

**“AZƏRBAYCAN HAVA YOLLARI”
QAPALI SƏHMDAR CƏMİYYƏTİ
MİLLİ AVİASIYA AKADEMİYASI**

Əlyazması hüququnda

CƏMİL İLDIR oğlu SƏFƏROV

**ÇİRKAB SULARIN TƏMİZLƏNMƏSİ ÜÇÜN TƏTBİQ EDİLƏN
ELEKTROMAQNİT VİBROÖTÜRÜCÜLÜ TEXNOLOJİ
VİBROMAŞINLARIN DİNAMİKASI VƏ SİNTEZİ**

İxtisas: 2004.01 - Maşınların, cihazların və aparatların dinamikası,
möhkəmliyi

**Texnika üzrə elmlər doktoru
elmi dərəcəsi almaq üçün təqdim edilmiş dissertasiyanın**

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

BAKİ - 2018

İş Rusiya Federasiyasının Cənubi-Qərb Dövlət Universitetinin “Nəzəri mexanika və mexatronika” kafedrasında yerinə yetirilmişdir.

Elmi məsləhətçi: texnika elmləri doktoru, professor
Yatsun Sergey Fyodoroviç

Rəsmi opponentlər: texnika elmləri doktoru, professor
Tağızadə Əsgər Həbib oğlu

texnika elmləri doktoru, professor
Qocayev Tofiq Bayram oğlu

texnika elmləri doktoru, professor
Həbibov İbrahim Əbülfəz oğlu

Aparıcı müəssisə: Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universiteti
«Texnoloji maşınlar və avadanlıqlar» kafedrası

Müdafiə «_14_» _dekabr_2018-ci il tarixində saat _14⁰⁰_ -da_ Milli Aviasiya Akademiyasında (MAA) B/D.06.001 Dissertasiya Şurasının iclasında keçiriləcəkdir. Ünvan: AZ1045, Bakı şəhəri, Mərdəkan prospekti, 30.

Dissertasiya ilə Milli Aviasiya Akademiyasının kitabxanasında tanış olmaq olar.

Avtoreferat «_06_» _noyabr_2018-ci il tarixində göndərilmişdir

B/D 06.001 dissertasiya şurasının elmi katibi,
texnika üzrə fəlsəfə doktoru, dosent

S.B. Həbibullayev

İŞİN ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI

Mövzunun aktuallığı. Sənayenin müasir inkişafı və bununla əlaqədar olaraq ətraf mühitin çirklənməsi, müxtəlif miqyaslı texnogen qəzalar son illər ekoloji problemlərin – ilk növbədə həlli insan həyatı üçün daha çox vacib olanlarının, irəli sürülməsini tələb edir.

Bu zaman ən vacib problemlərdən biri olaraq, təsərrüfat məqsədli və müxtəlif texnoloji proseslərdə istifadə olunmuş suların (çirkab suların) təmizlənməsi problemi meydana çıxır. Məlumdur ki, həmin suların kifayət qədər yaxşı təmizlənməməsi, tərkiblərində qalan çirkləndirici komponentlərin onların axıdıldıqları su hövzələrində və çaylarda yığılıb qalması ilə nəticələnir ki, bu da həmin su hövzələri və çayların sularının sonrakı mərhələlərdə təsərrüfat işlərində istifadə edilməsində çoxlu çətinliklər törədir.

Çirkab suların təmizlənməsində böyük çətinliklər törədən daha dayanıqlı komponentlərə bərk aşqarlar, həmçinin də mineral yağlar və səthi-aktiv maddələr daxildir. Adı çəkilən bu komponentlər metalların kəsmə ilə mexaniki emalında istifadə olunan soyuducu-yağlayıcı mayələrin əsasını təşkil edir. Buna görə də maşınqayırma müəssisələrinin çirkab sularının təmizlənməsində böyük texniki çətinliklər və ciddi maddi itkilərlə qarşılaşırlar. Bir də, problemin çətinliyi ondan ibarətdir ki, müasir dövrimüzdə çirkab suların daha səmərəli təmizlənməsinə nail olmaq üçün tətbiq olunacaq avadanlıqlar yoxdur.

Bundan başqa, maşınqayırma müəssisələrində istifadə olunan və təmizlənməsi nəzərdə tutulan emulsiyalar texnoloji avadanlıqların işçi orqanlarına kifayət qədər möhkəm yapışmaları ilə xarakterizə olunurlar ki, bu da təmizləmə prosesində xüsusi avadanlıqların, o cümlədən vibrasiyalı avadanlıqların tətbiq olunmasını tələb edir. Buna görə də çirkab sularının təmizlənməsində tətbiq olunan vasitələrin layihələndirilməsi və düzəldilməsi **aktual bir məsələ** kimi meydana çıxır, hansı ki, bu problemin həlli ekoloji durumun yaxşılaşmasına nəzərəcarpacaq dərəcədə təsir göstərə bilər.

Problemin vəziyyəti. Son vaxtlar çirkab suların təmizlənməsində vibrasiyalı texnoloji proseslərin maqnit üsullu kooqulyasiya və separasiya ilə birləşməsi daha geniş tətbiq olunmaqdadır. Belə təmizləmə texnologiyalarının əsas üstün cəhətləri, onların universallıqları, texnolojilikləri, təmizləmə proseslərinin daha sadə vasitələrlə avtomatlaşdırılma imkanları və həmçinin də, əlavə təmizləmələrlə izah olunur. Buna görə də həm laboratoriya, həm də sənaye şəraitində təmizləmə prosesi məsələsinin tədqiqi, həmçinin də,

təmizləmə qurğusunun təcrübi sınaqdan keçirilməsi və tətbiqi aktuallığı ilə meydana çıxır və mühüm xalq təsərrüfatı əhəmiyyətinə malikdir.

Mayelərin təmizlənməsinin keyfiyyətini müəyyənləşdirən əsas əməliyyatlar qarışdırma, maqnit koaqulyasiyası və separasiyası, nəqletmə, süzgüləmədən ibarətdir. Bu texnoloji prosesləri işçi orqanı keyfiyyət rejiminin texnoloji meyarları üzrə optimal hərəkət rejiminə malik vibrasiyalı texnikanın bazasında yaradılmış müasir avadanlıqların tətbiq edilməsi ilə reallaşdırmaq olar.

Belə olan halda qarışdırma, koaqulyasiyalama, nəqletmə və süzgüləmə üçün yeni nəticələrlə tətbiq olunan vibrasiyalı maşınlar, vibroötürücülər və avtomatlaşdırma sistemi sahələrində yeni növ avadanlıqlar yaratmaq lazımdır.

Eyni zamanda, emulsiyalar, pulpalar və digər yapışqan dispers mühitlərlə işləyərkən tətbiq oluna bilən ixtisaslaşdırılmış vibrasiyalı avadanlıqlar üçün mükəmməl nəzəriyyənin olmaması, təmizləmə proseslərində vibrasiyalı texnologiyaların tətbiqi və inkişaf etdirilməsinin qarşısını alır. Daha böyük səmərəliliyi ilə seçilən belə maşınları elektromaqnit ötürücüsünün bazasında yaratmaq olar. Deməli, yüksək xarakteristikalara malik vibroötürücülərin layihələndirilməsi və düzəldilməsi, ancaq nəzəri hesablaşma və layihələndirmə metodları olduqda mümkündür, həmçinin elektromaqnit ötürücülərinin mükəmməl elektrodinamiki analizi də çirkab sularının təmizlənməsi üçün avadanlıqların optimal layihələndirilməsinə imkan verir.

Beləliklə, minimal enerji sərf etmək və maksimal səmərəliliyə nail olmaqla çirkab suların daha keyfiyyətli təmizlənməsini həyata keçirməyə imkan verən xüsusi vibrasiyalı texnoloji avadanlıqların layihələndirilməsi, düzəldilməsi və tətbiq edilməsi olduqca aktual bir xalq təsərrüfatı problemi olaraq meydana çıxır.

Dissertasiyada işin məqsədi aşağıdakılardan ibarətdir: - xüsusi vibrasiyalı texnoloji avadanlıqların əsasında yaradılmış yüksək səmərəliliyə malik olan və çirkab suların təmizlənməsində tətbiq edilən yeni texnologiyanın işlənilib hazırlanması; - elektromaqnit sahəsi nəzəriyyəsinin tətbiqi ilə elektromaqnit ötürücülü vibrasiyalı texnoloji maşınların hesablanması metodu və nəzəriyyəsinin təkmilləşdirilməsi; - keyfiyyətin texnoloji meyarları üzrə vibrasiyalı maşınların elektromaqnit ötürücülərinin sintezi metodlarının işlənməsi; - elektromaqnit ötürücülü yeni vibrasiyalı texnoloji maşınların işlənilib hazırlanması və onların çirkab suların təmizlənməsi sistemlərində tətbiqi.

Verilmiş məqsədə çatmaq üçün tədqiqatın aşağıdakı əsas məsələlərini həll etmək lazımdır:

1. Təmizlənən mayenin qeyri-müntəzəm sürət sahəsində hissəciklərin hərəkəti nəzəriyyəsinə və axında hissəciklərin çökmə şəraitinin üzə

çıxarılmasını işləyib hazırlamaq. Hissəciklərin axınla qarşılıqlı təsirlərini müəyyən edən reoloji parametrlərin asılılığını üzə çıxarmaq.

2. Elektromaqnit ötürücüsünün, dəyişən hava boşluğunu və elektrik qidalanmasında gərginliyin dəyişməsinə nəzərə almaqla maqnit keçiricisində elektrodinamiki prosesləri əsaslandırmağa imkan verən riyazi modelini yaratmaq.

3. Çevik işçi orqanın, onun hər bir nöqtəsinin böyük yerdəyişməsinə nəzərə almağa imkan verən riyazi modeli yaratmaq, həmçinin vibrasiyanın çoxnöqtəli təsirləndirilməsi və emal olunan texnoloji yüklə qarşılıqlı təsirinə modelləşdirilməsi.

4. Çoxkomponentli qarışıq şəklində texnoloji yükün, çoxfazlı mühit və bütöv mühit mexanikası nəzəriyyələri mövqeyi ilə mürəkkəb vibrasiyalı təsirləndirmə şəraitində riyazi modelinin işlənilməsi hazırlanması.

5. Vibrasiyalı maşınların elektromaqnit ötürücüsünün parametrlərinin hesablanması və dinamik analizi.

6. Keyfiyyətin texnoloji meyarları üzrə optimal sintez metodikasını işləyib hazırlamaq, çirkab sularının təmizlənməsi üçün tətbiq olunan vibrasiyalı maşınların hesablanması, layihələndirilməsi və düzəldilməsi.

7. Boruların daxili səthlərinin bərk və pulpaya oxşar çöküntülərdən təmizləmək üçün vibroötürücünün köməyi ilə hərəkət etdirilən robotlaşdırılmış vasitənin işlənilməsi hazırlanması.

8. Yeni texnologiyaların işlənilməsi hazırlanması və işlənilməsi hazırlanmış texnoloji vibromaşınların istehsalatda çirkab sularının və SYM-in təmizlənməsi sistemlərində sənaye tətbiqi.

Tədqiqat metodları. Dissertasiyanın hazırlanmasında qeyri-xətti rəqslər nəzəriyyəsinə, elektromaqnit sahəsi nəzəriyyəsinə, bütöv və çoxkomponentli mühitlər mexanikasına, təcrübələrin optimal planlaşdırılması nəzəriyyəsinə, qeyri-xətti proqramlaşdırma nəzəriyyəsinə, fizika və hesablama riyaziyyatı metodlarına, müasir proqram-hesablama komplekslərinə əsaslanan həm nəzəri, həm də təcrübə tədqiqat metodlarından geniş istifadə olunmuşdur.

Dissertasiya təyinedicisi bərk aşqarların çökməsindən ibarət olan kompleks, mürəkkəb proseslər kimi təmizləmə prosesləri haqqında yeni tədqimatlara əsaslanır. Bu proseslərin idarə olunması vibrasiyalı maşınların köməyi ilə həyata keçirilir, hansı ki, bu maşınların əmələ gətirdikləri sistem elektromaqnit ötürücüsündən, çevik işçi orqandan, emal olunan mühitin nəql edilməsi sistemlərindən, idarəolunan sistemlərin texnoloji yüklərindən ibarət qapalı bir sistem əmələ gətirir. Bu sistemlərin elementləri qarşılıqlı təsirdə olub, texnoloji prosesin keyfiyyətini müəyyənləşdirir. **İşin əsas ideyası** bərk aşqarların idarəolunan çökməsini reallaşıdırma bilən vibrasiyalı vasitələrin işlənilməsi hazırlanmasından, həmçinin elektromaqnit sahəsinin elektrodinamiki

proseslərinin analizi əsasında hesablanmış elektromaqnit vibroötürücülərdən ibarət olan mürəkkəb elektromexaniki sistemlərin, sonlu element modeli ilə modelləşdirilən çevik işçi orqanın, çoxkomponentli qarışıq şəkildə modelləşdirilən texnoloji yüklərin hərəkət qanunlarının müəyyənləşdirilməsindən ibarətdir. Belə yanaşma çirkab suların təmizlənməsi proseslərində keyfiyyətin texnoloji meyarları üzrə optimal vibrasiyalı maşınların yaradılmasını təmin edir.

Elmi müddəaların və nəticələrin doğruluğu. Dissertasiyanın əsas elmi nəticələri bütöv mühit mexanikası metodları və fundamental müddəaları, rəqslər nəzəriyyəsi, maşın dinamikası, təcrübi tədqiqat metodları, sonlu elementlər metodu əsasında alınmışdır. Nəticələrin doğruluğu riyazi modellər və natura nümunələrinin tam üst-üstə düşməsi ilə; aparılmış kifayət qədər ölçmələrdə nisbi xətanın 20%-dən çox olmaması ilə; nəzəri və təcrübi tədqiqatların nəticələrinin kifayət qədər uyğun gəlməsi ilə; avadanlıqların uzunmüddətli və səmərəli sənaye istismarı ilə təsdiqlənir.

Elmi yeniliklər:

- təmizlənen suların axınında çirkəndirici hissəciklərin hərəkətinin riyazi modelləri əsasında çirkab suların bərk qatışıqlardan təmizlənməsinin nəzəri əsasları və verilmiş sahəciklərdə vibrasiyalı təsirləndirmə hesabına bərk qatışıqların idarəolunan çökməsi prosesi işlənib hazırlanmışdır;
- emal olunan obyektin – tərkibində bərk çirkəndiricilər olan mayenin bəzi hallarda özünü maye, bəzi hallarda isə bərk cisim kimi aparan dəyişən həcmi konsentrasiyalı mürəkkəb reoloji sistem olması göstərilmişdir.
- çökdürmə, qarışdırma, nəqletmə, maqnit separasiyası kimi vibrasiyalı texnoloji proseslərin əsas texnoloji parametrlərini, həmçinin zamanın verilmiş anı üçün materialın istənilən nöqtəsində sürətlərin proyeksiyalarını, gərginlik tenzorunun komponentlərini təyin etməyə imkan verən hesablama metodları işlənib hazırlanmışdır.
- dispers mühitlərin normal və toxunan gərginlikləri, mühitlərin həcmi konsentrasiyaları və deformasiya sürətləri arasında qeyri-xətti asılılıq müəyyənləşdirilmişdir. Eyni zamanda göstərilmişdir ki, müəyyən konsentrasiyalarda qatışıqlar dilatant xassələr göstərir ki, bu da sistemin boru kəmərlərində təmizlənen mayələrin axmasınının tam dayanmasına gətirib çıxarır.
- çevik işçi orqanın sistemlərin ekvivalent sonlu element modelləri şəklində tədqiqatına əsaslanaraq, zamanın istənilən məqamında istənilən nöqtədə yer-dəyişmə, sürət və təcilləri təyin etməyə imkan verən hesablama metodu işlənib hazırlanmışdır. Vibromaşınların funksional genişləndirilməsini təmin edən və Çevik İşçi Orqanda vibrasiyaları bilavasitə törədən konstruksiyalar təklif olunmuşdur.

- hesabi və təcrübi məlumatları müqayisə edərkən nümunə götürülən nöqtələrdə sürətlərin amplitud qiymətləri arasındakı uyğunsuzluğun minimuma endirilməsinə əsaslanan, hissəciklərin bərk cisim modellərinin reoloji parametrlərini müəyyənləşdirmək üçün metod işlənib hazırlanmışdır.
- dəyişən hava boşluğunu və elektrik qidalanmasını nəzərə almaqla elektromaqnit sahəsinin elektrodinamikası əsasında elektromaqnit vibrasiyalı ötürücünün nəzəriyyəsi təkmilləşdirilmiş, hansı ki, bu nəzəriyyə elektromaqnit sahəsinin əsas xarakteristikalarının dəyişməsinə, həmçinin də maqnit konturunun istənilən nöqtəsində maqnit selini, cərəyanın sıxlığını, induksiyanı təyin etməyə imkan verir. Həmçinin, çirkab suların təmizlənməsində tətbiq olunan qurğuların elektromaqnit vibratörünün parametrlərinin hesablanması üçün baza yaradılmışdır.

Tədqiqat işinin elmi-praktik əhəmiyyəti:

- Koaqulyasiya yolu ilə bərk qatışıqların ölçüsünü artıraraq qranulometrik tərkibi dəyişdirməklə emulsiyaların reoloji xüsusiyyətlərini idarə etməyə imkan verən texnologiya tətbiq olunmuş və bununla da çirkab suların təmizlənməsi prosesi kəskin şəkildə sürətləndirilmişdir.

- Emal olunan mühitin reoloji xüsusiyyətlərini (elastik-özlü-plastik) və elektromaqnit vibratörünün xüsusiyyətlərini nəzərə alan və məlum olanlardan fərqli olan vibrasiya tipli robotlaşdırılmış təmizləyici qurğunun parametrlərinin hesablanması mühəndis metodikası işlənib hazırlanmışdır.

- Keyfiyyətin texnoloji meyarları üzrə çirkab suların təmizlənməsində tətbiq edilən vibrasiyalı avadanlıqların optimal layihələndirilməsi üçün vasitələr işlənib hazırlanmış, hansı ki, bu vasitələr avadanlıqların layihələndirilmə mərhələsində vibratörünün maqnit ötürücüsünün zəruri parametrlərinin seçilməsinə, həmçinin işçi orqanın əsas xarakteristikalarının hesablanmasına, bu da, öz növbəsində maşınqayırma müəssisələrinin çirkab suların yüksək keyfiyyətdə təmizlənməsini təmin edən vibrasiyalı qurğuların layihələndirilməsinə və hazırlanmasına imkan vermişdir.

- Boru kəmərlərinin daxili səthlərini bərk çöküntülərdən təmizləmək üçün özündə təmizləyici qurğunun işçi orqanını, işçi orqanın təmizlənən borunun uzununa oxu boyunca hərəkətini peristaltic təsir nəticəsində təmin edən asimmetrik təmas elementlərini birləşdirən elektromaqnit vibratörünü robotlaşdırılmış kompleks layihələndirilmiş və düzəldilmişdir.

- Çirkab suların təmizlənməsi üçün işlənib hazırlanmış və əsasında qarışdırma, çökdürmə, koaulyasiyalama, maqnit separasiyası, kütlə daşınması kimi proseslər dayanan texnoloji prosesləri həyata keçirməyə imkan verən eksperimental kompleks işlənib hazırlanmış, eksperimental tədqiqatlar

isə bu və ya digər texnoloji proseslərin həyata keçirilməsi vaxtı müxtəlif vibrasiyalı təsirlərin adaptiv idarə olunması haqqında ilkin nəzəri şərtləri təsdiqləməyə imkan vermişdir.

- İşin nəticələri idarə olunan çökmə üsulu üzrə çirkab suların təmizlənməsində tətbiq edilən vibrasiyalı avadanlıqların hesablanması metodları şəklində reallaşdırılmışdır. Qarışdırıcı qurğu, maqnitli süzgəc-koaqulyator, nəqlədiçi qurğu kimi xüsusi texnoloji avadanlıqlar işlənib hazırlanmışdır. Çirkab suların təmizlənməsi üçün mobil kompleks yaradılmış və bu kompleks bir sıra maşınqayırma müəssisələrində tətbiq edilmişdir.

Müdafiyyə çıxarılan əsas elmi müddəalar:

1. Təmizləmədə ən vacib proseslərdən biri – bərk qatışıqların çökmə prosesidir və bu prosesin vibrasiyalı maşınlar əsasında idarə olunması çirkab suların təmizlənməsində yüksək səmərəliliyə malik texnologiyaların yaradılmasını təmin edir.

2. Verilmiş xassələrə malik suyu, işçi orqanının emal olunan mühitin vəziyyəti haqqında verilənlər üzrə nəzarət və idarəetmə sisteminə malik, həmçinin, işçi orqanların bərk çöküntülərdən təmizləmə sisteminin birləşməsindən ibarət olan müvafiq vibrasiyalı avadanlıqların tətbiqi ilə aparılmış kompleks metodlarla təmizləmədə almaq mümkündür.

3. Çökdürmə, qarışdırma, nəqlətdirmə, maqnit separasiyası kimi vibrasiyalı texnoloji proseslərin əsas texnoloji parametrlərini, həmçinin, zamanın verilmiş anı üçün materialın istənilən nöqtəsində sürətlərin proyeksiyalarını, gərginlik tenzorunun komponentlərini təyin etməyə imkan verən hesablama metodu.

4. ANSYS universal hesablama paketinin tətbiqi ilə sonlu element metoduna əsaslanan çirkab suların təmizlənməsi sisteminin müxtəlif formalı kanallarında, o cümlədən konik və silindrik formalı kanallarda mayelərin hərəkətinin ədədi riyazi modelləşdirilməsi metodu, hansı ki, işçi orqanın ixtiyarı geometriyası üçün axında sürətlərin paylanması epürlərinin alınmasına imkan verir.

5. Sonlu elementlər metodu bazasında ANSYS universal hesablama paketini tətbiq etməklə ümumiləşdirilmiş hesabat sxemləri əsasında gerçəkləşdirilən ötürücünün elektromaqnit sahəsində dinamik prosesləri əks etdirən ədədi riyazi modelləşdirmə metodu, hansı ki, ixtiyarı geometriyalı elektromaqnit vibroötürücünün istənilən nöqtəsində maqnit seli xətlərinin, cərəyan sıxlıqlarının, maqnit induksiya xətlərinin və elektromaqnit qüvvələrinin paylanması epürlərinin alınmasına imkan vermişdir.

6. İşçi orqanın verilmiş hərəkətini təmin etməyə imkan verən vibroötürücünün elektromaqnit sahəsinin parametrləri xarici elektrik qidalan-

masının dəyişməsinin səviyyəsi ilə müəyyənləşdirilir və maqnit keçiricisinin həndəsəsindən, həmçinin də işçi orqan üzərində quraşdırılmış hərəkətli elementin elastik asqısının – nüvənin parametrlərindən əhəmiyyətli dərəcədə asılıdır.

7. Analitik metodlar əsasında çevik işçi orqanın modelləşdirilməsi və zəruri kinematik və qüvvə xarakteristikalarını təyin edərək, emal olunan mühitlə qarşılıqlı təsirləri nəzərə almaqla sistemlərin dinamikasını tədqiq etməyə imkan verən ekvivalentli sonlu element modellərinin qurulması metodikası.

Dissertasiyanın aprobasiyası. İşin nəticələri 1999-2018-ci illər ərzində Azərbaycan, Rusiya, Ukrayna, İspaniya, İtaliya, Almaniya, Rumunya, Çexiya, Braziliya və Şotlandiyada keçirilmiş müxtəlif konfranslarda, konqreslərdə və simpoziumlarda, eyni zamanda Azərbaycan Texniki universitetində, ADPU-də və RF Kursk Dövlət Texniki Universitetində (C-QDU) keçirilmiş elmi seminarlarda məruzə edilmişdir. Tədqiqat işinin nəticələrinə aid elmi məqalələr “Climbing and Walking Robots” CLAWAR, 2000, İspaniya, Madrid – 3-cü Beynəlxalq konfransının, “Climbing and Walking Robots” CLAWAR, 2001, Almaniya, Karlsruhe – 4-cü Beynəlxalq konfransının, 2004-cü ildə S.-Peterburqda keçirilən “Səs və Vibrasiya” üzrə 11-ci Beynəlxalq konqresin, Rusiya Federasiyasının Kursk şəhərində 1999, 2001, 2005 və 2010-cu illərdə keçirilən 4-cü, 5-ci, 7-ci və 10-cu “Vibrasiya” – Vibrasiyalı maşınlar və texnologiyalar” Beynəlxalq konfranslarının, 2005-ci ildə Ufa şəhərində keçirilən «Мехатроника, автоматизация, управление» (МАУ–2005) konfransının, 2005-ci ildə Braziliyada keçirilən (6-9 mart, 2005, Uberlandiya, Braziliya) Beynəlxalq simpoziumunun elmi əsərlər toplusunda dərc olunmuşdur.

Dissertasiyanın strukturu və həcmi. Dissertasiya girişdən, 6 fəsildən, nəticələrdən və ədəbiyyat siyahısından ibarətdir. Dissertasiyanın əsas mətni 203 şəkil və 2 cədvəl də daxil olmaqla 348 səhifədə əks etdirilmişdir və o cümlədən 10 səhifə ƏLAVƏ.

Dissertasiyanın mövzusu üzrə dərc olunma. Dissertasiya mövzusu üzrə 77 iş, o cümlədən 3 monoqrafıya, 6 ixtira və 68 məqalə dərc olunmuşdur.

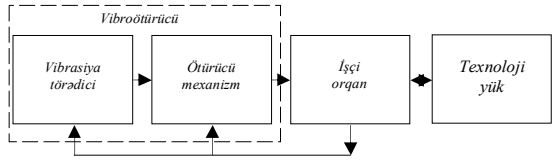
İŞİN ƏSAS MƏZMUNU

Girişdə mövzunun aktuallığı əsaslandırılır, tədqiqatın məqsədi və vəzifələri, elmiliyi və işin təcürbi mahiyyəti müəyyənləşdirilir

I fəsildə çirkab suların təmizlənməsi metodlarına aid məsələlər üzrə ədəbiyyat mənbələrinin icmalı verilmiş, kompleks təmizləmə üçün tətbiq olunan texnoloji proseslərin təsnifatı göstərilmişdir. Burada qeyd olunmuşdur ki, suyun keyfiyyəti bir çox göstəricilərlə müəyyənləşdirilir. Təmizləmə

qurğularının layihələndirilməsi vaxtı əsas avadanlıqların tipi və kompleks suların qəbul olunmuş emalı texnologiyaları ilə müəyyənləşdirilir.

Çirkab suların təmizlənməsi sahəsindəki müasir nəzəri və təcrübi işlərdə istər ölkəmizin, isə də xarici ölkələrin alimləri böyük işlər görmüşlər. Belə alimlərə misal olaraq B.N. Froq, B.S. Ksenofontov və b. göstərmək olar.



Şəkil 1. Vibrasiyalı maşınların ümumiləşdirilmiş sxemi

Suların hazırlanması məsələlərinin həlli üçün xüsusi texnoloji avadanlıqlardan istifadə etmək lazımdır. Bu işdə isə nəzərəcarpacaq rolunu vibrasiyalı texnika oynaya bilər. Vibrasiyalı maşınların ümumiləşdirilmiş sxemi şəkil 1-də göstərilmişdir. Ümumi halda, müasir vibrasiyalı texnoloji maşın aşağıdakı əsas elementlərdən ibarət olur: ötürücü – transmissiya – icraedici bənd – işçi orqan – emal olunan mühit (texnoloji yük) – sensorlar (sezicilər) – nəzarət sistemi. Mexaniki vibrasiya vibrotörədiciyə texnoloji yükü qəbul edən işçi orqana ötürücü mexanizm (transmissiya) vasitəsilə ötürülür. Əks əlaqə isə sxemin bütün elementləri arasında həyata keçirilir. Bu isə stabilləşmənin əksinə fəaliyyət göstərən amillərin (yeyilmənin, temperatur təsirlərinin, işçi yükün dəyişməsinin və başqa bu kimi) əksinə olaraq işçi orqanın hərəkət xarakteristikalarının stabilləşməsinə və daha səmərəli iş rejiminin təmin olunmasına xidmət göstərir.

Vibrasiyalı texnika və vibrasiyalı proseslərin tədqiqat metodlarının işlənilib hazırlanmasında dünyanın bir çox aparıcı elmi müəssisələri və institutları (RF Elmlər Akademiyasının A.A. Błaqonravov adına Maşınşünaslıq institutu, Sankt-Peterburq Dağ-Mədən universiteti, Dneprepetrovski Dağ-Mədən universiteti, Riqa Texniki universiteti, Kursk Dövlət Texniki universiteti və s.) məşğul olur. Onlarda perspektivli vibrasiyalı texnoloji proseslər yaradılır, mövcud proseslərin optimallaşdırılması ilə əlaqədar tədqiqatlar aparılır, vibrasiya törədiciləri işlənilib hazırlanır, dinamik sistemlərin analizi metodlarının təkmilləşdirilməsi, emal olunan mühitlərin modellərinin işlənilib hazırlanması və başqa vacib problemlərlə məşğul olunur. Bu sahədə İ.İ. Blexman, A. Viba, R. Qəniyev, V. Qusev, F. Dimentberq, E. Lavendel, K. Fralov, Q. Panovko, R. Naqayev, M. Xivinqiya və başqa alimlərin işləri geniş yayılmışdır. Bu işlər müasir vibrasiyalı texnikanın layihələndirilməsində tətbiq olunan riyazi aparatın qurulmasının əsasında durur.

Konstruksiyaların vibrasiyalı yüklərlə yaradılan rəqslərinin tədqiqi metodlarının təkmilləşdirilməsi qeyri-xətti rəqslər nəzəriyyəsi aparatının istifadə olunmasını tələb edir. Ancaq belə olan halda müşahidə olunanların tam uyğun əsaslandırılması mümkündür, hansı ki, onları xətti qoyuluşlarla izah etmək olmur.

Bundan başqa, emal olunan mühitlə işçi orqanın qarşılıqlı təsirinin tədqiqi reolojiya, deformasiya olunan bərk cisim nəzəriyyəsi, bütöv mühit mexanikası riyazi aparatının tətbiqini nəzərdə tutur. Elektromaqnit vibratoru ilə yaradılan qüvvənin düzgün müəyyənləşdirilməsi elktrotexnikanın nəzəri əsasları və elektrodinamikanın əsas qanunlarını bilməyi tələb edir. Bu fəsildə, həmçinin, həm vibrasiyalı maşınların, həm də mürəkkəb mühitlərin riyazi modellərinin geniş analizi təqdim olunur. Göstərilir ki, ümumi halda, çirkab suların təmizlənməsi üçün tətbiq olunan vibrasiyalı maşınlarda texnoloji yük olaraq müxtəlif mühitlər çıxış edə bilər və o cümlədən də aşağıdakılar:

Birfazlı: - bərk cisim, maye, qaz.

İkifazlı dispers sistemlər: - bircins mühütdə paylanmış və fazalar arasındakı bölmədə güclü inkişaf etmiş səthlə xarakterizə olunan hər hansı bir bərk cismin çoxlu sayda xırda hissəciklərindən (dispers faza) ibarət olan sistemlər. O cümlədən: -dənəvər material (bərk cisim - qaz); - aerozol (qazda mülahizə olunan maye, yaxud bərk hissəciklər); - pulpa (bərk cisim - maye) - bu zaman kobud suspenziyalar, incə suspenziyalar, şlam (il), kolloid məhlullar fərqləndirilir; - emulsiyalar – bir mayenin kiçik damlalarının digər mayədə paylanmasından ibarət olanlar;

Üç fazlı dispers sistemlər: bərk cisim – maye – qaz.

Çoxfazlı mühütlərdə aparılmış tədqiqatlar içərisində R.Qəniyevin rəhbərliyi altında aparılmış tədqiqatlar xüsusi yer tutur, hansı ki, bu tədqiqatlarda reoloji cəhətdən mürəkkəb mühitlərin riyazi modelləri işlənilib hazırlanmış, qabarcıq şəkilli qaz qarışıqlarının vibrotəsirlər vaxtı hərəkət qanunları öyrənilmişdir.

N.Uryev, V.Çlenov, N.Mixaylov və P.Rebinderin işlərində təcrübi şəkildə göstərilmişdir ki, incə dispers ovuntuların axması vibrasiyalı təsirlərin müəyyən rejimlərində nyuton mayeləri üçün xarakterik olan qanuna tabe olur.

Aparılmış analizin nəticəsində dissertasiyanın məqsədi və vəzifələri yığcam şəkildə verilmişdir.

II fəsildə çirkab suların təmizlənməsindəki texnoloji proseslərin əsaslandırılmasında tətbiq edilən riyazi modellərə baxılmışdır. Riyazi modellərin təsnifatı verilmişdir. Göstərilmişdir ki, dispers materiallar özlərini qeyri-adi aparmaları ilə, bərk fazanın həcmi konsentrasiya, yaxud sıxlıqdan asılı olan xüsusiyyətləri ilə, hissəciklərin ölçüləri, onların formaları, onlar arasındakı

kontaktların növləri ilə fərqlənilir. Mayenin içərisində yerləşmiş bərk hissəciklər konsentrasiyadan asılı olaraq reoloji xüsusiyyətləri radikal olaraq dəyişir. Subut olunmuşdur ki, hər bir material üçün axma əyrilərinin parametrləri toxunan gərginliyin xarakterindən, sürət qradientindən və bərk fazanın özlülüyündən asılıdır. Onların strukturalandırılan mayələrin axma əyrilərini təyin edən parametrləri fenomenoloji parametrlər deyil, struktur parametrlərdir.

Müəyyənləşdirilmişdir ki, konsentrasiyanın müəyyən həddinə çatdıqda dilatasiyanın meydana çıxması baş verir, belə ki, sürüşmə vaxtı materialın həcmi genişlənməsi əmələ gəlir. Bu da nəticədə, müəyyən məhdud fəzada, məsələn, təmizləmə qurğularının boru kəmərlərində emal olunan materialın axmasını tamamilə dayandıra bilər və bununla da çirkab suların təmizlənməsi prosesi dayanmış olur. Eyni zamanda o da göstərilmişdir ki, vibrasiyalı təsirlərin tətbiqi ilə bərk qatışıqların lokal konsentrasiyaları nəzərəcarpacaq dərəcədə azaldılır və bununla da çirkab suların effektiv təmizlənməsi təmin olunur. İncə dispers ovuntular üçün vibrasiyaların müəyyən rejimlərində sürət qradientinin toxunan P gərginlikdən xətti asılılığı ($\frac{d\bar{V}}{d\bar{r}} = kP$) müşahidə olunur.

Dispers materialların vibrasiyalı təsirlərə məruz qalmalarının tədqiqi göstərir ki, müəyyən parametrlərdə müxtəlif xüsusi çəkiyə və ölçüyə malik hissəciklərin qatlarda yenidən paylanması müşahidə olunur. Həmçinin, o da qeyd olunur ki, vertikal vibrasiyalarda kiçik ölçülü qablarda materialın yerdəyişməsi divar tərəfdə aşağıya doğru, ortada isə yuxarıya istiqamətlənir.

Modelin mövcud olması layihələndirmə mərhələsində rəqsləndirici qurğunun parametrlərinin təsirlərini analiz etməyə və sistemlərin həm dinamik, həm də həndəsi parametrlərini, o cümlədən sərtlik, transmissiya və ötürmənin xarakteristikalarının optimal şəkildə götürülməsinə imkan verir. Bu sistemlərin differensial tənliklərinin həllində UMI, MATHCAD, MATLAB və başqa tətbiqi proqram paketlərindən istifadə olunmuşdur.

Reoloji tənliyin qurulmasında, təcrübi verilənlərə müvafiq olaraq, belə bir hipotezdən istifadə olunmuşdur ki, gərginlik tenzoru P ancaq həcmi konsentrasiya (v) və deformasiya sürəti tenzorundan (D) asılıdır. Yəni

$$P = P(v, D).$$

Əvvəl təklif olunan riyazi modelin çatışmazlığı bərabərölçülü gərginliyin həcmi konsentrasiyalardan asılılığının nahamarlığından, həmçinin də, müstəsna (son dərəcə) çətinlik reoloji əmsalların və gərginlik tenzorunun dissipativ toplananlarının çoxluğundan ibarətdir. Müəllif tərəfindən vibrasiyalı viskozimetrin tətbiqi ilə aparılmış təcrübi tədqiqatlar gərginlik tenzorunun

həm normal, həm də toxunan toplananları üçün həcmi konsentrasiya və deformasiya sürətindən original bir asılılıq təklif etməyə imkan verir.

Bunu, biri ancaq dissipativ və həcmi konsentrasiyalardan, digəri isə həcmi konsentrasiyalardan və deformasiya sürətlərindən asılı olan iki taraz gərginliyin cəmindən ibarət olmaqla aşağıdakı kimi alırıq:

$$P = P_0(v) + P^*(v, D);$$

Vibrasiyalı avadanlıqların geniş miqyasda tətbiq olunmalarına baxmayaraq, onların hesablanması və optimal sintezi aktual bir məsələ olaraq qalır. Bu məsələnin daha səmərəli və müvəffəqiyyətli həlli üçün texnoloji yükün özünü vibrasiyalı təsir şəraitində necə aparmasını tam eynilə əks etdirən riyazi modelinə malik olmaq arzuolunan bir haldır. Belə bir riyazi modelin mövcudluğu hesabi təcrübələr mərhələsində səmərəli parametrlər oblastının müəyyənləşdirilməsinə imkan verir.

Bu halda differensial tənliklər sistemi kütlə və impulsun saxlanması qanunu və reoloji tənlikdən ibarət olur:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial \bar{V}}{\partial t} + \bar{V} \operatorname{div}(\bar{V}) &= \frac{1}{\rho} (\nabla \bar{P} + \bar{F}) \\ \frac{\partial v}{\partial t} + \nabla(v\bar{V}) &= 0 \\ P &= P(v; D), \end{aligned} \right\}$$

burada \bar{V} – materialın sürət vektoru; P – gərginlik tenzoru; D – deformasiya sürətinin tenzoru; \bar{F} – həcmi qüvvələr vektoru; $v = \rho / \rho_0$ – həcmi konsentrasiya; ρ – emal olunan materialın sıxlığı; ρ_0 – dənəvər materialın sıxlığıdır.

III fəsilə çirkab suların kompleks təmizlənməsində tətbiq olunan bir sıra texnoloji proseslərin dinamik analizi aparılmışdır. Bərk hissəciklərin hərəkətinin təmizlənən suyun axınında riyazi modeli təklif olunmuşdur (şəkil 2). Hissəciklərin çökmə şəraiti müəyyənləşdirilmiş və çökmə prosesinin idarə olunma prinsipləri işlənib hazırlanmışdır. Göstərilmişdir ki, bərk qarışıqların vibrasiyalı texnologiyaların tətbiqi ilə idarə olunmaqla çökməsi zamanı suların təmizlənməsi çox səmərəli texnologiyadır. Buna görə də növbəti mərhələdə suyun axınında hissəciklərin hərəkəti nəzəriyyəsi işlənmişdir.

Kütləsi m olan bərk hissəcik axında üç qüvvənin təsiri altında hərəkət edir: - hissəciyin çəkisi $G = mg$; hissəciklərin maye ilə qarşılıqlı təsirini modelləşdirən qüvvələr \bar{R} , bu qüvvə hissəciklərin mayenin daxilində hərəkəti zamanı əmələ gələn müqavimət qüvvəsidir; - arximed qüvvəsi \bar{F} .

Daha sonra silindrik en kəsikli boru kəmərlərində çirkləndirici komponentlərlə birlikdə hərəkət edən mayelərin hərəkətinə baxılmışdır.

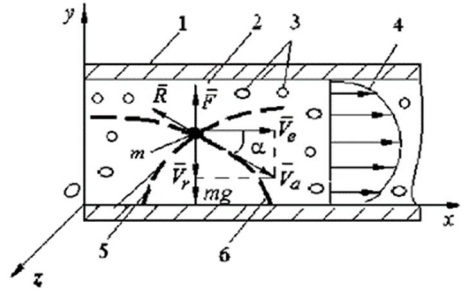
Maye axınının \bar{V}_e sürəti ilə uzununa hərəkəti köçürmə hərəkətidir və buna müvafiq olaraq təqdim olunan modeldə maye sərhəddə qatında $y > \Delta$ olduqda $\bar{v}_3 = \bar{V}_e$, $y < \Delta$ olduqda isə $v_3 = \frac{V_3}{\Delta^2} y^2$ sürəti ilə hərəkət edəcəkdir. Hissəciklər ağırlıq qüvvəsinin təsiri altında şaquli müstəvi üzrə isə \bar{V}_r nisbi sürəti ilə hərəkətdə olacaqdır. Hissəciklərin mütləq sürəti \bar{V}_a isə nisbi və köçürmə sürətlərinin vektorial cəmi kimi tapılır:

$$\bar{V}_a = \bar{V}_r + \bar{V}_e$$

İşin mahiyyətinə görə çirkab suların təmizlənməsi sistemi ona yönəldilmişdir ki, təmizlənən su giriş nöqtəsindən çıxış nöqtəsinə daşsın və bu zaman hərəkət yolu boyunca bərk qarışıqların qabaqcadan müəyyənləşdirilmiş sahəciklərdə çökməsi baş versin. Bu zaman çox kiçik hissəciklər, hansı ki, texnoloji prosesin vaxt məhdudiyətindən çökməsi mümkün olmur, koaulyasiya yolu ilə ölçülərini böyütmək lazımdır.

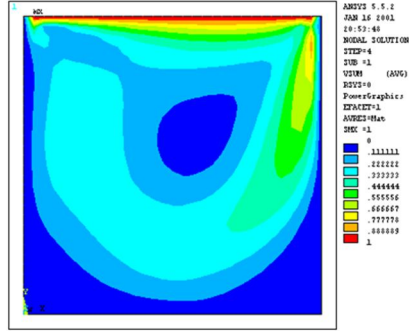
Mühitin reoloji parametrlərini təyin etmək üçün, sürtünmə əmsalının hissəciklərin diametrindən asılılığını müəyyənləşdirməyə imkan verən xüsusi tədqiqat aparılmışdır. Həmçinin, çökmənin reoloji xüsusiyyətlərinin xüsusi tədqiqatı da aparılmışdır. Təcrübələr vibrasiyalı elektrodinamik stendlə (VGDS-10A), çöküntüyə dinamik təsiretmə üçün quruluş və çöküntü qatının məqamında (öz vaxtında) deformasiyasını qeydə almaq üçün cihazlarla təchiz olunmuş xüsusi qurğuda aparılmışdır.

Süzülmüş çöküntüyə ayrı-ayrı hissəciklərin məcmusu kimi deyil, fiziki-mexaniki xassələri vibrasiyanın təsirindən dəyişən bütöv cisim kimi baxmaq daha məqsəduyğundur. Xassələrindən və vibrasiyanın təsiri vaxtı özünü aparmasından asılı olaraq çöküntülərin üç fiziki modelini fərqləndirmək olar: deformasiyalanmayan, elastiki-özlü deformasiyaolunan və özlü-plastik tiksotrop. Buradan da, demək olar ki, adgeziya qüvvəsi ilə qiymətcə müqayisə edilə bilən ağırlıq qüvvəsinin təsiri vaxtı çöküntülər süzəclənən səthdə uzununa rəqslər edir.



Şəkil 2. Bərk hissəciklərin çökməsinin hesabat sxemi

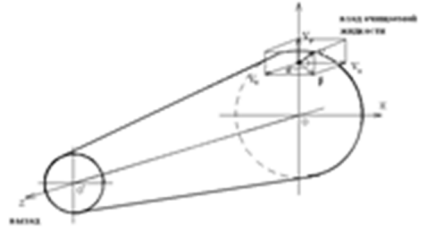
Daha sonra bir çox texnoloji proseslərin hesabla metodları işlənib hazırlanmışdır. Belə proseslərə aşağıdakılar aiddir: - durulducu süzgecdə mayelərin axması (şəkil 3); - çirkab suların mərkəzdənqaçma üsulu ilə təmizlənməsi; - çirkab suların süzgec-koaqulyatorun hal-qavari kanalında axması; - süzgecləmə elementinə daxil olan homogen qarışıqın alınması, yəni vibrasiyalı qarışdırma prosesləri. Sürətin paylanması epürünü təyin etmək üçün sonlu element metodu tətbiq olunmuşdur.



Şəkil 3. Suyun durulducu süzgecdə axmasının hesablanması nəticələri.

Mərkəzdənqaçma üsulu ilə təmizləmənin əsas ideyası ondan ibarətdir ki, qarışıqların komponentlərinin mərkəzdənqaçma qüvvələri sahəsindəki hərəkəti komponentlərin reoloji xassələrindən əhəmiyyətli dərəcədə asılıdır. Bu isə ona gətirib çıxarır ki, mayelərin hissəciklərin və çirkəlin hərəkət trayektoriyaları və sürətləri özlərini müxtəlif cür aparır, buna görə də qıfın çıxışında maye və bərk qarışıqlar müxtəlif trayektoriyalara malik olur ki, bu da həmin komponentlərin ayrılmasına imkan verir.

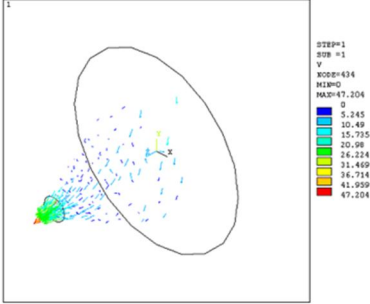
Belə sistemlərin əsas üstünlüyü onlarda süzgec elementlərinin olmamasıdır. Kobud təmizləmə süzgeci kimi sxemi şəkil 4-də göstərilmiş mərkəzdənqaçma tipli qurğu təklif olunur. Belə qurğunun əsasında konusvari qıf durur, hansı ki, həmin qıfa çirkab suyu təzyiq altında daxil olur. Qıfın giriş kanalı elə yerləşmişdir ki, maye konusa toxunan üzrə böyük sürətlə daxil olur və hissəciklərin dəyişən radiuslu vintvari trayektoriya üzrə mürəkkəb hərəkət trayektoriyasını təmin edir. Qıfın çıxışında maye həm radial, həm də oxboyu istiqamətlərdə böyük sürətə malik olur (şəkil 5 və şəkil 6).



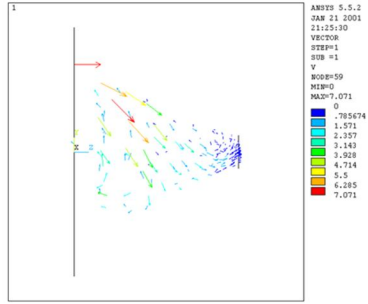
Şəkil 4. Kobud təmizləmə süzgeci qıfının hesabata sxemi.

Aydın görünür ki, qıfın parametrləri ayrılma prosesinə əhəmiyyətli dərəcədə təsir göstərir. Bu parametrlərin prosesə təsirinin tədqiqi üçün xüsusi metodika işlənib hazırlanmışdır. Hissəciklərin konusvari qıfda hərəkətinin he-

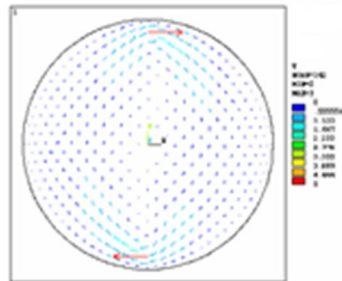
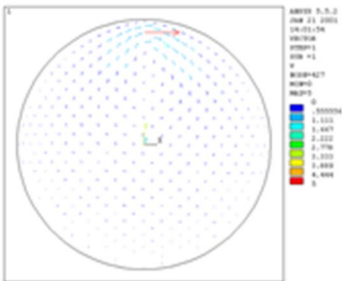
sablanması **1-ci növ Laqranj** tənliklərinin tətbiqi ilə yerinə yetirilir. Mərkəzdənqaçma süzgəcində mayenin axma prosesinin hesabı və mərkəzdənqaçma qıfının konusunun parametrlərinin müəyyənəndirilməsi üçün sonlu elementlər metodu tətbiq edilir. Hesabatlar ANSYS 5.5 proqram paketindən istifadə edilməklə yerinə yetirilmişdir.



Şəkil 5. Kobud təmizləmə süzgəcinin qıfında sürətlərin paylanması.



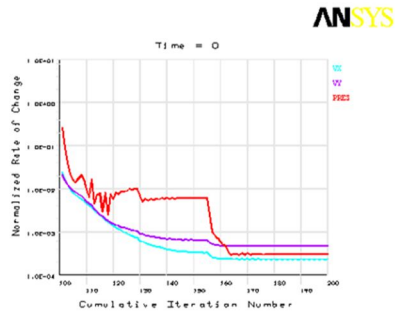
Şəkil 6. Mərkəzdənqaçma kobud təmizləmə süzgəcində mayenin spiralvari axmasının hesabının nəticələri (yandan).



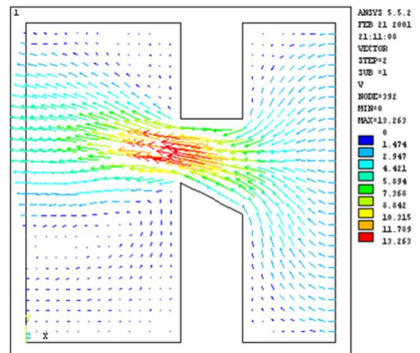
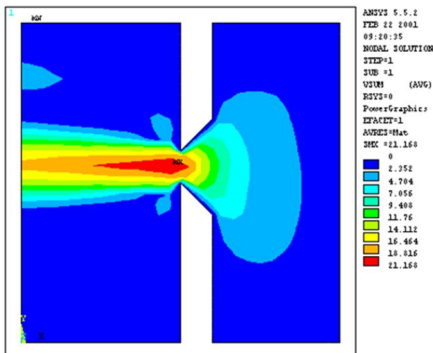
Şəkil 7. Təmizlənən suların “bir nöqtədən vermə” vaxtı qfın girişi müstəvisində sürətlər sahəsinin hesabı

Şəkil 8. Təmizlənən suların “iki nöqtədən vermə” vaxtı qfın girişi müstəvisində sürətlər sahəsinin hesabı

Şəkil 7 və Şəkil 8-də qfın girişində sürətlərin hesablanması nəticələri göstərilmiş və su şırnağının “bir nöqtədən vermə” və “iki nöqtədən vermə” hallarında mayelərin axma sürətlərinin paylanması müxtəlif sxemləri verilmişdir.



Şəkil 9. Hesablama alqoritminin uyğunluğunun analizi



Şəkil 10. Qarışdırılan mayelərin qarışdırıcının simmetrik işçi orqanında axmasının hesabı

Şəkil 11. Qarışdırılan mayelərin qarışdırıcının qeyri-simmetrik işçi orqanında axmasının hesabı

Şəkil 9-da isə inteqrallama prosesinin dayanıqlılığının şəkli verilmişdir.

Şəkil 10 və 11- də simmetrik və qeyri-simmetrik deşik üçün dəlikli diskin mayedəki hərəkəti vaxtı sürət sahəsinin hesabının nəticələri göstərilmişdir. Bu metodika qarışdırma prosesi nöqtəyi-nəzərdən daha yaxşı deşik formasını seçməyə və öyrənməyə imkan verir.

IV fəsildə vibrasiyaların törədilməsi üsullarının analizi aparılmışdır. Burada qeyd olunmuşdur ki, işçi orqanın rəqs rejimi vibromaşından istifadə etmənin hər bir konkret halı üçün optimal olmalıdır, ona görə ki, onun parametrlərinin düzgün seçilməsi texnoloji yükü əhəmiyyətli dərəcədə azaldır, alətin dayanıqlılığını yüksəldir, maşınların məhsuldarlığını artırır və i.a.

Yerinə yetirilmiş işdə elektromaqnit vibrasiya törədicilərinin müxtəlif sxemləri sınaqdan keçirilmişdir. İşçi orqanın hərəkətinin diferensial tənliklərini almaq üçün Laqranj-Maksivel tənliklərindən istifadə olunur.

$$\left\{ \begin{array}{l} \Phi'_r + \sum_{s=1}^m R_{rs} \frac{\partial W}{\partial \Phi'_s} = E_r (r = 1, \dots, m); \\ \frac{d}{dt} \frac{\partial T}{\partial \dot{q}_k} - \frac{\partial T}{\partial q_k} + \frac{\partial \Pi}{\partial q_k} = - \frac{\partial W}{\partial q_k} + Q_k, (k = 1, \dots, n), \end{array} \right.$$

Burada cərəyan aşağıdakı kimi ifadə olunur:

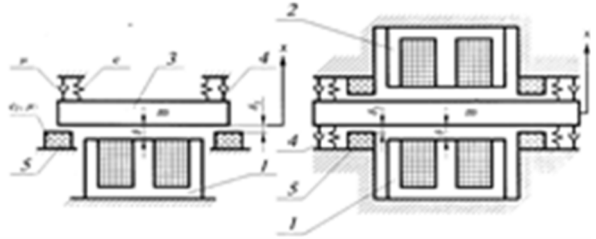
$$i_s = \frac{\partial}{\partial \Phi'_s} W(\Phi'_1, \dots, \Phi'_m, q_1, \dots, q_n) = \sum_{r=1}^m L_{rs}^{-1} \Phi'_r$$

Praktikada vibrasiya törədicilərin aşağıdakı əsas növlərindən istifadə olunur: elektromaqnit simmetrik və qeyri-simmetrik yerlləşənlər (şəkil 12).

Məsələn, qeyri-simmetrik vibrotörədicisi üçün işçi orqanın hərəkətinin diferensial tənliyi aşağıda verilmişdir:

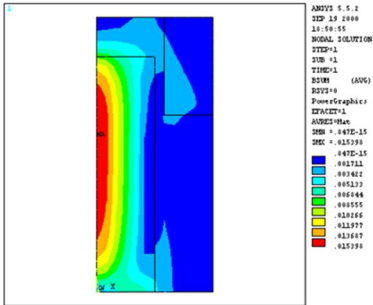
$$\left\{ \begin{array}{l} m\ddot{x} + F(x, \dot{x}) = F_{\text{D1}}; \\ \Phi_1 + R_1 i_1 = U_1(t); \end{array} \right.$$

burada x, \dot{x} - işçi orqanın ümumiləşmiş kordinatı və sürəti; m - işçi orqan və nüvənin birlikdə kütləsi; $F(x, \dot{x})$ - elastiklik və özlü müqavimət qüvvəsi; F_{D1} - elektromaqnitin işçi orqana təsir qüvvəsi; Φ_1 - maqnit seli; R_1 , i_1 - aktiv müqavimət və elektromaqnit dolağının cərəyan şiddəti; $U_1(t)$ - gərginlikdir.

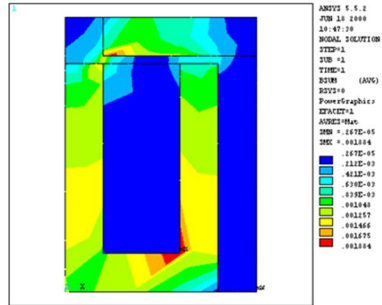


Şəkil 12. Elektromaqnitli vibrotörədiciyə sxemi

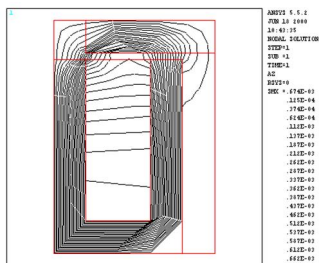
Belə metodika elektromaqnitin maqnit içliyinə həndəsəsinin təsirinin öyrənilməsinə imkan vermir. Elə buna görə də elektromaqnitin işi vaxtı əmələ gələn elektromaqnit sahəsinin parametrlərinin təyin olunması üçün ilk dəfə bu işdə sonlu elementlər metodu tətbiq edilmiş və elektromaqnitdə induksiya sahələrinin, maqnit selinin və elektromaqnit qüvvələrinin paylanması epürləri alınmışdır (şəkil 13, 14, 15, 17).



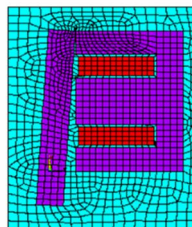
Şəkil 13. Solenoidal vibrotörədiciyə induksiya sahələrinin paylanması



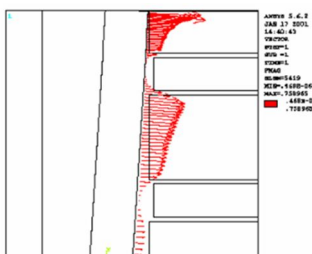
Şəkil 14. Eninə maqnit sahəli elektromaqnit vibrotörədiciyə induksiya sahələrinin paylanması



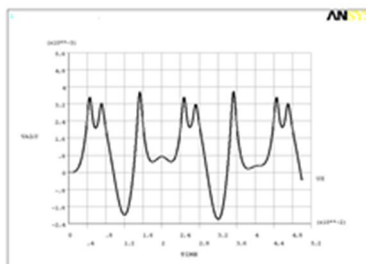
Şəkil 15. Nüvənin sürüşmüş vəziyyətində maqnit seli xətlərinin hesabının nəticələri.



Şəkil 16¹. Sıçrayışlı nüvəyə malik elektromaqnit vibrotörədıcısınin sonlu-elementli hesablamə sxemi



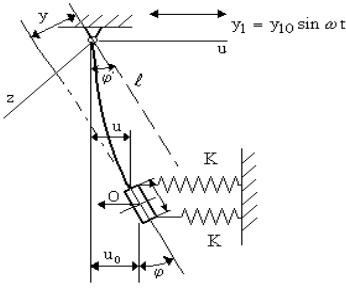
Şəkil 16. Nüvəyə təsir edən elektromaqnit qüvvələrinin paylanma epürü.



Şəkil 17. Elektromaqnitli vibrotörədıcünün nüvəsinin vibrozərbəli hərəkət qanunu

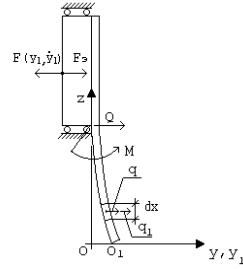
İşçi orqanın birölçülü, ikiölçülü və üçölçülü hərəkət qanunu mümkündür. Ən azı, əksər maşınlar üçün onlar birkordinatlıdır və harmonik, trapesidal, mişarvari və i.a. ola bilər. İşçi orqanın müəyyən növ hərəkətinin (irəli-geri hərəkət, fırlanma, burulma rəqsi) reallaşdırılması zərurətindən asılı olaraq, vibrasiyalı texnoloji maşınların – vibrotörədıcilərin və ötürücü mexanizmin tipinin, həmçinin də onların tərkib hissələrinin müxtəlif xarakteristikalarının optimal seçimi məsələsi meydana çıxır.

V fəsilədə texnoloji vibromaşınların dinamikalarının nəzəri və təcrübi tədqiqlərinin nəticələri verilmişdir. Qarışdırıcı qurğunun, süzgəc-koaqulyatorun, mərkəzdənqaçma kobud təmizləmə süzgəcinin parametrlərinin hesabı yerinə yetirilmişdir. Çevik işçi orqanların müxtəlif sxemlərinə xüsusi diqqət verilmişdir (şəkil 18, 19, 23-ə bax) və tədqiqatın ədədi və analitik metodlarının tətbiqi ilə onların dinamikasına baxılmışdır.



Şəkil 18. İşçi orqanı nəzərə almaqla vibrasiyalı qarışdırıcının hesabat sxemi:

K – təmizlənən suyun reoloji xassələrilə müəyyən olunan parametrlər.



Şəkil 19. Çevik işçi orqanılı vibrasiyalı qarışdırıcının hesabat sxemi

Göstərilmişdir ki, vibrasiyalı maşınlar üçün çevik işçi orqanların tətbiqi texnoloji proseslərin xeyli sürətləndirilməsinə imkan verir, vibrasiyalı avadanlıqların istifadə oblastını genişləndirir, vibrasiyalı texnologiyaların məsələlərini yeni keyfiyyət səviyyəsində həll edir.

Bu zaman qeyd olunur ki, işçi orqanın hərəkəti kinematik verilmir, yəni hərəkət trayektoriyası ancaq çevik işçi orqana təsir edən qüvvələr, həmçinin də çevik işçi orqana tətbiq olunan rabitə qüvvələri ilə müəyyənləşdirilir.

Çirkab suların təmizlənməsi üzrə qurğuların boru kəmərlərində bərk çöküntülərlə mübarizə aparmaq üçün prinsipial yeni konstruksiyada vibrasiyalı təmizləmə maşını təklif olunmuşdur, hansı ki, mahiyyətə bu maşın boru kəmərlərinin daxili səthlərinin təmizlənməsində işlədilir. Özündə icra mexanizminin barabanını və horizontal və vertikal yerdəyişmə edən iki elementdən ibarət vibrasiya dəyişdiricisini birləşdirən müxtəlif kontakt qovşaqları öyrənilmişdir. Belə ki, hər bir element horizontal və vertikal üzrə öz müstəqil ötürməsindən ibarət ola bilər ki, bu da kontakt qovşağının asimmetrik hərəkət rejimi həyata keçirməsinə imkan verir.

Bundan başqa çevik işçi orqanın müxtəlif növ texnoloji yüklərlə qarşılıqlı təsiri məsələləri öyrənilmişdir. Təmizləmə sistemində reaksiyaların müəyyənləşdirilməsi üçün ölçüləri vibrasiyaların intensivliyinin artırılması yolu ilə azalan çöküntünün plastik özlülüyünə və axma həddinə vibrasiyaların təsirlərinin nüfuz etməsi öyrənilmişdir.

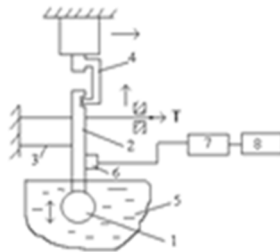
Bu müxtəlif suspenziyaların çöküntülərinin plastik özlülükləri üçün rəqslər tezliyinin intensivliyindən asılı olmaqla alınmış təcrübə verilənlər şəklində ifadə olunur. Onu da qeyd etmək lazımdır ki, verilmiş növ çöküntülər üçün

plastik özlülük və axma həddinin azalmasına vibrasiyalı təsirlərin səmərəliliyi və rütubətliyi rəqs tezliyinin azalması ilə eyni bir ölçülü vibrotəcillər vaxtı yüksəlir, yəni rəqs amplitudası tikotrop çöküntünün strukturlarının dağılmasına həlledici təsir göstərir. Beləliklə, vibrasiya özlü-plastik çöküntülərin çıxarılmasına onun reoloji parametrlərinə təsir göstərməklə nüfuz edir.

Yuxarıda qeyd olunanların hamısı süzəclənən səthlərin uzununa rəqslənməsi halı üçün doğrudur. Onları eninə rəqslər üçün o vaxt istifadə etmək olar ki, əgər işçi səthi mütləq sərt konstruksiya hesab etmək olarsa, belə ki, süzəcləmə səthlərinin özünün xüsusi eninə rəqsləri, adətən vibrasiyalı təsirlərin səmərəsini azaldır. Verilmiş texnologiyaların bütün proseslərinə datçiklər sistemi ilə nəzarət olunur. Hansı ki, informasiya mərkəzi prosessora daxil olur, və bu da çirkab sularının avtomatik rejimdə təmizlənməsinin aparılmasını təmin edir.

O da qeyd olunur ki, səthlərdə bilavasitə təsirləndirilən çəvik işçi orqanlar çirkab suların təmizlənməsi üçün istifadə olunan avadanlıqlarda tətbiq olunmaqdadırlar. Bu tip təsirləndirmə dispers sistemlərin çəvik işçi orqan üzrə materialın hərəkət etdirilməsinə görə müxtəlif rejimlərdə vibromal texnologiyalarının reallaşdırılmasına imkan verir. Hər şeydən öncə isə emal olunan mühitə optimal təsiri təmin edir.

Çəvik işçi orqan, həmçinin də özlülüüyü ölçmək üçün istifadə olunan cihazlarda (vibrasiyalı viskozimetrdə) da öz tətbiqini tapmışdır. Konstruksiyalarda çəvik işçi elementlərin tətbiq edildiyi vibrasiyalı viskozimetrlərin sxemlərinə baxılmışdır. Bundan başqa, bu başlıqda təmizləmə prosesinə nəzarət üsulları tədqiq olunmuşdur.



Şəkil 20. Simlər bazasında yerinə yetirilmiş viskozimetr.

Vibrasiyalı viskozimetrlərin original sxemləri təklif olunmuşdur (şəkil 20). Belə qurğuların işinin riyazi analizi aparılmışdır. Vibrasiyalı viskozimetrləri iki qrupa bölmək olar.

1-ci qrupda – məcburi rəqslərdən, **2-ci qrupda isə** – sərbəst rəqslərdən istifadə edilir. birinci növ qurğuların konstruksiyaları daha mürəkkəbdir və yüksək dəqiqlikdə təkrar signal hasil edilməsini təmin edən vibrotörədiciyə tətbiqini tələb edir. Burada özlülük rəqs konturunun amplitud-tezlik xarakteristikalarının parametrlərinin ölçülməsi üzrə qiymətləndirilir. İkinci tip viskozimetrlər kürəcik və ya lövhədən ibarət kontakt elementinin sərbəst rəqsinin qeydiyyatı və analizinə əsaslanır. Belə tip viskozimetr kontakt qovşağının yüksəkdayanıqlı asqısının, həmçinin də, başlanğıc həyəcanlandırmanı yaradan sistemin olmasını tələb edir. Bu zaman özlülüynün ölçüsü sönən rəqslərin əyriləri üzrə müəyyənləşdirilir.

Hissədici element rolunda bərk cisim kürəcik və ya lövhə şəklində çıxış edə bilər. Tədqiq olunan mayelərdə rəqslər vaxtı ona mayələrin özlü müqaviməti təsir göstərir, hansı ki, bu da hərəkət vibroqrammasına əhəmiyyətli dərəcədə nüfuz edir. Dissertasiyada əsasında hissədici elementin sərbəst rəqslərinin qeydiyyatı və analizi duran konstruksiyalar təklif olunmuşdur. Bu zaman, işdə əsas diqqət rəqs konturunun parametrlərinin vibroqrammanın çıxış xarakteristikalarına nüfuz etməsinin tədqiqatına yönəldilmişdir.

Bu konstruksiyaların çatışmayan cəhəti, özlülüynün qiymətinin geniş diapazonda ölçülməsini almaq üçün zəruri olan yayın sərtliyinin dəyişdirilməsinin çətinliyindən ibarətdir. Bu problemi müxtəlif vasitələrlə, o cümlədən, elastik elementlər dəstini tətbiq etməklə, yayın sərtliyinin nizamlanmasını yaratmaqla və i.a. həll etmək olar.

Lingli yönəldicidən və hissədici elementi saxlayan sim şəklində düzəldilmiş yaydan ibarət olan vibrasiyalı viskozimetrin sxemi öyrənilmişdir. Sistem aşağıdakı kimi işləyir. Vibrasiyatörədici qurğunun köməyi ilə hissədici elementə başlanğıc yerdəyişmə verilir, hansı ki, nəticədə mayədə yerləşmiş kürəciyin sərbəst rəqsi əmələ gəlir. Rəqsin sönmə səviyyəsinə görə ölçülən mayenin özlülüynü haqda mühakimə yürütmək olar. Simin dartılma qüvvəsini dəyişməklə rəqs konturunun gətirilmiş sərtliyinin artırılma və ya azaldılmasına nail olunur.

1- hissədici element; 2 - rəqs konturu; 3 – yönəldici; 4 – vibrasiya törədən qurğu; 5 – ölçülən mühit; 6 – gücləndirici datçik; 7 – rəqstrator; 8 – indikator; T- tarımlanan sim.

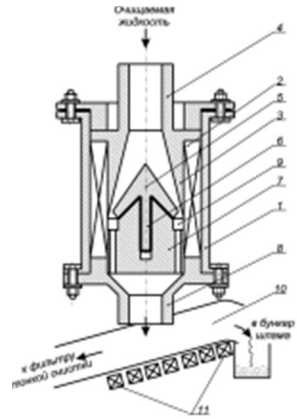
Belə viskozimetr dispers materialların reoloji xassələrinin ölçülməsi üçün istifadə olunmuşdur.

Əvvəldə qeyd olunduğu kimi, kiçik dispers hissəcikləri məqsədəuyğundur ki, böyüdək, bu zaman 3-cü başlıqda müəyyənləşdirilmiş sürtünmə əmsalı hissəciklərin diametrinin kvadratına mütənəsb olaraq artacaq və buna müvafiq olaraq da çökmə prosesini idarə etmək olar. Ferromaqnit hissəciklər üçün maqnit koaqulyasiyasının məlum üsulları mövcuddur. Bu dissertasiyada düz axımlı rejimdə hissəciklərin maqnitləşdirilməsini və onların koaqulyasiyasının səmərəli şəkildə həyata keçirilməsinə imkan verən oriqinal maqnit koaqulyator işlənib hazırlanmışdır.

Hissəciklərin iriləşdirilməsi üçün koaqulyatordan istifadə edilmişdir.

Süzgəc-koaqulyatorun sxemi şəkil 21-də verilmişdir. Qurğu aşağıdakılardan ibarətdir: maqnitin məftilinin xarici hissəsini təşkil edən gövdə (1), maqnit sahəsinin generatoru (2), gövdənin daxilində yerləşdirilmişdir, iki qütb (3) və (5), hansı ki, bu qütblər maqnit naqilinin daxilində yarıq əmələ gətirir. Burada qütblərdən birini (3) mayenin daxil olduğu patrubkanın (4) çıxışı (genişlənən) hissəsi əmələ gətirir. Digər qütb (5) isə quyruqlu konusdan (6) ibarətdir, hansı ki, bu konus koaqulyatorun gövdəsinə (4) və silindrik-konik detala (7) nəzərən mərkəzi ox boyunca yerdəyişmə edə bilər. Maketdə konusun (5) silindrik-konik detalın (7) yuvasında mərkəzi ox boyunca yerdəyişməsi mikrometrik vintdən (şəkil 20-də göstərilməmişdir) istifadə etməklə sonsuz vint ötürməsi ilə həyata keçirilir. Silindrik-konik detal (7) maye daxil olan patrubka (4) və gövdə (1) ilə eyni oxluluğa malikdir. Silindrik-konik detalın (7) silindrik hissəsində mayenin çıxış patrubkasına (8) keçməsi üçün yarıqlar vardır.

Belə qurğuların hesablanması hidrodinamik və elektromaqnit hissələrinə baxılmasını tələb edir. Hesabatların birinci mərhələsi sürətlərin paylanması epürlərinin qurulmasına və bərk hissəciklərin çökməsinin mümkün zonalarının üzə çıxarılmasına imkan verir. İkinci mərhələ isə elektromaqnit sahəsinin parametrlərinin təyin edilməsinə imkan verir.



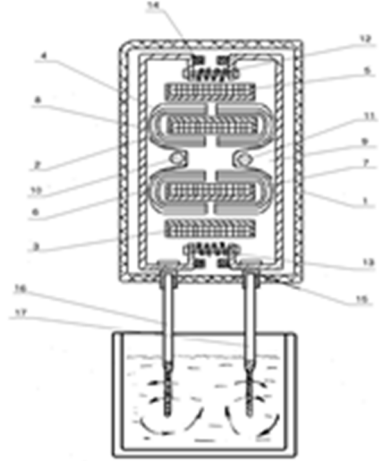
Şəkil 21. Düz axımlı süzgəc-koaqulyatorun sxemi

Praktik tələblərə uyğun olaraq zərbəsiz vibrasiyalı təsirlərdən və ya yapışqan çöküntülərlə mübarizə üçün zərbəli-vibrasiyalı təsirlərdən (bu zaman maşınların işçi orqanının vibrasiyalı hərəkəti bir-birinin ardınca zərbələr endirir) istifadə etmək mümkündür. Zərbələri viborasiya törədicisinin özündə, yaxud vibroötürücüdə və həmçinin də, maşının icraçı orqanının emal olunan mühütlə toqquşması vaxtı yaratmaq olar. Biz təmizlənən suların burulmasını təmin edən xüsusi axını və çöküntülərin süzgecin axın kanalından kənarlaşdırılması sxemini təklif edirik.

Rəqslərin qüvvə ilə oyadılması sistemə məcbureddici qüvvələr və ya momentlərin təsir göstərməsilə, yəni sistemlərin vəziyyətinin kordinatlarından və onların törəmələrindən asılı olmayan zamana görə dəyişən xarici qüvvə və momentlərlə həyata keçirilir. Şəkil 22-də simmetrik elektromaqnit ötürücülü simmetrik vibrasiyalı qarışdırıcının sxemi göstərilmişdir.

Nəzərə alsaq ki, pulpaşəkilli materiallar texnoloji avadanlıqların işçi orqanlarına yüksək yapışma xüsusiyyətinə malikdirlər. Buna görə də işçi səthlərin yüksək keyfiyyətdə özütəmizlənməsini təmin edən çevik işçi orqanlardan istifadə edilməsi təklif olunur. Bir sıra hallarda işçi orqanların təmizlənməsini təmin etmək üçün fərdi ötürməyə malik xüsusi təmizləyici qurğu tətbiq etmək lazım olur.

Təmizləmə qurğularının istismarı vaxtı qarşıya çıxan ən vacib problemlərdən biri boru kəmərlərinin təmizlənən suların tərkibindəki müxtəlif təbiətli bərk çöküntülərlə çirklənmələridir. Elə bu səbəbdən də bizim işdə boruların yeni üsulla təmizlənməsi təklif olunur. Hansı ki, bu üsul müstəqil vibrasiyalı qurğunun tətbiqinə əsaslanır. Mikro robot statuslu bu qurğu boruların daxilində yerdəyişmə etməklə onların daxili səthlərini bərk çöküntülərdən təmizləyir (şəkil 23).



Şəkil 22. Vibrasiyalı simmetrik qarışdırıcının sxemi:

- 1 – gövdə; 2, 3, 5 – elektromaqnitin dolaqları; 4, 6, 7 – maqnit içlik; 8, 9 – hərəkətli rəmə; 10, 11 – fırlanma oxu; 12, 13 – yay; 14, 15 – elastik hüdudlandırıcı; 16, 17 – işçi orqanlar.

Təmizləyici qurğunun parametrlərini müəyyənləşdirmək üçün işçi orqanın bərk ayrıntılar və elektromaqnit ötürücü ilə qarşılıqlı təsirini əks etdirən riyazi model işlənib hazırlanmışdır. Bərk ayrıntılar

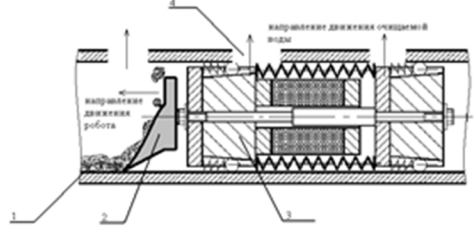
Maksimel-Foyxt modelinin koməyi ilə modelləşdirilir. Elektromaqnit ötürücüsü isə Laqranj-Maksivel tənlikləri əsasında alınmış diferensial tənliklər sistemi ilə modelləşdirilir. Qeyri-xətti diferensial tənliklər sisteminin həlli MATHCAD hesablama paketini tətbiq etməklə rəqəmli metodla yerinə yetirilmişdir. Şəkil 24-da təmizləyici qurğunun sürətinin ani qiymətinin hesablanması nümunəsi göstərilmişdir. Bu nümunədə tədqiq olunan obyektin dinamikasını müəyyənləşdirən bütün əsas kinematik və qüvvə asılılıqları alınmışdır.

VI fəsilə müxtəlif təyinatlı texnoloji vibromaşınların optimal sintezi üzrə işlənmiş analiz təqdim olunur. Aparılmış tədqiqatların əsasında vibrasiya tipli texnoloji proseslərin optimal sintezinin effektiv alqoritmi təklif olunmuşdur. Hansı ki, vibromaşınların Avtomatik layihələndirmə sistemlərinin yaradılması üçün əsas hesab olunur.

Optimallaşdırma metodlarını iki əsas tipə bölmək olar.

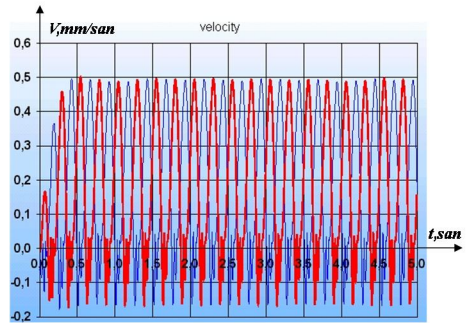
1. Analitik metodlar, hansı ki, Pantryagin maksimumu prinsipinin və variyasiyalı hesablamalar ideyasının tətbiqinə əsaslanır.

2. Ədədi metodlar. Bu metodların əsasında isə dəyişən parametrlər fəzasının qabaqcadan təyin olunmasının bu və ya digər planına müvafiq aparılmış hesablama eksperimentləri durur.



Şəkil 23. Boru kəmərlərinin bərk çöküntülərdən təmizlənməsi üçün elektromaqnit vibroötürücülü qurğunun sxemi.

1 – bərk ayrıntılar; 2 – təmizləyici qurğunun işçi orqanı; 3 – iki kontakt elementli vibroötürücü; 4 – təmizlənmiş suyun axıdılması üçün deşilmiş boru.



Şəkil 24. Təmizləyici maşınların vibrosürətlərinin asılılığı

Birinci qrup metodların bir mühüm fərqləndirici cəhəti var ki, o da qoyulmuş məsələnin dəqiq həllinin alınmasının mümkünlüyüdür. Lakin, onlar ancaq texnoloji vibromaşınların əhəmiyyətli dərəcədə sadələşdirilmiş hesabət sxemləri üçün tətbiq edirlər və bununla belə bu metodların dəyəri danılmazdır - onlar vibromaşınların optimal sintezinin əsasını təşkil edir. Vibroötürücülərin real xarakteristikalarını nəzərə almaqla mürəkkəb mexaniki sistemlər üçün optimallaşdırma məsələlərinin həll edilməsi və ya dənəvər materialların emalının bütöv mühit mexanikası tənlilikləri ilə yazılmış texnoloji proseslərinin optimallaşdırılması zərurəti yarandığı hallarında tətbiq olunması mümkün olan ancaq ədədi metodlardır. Bu metodlar içərisində ən geniş yayılanları isə əsasını ardıcılıqların bərabər paylanması nəzəriyyəsi təşkil edən və İ.M. Sobal və R.B. Statnikovun əsərlərində inkişaf etdirilən metodlardır. Rusiya Elmlər Akademiyasının Maşınşünaslıq institutunda LP-axtarışla maşınların çoxmeyarlı optimallaşdırılmaları nəzəriyyəsi yaradılmışdır.

Riqa Texniki Universitetində P.P. Audze, P.B. Slied və V.O. Eqlays tərəfindən işlənmiş original metod rəqəmli eksperimentin çoxölçülü planlanması ideyasına əsaslanır və burada müəlliflər planlamaya yeni yanaşma təklif edirlər, hansı ki, bu yanaşmada çoxölçülü approksimasiya məsələlərini həll etmək üçün approksimasiya asılılığı kimi kəsir üstlü çoxhədli qəbul edilir və bu da approksimasiya məsələlərini parametrlərin daha geniş oblastında həll olunmasına imkan yaradır. Məhdudiyəti nəzərə almaqla ekstremumun təyin edilməsi üçün intuitiv axtarış metodu tətbiq edilir.

Bu ideyalar əsasında yaradılmış tətbiqi proqramlar hal-hazırda vibromaşınların optimallaşdırılmasının çox fərqli məsələlərində geniş tətbiq edilir.

Dissertasiyada optimal sintez alqoritminin işlənilib hazırlanmasında qabarıq sığallı səthlər xüsusiyyətindən və həmçinin də optimal tədqiqat nəzəriyyəsiindən maksimum dərəcədə istifadə edilir. Vibromaşınların parametric optimallaşdırılmaları üçün işlənilib hazırlanmış metodikaların əsasında, sonrakı mərhələdə çoxölçülü approksimasiya məsələlərini həll edən tədqiqatın çoxölçülü kvadratik planlanması dayanır. Bunun üçün isə Boks-Benken, Rextşafner və s. planlar kimi 2-ci sıra standart planlar tətbiq olunur, bu planlar üçün Lomonosov adına MDU-də işlənilib hazırlanmış matrisalar isə regression modellərin əmsallarını çox sadə təyin etməyə imkan verir. Alınmış 2-ci sıra approksimasiyon səth sığallı və qabarıq olur ki, bu da ekstremumun sadə qradient metodları ilə axtarılmasına imkan verir.

Qlobal ekstremumun tapılması üçün ilkin olaraq bütün fəzanı əhatə edən planlaşdırılmış tədqiqat aparılır. Bu mərhələdə ancaq tədqiqat nöqtələrindəki

nəticələr analiz edilir. Approksimasiya aparılır. Bunun əsas səbəbi, təcrübələr nəticəsində sübut olunmuşdur ki, faktorların daha dərin dəyişməsi qənaətbəxş regression modellərin alınması imkanlarını istisna edir. Rəqəmli tədqiqatın nəticələrini analiz etməklə axtarılan ekstremumdan daha yaxında yerləşən dar oblastı seçmək olur.

Dəyişmə dərinliyi faktorların orta ölçülərinin 10%-dən çox olmadığı dar oblastlarda yeni tədqiqatlar aparılır, approksimasiya və qeyri-xətti proqramlaşdırma məsələləri həll edilir. Əgər ekstremum sərhəddə yerləşərsə, onda ekstremumun yeni oblastı seçilir. Bu zaman müəyyənləşsə ki, bu və ya digər factor optimallaşdırma meyarlarına az təsir edir, onda onun qeydə alınması məqsədəuyğundur və o dəyişən parametrlərin fəzasını kiçildərək məsələlərin həllini sadələşdirir. Beləliklə, fəzada yerdəyişmələrlə qoyulan məsələlərin həllini tapmaq mümkün olur. Burada ən yüksək nəticə isə dialoq rejimində əldə edilir. Bu zaman hər bir addımda daxil olan informasiyanı analiz edib zəruri düzəlişlər etmək olur.

Optimal sintez məsələlərinin həlli zamanı çox mühüm olan keyfiyyətin müvafiq meyarlarının K düzgün seçilməsidir. Müxtəlif müəlliflərin işlərində əməliyyatın texnoloji göstəricilərinin bütöv funksiya olaraq qəbul edilməsi əsaslandırılır. Bu aşağıdakılardan ibarət ola bilər: bərk tullantıların vibrasiyalı nəql olunmasındakı orta sürət, təmizlik dərəcəsi və i.a. Bu zaman həddlandırıcı vibroötürücünün qızma temperaturu ola bilər.

Optimal sintez məsələsində elektromaqnit ötürücünün 3-cü başlıqda işlənilib hazırlanmış riyazi modeli tətbiq edilmişdir və bu ən yaxşı xüsusi xarakteristikaya malik elektromaqnit vibroötürücünün layihələndirilməsi və yaradılmasını təmin etmişdir.

K keyfiyyət meyarının dəyişən parametrlərin vektorundan asılılığını xətti və ya qeyri-xətti asılılıqlar şəklində təsəvvür etmək olar. Lakin $K(q)$ kvadratik approksimasiyanı aşağıdakı kimi istifadə etmək məqsədəuyğun hesab olunur:

$$K = K_0 + K_1 \bar{q} + \bar{q} K_2 \bar{q}^T,$$

harada ki, K_0, K_1, K_2 - regression modellərin əmsalları, \bar{q}^T isə köçürülmüş q vektorudur.

Bu müstəvidə ekstremal qiymətin tapılması ən sürətli buraxılış qradienti metodu ilə həyata keçirilir ki, bu da K_m ekstremumuna uyğun olan \bar{q}_m vektorunun təyin edilməsinə imkan vermir.

Optimallaşdırma məsələlərinin daha ətraflı qoyuluşu o halda həyata keçirilir ki, orada keyfiyyət meyarı dənəvər materialların emalının texnoloji

xarakteristikaları olmuş olsun. Bu məsələni nəzəri olaraq həll etmək üçün emal olunan mühitlərin, vibroötürücü və vibromaşınların texnoloji proseslərinin modeləri mövcud olmalıdır.

Vibromaşınların dinamikası aşağıdakı diferensial tənlik şəklində yazılır

$$\ddot{\bar{x}} = \bar{F}(\bar{x}, \dot{\bar{x}}, \bar{g}, t); \quad \bar{F} \in \mathbb{R}^L \quad (1)$$

harada ki, $\bar{x}, \dot{\bar{x}}, \ddot{\bar{x}}, L$ - ümumiləşmiş koordinatların, sürətlərin, təcillərin müəyyən ölçülü vektorları; t - vaxt; \bar{F} - vektor-funksiyadır.

Beləliklə, keyfiyyət meyarı və hədudlar dəyişən parametrlərlə (1) sistemi vasitəsilə əlaqədədir.

Parametrik optimallaşdırma məsələsi \bar{q} kimi parametrlər vektorunun tapılmasından ibarətdir, hansı ki, müvafiq hədudlarda maksimum kompleks keyfiyyət meyarlarını təmin edir. Yuxarıda göstəriləyi kimi, məsələlərin mürəkkəbliyi ondan ibarətdir ki, keyfiyyət meyarı, K_i hədudları və \bar{q} vektorları arasında əlaqə ancaq (1) diferensial tənliklər sistemi vasitəsilə mövcud olur. Buna görə də həllin birinci mərhələsində K_i və \bar{q} arasındakı funksional asılılığı tapırıq, yəni

$$K_i = K_i(\bar{q})$$

Qoyulmuş məsələlərin həlli aşağıda qeyd olunmuş alqoritmin köməyi ilə həyata keçirilir:

1. Tədqiq olunan texnoloji prosesin və ya vibromaşının riyazi modelini tərtib edilməsi.
2. Dəyişən parametrlər vektorunun (q) və onun təyin oblastlarının (H) seçilməsi.
3. Məqsədli funksiyalar ($K_i, i = 1, \dots, n$) və keyfiyyət meyarları kompleksinin (K) seçilməsi.
4. Hədudların ($K_i, i = n_2 + 1, \dots, n_3$) seçilməsi.
5. n – faktorlu planlanmış rəqəmli tədqiqatın aparılması.
6. Məqsədli funksiyaların və hədudların regression modellərinin aşağıdakı şəkildə qurulması

$$K_i = A_i + B_i \bar{g} + \bar{g}^T C_i \bar{g}; \quad i = 1, \dots, n_3,$$

burada $A_i, B_i = \{B_1, \dots, B_n\}$,

$$c = [c_{ij}] = \begin{pmatrix} c_{11}, \dots, c_{1n} \\ \dots\dots\dots \\ \dots\dots\dots \\ c_{u1}, \dots, c_{un} \end{pmatrix} - \text{regression modellərin əmsallarıdır.}$$

7. Tapşırıqların şərti optimallaşdırmadan şərtsizə yönləndirilməsi:

$$K = K_1 + \sum_{i=n_1+1}^{n_2} K_i^2 / R + \sum_{i=n_2+1}^{n_3} RK_i^2$$

burada K –cərimə funksiyası, R – cərimə parametri;

K_{n+1}, \dots, n_2 - tarazlıqlar şəklində hədd;

K_{n+1}, \dots, n_3 - qeyri-tarazlıqlar şəklində hədd.

8. Qeyri-xətti proqramlaşdırma məsələlərinin həll edilməsi, yəni K maksimumunun tapılması məqsədilə approksimasiyon səthlər üzrə hərəkət.

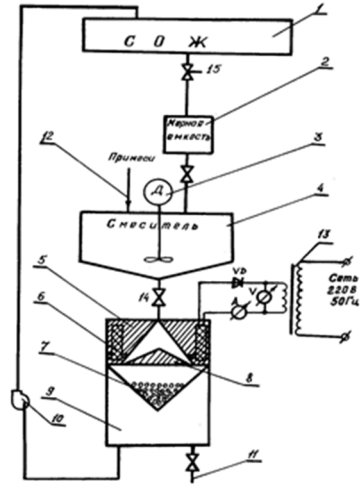
9. Aşağıdakı şərtin yerinə yetirilməsinin yoxlanılması.

$$K(\bar{q}^{t+1}) + K(\bar{q}^t) \leq \varepsilon; t = 1, 2, 3, \dots,$$

burada ε -şərtsiz optimallaşdırma prosedurlarının başa çatma parametridir.

10. \bar{q} -nin H oblastlarının sərhədlərindən çıxdıqda yeni parametrlər fəzasının seçilməsi həyata keçirilir və 4 punktuna geri dönülür. Bu alqoritmə də düzəlişin aparılması test tapşırıqlarından istifadə etməklə həyata keçirilmiş və uyğun nəticələr alınmışdır ki, bu da işlənib hazırlanmış alqoritmin qəbul edilənliyi haqqında nəticə çıxarmağa imkan vermişdir.

Təmizlənəcək çirkab suların da aid olduğu dispers sistemlərin emalı üçün nəzərdə tutulmuş maşın və mexanizmlərin istismarlarının səmərəliliyi onların layihələndirilməsinin optimal sxeminin seçilməsindən xeyli dərəcədə asılıdır.



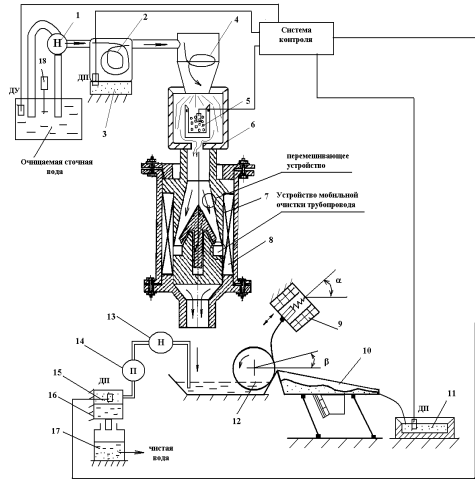
Şəkil 25. Çirkab suların təmizlənməsi üçün təcrübə-sənaye qurğusunun sxemi.

Sistemin elementlərinin (ötürmə – işçi orqan – emal olunan mühit – idarəetmə və nəzarət sistemi, həmçinin də otürmədə baş verən elektromaqnit proseslərin özəlliklərini nəzərə almadan) qarşılıqlı təsirini nəzərə almadan bu qurğuların yaradılması onların istismarı vaxtı böyük enerji itkisinə gətirib çıxara bilər və istismar xarakteristikalarını pisləşdirər. Elə buradaca həm laboratoriya, həm də sənaye şəraitlərində aparılmış təcrübi tədqiqat metodları mühüm əhəmiyyət kəsb edir.

Bu fəsildə təklif olunmuş metodlar əsasında yaradılmış təcrübi sənaye qurğularının təsviri verilmişdir (şəkil 25, 26). Qabaqcadan işlənib hazırlanmış maqnit koaulyasiyası və növbəti mərhələdə maqnit separasiyası sxemlərinin tətbiqi ilə SYM-dən çirkəndirici aşqarların təmizlənməsi əməliyyatının əsas texnoloji parametrlərinin öyrənilməsi məqsədilə aparılan tədqiqatlar üçün şəkil 25-də verilmiş laboratoriya qurğusu işlənib hazırlanmışdır.

Suların maqnitli emalları təcrübəsində araboşluğundakı maqnit sahəsinin intensivliyi 150...170 kA/m ölçüsündən çox

olmur. Laboratoriya qurğusunun işçi araboşluğunda maqnit sahəsinin ölçülməsi ölçmə zondunun (datçikin) köməyi ilə həyata keçirilmişdir, hansı ki, həmin zond maqnit sahəsinin maksimum nöqtəsində (qütblər arasındakı minimum məsafənin olduğu yerdə) yerləşdirilir.



Şəkil 26. Çirkab suların təmizlənməsi üçün kompleksin sxemi

1 – nasos, 2 – çökdürücü süzğəc, 3, 5, 11, 15, 17 – bərk tullantıların yığıldığı dəyişdirilə bilən kartric, 4 – mərkəzdənqaçma üsulu ilə işləyən kobud təmizləmə süzğəci, 6 – tutum, 7 – koaulyator, 8 – elektromaqnitin sargısı, 9 – vibrasiyalı təmizləmə maşını, 10 – vibrasiyalı nəqlətirici, 12 – maqnitli separatorun barabanı, 13 – nasos, 14 – pulsator, 16 – membranlı süzğəc, 18 – vibrasiyalı qarışdırıcı, ДП – bərk tullantılara nəzarət vericisi, ДУ – səviyyə vericisi.

Aparılmış ölçmələr və hesabatlar göstərir ki, elektromaqnit dolağının cərəyanı 6A, maqnit sahəsinin intensivliyi 170 kA/m olmuşdur, yəni laboratoriya qurğusunun maqnit sistemi praktikada mayelərin maqnitli emalının tam eynidir. Həmçinin bu başlıqda çirkab sularının təmizlənməsi üçün avadanlıqların bir neçə maşınqayırma müəssisələrində tətbiqinin nəticələri göstərilmişdir.

ƏSAS NƏTİCƏLƏR VƏ XÜLASƏLƏR

1. Çirkab suların bərk qarışıqlardan təmizlənməsində hissəciklərin təmizlənən suların axınında hərəkəti modeli əsasında ümumi nəzəriyyə təklif olunmuşdur. Bu yanaşma təmizləmə prosesinə təmizlənən mühitin kütlə daşınması vaxtı bərk qarışıqların idarəolunan çökdürülməsi kimi baxmağa imkan verir.
2. Dəyişən hava boşluğu və elektrik qidalanmasını nəzərə almaqla elektromaqnit sahəsinin elektrodinamikası əsasında elektromaqnit vibrasiyalı ötürücünün nəzəriyyəsi təkmilləşdirilmiş, hansı ki, bu nəzəriyyə elektromaqnit sahəsinin əsas xarakteristikalarının dəyişməsinə, həmçinin də, maqnit konturunun istənilən nöqtəsində maqnit selini, cərəyanın sıxlığını, induksiyanı təyin etməyə imkan verir, ən əsası isə, çirkab suların təmizlənməsində tətbiq olunan qurğuların elektromaqnit vibröötürücülərinin parametrlərinin hesablanması üçün baza yaradılmışdır.
3. Çirkab suların təmizlənməsində çökdürmə, qarışdırma, nəqletdirmə və separasiya kimi vibrasiyalı texnoloji proseslərin hesablanması metodları işlənib hazırlanmış, hansı ki, texnoloji proseslərin əsas parametrlərini, o cümlədən sürətlərin proyeksiyalarını, verilmiş məqam üçün materialın istənilən nöqtəsində gərginlik tenzorunun komponentlərini təyin etməyə imkan verir. Dispers mühitlərin normal və toxunan gərginlikləri, həcmi konsentrasiyaları və deformasiya sürətlərinin arasındakı asılılıq müəyyən edilmişdir.
4. Çevik işçi orqanın hesablanması metodu işlənib hazırlanmışdır, hansı ki, bu metod sistemlərin ekvivalent sonlu element modelləri şəklində tədqiqatına əsaslanaraq zamanın istənilən məqamında istənilən nöqtədə yerdəyişmə, sürət və təcilləri təyin etməyə imkan verir. Çevik işçi orqanda vibrasiyaları bilavasitə törədən konstruksiyalar təklif olunmuşdur, hansı ki, bu konstruksiyalar vibromaşınların funksional genişləndirilməsini təmin edir.
5. Hesabi və təcrübi verilənlərin müqayisəsi vaxtı diskretləşdirmə nöqtələrində sürətlərin amplitud qiymətlərinin minimumlaşdırılmasına

əsaslanan hissəciklərin bərk cisim modellərinin reoloji parametrlərinin identifikasiyası metodu işlənib hazırlanmışdır.

6. Emal olunan obyektin dəyişkən həcmi konsentrasiyalı mürəkkəb reoloji system olduğu sübuta yetirilmişdir, hansı ki, həmin system bir halda özünü maye, bərk qatışıqların böyük konsentrasiyalı digər hallarında isə bərk cisim kimi aparır.

7. Koaqulyasiya yolu ilə bərk qatışıqların ölçüsünü artıraraq qranulometrik tərkibi dəyişdirməklə emulsiyaların reoloji xüsusiyyətlərini idarə etməyə imkan verən texnologiya təkif olunmuş və bununla da çirkab suların təmizlənməsi prosesi kəskin şəkildə sürətləndirilmişdir.

8. Robotlaşdırılmış təmizləyici qurğunun parametrlərini təyin etmək üçün elektromaqnit vibroötürücünün və emal olunan mühitlərin reoloji xassələrini nəzərə almaqla, məlum olanlardan fərqli olan, işçi orqanın elektromaqnit vibroötürücü və bərk çöküntü ilə qarşılıqlı təsirini təsvir edən riyazi model işlənib hazırlanmışdır.

9. Keyfiyyətin texnoloji meyarları üzrə çirkab suların təmizlənməsi üçün tətbiq edilən vibrasiyalı avadanlıqların sintezi metodları işlənib hazırlanmış, hansı ki, bu metod avadanlıqların layihələndirilməsi mərhələsində elektromaqnit sahəsində baş verən elektrodinamiki proseslərdən çıxış edərək vibroötürücünün maqnit naqilinin zəruri həndəsi parametrlərinin seçilməsinə və həmçinin çevik işçi orqanın əsas xarakteristikalarını hesablamağa imkan verir. Maşınqayırma müəssisələrində çirkab suların yüksək səmərəli təmizlənməsini təmin edən vibrasiyalı qurğular sistemi yaradılmışdır.

10. Boru kəmərlərinin daxili səthlərini bərk çöküntülərdən təmizləmək üçün özündə təmizləyici qurğunun işçi orqanını, işçi orqanın təmizlənen borunun uzununa oxu boyunca hərəkətini peristaltik təsir nəticəsində təmin edən asimmetrik təmas elementlərini birləşdirən elektromaqnit vibroötürücülü robotlaşdırılmış kompleks layihələndirilmiş və düzəldilmişdir.

11. Qarışdırma, çökmə, koaqulyasiyalama, maqnit separasiyası, nəqlətdirmə kimi texnoloji prosesləri özündə birləşdirərək çirkab suların təmizlənməsini həyata keçirən eksperimental kompleks işlənib hazırlanmışdır. Aparılmış eksperimental tədqiqatlar isə bizə bu və ya digər texnoloji proseslərin həyata keçirilməsində müxtəlif vibrasion effektlərin adaptiv nəzarətinə dair nəzəri fərziyyələri təsdiq etməyə imkan vermişdir.

12. İşin nəticələri idarəolunan çökmə üsulu üzrə çirkab suların təmizlənməsində tətbiq edilən vibrasiyalı avadanlıqların hesablanması metodları şəkildə reallaşdırılmışdır. Qarışdırıcı qurğu, maqnitli süzgəc-koaqulyator, nəqlətdirici qurğu kimi xüsusi texnoloji avadanlıqlar işlənib

hazırlanmışdır. Çirkab suların təmizlənməsi üçün mobil kompleks yaradılmış və bu kompleks bir sıra maşınqayırma müəssisələrində tətbiq edilmişdir.

Dissertasiyanın əsas məzmunu aşağıdakı nəşrlərdə bəyan edilmişdir.

1. Абилов Ф.А., Лапин Ф.А., Сафаров Д.И. К вопросу автоматизации процесса очистки СОЖ // Труды АзНИИ АзВОДГЕО. Вып.20. Баку: 1991. -С.117-120.

2. Дроздов В.И., Карачевцева Л.В., Сафаров Д.И. Исследование вынужденных упругих колебаний неоднородного стержня // Известия Курского государственного технического университета. –Курск: Курск. гос. техн. ун-т, 2000. -№4. -С. 106-111.

3. Захаров И.С., Сафаров Д.И., Яцун С.Ф. Мехатронные вибрационные технологические машины. //Динамика роторных систем и вибрационных процессов: Материалы международной научно-технической конференции: -Хмельницки: Хмельницкий Гос. ун-т, 2004. -С.24-28.

4. Захаров И.С., Сафаров Д.И., Яцун С.Ф. Проектирование мехатронных вибрационных технологических машин. // «Мехатроника, автоматизация, управление». -М.:, 2005. №9. -С. 39 – 44

5. Локтионова О.Г., Сафаров Д.И., Емельянова О.В. Исследование движения частицы в потоке жидкости при очистке сточных вод. // Известия Юго-Западного государственного университета, Серия Техника и технологии. –Курск: Юго-Западный государственный университет, 2012. -№2.Ч.1. –С.163-171.

6. Политов Е.Н., Яцун С.Ф., Сафаров Д.И. Прибор для исследования реологических свойств гетерогенных сред. // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. –Самара: 2012, том 14, №4(5), –С.1423-1425.

7. Патент на полезную модель № 45722 Российская Федерация, МПК⁷ В 65 G 27/24. Вибрационный конвейер. / С.Ф. Яцун, В.Я. Мищенко, В.В. Воронин, Д.И. Сафаров; заявитель и патентообладатель Курск. гос. техн. ун-т. - № 2004129133; заявл. 04.10.2004; опубл. 27.05.2005, Бюл. №15–1 с.

8. Сафаров Д.И., Абилов Ф.А., Лапин Ф.А. Изучение влияния магнитного поля на характеристики водных СОЖ. // ВИНТИ

"Депонированные научные труды" №10(216), АзНИИНТИ. –Баку, 1989. 14 стр.

9. Сафаров Д.И., Абилов Ф.А., Лапин Ф.А. Некоторые аспекты магнитной очистки водорастворимых СОЖ. //ВИНИТИ "Депонированные научные труды" №10(216), АзНИИНТИ, 1989. 16 стр..

10.Сафаров Д.И., Абилов Ф.А Обработка смазочно-охлаждающих сточных вод с целью их повторного использования // Химия и технология воды. Т.12, №12, -Киев: 1990. -С.1111-1114

11.Сафаров Д.И., Абилов Ф.А., Лапин Ф.А. Автоматизация очистки и подготовки смазочно-охлаждающих жидкостей для многократного их использования // Проблемы и пути совершенствования системы водоснабжения и водоотведения крупных городов: сб. науч.тр. –Баку: АзНИИ АЗВОДГЕО, 1989. -С.31-32.

12.Сафаров Д.И., Абилов Ф.А., Лапин Ф.А. Двухкомпонентный анализ степени загрязненности СОЖ // Труды АзНИИ АЗВОДГЕО. Вып. 20. –Баку: 1991. –С. 112-117.

13.Сафаров, Д.И. Динамика глубинного вибратора с гибким рабочим органом // Вибрационные машины и технологии: сб. науч.тр. – Курск: Курск. гос. техн. ун-т, 1999. -С.108-113.

14.Сафаров Д.И. Динамика упругого рабочего органа, выполненного в виде жесткой пластины, закрепленной на упругих стержнях // Ученые записки АзТУ. -Баку: Азербайджанский технический университет.2000. Т.9. №1. -С. 10-14.

15. Сафаров Д.И. Динамический анализ взаимодействия гибкого рабочего органа глубинного вибратора с обрабатываемой средой //Ученые записки АзТУ. -Баку: Азербайджанский технический университет. 1999. Т.8. №3. -С. 25-29.

16. Сафаров Д.И. Симметричный глубинный вибровозбудитель // Вибрационные машины и технологии: сб. науч.тр. – Курск: Курск. гос. техн. ун-т, 1999. -С.74-79.

17. Сафаров, Д.И. Расчет параметров вибрационного фильтра-коагулятора // VIII Российская научно-техническая конференция «Материалы и упрочняющие технологии-2000»: сборник научных статей. – Курск: Курск. гос. техн. ун-т, 2000. -С.103-109.

18. Сафаров Д.И., Яцун С.Ф., Воронцов Р.И. Электромагнитный вибрационный двигатель // Известия Курского государственного

технического университета. –Курск: Курск. гос. техн. ун-т, 2001. -№6. -С. 33-39.

19. Сафаров Д.И. Исследование динамики вибрационного вискозиметра // Ученые записки АзГУ. -Баку: Азербайджанский технический университет. 2000. Т.9. №3. -С.45-48.

20. Сафаров Д.И. Моделирование взаимодействия гибкого рабочего органа с уплотняемым бетоном // Ученые Записки Азерб. Архитектурно-Строительного университета. – Баку: Азербайджанский Архитектурно-Строительный ун-т. 2000. №1-2. -С.273-276.

21. Сафаров Д.И, Воронцов Р. Динамика электромагнитного вибрационного двигателя // журн. "Бильги" - серия ТЕХНИКА. -Баку: 2000. №4. -С.42-47.

22. Сафаров Д.И. Система очистки сточных вод, выполненная на основе вибрационного фильтра-коагулятора // ЭКОЛОГИЯ Центрально Черноземной Области Российской Федерации. –Липецки: 2000. №2. - С.49-52.

23. Сафаров Д. И. Электромагнитный вибрационный фильтр-коагулятор в системе подготовки СОЖ для повторного использования // журн. "Бильги" - серия ТЕХНИКА. –Баку: 2001. №2, -С.34-39

24. Сафаров Д.И. Расчет параметров электромагнитного вибрационного фильтра-коагулятора // ПРОБЛЕМЫ МАШИНОСТРОЕНИЯ XXI ВЕКА: сб. науч. тр. –Баку: Азербайджанский технический университет. 2001. –С.160-162

25. Сафаров Д. И. Анализ взаимодействия гибкого рабочего органа с технологической нагрузкой // журн. "Бильги" - серия ТЕХНИКА. –Баку: 2001. №3, -С.57-60.

26. Сафаров Д.И., Рукавицын А.Н. Мембранный компрессор с симметричным электромагнитным приводом. // Механизмы и машины периодического и вибрационного действия. Материалы международного научного симпозиума. –Орел: 2000. -С.328-329

27. Сафаров Д.И. Построения математической модели процесса очистки СОЖ // МЕХАНИКА-МАШИНОСТРОЕНИЕ. –Баку: 2002. №3-4, -С.54-55

28. Сафаров Д. Моделирование гибких рабочих органов, применяемых в вибромашинах. // Механизмы и машины периодического

и вибрационного действия. Материалы международного научного симпозиума. –Орел: 2000. -С.263-266

29. Сафаров Д.И., Зейналова Н.С., Мамедова С.А. Построения математической модели процесса очистки сточных вод машиностроительных предприятий. // Известия Педагогического Университета. –Баку: Азербайджанский государственный педагогический ун-т. 2008, №6. – С.44-47.

30. Сафаров Д.И. Моделирование процесса осаждения твердых частиц в потоке сточных вод. // Вибрация - 2010. Управляемые вибрационные технологии и машины: сб. науч. статей. –Курск: Курск. гос. техн. ун-т. 2010, Ч.1. -С.39-46.

31. Сафаров Д.И., Мякушев К.В., Яцун С.Ф. Перемешивающее устройство с электромагнитным приводом. // Вибрационные машины и технологии: сб. науч. тр. –Курск: Курск. гос. техн. ун-т, 2001. -С.71-76.

32. Сафаров Д.И., Рукавицын А.Н. Исследование колебаний в мембране компрессора. // Вибрационные машины и технологии: сб. науч. тр. –Курск: Курск. гос. техн. ун-т, 2001. -С.87-90.

33. Сафаров Д.И., Зайцев С.А., Мищенко В.Я. Электромагнитный глубинный вибратор с симметричным приводом. // Вибрационные машины и технологии: сб. науч. тр. –Курск: Курск. гос. техн. ун-т. 2001, - С.118-121

34. Сафаров Д.И., Зайцев С.А., Артеменко Е.В. Вибрационное устройство для нанесения покрытий на зернистый материал. // Вибрационные машины и технологии: сб. науч. тр. –Курск: Курск. гос. техн. ун-т. 2001, -С.146-148.

35. Сафаров Д.И. Динамика деформируемого рабочего органа возимо-действующего с технологической нагрузкой. // Известия Педагогического Университета. –Баку: Азербайджанский государственный педагогический ун-т. 2004, №1. -С. 120-126.

36. Сафаров, Д.И. Расчет параметров электромагнитного поля вибропривода очистной машины. // МЕХАНИКА-МАШИНОСТРОЕНИЕ. – Баку: 2003. №4, -С.58-60.

37. Сафаров Д.И., Яцун С.Ф. Управляемые вибрационные технологические машины с электромагнитным приводом // МЕХАНИКА-МАШИНОСТРОЕНИЕ. –Баку: 2004. №1, -С.51-54.

38. Сафаров, Д.И., Яцун С.Ф. Моделирование динамики вибрационных технологических машин. // МЕХАНИКА-МАШИНОСТРОЕНИЕ. –Баку: 2004. №2, -С. 48-51.

39. Сафаров Д.И., Яцун С.Ф. Вибрационные технологические процессы очистки сточных вод. // Монография. –Баку: Элм, 2004. -358 с.: -500 экз. – ISBN 5-8066-1520-3.

40. Сафаров Д.И., Яцун С.Ф., Локтионова О.Г. Моделирование многокомпонентных сыпучих сред при вибрационных воздействиях. // Материалы международной науч.-техн. конф. «Механика неоднородных деформируемых тел: методы, модели, решения» -Орел: Орел ГТУ, 2004. -С. 76-79.

41. Сафаров Д.И., Нижников С.А., Яцун С.Ф. Оптимальное проектирование вибрационных меха-тронных систем. // Вторая Всероссийская научно-техническая конференция с международным участием «Мехатроника, автоматизация, управление» (МАУ-2005): сб. науч. тр. Том 2. – Уфа, 2005. –С. 115-121.

42. Сафаров Д.И., Мякушев К.В., Яцун С.Ф. Динамика перемешивающего устройства с электромагнитным виброприводом. // Известия ВУЗов машиностроение. –М.: 2005, №8. -С. 7-14

43. Сафаров, Д.И. Система очистки сточных вод выполненная на основе фильтра-коагулятора. // Известия ВУЗов машиностроение. –М.: 2005, №9. -С.63-70.

44. Сафаров Д.И. Исследование динамики устройства для внутренней очистки трубопроводов. // Известия ВУЗов машиностроение. –М.: 2005, №10. С. 39-45.

45. Сафаров Д.И., Нижников С.А., Яцун С.Ф. Расчет оптимальных параметров электромагнитной вибрационной системы. // Известия Курского государственного технического университета. –Курск: Курск. гос. техн. ун-т, 2005. -№4. –С.89-98.

46. Сафаров Д.И. Исследование системы центробежной очистки сточных вод // Вибрационные машины и технологии: сб. науч.тр.–Курск: Курск. гос. техн. ун-т, 2005. -С.1135-1142.

47. Сафаров Д.И., Мамедова С.А., Зейналова Н.С. Моделирование динамики процесса течения очищаемых сточных вод в фильтре-коагуляторе. // Известия Педагогического Университета. –Баку:

Азербайджанский государственный педагогический ун-т. 2009, №5. – С.86-90.

48.Сафаров Д.И., Емельянова О.В., Локтионова О.Г. Моделирование процесса движения частицы загрязнений в потоке жидкости. // Известия Юго-Западного государственного университета, –Курск: Юго-Западный государственный университет, 2012. -№4(43).Ч.2. –С.225-227.

49.Сафаров Д.И. Математическое моделирование движения твердых частиц в фильтре-коагуляторе при очистке сточных вод. // Azərbaycan Texnologiya Universitetinin Elmi xəbərlər məcmuəsi, №1(21), ATU, Gəncə, 2016. Səh. 98-105.

50.Свидетельство на полезную модель 12425 Российская Федерация, 7 Е 04 G 21/08. Глубинный уплотнитель бетонной смеси. / С.Ф. Яцун, В.Я. Мищенко, Д.И. Сафаров; заявитель и патентообладатель Курск. гос. техн. ун-т. - № 99114727; заявл. 06.07.1999; опубл. 10.01.2000, Бюл. №1-1 с

51.Свидетельство на полезную модель 17408 Российская Федерация, 7 А 47 J 43/04. Машина зачистная. / С.Ф. Яцун, В.Я. Мищенко, Д.И. Сафаров, А.Н. Шебанов; заявитель и патентообладатель Курск. гос. техн. ун-т. - № 2000125180; заявл. 05.10.2000; опубл. 10.04.2001, Бюл. №10-1 с.

52.Свидетельство на полезную модель 17532 Российская Федерация, 7 С 08 В 37/06. Устройство для экстракции пектиновых веществ. / С.Ф. Яцун, М.Б. Коновалов, В.Я. Мищенко Д.И. Сафаров, И.И. Селютина; заявитель и патентообладатель Курск. гос. техн. ун-т. - № 2000125764; заявл. 11.10.2000; опубл. 10.04.2001, Бюл. №10 - 1 с.

53.Свидетельство на полезную модель 12583 Российская Федерация, 7 Е 04 G 21/08. Глубинный уплотнитель бетонной смеси. /С.Ф.Яцун, В.Я. Мищенко, Д.И. Сафаров; заявитель и патентообладатель Курск. гос. техн. ун-т. - № 99115710; заявл. 14.07.1999; опубл. 20.01.2000, Бюл. №2 – 1 с.

54. Свидетельство на полезную модель 17623 Российская Федерация, 7 G 01 N 11/16. Вибрационное устройство для определения физических свойств веществ. / С.Ф. Яцун, В.Я. Мищенко, Д.И. Сафаров; заявитель и патентообладатель Курск. гос. техн. ун-т. - № 2000125179; заявл. 05.10.2000; опубл. 10.04.2001, Бюл. №10 – 1 с

55. Яцун С.Ф., Локтионова О.Г., Сафаров Д.И. Оптимальный синтез вибрационного дозатора сыпучего материала // Ученые записки АзТУ. - Баку: Азербайджанский технический университет. 1999. Т.8. №2. -С.158-165.

56. Яцун С.Ф., Локтионова О.Г., Сафаров Д.И. Моделирование взаимодействия сыпучего материала с гибким рабочим органом // Ученые записки АзТУ. -Баку: Азербайджанский технический университет. 1999. Т.8. №4. Ч.2 -С.12-15.

57. Яцун С.Ф., Сафаров Д.И., Мищенко В.Я., Локтионова О.Г., Уварова Н.П. Вибрационные машины и технологии. Ч. 1, // Монография. –Баку: Элм, 1999. -142 с.: - 500 экз. – ISBN 5-8066-1057-8.

58. Яцун С.Ф., Сафаров Д.И., Мищенко В.Я.. Основные тенденции глубинных уплотнителей бетонных смесей // Ученые записки АзТУ. - Баку: Азербайджанский технический университет. 1999. Т.8. №2. -С.166-170.

59. Яцун С.Ф., Уварова Н.П., Сафаров Д.И. Оптимизация параметров виброзащитной системы технологической вибромашины // Известия Курского государственного технического университета. –Курск: Курск. гос. техн. ун-т, 2000. -№5. -С. 24-30.

60. Яцун С.Ф., Мищенко В.Я., Сафаров Д.И. Исследование динамики перемешивающего устройства с электромагнитным приводом. // Известия Курского государственного технического университета. – Курск: Курск. гос. техн. ун-т, 2001. -№7. -С.13-17.

61. Яцун С.Ф., Сафаров Д.И., Артеменко Е.В. Исследование динамики центробежного распыления жидких сред // Известия Курского государственного технического университета. –Курск: Курск. гос. техн. ун-т, 2002. -№2(9). -С.21-25.

62. Яцун С.Ф., Сафаров Д.И., Мищенко В.Я., Локтионова О.Г. Вибрационные машины и технологии. // Монография. –Баку: Элм, 2004. -408 с.: - 500 экз. – ISBN 5-8066-2021-3.

63. Яцун С.Ф., Мищенко В.Я., Сафаров Д.И. Исследование движения двухмассового вибрационного робота. // Известия ВУЗов. Сер. «Машиностроение». -2006. -№5, С. 32-42.

64. Яцун С.Ф., Мищенко В.Я., Сафаров Д.И. Применение вибрационных мехатронных модулей для интенсификации процессов перемешивания жидких сред. //Автоматизация виробничих процесів у

машинобудуванні та приладобудуванні: укр. міжвідом. Наук.-техн. зб. /М-во освіти і науки України. Нац. Ун-т «Львів політехніка». –Львів: Вид-во Нац. ун-ту «Львів політехніка», 2006, Вип.40. –С. 306-309.

65.Jatsun Sergey, Safarov. DYNAMICS OF VIBRATING ENGINE FOR WALKING ROBOTS // 3-d International Conferens GLAWAR. – Madrid (Spain): 2000. P.529-534.

66.Jatsun Sergey, Safarov Jamil, Loktionova Oksana. Mathematical Modeling of Processing of Granular Material in a Vibroboiling Layer // First International Symposium on Microgravity Research and Applications in Fhysical Sciences and Biotechnology. –Sorrento (Italy): 2000. –P.233-239.

67.Jatsun Sergey, Safarov Jamil. Mathematical model of granular material in a vibrating boiling //Layers EUROMECH Colloquium 425. - Aberdeen (Scotland): 2001.P.322-326.

68. Jatsun Sergey, Safarov Jamil, Vorontsov Roman. Dynamics of robot with vibrating engine //GLAWAR 2001. –Karlsruhe (Germany). 2001. P.236-241.

69.Jatsun S., Safarov J., Michenko V., Rukavitsin A.. Diaphragmatic compressor equipped with symmetrik electromaagnetic drive // journal "Bilgi" - series TECHNICS. - Baku: 2000. №3. -P.14-16.

70.Jatsun S., Safarov J., Vorontsov R., Jatsun S. Dynamics of vibrating robot for in pipe inspection. // Proceedings of International Symposium, Syrom. Bucharest (Romania). 2001. -P.430-436.

71.Jatsun Sergey, Budarin Andrey, Safarov Jamil. Active control of the vibrating systems //Proceedings of the 11th International Congress on Sound and Vibration/ -St.Peterburg: 2004. -P.271-277.

72.Safarov J., Jatsun S., Loktionova O. Mathematical model of vibrating pressing of metal shaving for utilization of waste // МЕХАНИКА-МАШИНОСТРОЕНИЕ. –Баку: 2002. №1, -С.69-71.

73.Safarov, J.I. Researh And Mathematic Simulation Of The Polution Particle Motion Process In The Fluid Stream Under Effluents Treatment. // Pensee Journal, France, Vol 76, No. 09; Sep 2014, -P.83-92.

74.Safarov, J.I. Parametric Optimization Of Controllable Vibrational Technological Machines. [Text], / J.I. Safarov//. Pensee Journal, France, Vol 76, No. 12; Dec 2014, -P.74-85.

75.Safarov J.I. Mathematical Modeling of Wastewater Vibrational Filtering Process. // «Indian Journal of Science and Technology», Vol 9(22), 2016. - P. 1-6.

76.Zaharov I., Jatsun S., Safarov J. Mechatronical Vibrating System For Pressing of Metal Shaving. // Proceedings of MUSME 2005, the International Symposium on Multybody Systems and Mechatronics/ - Uberlandia (Brazil): 2005. -P.483-493.

77.Zaharov Ivan, Jatsun Sergey, Safarov Jamil. Mechatronical vibrating system for pressing of metal shaving // Proceedings of MUSME 2005: 2-nd International Symposium on Multibody systems and Mechatronics. –Praha: 2005. -P.483-493.

Safarov Jamil Ildır oğlu
Dynamics and synthesis of electromagnetic vibroconducted
vibromachines applied to wastewater treatment.

SUMMARY

The dissertation identifier is based on new releases of cleaning processes such as complex treatment processes with sedimentation of solid additives. The major scientific problem related to the theory, mathematical modeling methods and synthesis of vibration equipment used in the wastewater treatment, which stated as high importance national economy problem, has been solved in this study. A number of technological processes such as dripping fluid, - purification of water by centrifugal filtration, - flowing of water from the pump through the ring channel, - vibration mixing processes, detecting particle deposition conditions, the principles of management of the sedimentation process, used in a complex purification of wastewater have been developed in the dissertation. At the same time, the theory of movement particle in the treated water was worked out. In these work vibration occurrence methods was analyzed, also for the first time by using finite element method was fulfilled distribution diagram for electromagnetic induction, magnetic flood and electromagnetic forces which applied to determine parameters of electromagnetic field. Furthermore, in this study was represented the results of theoretical and experimental studies of the dynamics of technological vibromachines, was fulfilled the parameters calculation of the filter-coagulator and mixing device.

Various schemes of flexible working bodies were marked out, their dynamics were analyzed with the application of numerical and analytical methods of research, detailed analysis of microorganisms based on electromagnetic vibration-based basis for the purification of internal surfaces of pipelines was carried out, original schemes of vibration viscometers were proposed and mathematical analysis of the work of such installations has been made. Optimized synthesis of technological vibromachines for various purpose has been made and an algorithm of optimal synthesis of vibration-based technological processes has been proposed, which is considered to be the basis for the creation of automatic design systems for vibromachines. In the end, vibration based facility system has been established that provides high-quality wastewater treatment at machine-building enterprises.

Сафаров Джамиль Илдыр оглы
Динамика и синтез технологических виброташин с
электромагнитным виброприводом применяемых для очистки
сточных вод.

Резюме

Диссертация основывается на современном представлении о процессе очистки как о комплексном, сложном процессе где определяющим является осажждение твердых включений. В диссертации решена крупная научная проблема имеющая важное народнохозяйственное значение и заключающаяся в разработке теории, методов математического моделирования и синтеза вибрационного оборудования для очистки сточных вод.

В диссертации приведен анализ динамики целого ряда технологических процессов применяемых при комплексной очистке сточных вод. К таким процессам относятся: - течение жидкости в фильтре-отстойнике; - центробежная очистка сточных вод; - течение сточных вод в кольцевом канале фильтра-коагулятора; процессы вибрационного перемешивания. Определены условия осаждения частиц и разработаны принципы управления процессом осаждения. Одновременно была разработана теория движения частиц в потоке очищаемой жидкости. Затем, был приведен анализ способов возбуждения вибрации и впервые для определения параметров электромагнитного поля, возникающего при работе электромагнита применен метод конечных элементов и получены эпюры распределения индукции, магнитного потока и электромагнитной силы в электромагните.

В этой работе, также приведены результаты теоретических и экспериментальных исследований динамики технологических виброташин.

Выполнен расчет параметров перемешивающего устройства и фильтра-коагулятора. Особое внимание уделено различным схемам гибких рабочих органов и рассмотрена их динамика с применением аналитических и численных методов исследования, был проведен тщательный анализ микроробота созданного на основе электромагнитного вибропривода предназначенного для очистки внутренних поверхностей трубопроводов, предложены оригинальные схемы вибрационных вискозиметров и выполнен математический анализ работы таких устройств. Представлен анализ разработок по оптимальному синтезу технологических вибромашин различного назначения. На основании проведенных исследований предложен эффективный алгоритм оптимального синтеза технологических процессов вибрационного типа. Который является основой для создания системы САПР вибромашин. В завершении создан комплекс для очистки сточных вод внедренный на ряде машиностроительных предприятий.

Çapa imzalanmışdır 09.10.2018.
Sifariş №119, Format 60x84 1/16, 60 nüsxə

Azərbaycan Texnologiya Universitetinin
tipografiyasında çap olunmuşdur
Gəncə şəhəri, H.Əliyev pr., 130
**ЗАКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«АЗЕРБАЙДЖАН ХАВА ЙОЛЛАРЫ»
НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ АВИАЦИИ**

На правах рукописи

ДЖАМИЛ ИЛЬДЫР оглы САФАРОВ

**ДИНАМИКА И СИНТЕЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ
ВИБРОМАШИН С ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ
ВИБРОПРИВОДОМ,
ПРИМЕНЯЕМЫХ ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД**

**Специальность: 2004.01 – Динамика, прочность машин, приборов
и аппаратуры**

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т
диссертации представленной на соискание ученой степени
доктора технических наук

БАКУ-2018