilə qarışaraq və asılan kinematik əyilən elementlər 10 ilə əlaqəyə girərək çoxkomponentli qaynayan mühit yaradırlar. Bu qaynayan mühidə disperqasiyaya uğrayaraq ilkin qum, gilli qarışıqlardan təmizlənir və barmaqlıqların (metal torun) yerləşən, dəlikdən 11 təmizlənmiş (yuyulmuş) vəziyyətdə kameradan 3 kənara çıxır, sulu-gili şlam isə, kameranın yuxarı hissəsində yerləşən, dəlik 12 vasitəsilə kameradan 3 çıxardılır. İnşaat qumunun yuyulmasının işlənmiş yeni üsulu xüsusi qurğu ilə həyata keçirilir, hansının konstruksiyası ixtiraya görə ayrı iddia sənədi ilə tərtibata salınıb və təklif olunan üsulla eyni prioritetə malikdir. Bunker 1 kamera 3 dəlik 4 yuxarıdan təyin edilmiş, karxanadan götürülən ilkin qumun payı ötürülür. Kameranın aşağı hissəsinə 7 dəlikdən 5 su verilir. Şəkil 6-da göstərilən sxemə uyğun olaraq xırda ölçülü qurğu nümunəsi Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universitetinin İnşaat materialları laboratoriyasında və “C.C Concrete” MMC-nin beton istehsalı zavodunda sınaq meydançasında təcrübədən keçirilmişdir. Qurğunun iş prinsipi təcrübə şəraitində yoxlanılmışdır. Hazırlanan xırda ölçülü qurğu 8-10 kq çirкли inşaat qumunu tam yumağa imkan vermişdir.

“J.J. Clean Sand” (JJCS) adlandırdığımız qumyuyan qurğu sənayedə hər növ qum istehsalı üçün nəzərdə tutulmuşdur. Yeni qumyuma texnologiyası hazırda dünyada, o cümlədən Respublikamızda geniş yayılmış qumyuyan qurğuların əvəzi kimi düşünülmüşdür. Hesab edilmişdir ki, mövcud olan qumyuyan qurğular qumyuma texnologiyasına görə aşağıdakı səbəblər üzündən perspektivli görünmür.

Təklif olunan qumyuyan qurğu tamamilə yeni tip qumyuma texnologiyasının hazırlanmasından ibarətdir ki, bu səbəbdən də karxanalardan çıxarılan narın və iri dənəli qumların toz, lil və gil qarışıqlarından yuyularaq təmizlənməsi kimi avtomatlaşdırılmış və modelləşdirilmiş müasir qumyuma texnologiyası kateqoriyasına aid etmək olar. Bu qurğu əsasən avtomatlaşdırılmış və modelləşdirilmiş müasir qumyuma texnologiyalarına əsasən hazırlandığından aşağıda

sadalanan bir sıra üstünlüklərə malikdirlər: qumyuma ehtiyacını tamamilə ödəyir; istənilən ölçüdə, sadə dizaynla hazırlana bildiyindən, konstruksiya və memarlarıq nöqtəyi-nəzərindən inşaat, dağ-mədən sənayesi qarşısında böyük perspektivləri açılır; böyük kapital qoyuluşu tələb etmir; texnoloji baxımdan sadədir; maya dəyəri yüksək deyildir; məhsuldarlığı yüksəkdir; 24 saat dayanmadan işləmə qabiliyyətinə malikdir; istismar müddəti uzundur; təmiz qumyuma xüsusiyyətinə malikdir; məhsul itkisi yoxdur; asan xidmətə malikdir. Qurğunu modelləşdirmək üçün ilk öncə Proteus proqramında sxemi çəkilmişdir. Proteus programı istifadə edərək hazırladığımız bu sistem Arduino, load cell, hx 711 üzərində simulyasiya edilmişdir (Şəkil 6).

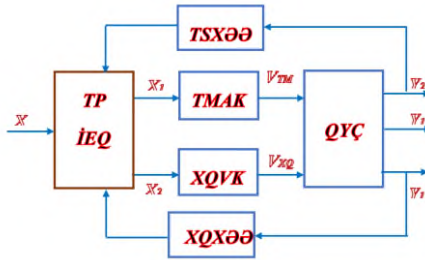


Şəkil 6. Arduino ilə sistemin idarə edilmə sxemi

Yaradılmış aparatın xüsusiyyətlərini nəzərə almaqla, ikikomponentli qumyuyucu maşının avtomatik idarəetmə kimi blok sxemini aşağıdakı kimi təklif edilir. Obyektin giriş parametrləri: X_1 -təzyiqli su seli sərfi; X_2 - qum-gil qarışıqlı xammal. Obyektin çıxış parametrləri: Y_1 - təmizlənmiş, bərk halda olan qum məhsulu; Y_2 - maye gil axıntısı. Y_3 -qumun yuyulması keyfiyyətidir (Şəkil 7).

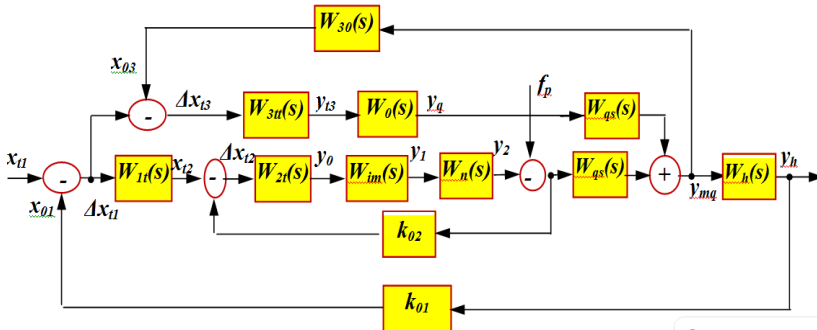
Həyəcandırıcı təsirlərin əsas parametrləri: F_1 -turbulent hərəkət amili; F_2 - maye-xammal tərkibinin nisbətinin ani dəyişməsi amili; F_3 -mayenin təzyiqinin ani dəyişməsi amili; F_4 -aparatın gövdəsində titrəmələrin yaranması amili. TPİEQ-texnoloji prosesin idarəetmə qurğusu; TMAK-təzyiqli mayenin axın kanalı; XQYK-xammal qumun yuyulması kanalı; TSXƏƏ-təzyiqli su xəttinə görə əks əlaqə; XQXƏƏ-xammal qum xəttinə görə əks əlaqə; QYÇ-qumyuma

çəni. Təbii ki, su axımı, onun həcmi və səviyyəsi təzyiq vericisi ilə iş salınan elektromaqnit klapanla yerinə yetirilir.



Şəkil 7. İkikomponentli qumyuyucu maşının avtomatik idarəetmə kimi blok sxemi və Klapanın avtomatik idarəetmə sisteminin funksional sxemi

Struktur sxemində olan bəndlərin ötürmə funksiyaları və ötürmə ədədləri aşağıdakı kimidir: W_{1t} - təzyiq tənzimləyicisinin ötürmə funksiyasıdır; W_{2t} - səviyyə tənzimləyicisinin ötürmə funksiyasıdır; $W_{3t}(s)$ qum miqdarı tənzimləyicisinin ötürmə funksiyasıdır; $W_{im}(s)$ - nasosun üçfazlı asinxron mühərrikinin ötürmə funksiyasıdır; $W_n(s)$ - maye nasosunun ötürmə funksiyasıdır;



Şəkil 8. Qumyuma aparatının qum miqdarı və maye-gil axıntısının alınmasına görə struktur sxemi

$W_q(s)$ disperqasiya kamerasına qum verişinin qapağının ötürmə funksiyasıdır; $W_{qs}(s)$ - qumçökən kameranın ötürmə funksiyasıdır; k_{01} , k_{02} , $W_{03}(s)$ - uyğun olaraq, səviyyə və təzyiq vericilərinin ötürmə ədədləri, qum miqdarına görə ötürmə funksiyasıdır. Struktur sxeminin ötürmə funksiyalarını yazmazdan əvvəl, onu bir qədər korreksiya etmək məqsədi ilə ekvivalent sxemlə əvəz edilmişdir. Ekvivalent sxemi toplayıcı elementlə $W_{qs}(s)$ manqasının yerləri dəyişdirilmişdir.

Əvvəlcədən məlum olan verilənlər əsasında aşağıdakı ifadələri yazmaq olar. Təzyiqə görə tənzimləmə sisteminin açıq halı üçün ötürmə funksiyası elementlərin ardıcıl birləşmə qaydasına görə:

$$W_2(s) = W_{2t}(s)W_m(s)W_n(s) = k_{2t} \frac{k_m}{T_m s + 1} \frac{k_n}{T_n s + 1},$$

$$W_2(s) = \frac{k_{2t} k_m k_n}{T_n T_m s^2 + (T_n T_m) s + 1} \quad (23)$$

qapalı halı üçün isə:

$$\Phi_2(s) = \frac{K_2}{a_0 s^2 + a_1 s + 1} \quad (24)$$

Burada:

$$K_2 = \frac{k_{2t} k_m k_n}{1 + k_{2t} k_m k_n k_{02}}; \quad a_0 = \frac{T_n T_m}{1 + k_{2t} k_m k_n k_{02}}; \quad a_1 = \frac{T_n + T_m}{1 + k_{2t} k_m k_n k_{02}}; \quad (25)$$

Su verimi konturunun ümumi ötürmə funksiyası:

$$W_s(s) = \frac{k_{1t} K_2 k_{qs}}{T_{qs} a_0 s^3 + (a_0 + T_{qs} a_1) s^2 + (T_{qs} + a_1) s + 1} \quad (26)$$

Qum verimi konturunun ümumi ötürmə funksiyası:

$$W_q(s) = \frac{k_{3t} k_0 k_{qs}}{T_0 T_{qs} s^2 + (T_0 + T_{qs}) s + 1}$$

Disperqasiya prosesinin ötürmə funksiyası:

$$W_d(s) = W_s(s) + W_q(s)$$

$$W_d(s) = \frac{K_d}{d_0 s^5 + d_1 s^4 + d_2 s^3 + d_3 s^2 + d_4 s + 1} \quad (27)$$

$k_d = k_{3r}k_0k_{qs}$; $d_0 = T_0 T_{qs}^2 a_0$; $d_1 = (a_0 + T_{qs} a_1) T_0 T_{qs} + T_{qs} a_0 (a_0 + T_{qs})$; Disperqasiy

$d_2 = (T_{qs} a_0 + T_0 T_{qs} (a_1 + T_{qs})) + (T_0 + T_{qs})(a_0 + T_{qs} a_1)$;

$d_3 = T_0 T_{qs} + a_0 + T_{qs} a_1 + (T_0 + T_{qs})(a_1 + T_{qs})$;

$d_4 = a_1 + T_0 + 2T_{qs}$

a prosesinin qapalı tənziqləmə konturunun ötürmə funksiyası:

$$\Phi_d(s) = \frac{W_d(s)}{1 + k_{03}W_d(s)}$$

$$\Phi_d(s) = \frac{W_d(s)}{1 + k_{03}W_d(s)} = \frac{C_d}{c_0 s^5 + c_1 s^4 + c_2 s^3 + c_3 s^2 + c_4 s + 1} \quad (28)$$

Burada

$$C_d = \frac{K_d}{1 + K_d k_{03}}; \quad c_0 = \frac{d_0}{1 + K_d k_{03}}; \quad c_1 = \frac{d_1}{1 + K_d k_{03}}; \quad (29)$$

$$c_2 = \frac{d_2}{1 + K_d k_{03}}; \quad c_3 = \frac{d_3}{1 + K_d k_{03}}; \quad c_4 = \frac{d_4}{1 + K_d k_{03}}$$

Sistemin səviyyəyə görə qapalı tənziqləmə sisteminin ötürmə funksiyası:

$$\Phi_h(s) = \frac{K_h}{n_0 s^5 + n_1 s^4 + n_2 s^3 + n_3 s^2 + n_4 s + 1} \quad (30)$$

Burada

$$K_h(s) = \frac{C_d}{1 + C_d k_{01}}; \quad n_0 = \frac{c_0}{1 + C_d k_{01}}; \quad n_1 = \frac{c_1}{1 + C_d k_{01}}; \quad (31),$$

$$n_2 = \frac{c_2}{1 + C_d k_{01}}; \quad n_3 = \frac{c_3}{1 + C_d k_{01}}; \quad n_4 = \frac{c_4}{1 + C_d k_{01}}$$

Cəbri dayanıqlıq kriteriyalarından olan Hurvis matrisinin elementləri ötürmə funksiyasının xarakteristik tənliyinin:

$$n_0 s^5 + n_1 s^4 + n_2 s^3 + n_3 s^2 + n_4 s + 1 \quad (32)$$

əmsalları ilə aşağıdakı qaydada müəyyən edilir:

$$\begin{vmatrix} n_1 & n_3 & 1 & 0 & 0 \\ n_0 & n_2 & n_4 & 0 & 0 \\ 0 & n_1 & n_3 & 1 & 0 \\ 0 & n_0 & n_2 & n_4 & 0 \\ 0 & 0 & n_1 & n_3 & 1 \end{vmatrix} \quad (33)$$

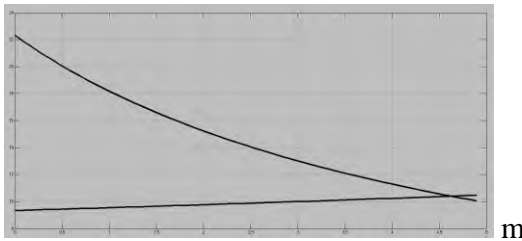
$$\begin{vmatrix} n_1 & n_3 \\ n_0 & n_2 \end{vmatrix} = n_1 n_2 - n_0 n_3, \quad \begin{vmatrix} n_1 & n_3 & 1 \\ n_0 & n_2 & n_4 \\ 0 & n_1 & n_3 \end{vmatrix} = n_1 n_2 n_3 + n_0 n_1 - n_3 n_3 n_0 - n_1 n_1 n_4$$

Ədədi hesablamalar üçün ilkin verilənlər:

$$k_m = 1.43; T_m = 0.043; k_{01} = 0.02; k_n = 1.6; T_n = 0.05; k_{02} = 0.168; k_0 = 1.26; T_0 = 0.19; k_{01} = 0.45; k_{qs} = 2.86; T_{qs} = 0.043;$$

Matlab Simulink proqram paketindən istifadə etməklə tənzimləyicilərin ötürmə ədədlərinin zaman sabitlərindən asılı olaraq, dəyişmə asılıqları qurulmuşdur (Şəkil 11). Bundan sonra ədədi nəticələr və ilkin verilənlər əsasında qumyuyan aparatın təzyiqlə və səviyyəyə görə avtomatik tənzimləmə sisteminin struktur sxemi qurulmuş və simulyasiya edilmişdir (Şəkil 9 -11).

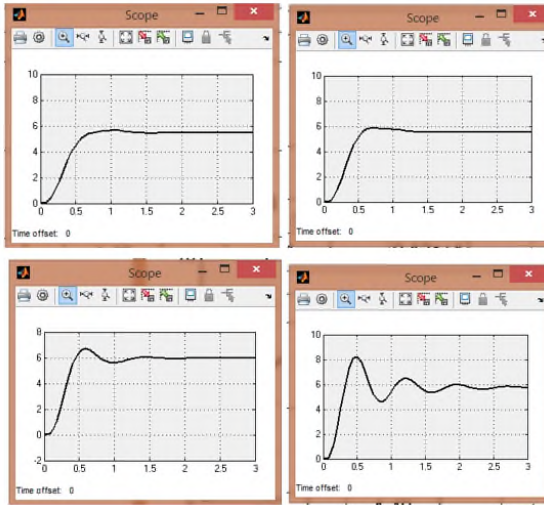
Klapanın elektromaqnit zaman sabitinin qiyməti tənzimləmə müddətlərinin real mahiyyətini konkretləşdirir.



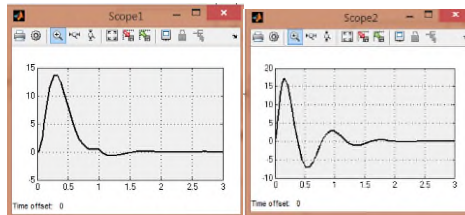
Şəkil 9. Tənzimləyicilərin k_{t1} və k_{t2} ötürmə ədədlərinin hesablanması üçün hazırlanmış riyazi aparatın zaman sabitlərindən asılılıq qrafikləri: $k_{t1}=f(T_{1qk})$ və $k_{t2}=f(T_{2qk})$

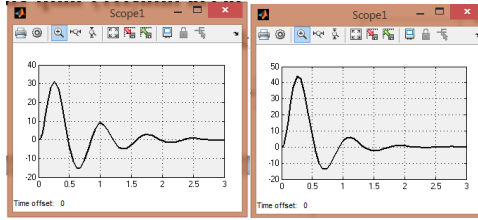
Hər bir tənzimləmə konturunda tənzimləmə müddəti klapanın işə qoşulma müddətindən asılı olaraq, hesablanır; Təklif edilən

tənzimləmə sisteminin struktur sxemi tənzimləmə proseslərinin aperiodik olmasını təsbit edir; Təzyiqlik tənzimləyicisinin ötürmə ədədinin sabit qaldığı halda səviyyə tənzimləyicisinin və xammal qum qarışığının miqdarının tənzimləyicisinin ötürmə ədədlərinin nisbəti təqribən 2.5-3.1 arasında olduqda 1%-dən çox olmamaqla ifrat tənzimləməyə malik aperiodik proseslərin alınması təmin edilir; Qumyuma qurğusunun avtomatlaşdırılmış idarəetmə sistemi işləyərkən qurğunun giriş parametrlərinin – qumun, suyun və sıxılmış havanın qurğuya daxil olması idarəetmə mərkəzindən yerinə yetirilir.



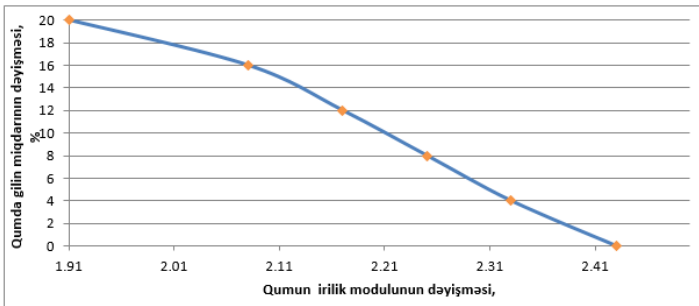
Şəkil 10. Qumyuma aparatının təzyiqlik, səviyyəyə və xammal sərfiyyatına görə avtomatik idarəetmə sisteminin simulyasiyasında alınan yuyulmuş qum çıxışının keçid prosesləri: a) $k_{12}/k_{13}=2...3$; b) $k_{12}/k_{13}=3.5...4.5$; c) $k_{11}/k_{13}=5...6$; c) $k_{11}/k_{13}=7...8$





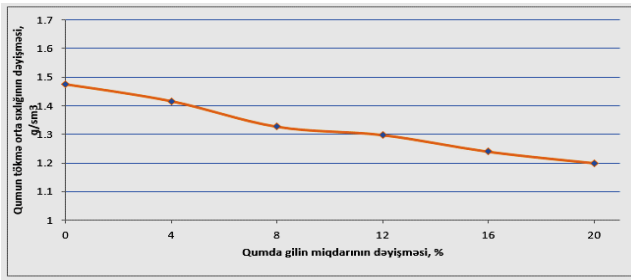
Şəkil 11. Qumyuma aparatının təzyiçə, səviyyəyə və xammal sərfiyyatına görə avtomatik idarəetmə sisteminin kompüter modeli simulyasiyasından alınan və maye gil axıntısı çıxışının keçid prosesləri: a) $k_{12}/k_{13}=2...3$; b) $k_{12}/k_{13}=3.5...4.5$; c) $k_{11}/k_{13}=5...6$; c) $k_{11}/k_{13}=7...8$

Dördüncü fəsil təklif edilmiş qurğunun qumyuma prosesində eksperimental tədqiqi məsələsinə həsr edilmişdir. Qum üzərində aparılmış tədqiqat işlərinin inşaat-texniki xassələrinin nəticələrindən görünür ki, qum təbii halda tərkibində 20%-ə qədər gil, lil və toz qarışıqları olur. Bu qarışıqlar norma üzrə 3% dən çox olmamalıdır. Odur ki, gil, lil və toz qarışıqlarını müxtəlif üsullarla qumdan ayrılması tələb olunur. Apardığımız tədqiqat işində bu problemi ixtira etdiyimiz üsul və qurğu vasitəsi ilə yüksək səviyyədə aradan qaldırılmasına nail olunmuşdur. Standartın tələblərinə görə sınağı aparılmış qum xırda dənəli qum qrupuna aiddir. Qumun irilik moduluna gilin təsiri öyrənilmiş və aşağıdakı qrafik şəklində göstərilmişdir. Qrafikdən görüldüyü kimi, qumun tərkibində gil qarışığı 0-20% arasında dəyişdiyini analiz etsək, məlum olur ki, gil qarışığının miqdarı qumun tərkibində artdıqca qumun irilik modulu azalır.



Şəkil 12. Təbii inşaat qumunun irilik modulunun gilin miqdarının dəyişməsindən asılılıq qrafiki

Eksperimental nəticələrdən göründüyü kimi, qumun tərkibində gil qarışığının miqdarı artdıqca qumun irilik modulu azalır və çirkliliyi artaraq qumun istifadəsini məhdudlaşdıraraq yararsız hala salır. Tədqiqat zamanı məlum olmuşdur ki, gil hissəcikləri qum dənələrindən çox kiçik olduğu üçün qumun tərkibində gilin miqdarı artdıqca qumun irilik modulunu azaldır. Qumun həqiqi sıxlığına gilin təsiri öyrənilmiş və aşağıdakı qrafik şəklində göstərilmişdir. Qumun boşluğuna (məsaməliliyi) gilin təsiri öyrənilmiş və aşağıdakı qrafik şəklində göstərilmişdir. Təklif edilmiş “J.J. Clean Sand” (JJCS) qum yuyucusunun texniki-iqtisadi göstəricilərinin əhəməvi qum yuyucularının texniki-iqtisadi göstəriciləri ilə müqayisəsi cədvəl2-də verilmişdir.



Şəkil 13. Təbii inşaat qumunun orta tökmə sıxlığının gilin miqdarının dəyişməsinə asılılıq qrafiki

Cədvəl 2

“J.J. Clean Sand” (JJCS) qum yuyucusunun müqayisəli təhlil nəticələri

Zaman	Hidrosikon yumasistemi	Hidromexanikləşdirilmiş qum emalı	Barabən tipli qumyuyucu	Çuxurlu qumyuyucu	Təkər və çalov tipli qum yuyucu	Spiral tipli qumyuyan	Təklif olunan - “J.J. Clean Sand” qurğu
0	0	0	0	0	0	0	0
10	41	50	28	17.5	10	7.5	1.4
20	90	94	54	37	17	13	2.8
25	100	100	68	48	20	15	3
30	100	100	70	50	20	15	3

0	0	0	0	0	0	0	0
10	41	50	28	17.5	10	7.5	1.4

IV fəsil üzrə aşağıdakı nəticələr alınmışdır: təbii qum üzərində aparılmış tədqiqat zamanı ilk dəfə olaraq qumun tərkibində olan gil qarışığının qumun əsas inşaat texniki xassələrinə təsiri hesablanmışdır; təcrübə zamanı təbii şəkildə götürülmüş qumun tərkibindəki gilin müxtəlif faizlərinin quma olan nisbəti riyazi hesablamalarla təyin edilmişdir; Qumun dənəli tərkibi, irilik modulu, həqiqi sıxlığı, tökmə orta sıxlığı, boşluğu (məsaməliliyi), nəmliyi, gil-lil-toz hissəciklərinin miqdarı, üzvi qatışıqların miqdarı riyazi hesablama yolu ilə təyin edilmişdir.

NƏTİCƏ

1. Ənənəvi üsullar təhlil edilmiş, aparılmış tədqiqat işlərinin nəticələri və bu sahədə mövcud olan qurğular müqayisəli təhlil edilərək kritik araşdırmalar aparılmışdır.
2. Təbii qum üzərində aparılmış tədqiqat zamanı ilk dəfə olaraq qumun tərkibində olan gil qarışığının qumun əsas inşaat texniki xassələrinə təsiri öyrənilmiş və qumun qarışıqlardan təmizlənməsi üçün kompleks yanaşma - yeni üsul və qurğu təklif edilmişdir. Təklif olunmuş qurğunun simulyasiyası yerinə yetirilmişdir. Simulyasiya prosesi müsbət nəticə verdiyini nəzərə alaraq, qurğunun prototipi hazırlanmışdır.
3. Qumyuyan qurğunun funksional sxemi tərtib edilmiş, funksional sxemin tərkibinə daxil olan elementlərin dinamik tənlikləri tərtib edilmiş və onlar texniki-istismar göstəriciləri ilə müəyyən üstün şərtlərə uyğun olaraq məqsədyönlü şəkildə işlənmişdir.
4. İşlənmiş dinamik tənlikləri əsasında ötürmə funksiyaları tərtib edilmişdir. Qumyuyan qurğunun struktur sxemi əsasında onun ayrı-ayrı tənzimləmə konturları üçün ümumi ötürmə funksiyaları əsasında dinamik modelləri tərtib edilmişdir.
5. Qumyuyan qurğunun təzyiqə, səviyyəyə və xammal sərfiyyatına görə üç tənzimləmə kanallı avtomatik idarəetmə sisteminin tənzimləyiciləri sintez edilmiş və Matlab proqram mühitində modelləşdirilməsi aparılmışdır.
6. Proses üçün baxılan kodlar Arduinonun başa düşə biləcəyi dil olan *.hex koduna çevrilərək Arduinoya yüklənərək sistem işlək vəziyyətə gətirilmişdir. Arduino sistemi açıq kodla işləyən bir sistem olduğu üçün bu sistemi proqramlaşdırma vasitəsilə sadə

kodlamalarla işlətmək mümkün olmuş və təklif olunmuş üsulun əhəmiyyəti əsaslandırılmışdır.

7. Aparılan çoxsaylı tədqiqatlar və təcrübələr nəticəsində qurğunun sənayedə istifadəyə yararlı olması əsaslandırılmışdır. Təklif edilmiş üsul və qurğu üçün Beynəlxalq patent alınmışdır.

Dissertasiyanın əsas müddəaları müəllifin özü və həmmüəlliflərlə birgə çap etdirdiyi nəşrlərdə öz əksini tapmışdır:

1. Ağayev F.H., Mehdiyeva A.M., Allahverdiyeva N.M. Control algorithm based on corrective filter for measuring channel errors. The 7th International Conference on Control and Optimization with Industrial Applications. 26-28 August, 2020. Baku. pp.35-37.
2. Allahverdiyeva N.M. Keyfiyyət göstəricilərinə nəzarət və meylətmələrin aradan qaldırılması üsulu. Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetinin 100 illik yubileyinə həsr edilmiş gənc tədqiqatçı və doktorantların onlayn elmi konfransı, 7-8 may, 2020, GTDOEK 2020, s. 289.
3. Allahverdiyeva N.M. Determination and diagnosis of construction material quality control problems. Вісник Приазовського державного технічного університету: зб. наук. праць. Вип. 41. – Маріуполь: ДВНЗ «Приазов. держ. техн. ун-т», Україна, 2020. с. 130-135.
4. Allahverdiyeva N.M. Факторы влияющие на качества строительных материалов. Научный альманах. 2020. N 9-2(71).Россия, Тамбов. с.11-14
5. Mehdiyeva A.M., Camalov C.Ə., Allahverdiyeva N.M. Research of ways of increasing the reliability and durability of reinforced concrete constructions of operating buildings. Sciences of Europe. Vol 1, No 68. 2021. Praha, Czech Republic. pp. 46 – 50.
6. Allahverdiyeva N.M. Повышения показателей качества строительных материалов. XXXVI Международная научно-практическая конференция "Advances in Science and Technology". Москва 30 апреля 2021, с.122-123.
7. Allahverdiyeva N.M. İnşaat materiallarının hazırlanması texnoloji prosesinin modelləşdirilməsi. Ümummilli lider Heydər Əliyevin anadan olmasının 98-ci ildönümünə həsr olunmuş gənc tədqiqatçı və doktorantların onlayn Elmi Konfransı, 21 may, 2021, s. 453
8. Allahverdiyeva N.M. İnşaat qumu haqqında toplanmış məlumatların təhlili. Doktorantların və gənc tədqiqatçıların XXIV Respublika elmi konfransı, 2021 s. 57-59.
9. Camalov C.Ə., Allahverdiyeva N.M. Dəmir beton konstruksiyalarının etibarlılığının və uzun ömürlüyünün artırılması yollarının tədqiqi. AzIMETI N2.2021, s. 10-17.

10. Allahverdiyeva N.M. Features of qualitative indicators in construction and research of tasks increasing their accuracy of measurements. "Azərbaycan Ali Texniki Məktəblərinin Xəbərləri", ADNSU. Cild 23, Buraxılış 3(131) 2021, s. 51-60.
11. Mehdiyeva A.M., Allahverdiyeva N.M. Method of improving construction materials quality indicators. "Azərbaycan Ali Texniki Məktəblərinin Xəbərləri".Cild 23 Buraxılış 2(130) 2021, s. 68-73.
12. Mehdiyeva A.M., Allahverdiyeva N.M., Quliyeva S.V. İnşaat qumunun zərərli qarışıqlardan təmizlənməsinin idarəetmə sisteminin işlənməsi. İnformasiya Sistemləri və Texnologiyalar: Nailiyyətlər və Perspektivlər, SDU, 08-09 dekabr, 2022, s. 134-137.
13. Mehdiyeva A.M., Camalov C.Ə., Allahverdiyeva N.M. İnşaat qumunun hazırlanma texnologiyasının modelləşdirilmiş və avtomatlaşdırılmış idarəetmə sisteminin işlənməsi. ADNSU, Azərbaycan Ali Texniki Məktəblərinin Xəbərləri. Bakı. 2022. Cild 21. Buraxılış 10. s.13-19
14. Mehdiyeva A.M., Allahverdiyeva N.M., Neymətov V.A. Static model for the drain rate of clay extraction and power consumption for sand washing. Journal of Energy Research and Reviews. Volume 14, Issue 1, Page 1-8, 2023; Article no. JENRR.98860.
15. Mehdiyeva A.M., Allahverdiyeva N.M., Alekberli S.Y. Modeling of construction sand washing technological process. III International Scientific Forum on Computer and Energy Sciences (WFCES). Alma Ata. August 01 2023. AIP Conference Proceedings.
16. Camalov C.Ə., Həbibov F.Q., Rəşidov K.D., Allahverdiyeva N.M. Способ промывки строительного песка. ЕАПВ зарегистрированной номер: 202200107, Евразийская патентная организация (ЕАПО). 10.08.2022.
17. Camalov C.Ə., Həbibov F.Q., Rəşidov K.D., Allahverdiyeva N.M. Устройство для промывки строительного песка. ЕАПВ зарегистрированной номер: 202200108, Евразийская патентная организация (ЕАПО) 10.08.2022.

Namizədin şəxsi töhfəsi:

[2, 3, 4, 6, 7, 8, 10] işləri sərbəst yerinə yetirilmişdir,
[1, 5, 9, 11, 12, 13, 14, 15] işlərində məsələnin qoyuluşunda, tədqiqatların keçirilməsində və nəticələrin ümumiləşdirilməsində iştirak,

[16, 17] işlərində məsələnin qoyuluşunda, hesabatların aparılması, nəticələrin təhlili, laboratoriya sınaqlarının keçirilməsi və nəticələrin ümumiləşdirilməsində iştirak.

Dissertasiyanın müdafiəsi 15 yanvar 2025-ci il tarixdə saat 14:00-da Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti PHŞ-nin nəzdində fəaliyyət göstərən ED 2.48 - Dissertasiya şurasının iclasında keçiriləcək.

Ünvan: Bakı şəh., Azadlıq prospekti, 20.

Dissertasiya ilə Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti PHŞ-nin kitabxanasında tanış olmaq mümkündür.

Dissertasiya işinin və avtoreferatın elektron versiyaları Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti PHŞ-nin rəsmi internet saytında yerləşdirilmişdir.

Avtoreferat "12" dekabr 2024-cü il tarixində zəruri ünvanlara göndərilmişdir.

Ҳосми: 37184
Тиражи: 100