

# AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI

*Əlyazması hüququnda*

## YÜKSƏK TƏZYİQLİ DÜZAXINLI SİYİRTMƏNİN İŞLƏNMƏSİ

İxtisas: 3313.02 - “Maşınlar, avadanlıqlar, proseslər”

Elm sahəsi: Texniki elmlər

İddiaçı: **Xalıq Sadıq oğlu Məmmədov**

Fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi almaq üçün  
təqdim edilmiş dissertasiyanın

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

**Bakı – 2025**

Dissertasiya işi Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetinin "Sənaye maşınları" kafedrasında yerinə yetirilmişdir.

Elmi rəhbər : Texnika üzrə fəlsəfə doktoru, dosent  
**Camaləddin Nurəddin oğlu Aslanov**

Rəsmi opponetlər:

1. Texnika üzrə elmlər doktoru, professor  
**Valeh İsmixan oğlu Baxşəli**
2. Texnika üzrə fəlsəfə doktoru, dosent  
**Sevda Əlipaşa qızı Ağammədova**
3. Texnika üzrə fəlsəfə doktoru  
**Hüseyn Vasif oğlu Məmmədov**

Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Ali Attestasiya Komissiyasının Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetinin nəzdində fəaliyyət göstərən ED 2.02 Dissertasiya şurası

Dissertasiya şurasının sədri:



Texnika üzrə elmlər doktoru, professor  
**İbrahim Əbülfəz oğlu Həbibov**

Dissertasiya şurasının elmi katibi:



Texnika üzrə elmlər doktoru, dosent  
**Tahir Qaffar oğlu Cabbarov**

Elmi seminarın sədri:



Texnika elmləri doktoru, professor  
**Zakir Əli Ağa oğlu Rəsulov**

İMΖΑΝΙ ΤƏSDİQ EDİR  
ADNSU-nun Elmi katibi  
dosent N.Əliyeva



## İŞİN ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI

**Mövzunun aktuallığı və işlənmə dərəcəsi.** İqtisadiyyatın aparıcı sahələrindən biri olan neft-qaz sənayesinin inkişafı həmin sahədə istifadə olunan texnologiyaların və texniki avadanlıqlarının müasir tələblərə cavab verərək daha uzunömürlü olmasını tələb edir. Müasir dövüdə tətbiq olunan kompleks birləşmələrin tərkib hissəsinə daxil olan başqa bir düyün də bağlayıcı qurğulardır.

Bağlayıcı qurğuların tərkibinə bir neçə konstruksiyalar daxildir ki, onlardan biri də siyirtmədir. Siyirtmə bağlayıcılar arasında ən geniş yayılmış və tətbiqinin əksər sahələrdə istifadəsi vacib olan bir qurğudur ki, tətbiqi maye və qaz axınının qarşısının alınmasına yaxud da axının bir istiqamətdən başqa bir istiqamətə yönəldilməsinə əsaslanmışdır.

Siyirtmənin ən işlək və daimi dəyişən təsirə məruz qalan elementi onun tıxayıcı düyünüdür. Tıxayıcı düyündə nisbi təzyiğin qeyri-bərabər paylanması nəticəsində onun kipləndirici elementləri arasında kipliyin pozulması konstruksiyanın sıradan çıxmasını əsaslandırır vacib nüanslardan biridir.

Siyirtmə konstruksiyasının daxilindən keçən məhsulun tərkibində olan abraziv dənəciklər və mexaniki hissəciklərin təsiri yeyilmə prosesinin sürətlənməsinə səbəb olur ki, bu da avadanlığın işqabiliyyətliliyini itirməsinə, onun texniki passportunda təyin edilmiş vaxtdan öncə sıradan çıxmasına gətirib çıxarır.

İş şəraitindən asılı olaraq siyirtmənin materialının tətbiq olunacaq mühitə uyğun seçilməsi, sipər-yəhər cütləri arasında kipliyin əldə olunmasını əsas götürməklə onun konstruksiyasının sadələşdirilməsi, fretting və hidroabraziv yeyilmənin minimuma endirilməsi və eyni zamanda da müasir tələblərə cavab verən siyirtmələrin, onların tıxayıcı düyünlərinin təkmilləşdirilməsi, yeni düyünlərin işlənilməsi bu gün də aktual olaraq qalmaqdadır.

Mayenin yüksək təzyiq altında təsiri nəticəsində siyirtmə konstruksiyasında baş verən yeyilmənin miqyası böyüyür. Eyni zamanda təzyiğin təsir etdiyi səth də yeyilmə təsirindən artmış olur. Ona görə də yüksək təzyiq altında siyirtmələrin uzunömürlüliyünün artırılması aktual məsələ olaraq qalmaqdadır.

**Tədqiqatın obyektı və predmeti.** Tədqiqat obyektı olaraq təkmilləşdirilmiş siyirtmə konstruksiyası seçilmişdir. Təkmilləşdirilmiş siyirtmənin işqabiliyyətliliyi tədqiq edilmiş və onun tıxayıcı düyününün yeyilməyə davamlılığının nəzəri əsasları işlənmişdir.

**Tədqiqatın məqsəd və vəzifələri.** Yüksək təzyiqli siyirtmənin detallarında yaranan hidroabraziv yeyilməyə qarşı dayanıqlılığın artırılması və bu dayanıqlılığa uyğun siyirtmə konstruksiyasının təkmilləşdirilməsidir.

**Tədqiqat metodları.** Dissertasiya işinin yerinə yetirilməsində “Solidworks”, sonlu elementlər analizi, “Python”, “Matplotlib”, “NumPy”, “Matlab” proqramlarından və fiziki-mexaniki (ISO, ГОСТ, ASTM-ə əsasən “Jinan Fangyuan Testing Machine” sürtünmə-yeyilmə maşını vasitəsi ilə sürtünmə sınaqlarının aparılması) tədqiqat metodlarından istifadə olunmuşdur.

**Müdafiyyə çıxarılan əsas müddəalar:** Qarşıya qoyulmuş məqsədə nail olmaqdan ötrü dissertasiya işində aşağıdakı məsələlər qoyulmuş və həll edilmişdir.

- İstismar şəraitində yüksək işqabiliyyətliliyi təmin edə bilən, tıxayıcı düyünü təkmilləşdirilmiş, hidroabraziv yeyilməyə davamlı yeni siyirtmə konstruksiyasının işlənməsi;
- Təkmilləşdirilmiş siyirtmənin tıxayıcı düyününün detallarının materiallarının yeni təklif olunmuş sürtünməyə dayanıqlılıq şərti daxilində seçilməsi;
- Siyirtmə detallarının hidroabraziv yeyilməyə davamlılığını təyin etmək üçün qeyri-səlis nəzəriyyə əsasında xüsusi təhlil metodunun tədqiqi;
- Kipləndirici düyünün elementlərindən olan təkmilləşdirilmiş manjetin en kəsiyinin parametrlərinin deformasiyadan asılılığını müəyyən edən “əgər-onda” qeyri-səlis modelinin işlənməsi;
- Təkmilləşdirilmiş siyirtmənin tıxayıcı düyününün detallarında yaranan mexaniki yeyilmənin sınaqlarının aparılması, müxtəlif materialların sürtünmə əmsalının təyin olunması və yeyilmə xarakteristikasının tətbiq olunan mühitdən asılılığının müəyyən edilməsi;
- Təkmilləşdirilmiş siyirtmə konstruksiyasının sınaqlarının

aparılması üçün yeni sınaq metodunun işlənməsi;

- Təkmilləşdirilmiş siyirtmə konstruksiyasının gövdəsinin və tıxayıcı detallarının gərginliyə yoxlanılması;

### **Tədqiqatın elmi yeniliyi:**

- Hidroabraziv yeyilməyə davamlı siyirtmə konstruksiyası işlənmişdir.
- Hidroabraziv yeyilməyə davamlı materialların sürtünməyə dayanıqlılıq şərti müəyyənləşdirilmişdir.
- Tıxayıcı düyünün detallarının materialları sürtünməyə dayanıqlılıq şərti daxilində seçilmişdir.
- Siyirtmə detallarının hidroabraziv yeyilməyə davamlılığını təyin etmək üçün qeyri-səlis nəzəriyyə əsasında xüsusi təhlil metodu işlənmişdir.
- Siyirtmə konstruksiyalarının işqabiliyyətliliyinin təmin olunmasının sınaq metodu işlənmişdir.

### **İşin nəzəri və praktiki əhəmiyyəti:**

Tıxac düyünü təkmilləşdirilmiş düzaxınlı siyirtmə konstruksiyası işlənmişdir və düzaxınlı siyirtmə konstruksiyasına patent alınmışdır (№ F 2023 0029). Bu patent əsasında alınmış siyirtmələr neft-qaz sənayesində tətbiq oluna bilər.

Təcrübələr “NEFTQAZMAŞ” ASC-də və Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetinin “Sənaye maşınları” kafedrasının laboratoriyasında aparılmış, siyirtmənin işqabiliyyətliliyi mühəndis simulyasiya proqramları vasitəsilə yoxlanılmış və təsdiqini tapmışdır.

Yeni siyirtmənin hazırlanıb sənayeyə təqdim olunması iqtisadi cəhətdən daha səmərəli olacaqdır. Təkmilləşdirilmiş siyirtmənin şpindel-qayka düyününün dəyişdirilməsi hesabına təklif olunan siyirtmə, mövcud siyirtmələrdən daha ucuz başa gəlir.

**İşin aprobasiyası.** Dissertasiya işinin əsas müddəaları respublika və beynəlxalq səviyyəli konfranslarda eyni zamanda, ölkə daxilində və “WOS” və “SCOPUS” bazalarına daxil olan xarici jurnallarda çap olunmuşdur, o cümlədən Science, technology, and higher education materials of the IX international research and practice conference; Canada, 23-24 december, 2015; Doktorantların və gənc tədqiqatçıların XIX Respublika Elmi Konfransı; Azərbaycan Texniki Universiteti, Bakı, 7-8 aprel, 2015; International Scientific Conference of Young

Researchers Devoted to the 94-th Anniversary of Azerbaijani National Leader Haydar Aliyev; Baku Engineering University, Baku, 5-6 may, 2017; Ümummilli lider Heydər Əliyevin anadan olmasının 98-ci ildönümünə həsr olunmuş gənc tədqiqatçı və doktorantların onlayn Elmi Konfransı; Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti, Bakı, 21 may, 2021; Proceedings of VI International scientific conference of young researchers Dedicated to the 99th anniversary of the National leader of Azerbaijan, Heydar Aliyev; Baku Engineering University, Baku, Azerbaijan, 29-30 aprel, 2022; Azərbaycan xalqının ümummilli lideri Heydər Əliyevin anadan olmasının 99-cu ildönümünə həsr olunmuş tələbə və gənc tədqiqatçıların "Gənclər və elmi innovasiyalar" mövzusunda Respublika elmi-texniki konfransı; Azərbaycan Texniki Universiteti, Bakı, 4-5 may, 2022;

**Dissertasiya işinin yerinə yetirildiyi təşkilatın adı.** Dissertasiya işi Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetinin "Sənaye maşınları" kafedrasında yerinə yetirilmişdir.

**Aparılan tədqiqatda iddiaçının şəxsi töhfəsi.** Dissertasiya işində iddiaçı ədəbiyyat mənbələrinin öyrənilməsi əsasında tədqiqat işlərinin aktuallığını əsaslandırılmış, tədqiqat metodlarının seçilməsi və onların elmi problemlərin həllində tətbiqini, tədqiqatın bütün mərhələlərində planlaşdırılmış təcrübələrin icrasını, əldə olunan nəticələrin sistemləşdirilməsini həyata keçirilmişdir. Bununla yanaşı, təcrübələrin nəticələrinin təhlili, elmi konfranslarda işin müzakirəsi və əldə edilmiş nəticələr əsasında elmi məqalələrin hazırlanması da iddiaçı tərəfindən yerinə yetirilmişdir.

**Nəşr olunma dərəcəsi.** Dissertasiya işi üzrə 17 elmi əsər, o cümlədən 10 məqalə (6 məqalə WoS: SCI/SCIE və Scopus bazasına daxildir), 1 patent, 6 müxtəlif konfrans və konqreslərdə müzakirə edilmiş məruzələrin tezisləri nəşr edilmişdir.

**Dissertasiyanın struktur bölmələrinin ayrılıqda həcmi qeyd olunmaqla dissertasiyanın işarə ilə ümumi həcmi.** Dissertasiya girişdən, 3 fəsildən (I fəsil 87580, II fəsil 10944, III fəsil 85531 işarədən), nəticələrdən, 176 elmi ədəbiyyatdan, 175 komputer səhifəsindən ibarət olub, özündə 7 cədvəl, 52 şəkli əks etdirir. İşin ümumi həcmi cədvəlsiz, şəkilsiz və ədəbiyyat siyahısız 192859 işarə təşkil edir.

## İŞİN ƏSAS MƏZMUNU

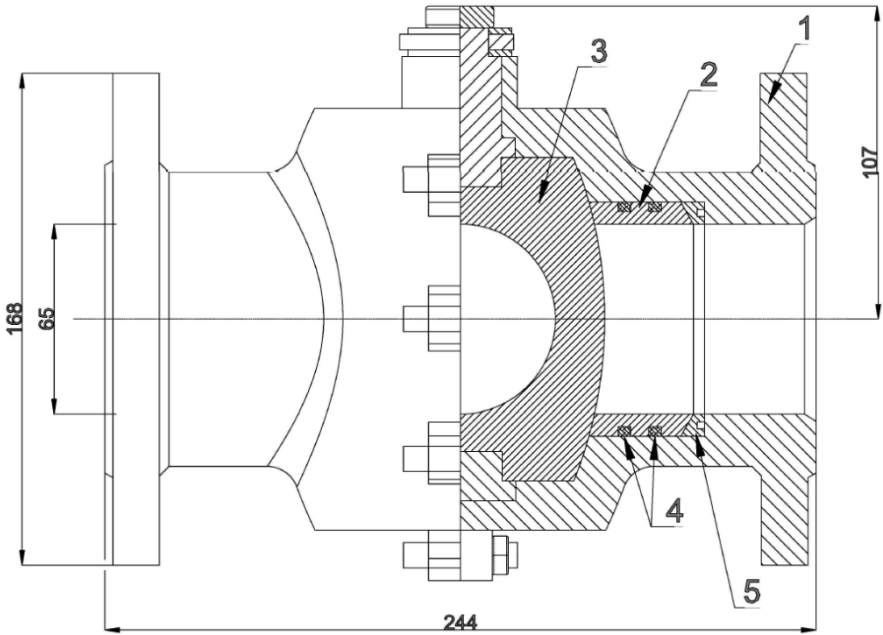
**Girişdə** dissertasiya işinin aktuallığı, tədqiqatın məqsəd və vəzifələri, müdafiə üçün təqdim olunan əsas müddəalar, tədqiqatın elmi yenilikləri, həm nəzəri, həm də praktiki əhəmiyyəti ətraflı şəkildə təqdim edilmişdir. Bununla yanaşı, işin nəticələrinin aprobeasiyası, dissertasiyanın yerinə yetirildiyi təşkilat barədə məlumat, dissertasiya işinin strukturu və həcmi, eləcə də iş çərçivəsində nəşr olunmuş elmi məqalələr barədə məlumatlar da öz əksini tapmışdır.

**Birinci fəsil** üç yarım fəsildən ibarətdir. Birinci yarım fəsildə müasir siyirtmə konstruksiyaları təhlil olunmuş, müxtəlif markalar ilə istehsal olunan siyirtmə konstruksiyalarının işqabiliyyətlik və etibarlılıq göstəriciləri müqayisə edilmişdir. Bununla yanaşı, müxtəlif şirkətlər tərəfindən istehsal olunan siyirtmələrin müqayisəli təhlili aparılmışdır. İkinci yarım fəsildə siyirtmənin tıxayıcı düyünləri nəzərdən keçirilmiş, tıxayıcı düyündə baş verən yeyilmələrin təhlili aparılmışdır. Üçüncü yarım fəsil isə siyirtmələrin tıxayıcı düyünlərində baş verən texniki və texnoloji proseslərin araşdırılmasına həsr edilmişdir. Aparılmış kritik icmalın nəticəsində məlum olur ki, mayenin yüksək təzyiq altında təsiri nəticəsində siyirtmə konstruksiyasında baş verən yeyilmənin miqyası böyüyür. Eyni zamanda təzyiqin təsir etdiyi səth də yeyilmə təsirindən artmış olur. Ona görə də yüksək təzyiq altında siyirtmələrin uzunömürlülüyünün artırılması aktual məsələ olaraq qalmaqdadır.

**İkinci fəsildə** tədqiqat obyektinin və metodlarının seçilməsi məsələlərinə baxılmışdır. Dörd yarım fəsildən ibarət olan fəslin birinci yarım fəslə tədqiqat obyektinin seçilməsinə, ikinci yarım fəslə tədqiqat metodları və onların icrasından ötrü qurğu və avadanlıqların təyin olunmasına, üçüncü yarım fəslə sınaq mühitlərinin qısa xarakteristikasının müəyyən olunmasına, dördüncü yarım fəslə isə tədqiqatların nəticələrinin işlənməsində istifadə edilən riyazi metodlara həsr olunmuşdur.

Qarşıya qoyulmuş məsələlərin həlli üçün tədqiqat obyektini kimi tıxayıcı düyünü təkmilləşdirilmiş siyirtmə konstruksiyası seçilmişdir (şəkil 1). Seçilmiş siyirtmə konstruksiyasının analoqundan fərqi onun tıxayıcı düyündə aparılmış konstruktiv dəyişikliklərlə bağlıdır.

Seçilmiş tədqiqat obyektinin tıxac düyününə Azərbaycan Respublikasının Əqli Mülkiyyət Agentliyinin F16K 11.052 (2006.01) sayılı patenti alınmışdır.



**Şəkil 1. Təkmilləşdirilmiş siyirtmənin ümumi görünüşü**  
1–gövdə; 2 – yəhər; 3 –sipər; 4 – kipləndirici; 5 – nimçəvari yay

Təkmilləşdirilmiş siyirtmə konstruksiyasının açılıb-bağlanması, onun sipərinin 90 dərəcə dönməsi ilə həyata keçirilir. Siyirtmənin giriş boğazından keçən məhsulun sipərin dönməsi ilə qarşısı alınır və bu zaman sipər keçən mayenin təzyiqinə məruz qalır. Sipər elementinin yarımellipsoid formada olması, ona təsir edən təzyiq parametrlərinin onun səthinə əsasən optimal paylanması təmin edir. Bunun nəticəsində siyirtmənin tıxac düyününə yəhər və kəpənək elementləri daha az yüklənməyə məruz qalırlar. Kipləndirici düyünlərin səthi boyunca təsir edən yükün nəticəsində sipər yəhər cütliyinə sıxılır və siyirtmə konstruksiyasının çıxış boğazında tam kiplik yaradılır, nəticədə maye



axını tamamilə dayandırılır. Yəhərin arxasında oturdulmuş kipləndirici elementlər yəhər ilə gövdə arasında tam hermetikliyi təmin edir. Nimçəvari yay, yığıcı prosesində sipər ilə yəhər arasında ilkin kipliyi yaradır və işçi rejimdə maye təzyiqinə qarşı əks qüvvə göstərir.

Təkmilləşdirilmiş siyirtmənin tıxayıcı düyünü üzərində işçi təzyiqin optimal paylanması, siyirtmənin idarə olunmasının sadələşdirilməsi və onun çıxışında yüksək kipliyin yaradılması bu konstruksiyanın etibarlılığını əhəmiyyətli dərəcədə artırmışdır.

Dissertasiya işi, siyirtmə konstruksiyasının tıxayıcı düyünündə yeyilmə hadisəsinin öyrənilməsinə və kiplənmənin təmin edilməsinin tədqiqinə həsr olunmuşdur. Tədqiqat obyektini kimi hal-hazırda neft-qaz sənayesində istifadə olunan düzaxınlı, işçi təzyiqi  $P=70$  MPa, şərti keçid diametri  $d_k=65$ mm olan siyirtmə konstruksiyası götürülərək, yeni konstruksiya verilmiş və tədqiqat həmin təkmilləşdirilmiş konstruksiyaya üzərində aparılmışdır.

İkinci fəslin ikinci paragrafında tədqiqat metodları və onların icrasından ötrü qurğu və avadanlıqların tətbiqi, sınaq mühitlərinin qısa xarakteristikası, tədqiqatların nəticələrinin işlənməsində istifadə edilən riyazi metodlar məsələlərinə baxılmışdır.

Dissertasiya işinin məqsədinə çatmaq üçün, qarşıya qoyulmuş məsələnin həll edilməsindən ötrü sınaqlar “Jinan Fangyuan Testing Machine CO.Ltd” şirkətinin “MKS-10 MMW-1” markalı vertikal-universal sürtünmə yeyilmə avadanlığında aparılmışdır.

Sürtünmə-yeyilmə hadisəsinin əsasən sipər-yəhər cütlərində olduğunu nəzərə alaraq, POLAD 20X, POLAD 40X materiallarından nümunələr seçilmişdir və onların sürtünmə yeyilmə hallarına baxılmışdır. Sipərin materialı POLAD 20X götürüldükdə yəhərin materialı POLAD 20X və POLAD 40X, sipərin materialı POLAD 40X götürüldükdə yəhərin materialı POLAD 20X və POLAD 40X seçilmişdir. Məlum olduğu kimi bu materiallar konstruksiya quruluşlarından asılı olaraq özlərini müxtəlif cür aparırlar. Müxtəlif forma altında eyni materiallı detalların təmasından baş verən yeyilmə də müxtəlif olur. Bu təsiredici qüvvənin təması bucağından asılı olur. Təcrübənin aparılması üçün ucluğu silindrik, uçbucaq və dairəvi formada olan polad çubuq nümunələri və eyni zamanda çevrəvari

polad nümunəsi hazırlanmışdır. Təcrübədə əsas parameterlər olaraq temperatur, təzyiq və zaman götürülmüşdür.

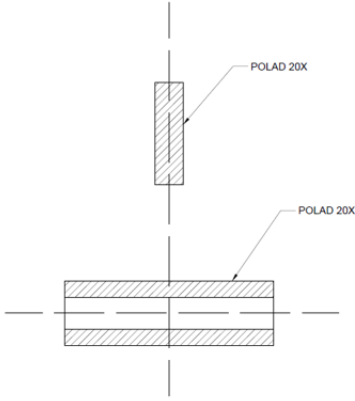
Metal-Metal (POLAD 20X - POLAD 20X, POLAD 40X – POLAD 20X, POLAD 20X - POLAD 40X və POLAD 40X- POLAD 40X) üzərində hərəkəti zamanı meydana çıxan sürtünmə-yeyilmə hadisəsinə hər üç hal üçün baxılmışdır və müvafiq qrafiklər tərtib olunmuşdur. Nümunələrin prinsipial sxemi şəkl. 2 – də verilmişdir.

Dissertasiya işində tədqiqatların nəticələrinin işlənməsində istifadə olunan metodlar həm eksperimental müşahidələrə, həm də müasir kompüter əsaslı riyazi simulyasiyalara əsaslanmışdır. “Solidworks”, “FEA”, “Python”, “Matplotlib”, “NumPy” və “Matlab” proqramlarından istifadə edilməsi, alınmış nəticələrin daha effektiv, daha etibarlı analizinin aparılmasını, dəyişən hərəkətlərin təkmilləşdirilmiş siyirtmə konstruksiyası üzərində vizual olaraq görüntülənməsini təqdim etmişdir.

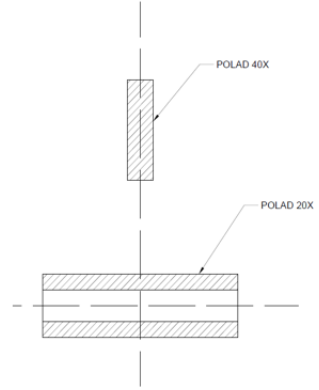
**Üçüncü fəsildə** təkmilləşdirilmiş siyirtmənin tıxayıcı düyününün detallarının materiallarının seçilməsinə yer verilmişdir. Bununla yanaşı, təkmilləşdirilmiş siyirtmənin kipləndiricisində ekvivalent gərginliyin və deformasiyanın təyin olunmasına baxılmışdır.

Təkmilləşdirilmiş siyirtmənin tıxayıcı düyününün kipləndirici elementlərinin statik və dinamik qüvvələrə eləcə də sipər-yəhər cütlüyünün hidroabraziv yeyilməyə tədqiqi, təkmilləşdirilmiş siyirtmə konstruksiyasında kipləndirici detallarının hidroabraziv yeyilməsinin nəzəri təhlili də üçüncü fəsildə aparılmışdır. Bununla yanaşı, siyirtmə konstruksiyasının nimçəvari yayının dinamik qüvvələrə yoxlanılması və dinamik qüvvələrin təsirindən baş verən yerdəyişmələr, siyirtmə konstruksiyasının gövdəsinin gərginliyə dözümlülüyü təhlil olunmuşdur. Həmçinin təkmilləşdirilmiş düzaxınlı siyirtmənin tsiklik təzyiq altında yüklənmə şəraitində imtinasız işləmə müddətinin müəyyənəndirilmişdir.

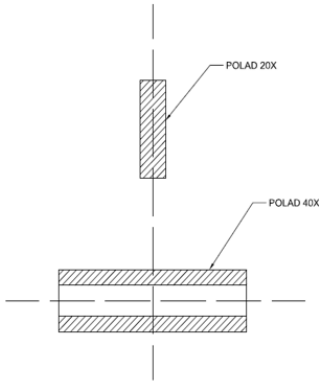
**Təkmilləşdirilmiş siyirtmənin tıxayıcı düyününün detallarının materiallarının seçilməsi.** “NEFTQAZMAŞ” ASC-də aparılan tədqiqatlar nəticəsində məlum olmuşdur ki, təzyiq göstərən detalların bərkliyi təzyiqə məruz qalan detalın bərkliyindən çox olduqda işçi səthlər - ikinci işçi səth deşilmiş olur. Detallı analiz aparmaqdan ötrü POLAD 20X və POLAD 40X materiallarından nümunələr hazırlanmış



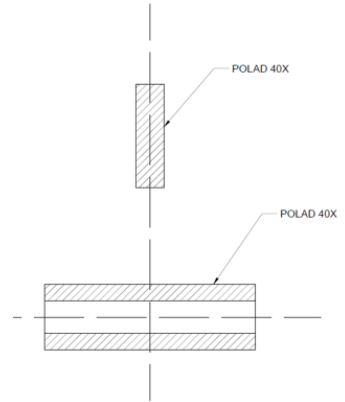
Nümunə 1



Nümunə 2



Nümunə 3



Nümunə 4

## Şəkil 2. Nümunələrin sınaq şərtləri üçün hazırlanma sxemi

Nümunə 1 – Polad 20X-nın Polad 20X üzərində hərəkəti

Nümunə 2 – Polad 40X-nın Polad 20X üzərində hərəkəti

Nümunə 3 – Polad 20X-nın Polad 40X üzərində hərəkəti

Nümunə 4 – Polad 40X-nın Polad 40X üzərində hərəkəti

və bu nümunələr “Jinan Fangyuan Testing Machine CO.Ltd” şirkətinin “MKS-10 MMW-1” markalı vertikal-universal sürtünmə yeyilmə avadanlığında sınaqdan keçirilmişdir.

Sipərin materialı ilə yəhərin materialı bir birindən fərqli və biri digəri ilə eyni formada seçilərək müqayisə olunmuşdur. Belə ki, sipərin materialı POLAD 20X götürülərkən yəhərin materialı üçün POLAD 20 X və POLAD 40 X-dan istifadə edilmişdir.

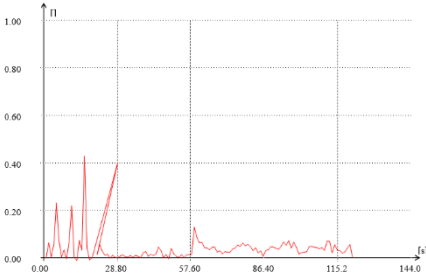
Dissertasiya işində təcrübəni həyata keçirmək üçün silindrik polad çubuq nümunəsi və çevrəvari polad nümunə hazırlanmışdır. Təcrübə aparılan zaman əsas parametrlər kimi təzyiq və zaman nəzərə alınmışdır. Dəyişən zaman intervalında öncədən təyin olunmuş qrafikə əsasən avadanlığa yük tətbiq edilərək çubuq nümunələr stasionar oturacaqda yerləşdirilmiş çevrəvari nümunə üzərində hərəkət etdirilir. Bu zaman metal-metal üzərində hərəkət zamanı baş verən sürtünmə-yeyilmə hadisəsi (POLAD 40X- POLAD 20X; POLAD 20 X- POLAD 20X; POLAD 20X- POLAD 40X; POLAD 40X- POLAD 40X) nəzərdən keçirilmiş və müvafiq qrafiklər alınmışdır (Qrafik 1, Qrafik 2, Qrafik 3, Qrafik 4). Daha sonra polad materialların bərkliyinə əsaslanaraq, qrafiklərdə göstərilən nəticələr bir-biri ilə müqayisə edilmişdir. Təcrübə şərtlərinə təmas təzyiqləri 0,00 MPa - 1 MPa, fırlanma sürəti 200-600 dövr/dəq, otaq temperaturu (RT) və sınaq müddəti 200-250 s olan 150 N-ə qədər yüklənmə daxildir. Hər bir nümunə 200-600 dövr/san fırlanma sürətində sınaqdan keçirilir. Hər bir dövrdə məlumatlar sürtünmə əmsalının sabitləşməsindən sonra nəzərə alınır.

Təcrübələrdən əldə edilən qrafiklərin təhlili göstərir ki, polad çubuq nümunəsinin bərkliyi artdıqca sürtünmə nəticəsində baş verən yeyilmə də artır. Fırlanma hərəkəti edən polad nümunənin tərpənməz oturacağa bərkidilmiş nümunədən bərkliyinin daha aşağı olması nəzərə alınmışdır. Eyni zamanda sipər materialının bərkliyi yəhərin və nişəvari yayın materiallarından daha yüksək, lakin seçilən bərkliklərin kəskin şəkildə fərqlənməməsi əsas şərt olaraq qəbul edilmişdir. Buna uyğun olaraq, təkmilləşdirilmiş siyirtmənin konstruksiyası üçün sürtünmədə dayanıqlılıq şərti seçilmişdir. O cümlədən, bizim təklif etdiyimiz təkmilləşdirilmiş siyirtmə konstruksiyasının tıxayıcı düyününün hermetik elementlərinin

struktur materiallarının seçilməsi də aşağıdakı qanuna uyğun olaraq aparılmışdır.

Test Number	2	Sample name	POLAD 20X-POLAD 20X
<b>Test Result</b>			
<b>Load</b>	77.83 N	<b>Rotate speed</b>	483.9r/min
<b>Time</b>	121 s	<b>Temperature</b>	0.0℃

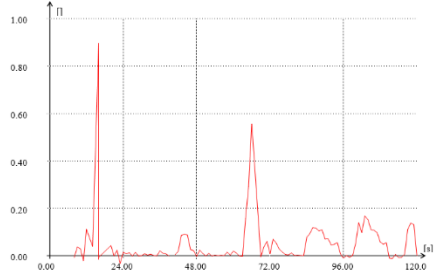
Load-Time Curve



**Qrafik 1. Polad 20X-nın Polad 20X üzərində hərəkəti**

Test Number	1	Sample name	POLAD 40X-POLAD 20X
<b>Test Result</b>			
<b>Load</b>	19.63 N	<b>Rotate speed</b>	483.8r/min
<b>Time</b>	120 s	<b>Temperature</b>	0.0℃

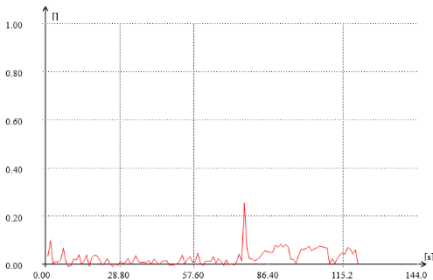
Load-Time Curve



**Qrafik 2. Polad 40X-nın Polad 20X üzərində hərəkəti**

Test Number		Sample		Sample name	POLAD20X- POLAD 40X
<b>Test Result</b>					
<b>Load</b>		37.96 N		<b>Rotate speed</b>	484.0r/min
<b>Time</b>		120 s		<b>Temperature</b>	0.0℃

Load-Time Curve



**Qrafik 3. Polad 20X-nın Polad 40X üzərində hərəkəti**

Test Number	@Test Number@	Sample name	POLAD40X-POLAD40X	
<b>Test Result</b>				
<b>Load</b>		53.66 N	<b>Rotate speed</b>	484.1r/min
<b>Time</b>		101 s	<b>Temperature</b>	0.0℃

Load-Time Curve



**Qrafik 4. Polad 40X-nın Polad 40X üzərində hərəkəti**

$$HB_{x1} < HB_{x2} > HB_{x3} \quad (1)$$

(1)- təklif olunan siyirtmə konstruksiyasının hermetik qovşaqlarında sürtünmənin dayanıqlıq əsasında alınmış formulasıdır [63]<sup>1</sup>.

**Təkmilləşdirilmiş siyirtmənin kipləndiricisində ekvivalent gərginliyin və deformasiyanın təyini.** Kipləndirici elementin en kəşik formaları müxtəlif formalarda ola bilər. Kipləndirici həlqənin en kəşik sahəsi trapesiya qəbul edilmişdir. Təsir edən ekvivalent gərginliyi almaqdan ötrü elementin X oxu üzərindən ona paralel olan  $F_x$  və Y oxuna paralel olan  $F_y$  proeksiyaları keçirilmişdir. Kipləndirici elementin diametri  $D$ , keçid diametri isə  $d$  ilə işarə olunmuşdur.

X oxu üzrə təsir göstərən baş gərginliyi  $\sigma_x$ , Y oxu üzrə təsir göstərən baş gərginliyi  $\sigma_y$  və toxunan gərginliyi  $\tau_{xy}$  ilə işarə etsək o zaman hesabat sxeminə əsasən alınan ekvivalent gərginlik aşağıdakı kimi olacaqdır:

$$\sigma_{ekv} = \sqrt{\sigma_x^2 - \sigma_x \cdot \sigma_y + \sigma_y^2 + 3\tau_{xy}^2} \leq [\sigma] \quad (2)$$

burada,  $\sigma_x$ ,  $\sigma_y$  - baş gərginliklər;  $\tau_{xy}$  - toxunan gərginlik.

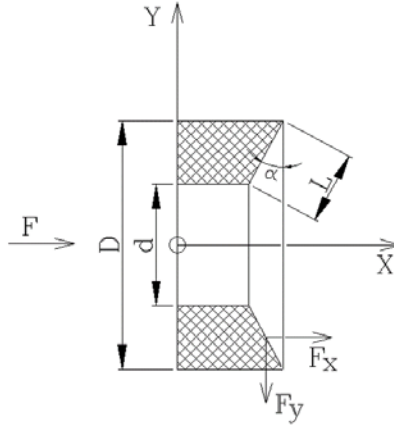
Hesabatımızda  $\tau_{xy} = 0$  qəbul edilmişdir. Təsir edən qüvvənin təzyiqindən en kəşik sahəsinin  $\alpha$  qədər dəyişməsi nəzərə alınarsa, o zaman baş gərginlikləri aşağıdakı kimi yazmaq olar:

$$\sigma_x = \frac{F \cdot \cos \alpha}{S} \quad (3)$$

$$\sigma_y = \frac{F \cdot \sin \alpha}{S} \quad (4)$$

---

<sup>1</sup>Aslanov J.N., Mammadov K.S., Zeynalov N.A. Selection of structural materials for improved Liner motion gate valves based on friction correlation method// International Journal of Advanced Technology and Engineering Exploration, 2022, № 87, - pp.155-166



**Şəkil 3.** Hesabat sxemi

burada,  $S$  – kipləndiricinin en kəşik sahəsidir və aşağıdakı kimi hesablanır:

$$S = \pi \cdot L \cdot \left( \frac{D}{2} + \frac{d}{2} \right) \quad (5)$$

$$L = \frac{D - d}{2 \cdot \cos \alpha} \quad (6)$$

(5) və (6) ifadələrini (3) və (4) ifadələrində yerinə yazırıq:

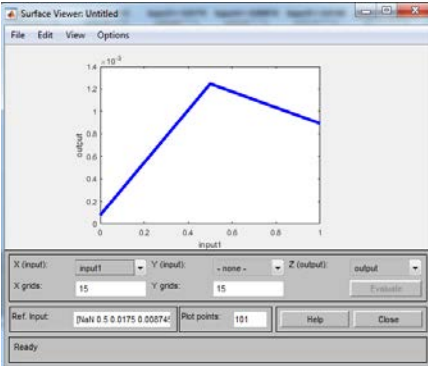
$$\sigma_X = \frac{F \cdot \cos \alpha}{\pi \cdot \left( \frac{D-d}{2 \cdot \cos \alpha} \right) \cdot \left( \frac{D}{2} + \frac{d}{2} \right)} \quad (7)$$

$$\sigma_Y = \frac{F \cdot \sin \alpha}{\pi \cdot \left( \frac{D-d}{2 \cdot \cos \alpha} \right) \cdot \left( \frac{D}{2} + \frac{d}{2} \right)} \quad (8)$$

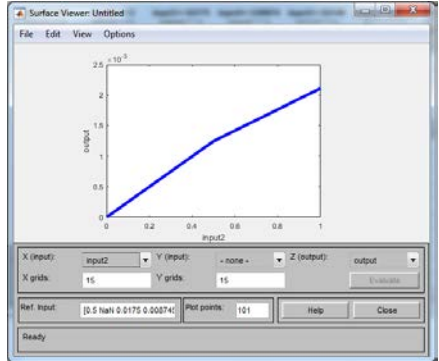
Yuxarıdakı tənliklərdən  $f(\sigma) = f(F, \alpha)$  asılılığı müşahidə olunmuşdur. Yerdəyişmənin müəyyən bucaq altında  $X$  oxu üzrə hərəkət etdiyini nəzərə alaraq, hesablamalar aparılmışdır. Verilənlər,  $P = 70 \text{ MPa}$ ;  $D = 9 \text{ mm}$ ;  $d = 6 \text{ mm}$ ;  $\mu = 0.34$ ;  $E = 0.1 \text{ MPa}$ ;  $\alpha = 0 \div 90$  dərəcə kimi qəbul edilmişdir.

Matlab programı vasitəsi ilə çoxdəyişənli ifadələrin bir biri ilə qarşılıqlı əlaqəsini ümumiləşdirilmiş qrafik üzərində vermək mümkündür. Alınmış qiymətlərin dəyişməsinin cüzi olduğu hallar üçün bucaq dəyişmələrini nəzərə almadıqda və sabitləri cədvəldən sildiyimiz halda sadələşdirilmiş dəyişənlər cədvəlini əldə etmiş olarıq.

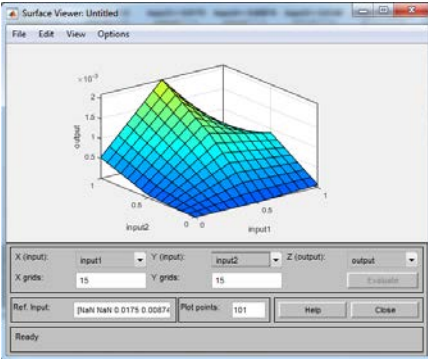
Buna əsasən dəyişənlərin qiymətlərini "arı koloniyası" üsulundan istifadə edərək Matlab programına yükləməklə dəyişənlərin 3D formatında qiymətləri və bir biri ilə qarşılıqlı əlaqəsi müəyyən edilmişdir (Qrafik 5, Qrafik 6, Qrafik 7, Qrafik 8).



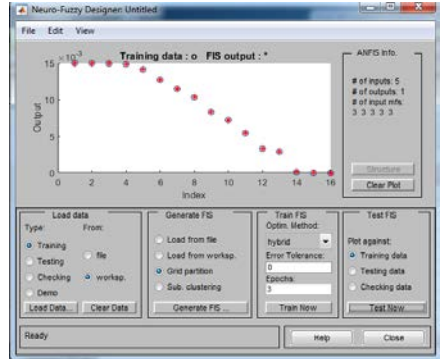
**Qrafik 5. "input 1" üzrə dəyişənlərin təhlili**



**Qrafik 6. "input 2" üzrə dəyişənlərin təhlili**



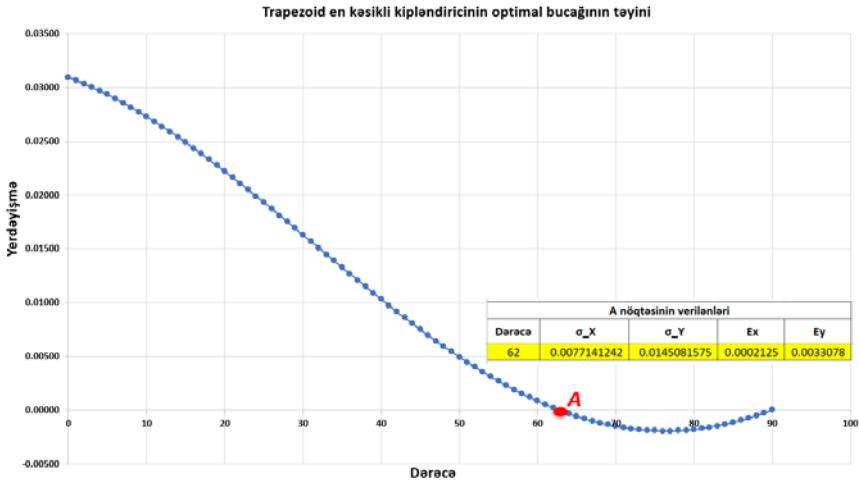
**Qrafik 6. "input 2- input 1" üzrə dəyişənlərin təhlili**



**Qrafik 7. Dəyişənlərin bir sistemə köçürülməsi**



Alınmış dəyişənlərin müqayisəli təhlili əsasında siyirtmənin verilmiş yeni konstruksiyasının trapezoid formasına malik olan kipləndiricinin təzyiç altında dəyişməsinin ən optimal qiyməti 62 dərəcədədir (Qrafik 9).



**Qrafik 9. Trapezoid en kəsikli kipləndiricinin oturma bucağının təyini**

**Təkmilləşdirilmiş siyirtmə konstruksiyasının sipər yəhər cütünün yeyilməyə tədqiqi.** Təkmilləşdirilmiş siyirtmə konstruksiyasının daxili elementləri üzərində istilik ötürməsinin simulyasiyası aparılmışdır. Simulyasiya üçün “Solidworks” modeli qurulmuş və bir sıra yan təsirlər nəzərə alınmamışdır. Siyirtmənin gövdəsinin iç divarı qalın divar kimi seçilir ki, simulyasiya zamanı istilik keçiriciliyi hermetik elementlərin hərəkətindən yaranan istilik ilə qarşılıqlı təsirdə olmasın. Siyirtmənin tıxac düyününün hermetik elementlərinin açıq, yarı-açıq, bağlı vəziyyətləri nəzərdən keçirilmişdir. Bu halların təyin olunmasında əsas məqsəd istilik ötürməsinin müəyyən olunmasıdır. Simulyasiya prosesində, məhsulun siyirtmənin yarı açıq vəziyyətində 45 dərəcə bucaq altında keçəyi zaman tıxayıcının detallarında yaranan yeyilmə faktoru nəzər alınmalıdır.

Atmosfer təzyiqli siyirtmənin çıxışında nəzərə alınır, giriş isə işçi təzyiqli ilə izlənilir. Elementlər üzərində istilik ötürülməsi onların hansı təzyiqlə məruz qalmasından irəli gəlir. İstilik ötürməsinin və istilik keçiriciliyinin təyin olunmasından ötrü, siyirtmə konstruksiyasının tıxayıcısının elementləri üzərində aparılan simulyasiyanın nəticəsi, təzyiqlin paylanmasına və bu paylanmanın simulyasiya nəticəsinin qrafiki üzərinə köçürülməsinə əsaslanmışdır.

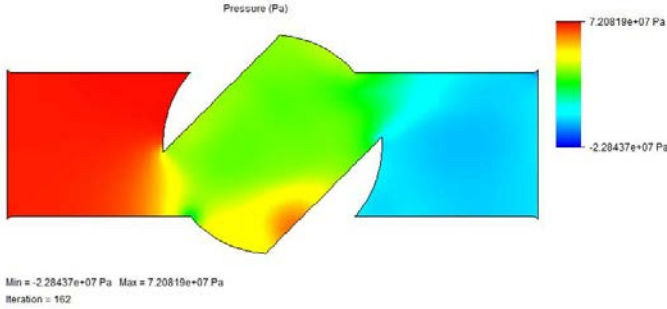
Şəbəkə üçün sərhəd şərtləri proqramın özü tərəfindən təyin olunmuş standart olaraq götürülmüşdür. 2D müstəvisində konstruksiyanın daxili elementlərinin quruluşu və təzyiqlə qarşı göstərdikləri təsiri nəzərdən keçirilmişdir. Statik təzyiqli və temperatur konstruksiyaya üçün ilkin termodinamik parametrlər kimi seçilmişdir. Sürət vektoru axın zamanı nəzərə alınan ayrıca bir amil kimi götürülmüşdür.

Konstruksiyaya üçün axının əsasən laminar olmasına baxmayaraq, onun vəziyyətində 45 dərəcə altında turbuləntlik müşahidə oluna bilər. Ona görə də, avadanlığın turbuləntlik xüsusiyyətləri aşağıdakı kimi qəbul edilmişdir. Turbuləntlik intensivliyi 2.00 %, turbuləntliyin uzunluğu 0,002 m qəbul olunmuşdur. Girişdə statik təzyiqlin tətbiql olunmasına baxmayaraq, o çıxışda atmosfer təzyiqli ilə cəmlənir. Buna görə də, cari iş üçün verilənlər kimi sərhəd şərtləri nəzərə alınır.

### **Təkmilləşdirilmiş siyirtmə konstruksiyasında kipləndirici detalların hidroabraziv yeyilməsinin nəzəri təhlili.**

Təkmilləşdirilmiş düzaxınlı siyirtmənin kipləndirici elementlərinin texniki etibarlılığını qiymətləndirmək üçün sistemdə axının paylanmasının simulyasiyası siyirtmə konstruksiyasının qapalı, açıql, yarı açıql vəziyyətləri üzrə aparılmışdır. Siper, yəhər, nimçəvari yay, sıxaclar və siyirtmənin bir neçə digər elementləri CAD proqramı üzərindən layihələndirilmiş və “Solidworks” proqram təminatına transfer olunmuşdur. Təkmilləşdirilmiş siyirtmədən keçən axının təzyiqli işçi təzyiqlin ən yüksək qiyməti kimi nəzərə alınmış və axın zamanı statik saxlanmışdır. Statik təzyiqli 70 MPa, siyirtmənin nominal diametri isə 65 mm qəbul edilmişdir. Simulyasiya zamanı yəhərin ən kəsiyi trapezoid qəbul olunmuşdur və onun hazırlanmasında müxtəlif dərəcəli polad materiallar nəzərə alınmışdır. Bunlar QOST 7809 əsasən POLAD 20X, POLAD 40X qəbul

edilmişdir. Təklif olunan trapesvari nimçəvari yayın tətbiqindən sonra sistemin təzyiqinin işçi təzyiqdən 10% artıq yüklənməni qəbul etdiyi müşahidə olunmuşdur (Qrafik 10).



**Qrafik 10. Yarı-açıq vəziyyətdə təkmilləşdirilmiş siyirtmə konstruksiyasında axının hərəkəti və onun hermetik elementlərə təsirinin simulyasiyası**

Yarı-açıq vəziyyətdə aparılan tədqiqatın nəticəsində düzaxınlı siyirtmənin daxilindən keçən məhsulun hərəkətinin bir müddət sonra laminar axından turbulent axına dəyişməsi müşahidə edilmişdir.

Simulyasiya siyirtmənin qapalı vəziyyəti üçün də aparılmışdır. Tədqiqatlar nəticəsində təklif olunan təkmilləşdirilmiş siyirtmənin etibarlılığı və səmərəliliyi sübut olunmuşdur. Nəticələr göstərmişdir ki, müxtəlif hissələrin imtinaya meyilli olması siyirtmənin müxtəlif mövqelərində fərqli formada olur. Açıq vəziyyətdə bu çox qabarıq şəkildə nəzərə çarpmasa da, siyirtmənin bağlı vəziyyətində bunu açıq şəkildə görmək mümkündür. Lakin təklif olunan sipər və nimçəvari yayın yeni konstruksiyası hesabına bu nisbətən aradan qaldırılmışdır və nisbi təzyiqin bərabər paylanması qismən də olsa əldə olunmuşdur.

Tədqiqat nəticələri göstərmişdir ki, təkmilləşdirilmiş düzaxınlı siyirtmə konstruksiyası, xüsusilə yeni sipər və nimçəvari yay tətbiqilə yüksək təzyiq və yüklənmələrə qarşı daha etibarlı və səmərəli işləmə qabiliyyətinə malikdir.

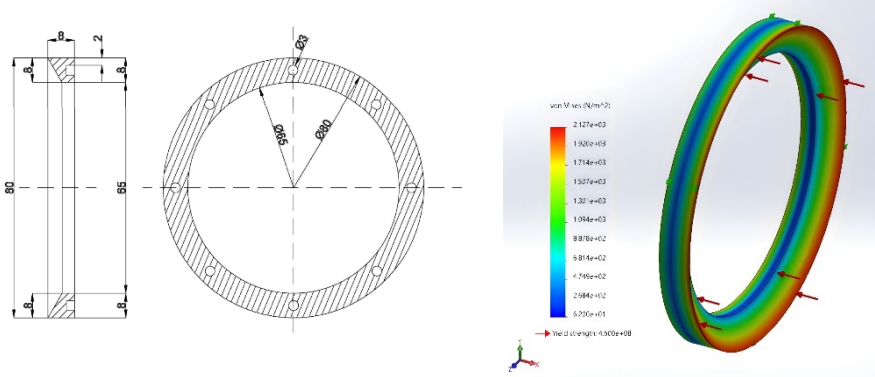
**Siyirtmə konstruksiyasının yayına təsir edən dinamik qüvvələrin tədqiqi.** Təkmilləşdirilmiş siyirtmə konstruksiyasının tıxayıcı düyününün bir hissəsi olan nimçəvari yayın en kəşik sahəsinin

dəyişməsi onun müxtəlif yüklənmələrə daha çox müqavimət göstərməsinə səbəb olur. Trapesvari yüklənmə zamanı təzyiğin siyirtmənin nimçəvari yayının səthi üzərində paylanmasına bir neçə halda baxılmışdır.

“Solidworks” proqramında nimçəvari yayın yeni təklif olunmuş konstruksiyasının modeli qurulmuşdur və həmin model 3D formatında simulyasiya üçün sistemdə formalaşdırılmışdır. Simulyasiyanın aparılmasından ötrü lazımı parametrlərin sistemə daxil olması strukturlaşdırılmış bloklama heksahedralından istifadə etməklə mümkündür. Təzyiq paylanmasına nimçəvari yayın iki halında baxılmışdır. Birinci hal nimçəvari yayın hər iki üzünə axın istiqamətində təsir edən qüvvənin təsirini ehtiva etmiş, ikinci hal isə nimçəvari yayın reversiv istiqamətdə maye axınının təsirini müşahidə etməkdən ötrü aparılmışdır. Ümumilikdə əldə olunan nəticələr mühitdən asılı olaraq nimçəvari yayı dəyişdirilmiş konstruksiyanın (təkmilləşdirilmiş siyirtmənin) tətbiqinin vacibliyini sübut etməyə və eyni zamanda da alınmış nəticələrə ilkin verilənlər kimi baxmaqla gələcəkdə daha geniş tədqiqatlar aparmağa imkan verdiyi müəyyən edilmişdir. Nimçəvari yayı təsir edən təzyiq 0 MPa-dan başlayaraq tədricən artırılmışdır. 70 MPa işçi təzyiqə çatdıqda statik olaraq nimçəvari yay həmin təzyiq altında saxlanılmışdır. Sonrakı mərhələdə isə API standartına uyğun olaraq, siyirtmənin kipləndirici elementi 10% əlavə təzyiqə məruz qalıb, yenidən statik yüklənmə altında yayın forma və ölçülərini dəyişəbilmə ehtimalına baxılmışdır. Tədqiqat nəticəsində siyirtmənin nimçəvari yayının işçi təzyiqdən 10% artıq yüklənməni qəbul etdiyi təsdiqini tapmışdır.

Tədqiqat işində, siyirtmənin nimçəvari yayının daxili radiusu və elementin üzərində yaranan gərginlikli vəziyyətin analizi aparılmışdır. Aparılan tədqiqatın əsas məqsədi, yorulmaların təhlili və kritik gərginlik düyünlərini müəyyən etmək olmuşdur. Siyirtmənin işçi təzyiqini 70MPa qəbul etdiyimiz hal üçün 20MPa aşağı və 20MPa yuxarı təzyiq diapazonunu təhlil etmək təcrübə cəhətdən daha məqsədəuyğun hesab edilmişdir. Simulyasiyanın aparılması zamanı, əsasən, nimçəvari yayın üzərində gərginliklərin dəyişməsi məsələsinə baxılmışdır. Təzyiğin tətbiqi zamanı yaranan gərginlik əsasən yayın daxili radiusu boyunca müşahidə edilmişdir ki, bu da materialda

yourlmadan çatların yaranmasını qeyd etməyə əsas verir. Gərginlik amplitudunun yüksək olduğu bu nöqtələrdə çatların daha da artması, imtinalara səbəb olması gözlənilir. FEA tədqiqatının nəticəsi göstərmişdir ki, siyirtmə konstruksiyasının kipləndirmə detalının nimçəvari yayı daxili radiusu boyunca kritik dəyişmələrə məruz qalır (şək. 4).



**Şəkil 4. Təkmilləşdirilmiş nimçəvari yaya təsir edən qüvvələrin simulyasiyası**

Daxili radius boyunca gərginliyin konsentrasiyasının verilmiş təzyiq nəticəsində artması müşahidə olunmuşdur. Aparılmış tədqiqat göstərmişdir ki, nimçəvari yayın davam gətirə biləcəyi maksimum gərginlik 140 MPa-dır. Bu gərginlik xüsusilə siyirtmənin kipləndirici düyününün nimçəvari yayının daxili hissəsinə toplanır. Məhz bu nöqtələrdə yorulmadan çatların yaranma ehtimalı yüksək olur.

Tədqiqatın nəticəsində siyirtmənin daxili radiusunda gərginliyin daha çox yığıldığı aşkar olunmuşdur. Bu kimi hallarda əsasən radiusun qalınlığının artırılması, daha keyifyyətli və dayanıqlı materialın seçilməsi, gərginliyin qeyri-bərabər paylanması minimuma endirilməsi təklif edilir. Lakin, tədqiq olunan siyirtmənin nimçəvari yayının 140MPa təzyiqə davam gətirdiyi və tələb olunan işçi təzyiqin 70MPa olmasını nəzərə alınaraq, aparılmış FEA əsasında təklif olunmuş siyirtmə konstruksiyasının detalının işqabiliyyətliliyi sübut olunmuşdur.

Aparılan FEA analizi göstərmişdir ki, təkmilləşdirilmiş nimçəvari

yay 140 MPa gərginliyə davam gətirir və tələb olunan işçi təzyiqi (70 MPa) rahatlıqla təmin edir. Bu nəticələr nimçəvari yayın təklif olunan konstruksiyasının etibarlılığını və işqabiliyyətini təsdiqləyir.

**Təkmilləşdirilmiş siyirtmənin nimçəvari yayının dinamik qiüvvələrin təsirindən baş verən yerdəyişmələrin təhlili.** Dissertasiya işinin bu hissəsində sonlu elementlər analizi üsulundan istifadə olunmaqla, təkmilləşdirilmiş siyirtmə üçün seçilmiş nimçəvari yay konstruksiyasının yerdəyişməsi analiz edilmişdir. Hazırki tədqiqat, 70MPa üçün siyirtmənin nimçəvari yayının yerdəyişməsini və radial deformasiyaları analiz edir. Bu analizdən ötrü yüksək möhkəmliyə malik və korroziyaya davam gətirə bilən paslanmaz polad nümunəsi seçilmişdir. Tədqiqat üçün nimçəvari yaya silindrik struktur formasında baxılmış, proqramda bir silindr formasında modelləşdirilərək yüklənilmişdir. Digər parametrlər isə daxili radius 65 mm; xarici radius 80 mm; qalınlıq 8 mm kimi qəbul edilmişdir.

İşçi təzyiq 70MPa olmasına baxmayaraq, tətbiq olunan təzyiq kimi 75MPa nəzərdə tutulmuşdur. Analizin aparılmasından ötrü proqramda “mesh” funksiyasını yaratmaq vacibdir. “Mesh” funksiyasında element olaraq yay 50 radial elementə və qalınlıq boyunca 30 təbəqəyə ayrılmışdır ki, bütün yanaşmalar üzərindən dəqiq nəticələr əldə olunub, onlar ortaqlı bir qiymətə gətirilə bilsin. Yerdəyişmə üçün tədqiqat zamanı aşağıdakı düsturdan istifadə olunmuşdur:

$$u_r = \frac{P \cdot r^2}{E \cdot t} \quad (9)$$

burada,  $u_r$  – radial yerdəyişmə;  $P$  – daxili təzyiq, MPa;  $r$  – mərkəzdən olan məsafə,  $E$  – yunq modulu,  $t$  – qalınlıq.

(9) tənliyi hər bir radial nöqtə boyunca nimçəvari yay elementinin deformasiyaya uğramasını göstərir.

Aparılan tədqiqatdan əldə olunan nəticələrə əsasən, maksimal yerdəyişmə siyirtmənin nimçəvari yayının xarici kənarı boyunca müşahidə olunmuşdur. Bu göstərici 0.0115 metr kimi qiymətləndirilmişdir. Analizin nəticəsi olaraq, radius artdıqca radial qiüvvənin artması müşahidə olunmuşdur ki, o da öz növbəsində materialın daha çox deformasiya olmasına səbəb olur. Daxili radius

boyunca isə yerdəyişmənin qiyməti 0.011 metr qədər olmuşdur. Burada təzyiqli təsirinə nisbətən az məruz qaldığı üçün, deformasiya yaradacaq az qüvvəyə məruz qalır. Radial yerdəyişmə Yunq modulu və qəbul edilmiş materialın qalınlığı ilə əlaqəli olduğundan, materialın daha qalın seçilməsi yerdəyişmənin azalmasına gətirib çıxarmışdır. Təzyiqli diapazonun yüksəldikcə, radial yerdəyişmənin də simmetrik olaraq artması müşahidə olunmuşdur.

Tədqiqat nəticələri göstərmişdir ki, təkmilləşdirilmiş nimçəvari yay konstruksiyası tətbiq olunan 75 MPa təzyiqli altında effektiv işləyərək nəzərəçarpan yüksək deformasiyalara məruz qalmır.

**Təkmilləşdirilmiş siyirtmənin əsas elementlərinin gərginliyə yoxlanılması.** Təkmilləşdirilmiş siyirtmənin hazırkı simulyasiyası konstruksiyada baş verən gərginliyin, siyirtmənin gövdəsi və nimçəvari yayın ən kəskin sahəsi boyunca paylanmasını təhlil edir. “Python” və “Matplotlib” proqram təminatlarının kodlaşdırma dilinin imkanlarından istifadə olunaraq sadələşdirilmiş gərginlik paylanmasının riyazi model üzərində simulyasiyası aparılmışdır.

“NumPy” proqramının sonlu elementlərin simulyasiyası bölməsinə əsasən simulyasiyada nəzərə alınan parametrlərin nəzəri hesablanması yerinə yetirilmişdir. Aparılan tədqiqat təkmilləşdirilmiş siyirtmənin gövdəsində əmələ gələn radial, uzununa gərginliyi və onun ən kəskin boyunda paylanan gərginliyi (halqa boyunca baş verən gərginlik) qiymətləndirməyə həsr olunmuşdur. Siyirtmənin gövdəsində 2D kontur qrafiki üzrə aparılmış simulyasiyanın nəticəsində görmək mümkündür ki, burada baş verən gərginlik ən çox daxili radius boyunca artır. Radial gərginlik siyirtmə konstruksiyasının mərkəzinə yaxınlaşdıqca, pik həddini alır və xarici radius boyunca, səthə doğru irəlilədikcə tədricən azalmağa başlayır.

Təkmilləşdirilmiş siyirtmənin gərginlikli halı, həm kipləndirici elementin, həm də siyirtmənin gövdəsinin gərginliyə simulyasiyası ilə təhlil edilmiş, təkmilləşdirilmiş siyirtmənin 75 MPa yüksək təzyiqli şəraitində (işçi təzyiqdən 5MPa artıq qəbul olunmuşdur) tətbiq olunmuş təzyiqli dəyişməsinə olan davamlılığı əsaslandırılmışdır.

Kipləndiricilərin daxili radiusu boyunca təsir edən gərginlik dəyişən təzyiqli nəticəsində 325 MPa-ya çatır. Bu gərginlikli hal paslanmaz poladın tipik möhkəmlik intervalı daxilindədir. Buna

baxmayaraq, daxilə doğru hərəkət edən sıxılma qüvvəsinin də qiyməti yüksəlmiş və -75 MPa-ya çatmışdır. 162,5 MPa-lıq uzununa təsir edən gərginlik siyirtmənin hündürlüyü üzrə əlavə təzyiq yaranmasına səbəb olmuşdur. Yaranan gərginliklər seçilmiş materialın yorulmasını və eyni zamanda da aşınmanın baş verə biləcəyi vacib səthləri aydınlaşdırmağa imkan vermişdir.

Siyirtmənin gövdəsi də əsasən daxili radius boyunca gərginliyə məruz qalmışdır. 325 MPa gərginlik siyirtmənin gövdəsinin daxili səthi üzrə paylandığı aparılan tədqiqat nəticəsində müəyyən olunmuşdur. Bu da öz növbəsində sıradan çıxmağa meyilli olan kritik hissələrin gərginliyə davamlılığını, o cümlədən siyirtmənin gövdəsinin kipləndirici ilə olan təmas sahəsində paylanmasını əsaslandırmağa imkan vermişdir. Kipləndirici elementlər üçün tətbiq olunan təzyiq nəticəsində yaranan ilkin gərginliklər radial, uzununa və konstruksiyanın en kəsiyi boyunca paylanan gərginliklərdir (halqa boyunca baş verən gərginlik). Kipləndiriciyə ümumi olaraq silindrik bir formada baxsaq, o zaman elementin en kəsiyi boyunca yaranan gərginliyi aşağıdakı kimi qəbul etmək olar:

$$\sigma_h = \frac{P \cdot r_i}{t} \quad (10)$$

burada,  $\sigma_h$  - zaman elementin en kəsiyi boyunca yaranan gərginlik; P – daxilə təzyiq;  $r_i$  – daxilə diametr; t – divarın qalınlığıdır. Bu zaman yaranan radial gərginlik aşağıdakı kimi hesablanacaqdır:

$$\sigma_r = -P \quad (11)$$

burada,  $\sigma_r$  – radial gərginlik olub, kipləndiricinin daxili səthinin əksinə yaranır və sabit qəbul edilir. Bundan əlavə olaraq yaranan uzununa gərginlik isə aşağıdakı kimi ifadə olunur.

$$\sigma_t = \frac{P \cdot r_i}{2t} \quad (12)$$

burada,  $\sigma_t$  – uzununa gərginlik olub, siyirtmənin oxu boyunca təsir



edir.

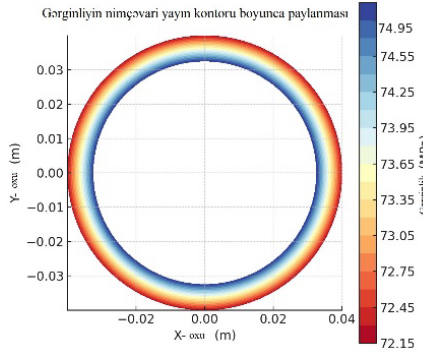
Yuxarıdakı düsturu 75MPa işçi təzyiqə hesablanmış təkmilləşdirilmiş siyirtməyə tətbiq etsək və elementin digər parametrlərini təklif olunan təkmilləşdirilmiş siyirtmə konstruksiyası üçün tətbiq etsək, o zaman aşağıdakı cədvəldə (cədv. 1) göstərilən qiymətləri almış olarıq.

**Cədvəl 1**

**Simulyasiyası üçün kipləndirici elementin nəzərə alınmış parametrlərin qiymətləndirilməsi**

$\sigma_h$ , MPa	P, MPa	t, m	$r_i$ , m	$\sigma_r$ , MPa	$\sigma_t$ , MPa
325	75	0.015	0.065	-75	162.5

“Matplotlib” proqram təminatı istifadə olunaraq verilmiş göstəricilər proqrama işlənmiş, siyirtmənin hər 0.30 MPa intervalında yüklənməsi və gərginliyə davamlılığı təhlil olunmuşdur (qrafik 11).

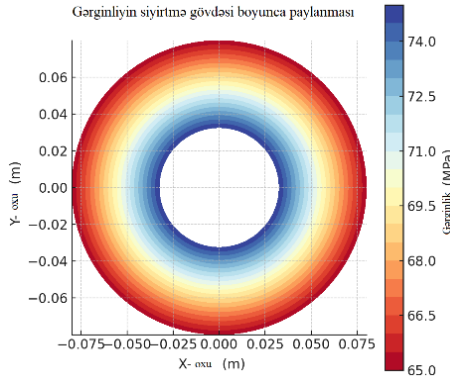


**Qrafik 11. Nişəvəri yay üzərində gərginliyin simulyasiyası**

X oxunda götürülmüş müsbət və mənfi qiymətlər yüklənmədən asılı olaraq siyirtmənin nişəvəri yayının mərkəzindən sağ-sola doğru hərəkəti ifadə edir və xaricə doğru genişlənir. Y oxunda göstərilmiş mənfi və müsbət qiymətlər isə müvafiq olaraq siyirtmənin nişəvəri yayının mərkəzindən yuxarıya yaxud da aşağıya doğru olan hərəkətini ifadə edir və xaricə doğru genişlənir. Qrafikdən görüldüyü kimi, ən yüksək gərginlik nişəvəri yayın daxili radiusu ətrafında, əsasən də

kipləndirmə üzlərinin yaxınlığında baş verir. Burada gərginliyin tədricən artması göstərilən modelin kənarından içəriyə doğru rəng faktorunu dəyişməsi ilə müşahidə olunur. Eyni formada simulyasiyanı təkmilləşdirilmiş siyirtmə konstruksiyasına birbaşa tətbiq etmək və onun elementləri ilə birlikdə gərginliyə olan davamlılığına baxılmışdır. Bu məqsədlə, siyirtmənin 2D quruluşu autocad proqramında işləndikdən sonra, yeni bir “Python” proqram dili ilə “Matplotlib”ə yönləndirilmiş və ona təzyiğin birbaşa təsiri eyni adlı modelin üzərində analiz olunmuşdur (qrafik 12).

Siyirtmənin gövdəsində 2D kontur qrafiki üzrə aparılmış simulyasiyanın nəticəsində görmək mümkündür ki, burada baş verən gərginlik ən çox daxili radius boyunca artır. Radial gərginlik siyirtmə konstruksiyasının mərkəzinə yaxınlaşdıqca, pik həddini alır və xarici radius boyunca, səthə doğru irəlilədikcə tədricən azalmağa başlayır. Hələqə boyunca baş verən gərginlik daxili səth üzrə paylanan təzyiğin birbaşa materiala təsiri olduğu nöqtələrdə maksimum olur.



**Qrafik 12. Təkmilləşdirilmiş siyirtmənin gövdəsi üzərində gərginliyin simulyasiyası**

Təkmilləşdirilmiş siyirtmənin gərginlikli halı, həm kipləndirici elementin, həm də siyirtmənin gövdəsinin gərginliyə simulyasiyası ilə təhlil edilmiş, təkmilləşdirilmiş siyirtmənin yüksək təzyiç şəraitində tətbiq olunmuş təzyiç dəyişməsinə olan davamlılığı əsaslandırılmışdır.

Kipləndiricilərin daxili radiusu boyunca təsir edən gərginlik

dəyişən təzyiq nəticəsində 325 MPa-a çatır. Bu gərginlikli hal paslanmaz poladın tipik möhkəmlik intervalı daxilindədir. Buna baxmayaraq, daxilə doğru hərəkət edən sıxılma qüvvəsinin də qiyməti yüksəlir və -75 MPa-ya çatır. 162,5 MPa-lıq uzununa təsir edən gərginlik siyirtmənin hündürlüyü üzrə əlavə təzyiq yaranmasına səbəb olur. Yaranan gərginliklər seçilmiş materialın yorulmasını və eyni zamanda da aşınmanın baş verə biləcəyi vacib səthləri aydınlaşdırmağa imkan verir. Siyirtmənin gövdəsi də, əsasən daxili radius boyunca gərginliyə məruz qalır. 325 MPa gərginlik siyirtmənin gövdəsinin daxili səthi üzrə paylanır. Bu da öz növbəsində sıradan çıxmağa meyilli olan kritik hissələrin gərginliyə davamlılığını, o cümlədən siyirtmənin gövdəsinin kipləndirici ilə olan təmas sahəsində paylanmasını əsaslandırmağa imkan verir.

Təkmilləşdirilmiş siyirtmənin gövdəsinin xarici səthinə təsir edən radial gərginlik -49,5 MPa-ya qədər azalır. Bu azalma eyni zamanda sıxıcı qüvvənin də iç səthdən kənara doğru yönəldikcə azalmasını göstərir. 162,5 MPa-lıq uzununa yaranan gərginlik konstruksiyanın gövdəsi üzrə qüvvələrin nisbətən bərabər paylanmasını göstərsə də, ən yüksək gərginlik sıxlığı daxili radius üzrə qalmaqdadır.

Təkmilləşdirilmiş siyirtmə konstruksiyasının gövdəsində və niçəvari yayında gərginliyin əsasən daxili radius boyunca maksimum həddə çatmasını aparılan tədqiqat təsdiqləmişdir. Halqa boyunca baş verən 325 MPa-lıq maksimal gərginlik materialın möhkəmlik sərhədləri daxilindədir və təkmilləşdirilmiş konstruksiyanın 75 MPa yüksək təzyiq şəraitində etibarlılığını təsdiqləyir. Gərginliklərin paylanması analizləri həm gövdənin, həm də kipləndirici elementlərin yorulma və aşınma nöqtələrini müəyyən etməyə imkan vermişdir.

**Təkmilləşdirilmiş düzaxınlı siyirtmənin tsiklik təzyiq altında yüklənmə şəraitində imtinasız işləmə müddətinin müəyyənəndirilməsi.** Hesablama, təzyiqi 50 MPa ilə 90 MPa arasında dəyişən, orta təzyiqi isə 75 MPa olan, gövdəsi paslanmayan poladdan hazırlanmış siyirtmənin yorulma həddini tədqiq edir. Analiz Miner qaydasından istifadə edərək nasazlığın nə zaman baş verə biləcəyini proqnozlaşdırmaqla siyirtmənin işqabiliyyətliliyinin zəifləməsi dövrünü müəyyən edir. Bir çox paslanmaz polad növlərində

yorğunluq həddi təxminən materialın son dartılma gücünün 50%-i təşkil edir. AISI 304 və ya AISI 316 kimi tipik paslanmayan polad növlərində buraxılabilən gərginlik həddi təxminən 240 MPa ilə 260 MPa arasında olur. Bu həddən aşağı olan gərginlik səviyyələrində paslanmayan polad tsiklik təsir edən gərginliyə yorulmadan davam gətirə bilər. Lakin gərginlik amplitudu artdıqca, materialın dözübiləcəyi dövr sayının kəskin şəkildə azalması baş verir. Bu əlaqə gərginlik və konstruksiya materialının sıradan çıxmağa qədər olan dövrlərinin sayı arasındakı münasibət kimi tanınan “S-N əyrisi” (Gərginlik-Dövr Sayı Əyrisi) ilə təmsil olunur.

50 MPa ilə 90 MPa arasında işləyən bir siyirtmə üçün gərginlik (10) düsturundan istifadə olunaraq hesablanmışdır və qiymətlər uyğun olaraq 389.99 MPa və 216.67 MPa alınmışdır. Gərginlik amplitudası ( $\Delta\sigma$ ) təzyiğin konstruksiyaya təsiri zamanı yaranan maksimum və minimum gərginliklər arasındakı fərq olub, aşağıdakı kimi hesablanır.

$$\Delta\sigma = \frac{\sigma_{max} - \sigma_{min}}{2} \quad (13)$$

burada,  $\Delta\sigma$  – gərginlik amplitudası;  $\sigma_{max}$  - maksimum gərginlik;  $\sigma_{min}$  - minimum gərginlik.

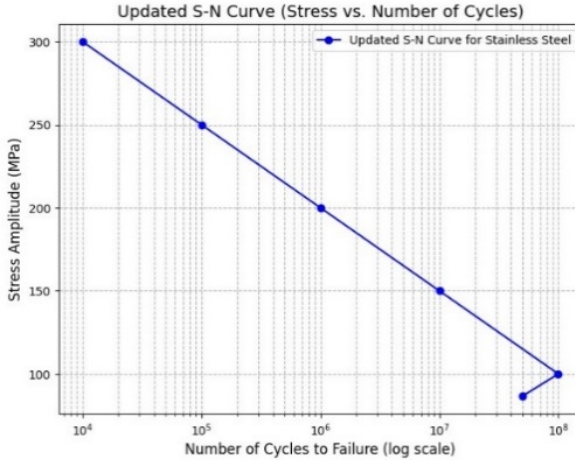
Təyin edilmiş gərginlik amplitudasını nəzərə alaraq, tsiklik yüklənmə altında baş verən təsirlərin təxmini hesablanması metodu olan Miner qaydası ilə siyirtmənin işqabiliyyətliliyini qiymətləndirmək mümkündür. Miner qaydasına əsasən,

$$D = \sum \frac{n_i}{N_i} \quad (14)$$

burada,  $D$  — tsiklik yüklənmə altında baş verən günlük təsirlərdən yaranan yorulmanı göstərir ( $D = 1$  olduqda nasazlıq baş verir);  $n_i$  — təsir edən müəyyən bir gərginlik səviyyəsində tətbiq edilən dövrlərin sayıdır;  $N_i$  — həmin gərginlik səviyyəsində nasazlığa qədər olan ümumi dövrlərin sayıdır.

Dəyişən təzyiq altında işləyən təkmilləşdirilmiş siyirtmə konstruksiyası üçün gündəlik dövrlərin sayı işqabiliyyətliliyinin təxmini qiymətləndirilməsi üçün vacib bir amil hesab olunur.

Siyirtmənin gündə 10,000 dövr keçirdiyini fərz etsək, işqabiliyyətlilik dövrü paslanmayan polad gövdədən olan siyirtmə üçün S-N əyrisinə əsasən hesablanı bilər. Yığılmış məlumatların emalı nəticəsində siyirtmə konstruksiyasının seçilmiş materialı üçün S-N qrafiki qurulmuşdur (qrafik 13). 86.66 MPa gərginlik amplitudası üçün siyirtmə təxminən  $50 \times 10^6$  dövrə qədər işləyə bilər.



**Qrafik 13. İmtinalara qədər olan dövrlər sayı**

300 MPa gərginlik amplitudasında, paslanmaz polad 10,000 dövr sonra sıradan çıxıb bildiyi halda, 150 MPa gərginlik amplitudasında isə, təxminən 50 milyon dövr sonra sıradan çıxıb bilər. Bu məlumatlar AISI 304 və ya AISI 316 kimi adı paslanmayan polad növlərinin tsiklik yüklənmə şəraitində aparılan empirik sınaqlarına əsaslanır. Dəyişən təzyiqlər altında işləyən təkmilləşdirilmiş siyirtmə üçün gündəlik dövrlərin sayı onun seçilmiş materialının qiymətləndirilməsində vacib əhəmiyyət daşıyır.

Siyirtmənin bir gündə 10,000 dövr keçirdiyini fərz etsək, materialın yorğunluğunu nəzərə alaraq hesablanmış uzunömürlülük dövrü paslanmaz polad üçün S-N əyrisi ilə əsaslandırılı bilər. 86.66 MPa gərginlik amplitudası üçün siyirtmə təxminən  $50 \times 10^6$  dövrə qədər işləyə bildiyini yuxarıdakı ifadədə nəzərə alsaq, o zaman materialın yorulma müddəti aşağıdakı kimi olacaqdır:

$$D = \frac{50 \cdot 10^6}{10,000 \cdot 365} = 13.7 \text{ il} \quad (15)$$

Aparılmış təhlilin nəticəsi (15) təklif olunmuş siyirtmə konstruksiyasının seçilmiş materiallar əsasında hazırlandıqda, 13.7 ilə qədər dayanıqlı olmasını, eyni zamanda texniki xidmətinin vaxtında müntəzəm olaraq aparıldığı təqdirdə etibarlılıq göstəricilərini saxlamasını əsaslandırmağa imkan verir.

## NƏTİCƏ

1. İstismar şəraitində yüksək işqabiliyyətliliyi təmin edə bilən, tıxayıcı düyünü təkmilləşdirilmiş, hidroabraziv yeyilməyə davamlı yeni siyirtmə konstruksiyası işlənmiş və patent alınmışdır.
2. Təkmilləşdirilmiş siyirtmənin tıxayıcı düyününün detallarının materialları yeni təklif olunmuş sürtünməyə dayanıqlılıq şərti daxilində seçilmişdir.
3. Siyirtmə detallarının hidroabraziv yeyilməyə davamlılığını təyin etmək üçün qeyri-səlis nəzəriyyə əsasında xüsusi təhlil metodu işlənmişdir.
4. Kipləndirici düyünün elementlərindən olan təkmilləşdirilmiş manjetin en kəsiyinin parametrlərinin deformasiyadan asılılığını müəyyən edən “əgər-onda” qeyri-səlis modeli işlənmişdir.
5. Təkmilləşdirilmiş siyirtmənin tıxayıcı düyününün detallarında yaranan mexaniki yeyilmənin sınaqları aparılmış, müxtəlif materialların sürtünmə əmsalı təyin olunmuş və yeyilmə xarakteristikasının tətbiq olunan mühitdən asılılığı müəyyən edilmişdir.
6. Təkmilləşdirilmiş siyirtmə konstruksiyasının sınaqlarının aparılması üçün yeni sınaq metodu işlənmişdir.
7. Miner qaydası ilə aparılmış təhlilin nəticəsi təklif olunmuş siyirtmə konstruksiyasının seçilmiş materiallar əsasında hazırlandıqda, 13.7 ilə qədər dayanıqlı olmasını, eyni zamanda texniki xidmətinin vaxtında müntəzəm olaraq aparıldığı təqdirdə etibarlılıq göstəricilərini saxlamasını əsaslandırmağa imkan vermişdir.

8. Sonlu elementlər analizi əsasında təkmilləşdirilmiş siyirtmə konstruksiyasının gövdəsi və tıxayıcı detalları gərginliyə yoxlanılmış və siyirtmə konstruksiyasının 70 MPa təzyiqlə davamlı olması məlum olmuşdur.

**Dissertasiya işinin mövzusu üzrə dərc edilmiş elmi əsərlər:**

1. Mammadov Kh.S., Stress analysis of the main components of improved gate valve construction // Equipment, Technologies, Materials; Azerbaijan, Baku – 2024, № 5, - p.16-26.
2. Aslanov J.N., Mammadov Kh.S., Zeynalov N.A., Ibayeva L.R. Enhancing the Durability of Remote-Controlled Gate Valves // “Nafta-Gaz” Oil and Gas Institute - National Research Institute; Cracow, Poland -2024, № 9, - p.592-601.
3. Aslanov J.N., Mammadov Kh.S., Zeynalov N.A. Study of Equivalent Stress and Strain in Improved Valve Construction Hermetic Elements // International Journal on “Technical and Physical Problems of Engineering” (IJTPE), -2024, 60 (3), - p.227-233.
4. Aslanov C.N., Məmmədov X.S. Düzaxınlı siyirtmənin tıxayıcı düyünü F16K/11/052 (2006.01) U 2021 0028 //Azərbaycan Respublikası Əqli Mülkiyyət Agentliyi Patent və Əmtəə Nişanlarının Ekspertizası Mərkəzi -2023, № 2, s.27.
5. Aslanov J.N., Mammadov Kh.S., Zeynalov N.A., Hamidova G.A. Increasing ball valve workability by changing the design of its hermetic element // International Journal on “Technical and Physical Problems of Engineering” (IJTPE), -2023, 55 (2), - p.214-220.
6. Mammadov Kh.S., Aslanov J.N. Frictional wear of improved valve hermetic elements caused by heat transfer // Jurnal Tribologi, Malaysian Tribology Society, -2022, №35, - p.134-149.
7. Aslanov J.N., Mammadov Kh.S. Design and performance analysis of improved valve construction being used in oil and gas industry // International Journal on “Technical and Physical Problems of Engineering” (IJTPE), -2022, 51 (2), - p.98-103.
8. Aslanov C.N., Məmmədov X.S. Improved valve construction's

- hermetic elements simulation through solidworks // Azərbaycan xalqının ümummilli lideri Heydər Əliyevin anadan olmasının 99-cu ildönümünə həsr olunmuş tələbə və gənc tədqiqatçıların “Gənclər və elmi innovasiyalar” mövzusunda Respublika elmi-texniki konfransı, Azərbaycan Texniki Universiteti, Bakı; 04-05 may, - 2022. -s.731-734.
9. Aslanov J.N., Mammadov Kh.S. Increase of new proposed ball valve workability by provision of new design for the sealing element // Proceedings of VI International scientific conference of young researchers Dedicated to the 99th anniversary of the National leader of Azerbaijan, Heydar Aliyev, Baku Engineering University, Baku, Azerbaijan, April, - 29-30 aprel, 2022. -p. 829-831.
  10. Aslanov J.N., Mammadov Kh.S., Zeynalov N.A. Selection of structural materials for improved Liner motion gate valves based on friction correlation method // International Journal of Advanced Technology and Engineering Exploration (IJATEE), - 14 february, -2022, № 87, - p.155-166.
  11. Aslanov C.N., Məmmədov X.S. Increasing the longevity of improved straight flow valves // Ümummilli lider Heydər Əliyevin anadan olmasının 98-ci ildönümünə həsr olunmuş gənc tədqiqatçı və doktorantların onlayn Elmi Konfransı, Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti, Bakı, Azərbaycan, 20 -21 may, - 2021, -s. 137-140.
  12. Mammadov Kh.S. Comparative analysis of Butterfly valves being used in Industry // Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences, Academy for Environment and Life Sciences, India; - 26 july, - 2019, № 8, -p. 88-90.
  13. Mammadov Kh.S. Determination of reliability in butterfly valves and their comparative evaluations // Azerbaijan Technical University, Baku; -2017, № 4, -p. 48-51.
  14. Aslanov J.N., Mammadov Kh.S. Increasing Reliability of The Improved Machines and Equipment: Determination of Productivity Criteria // Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences, Academy for Environment and Life Sciences, India; - 26 july, - 2017, № 7, -p. 55-58.



15. Məmmədov X.S. Diskli siyirtmələrin kipiğəc elementlərinin işqabiliyyətliyiinin yüksəldilməsi // International Scientific Conference of Young Researchers Devoted to the 94-th Anniversary of Azerbaijani National Leader Haydar Aliyev, Baku Engineering University, Baku; 05-06 may, -2017, -p. 287-288.
16. Mammadov Kh.S. Study of wear resistance generated during friction in the packing units of valve // PhD students and young researchers Republican scientific conference XIX, Azerbaijan State Economic University, Baku; - 2015, № 1, p.161-162.
17. Aslanov J.N., Mammadov Kh.S. Increasing improved plug valve's efficiency // Science, technology, and higher education materials of the IX international research and practice conference, Westwood, Canada; 23-24 december, -2015, № 1, p. 235-239.

### **Həmmüəlliflərlə yerinə yetirilən işlərdə iddiaçının şəxsi əməyi:**

[1, 12, 13, 15] – saylı işlər müəllif tərəfindən müstəqil yerinə yetirilmişdir.

[2-11, 14, 16,17] – saylı işlərdə məsələnin həlli, təcrübi tədqiqatların aparılması müəllif tərəfindən, məsələnin qoyuluşu və tədqiqatlardan əldə olunan nəticələrin işlənməsi isə həmmüəlliflərlə birgə yerinə yetirilmişdir.



Dissertasiyanın müdafiəsi « 14 » 03 2025-ci il tarixində saat 14<sup>00</sup>- da Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetinin nəzdində fəaliyyət göstərən ED 2.02 Dissertasiya Şurasının iclasında keçiriləcək.

Ünvan: AZ 1010, Bakı şəhəri, Azadlıq prospekti 34.

Dissertasiya ilə Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetinin kitabxanasında tanış olmaq mümkündür.

Dissertasiya və avtoreferatın elektron versiyaları Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universitetinin rəsmi internet saytında yerləşdirilmişdir.

Avtoreferat «       » 2025-ci il tarixində zəruri ünvanlara göndərilmişdir

Çapa imzalanıb: 07.02.2025

Kağızın formatı: A5

Həcm: 39.981

Tiraj: 100