

**AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI ELM VƏ TƏHSİL NAZİRLİYİ**  
**AZƏRBAYCAN TEXNİKİ UNİVERSİTETİ**  
**MEXANİKA kafedrası**

---

**Qasımzadə İlkin Kamil oğlu**  
**Əlizadə Ramil Kamil oğlu**  
**Quliyev Cavidan Murad oğlu**  
**Məhəmmədov Nəsif Ruslan oğlu**  
**Əmirli Şahanə Yaşar qızı**

**QARABAĞ İQTİSADİ ZONASINDA AĞILLI SUVARMA**  
**QURĞULARINDAN İSTİFADƏ PERSPEKTİVLƏRİ VƏ ONLARIN**  
**HİDROMEXANİKİ PARAMETRLƏRİNİN TƏDQIQI**

**mövzusunda**

**MAGİSTRİK DİSSERTASİYASI**

**İxtisas: 060630 – Mexanika mühəndisliyi**

**İxtisaslaşma: Hidromexanika və hidravlik maşınlar**

**Elmi rəhbər: T.e.d., professor Valeh İ. Baxşəli**

**BAKİ – 2024**

## MÜNDƏRİCAT

<b>GİRİŞ</b> .....	3
I Titul vərəqi ( <b>Qasımzadə İlkin Kamil oğlu</b> ).....	6
<b>I FƏSİL. AĞILLI SUVARMA SİSTEMLƏRİNİN ARAŞDIRILMASI VƏ MEXANİKİ XASSƏLƏRİNİN HESABLANMASI</b> .....	7
1.1. Ağıllı Suvarma Sistemləri.....	7
1.2. Ağıllı Suvarma Sistemlərinin Mexaniki Xassələri.....	12
II Titul vərəqi ( <b>Əlizadə Ramil Kamil oğlu</b> ).....	20
<b>II FƏSİL. AĞILLI HİDROMEXANİKİ QURĞULARIN DİNAMİK ANALİZİ VƏ İNKİŞAFININ PERSPEKTİVLƏRİ</b> .....	21
2.1. Hidromexaniki Qurğuların Anlayışı və Əhəmiyyəti.....	21
2.2. Ağıllı Qurğuların İşləmə Prinsipləri.....	28
III Titul vərəqi ( <b>Quliyev Cavidan Murad oğlu</b> ).....	34
<b>III FƏSİL. MÜTƏRƏQQİ HİDROMEXANİKİ QURĞULARIN ETİBARLIĞININ YÜKSƏLDİLMƏSİ YOLLARININ ARAŞDIRILMASI</b> .....	35
3.1. Etibarlılıq Problemlərinin Təsnifatı və Təsiri.....	35
3.2. Etibarlılıq Üçün Riyazi Modellər və Simulyasiyalar.....	41
IV Titul vərəqi ( <b>Məhəmmədov Nəşif Ruslan oğlu</b> ).....	44
<b>IV FƏSİL. KÜLƏK NASOS QURĞULARINDA PORŞEN-SİLİNDR CÜTÜNÜN ANALİZİ</b> .....	45
4.1. Porşen-silindr cütünün işləmə prinsipi və mexanizmləri.....	45
4.2. Silindr içindəki maye dinamikası və təzyiq dalğalanmaları.....	49
V Titul vərəqi ( <b>Əmirli Şahanə Yaşar qızı</b> ).....	56
<b>V FƏSİL. QARABAĞ İQTİSADİ ZONASINDA AĞILLI SUVARMA SİSTEMLƏRİNİN TƏTBİQİ PERSPEKTİVLƏRİ VƏ PRAKTİKİ TÖVSIYƏLƏRİN HAZIRLANMASI</b> .....	57
5.1. Ağıllı suvarma sistemlərinin əhəmiyyəti və mövcud vəziyyət.....	57
5.2. İqlim dəyişikliyinə suvarma tələblərinə təsiri.....	63
<b>NƏTİCƏ</b> .....	68
<b>ƏDƏBİYYAT SİYAHISI</b> .....	70

## **GİRİŞ**

**Elmi İşin Aktuallığı:** Bu elmi iş, suvarma və hidromexaniki sistemlərin optimallaşdırılmasında ağıllı texnologiyaların tətbiqinin zəruriliyini və aktuallığını qabardır. Dünya miqyasında su resurslarının məhdudluğu və iqlim dəyişikliyi ilə əlaqədar olaraq, suvarma sistemlərinin effektivliyini artırmaq həm ekoloji, həm də iqtisadi cəhətdən mühüm bir məsələdir.

**Tədqiqatın Məqsəd və Vəzifələri:** Tədqiqatın məqsədi ağıllı suvarma və hidromexaniki sistemlərin dizaynı, idarəetməsi və təkmilləşdirilməsi yollarını öyrənməkdir. Tədqiqatın əsas vəzifələri aşağıdakılardır:

1. Ağıllı sistemlərin suvarma və hidromexanika sahəsində tətbiqinin təhlili.
2. Sistem komponentlərinin dinamikasının dəyərləndirilməsi.
3. Etibarlılığı artırmaq üçün yeni yanaşmaların işlənib hazırlanması.

**Tədqiqatın Obyekt və Predmeti:** Tədqiqatın obyektı ağıllı suvarma və hidromexaniki sistemlərdir. Tədqiqatın predmeti isə bu sistemlərin mexaniki və elektron komponentlərinin optimallaşdırılması və idarə edilməsidir.

**Elmi nəticələr.** Tədqiqatın elmi yeniliyi, hidromexaniki sistemlərdə ağıllı texnologiyaların inteqrasiyası və onların işləkliyinin optimallaşdırılması üçün yeni metodların və modellərin işlənib hazırlanmasında yadır.

### **Müdafiəyə aşağıdakı nəticələr çıxarılır:**

- Ağıllı suvarma sistemlərinin araşdırılması və mexaniki xassələrinin hesablanması;
- Ağıllı hidromexaniki qurğuların dinamik analizi və inkişafının perspektivləri;
- Külək nasos qurğularında porşen-slindir cütünün analizi;
- Alınan nəticələrin ümumiləşdirilməsi və praktiki tövsiyələrin hazırlanması.

**Tədqiqat metodları.** Dissertasiyada istifadə olunan tədqiqat üsulları maşın və mexanizmlər nəzəriyyəsi və analitik funksiyalar nəzəriyyəsi metodlarına əsaslanır.

Dissertasiyada qoyulmuş məsələlərin təklif olunan həlli üsulu müxtəlif analitik və hesabi metodların kombinasiyasından ibarətdir.

**Həqiqilik.** Alınmış nəticələrin həqiqiliyi - məsələlərin fiziki və riyazi qoyuluşunun korrektiliyi, mexanikanın fundamental qanunlarını tətbiqi və alınmış nəticələrin xüsusi hallarda məlum həllərlə müqayisəsi ilə təmin edilir.

**Praktiki dəyəri.** Tədqiqatın praktiki əhəmiyyəti suvarma sistemlərinin daha effektiv idarə edilməsində və su resurslarının qorunmasında, habelə enerji sərfiyyatının azaldılmasında öz əksini tapır, bu da ekoloji və iqtisadi baxımdan müsbət təsirlərə malikdir.

**İşin strukturu və həcmi.** Dissertasiya girişdən, 5 fəsildən, alınmış mühüm nəticələrdən və ədəbiyyat siyahısından ibarətdir. İşə 73 səhifəlik mətn, 14 şəkil, 47 adda bibliografiya daxildir.

**Girişdə** qısa olaraq, nəzərdən keçirilən problemmin məqsədi və aktuallağı əsaslandırılmışdır işin, həmçinin əsas nəticələri şərh edilmişdir.

**Birinci fəsil,** ağıllı suvarma sistemlərinin araşdırılması və onların mexaniki xassələrinin hesablanmasına həsr edilmişdir. Bu bölmə, suvarma sistemlərinin dizayn və idarəetmədə innovativ yanaşmaların necə inteqrasiya edilə biləcəyini təhlil edir.

1.1-də Ağıllı suvarma sistemləri araşdırılmışdır. Daha sonra 1.2-də ağıllı suvarma sistemlərinin mexaniki xassələri tədqiq edilmişdir

**İkinci fəsildə,** ağıllı hidromexaniki qurğuların dinamik analizi və bu sahədəki inkişaf perspektivləri araşdırılır. Bu, qurğuların daha yüksək effektivlik və enerji istehsalı üçün optimallaşdırılmasının yollarını öyrənir.

2.1. paraqrafında hidromexaniki qurğuların anlayışı və əhəmiyyəti haqqda araşdırılma aparılmışdır. Daha sonra 2.2-də ağıllı qurğuların işləmə prinsipləri barədə məlumat verilmişdir

**Üçüncü fəsil,** mütərəqqi hidromexaniki qurğuların etibarlılığını yüksəltmək yollarını təqdim edir. Burada, dayanıqlılıq və etibarlıq aspektləri, sistemlərin uzun müddətli fəaliyyəti üçün əsas faktorlar kimi qarşıya qoyulur.

3.1. paraqrafında etibarlılıq problemlərinin təsnifatı və təsiri barədə məlumat verilmişdir. 3.2-də etibarlılıq üçün riyazi modellər və simulyasiyalar göstərilmişdir

**Dördüncü fəsil**, külək nasos qurğularında porşen-silindir cütünün analizini əhatə edir və bu komponentlərin sistemdəki performansını yaxşılaşdırmaq üçün mümkün yanaşmaları təqdim edir.

4.1. paraqrafında porşen-silindr cütünün işləmə prinsipi və mexanizmləri araşdırılmışdır. Daha sonra 4.2. paraqrafında silindir içindəki maye dinamikası və təzyiqli dalğalanmaları göstərilmişdir

**Beşinci və son fəsil**, Qarabağ İqtisadi Zonasında ağıllı suvarma sistemlərinin tətbiqi perspektivlərini və bu kontekstdə praktiki tövsiyələrin hazırlanmasını işıqlandırır. Bu bölmə, regional iqtisadi inkişafda suvarma texnologiyalarının rolu və əhəmiyyətini vurğulayır.

5.1. paraqrafında ağıllı suvarma sistemlərinin əhəmiyyəti və mövcud vəziyyət araşdırılmış və 5.2-də iqlim dəyişikliyinə suvarma tələblərinə təsiri haqqda məlumat verilmişdir

Dissertasiyanın yekun hissəsində alınmış mühüm nəticələr və istifadə olunan ədəbiyyatların siyahısı verilir.

**AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI TƏHSİL NAZİRLİYİ**  
**AZƏRBAYCAN TEXNİKİ UNİVERSİTETİ**  
**MEXANİKA kafedrası**

---

**Qasımzadə İlkin Kamil oğlu**

**AĞILLI SUVARMA SİSTEMLƏRİNİN ARAŞDIRILMASI VƏ**  
**MEXANİKİ XASSƏLƏRİNİN HESABLANMASI**  
**mövzusunda**

**MAGİSTRİK DİSSERTASİYASI**

**İxtisas: 060630 – Mexanika mühəndisliyi**  
**İxtisaslaşma: Hidromexanika və hidravlik maşınlar**  
**Elmi rəhbər: T.e.d., professor Valeh İ. Baxşəli**

**BAKİ – 2024**

# I FƏSİL. AĞILLI SUVARMA SİSTEMLƏRİNİN ARAŞDIRILMASI VƏ MEXANİKİ XASSƏLƏRİNİN HESABLANMASI

## 1.1. Ağıllı Suvarma Sistemləri

Ağıllı suvarma sistemləri sudan daha səmərəli istifadəni təmin etməklə davamlı kənd təsərrüfatının mühüm tərkib hissəsinə çevrilmişdir. Bu sistemlər torpağın nəm səviyyəsi, bitki ehtiyacları və hava şəraiti kimi müxtəlif faktorları nəzərə alaraq suyun bitkilərə doğru zamanda və lazımi miqdarda çatdırılmasını təmin edir. Ənənəvi suvarma üsulları ilə müqayisədə ağıllı suvarma texnologiyaları su ehtiyatlarını qorumağa kömək edir, eyni zamanda bitki sağlamlığını və məhsuldarlığını artırır. Bu texnologiyaların inkişafı kənd təsərrüfatı istehsalının davamlılığına töhfə verməklə qlobal su böhranının həllini təmin etmək potensialına malikdir (Khan, M. I., Kozłowski, R., & Kim, J.,2018:s.33).

Kompleks hava stansiyaları hava məlumatlarını toplamaq üçün mürəkkəb sensor şəbəkələrindən istifadə edir. Havanın temperaturu, yağıntının miqdarı, rütubət və hətta günəş radiasiyası kimi amillər nəzərə alınır. Bu məlumatlar bitkilərin suya ehtiyacını daha dəqiq qiymətləndirmək üçün istifadə olunur. Məsələn, böyük əkin sahəsində istifadə olunan meteoroloji stansiya regional hava şəraitinə əsasən suvarma cədvəlini avtomatik tənzimləyə bilər. Bu, xüsusilə dəyişkən iqlim şəraiti olan bölgələrdə su istifadəsini optimallaşdırmaq üçün son dərəcə faydalıdır (Santos, F. L., de Souza, F. B., Ferreira, P. A., Rodrigues, A. A., & de Oliveira, M. G.,2020:s.40).

Ağıllı suvarma sistemlərinin araşdırılması üçün, suvarma sistemlərinin effektivliyini artırmaq və su resurslarından optimal şəkildə istifadə etmək məqsədi ilə istifadə edilə biləcək bəzi düsturlar və tənliklər aşağıdakılardır:

1. Suvarma tələbinin hesablanması üçün aşağıdakı düsturdan istifadə olunur

$$ET_c = K_c \times ET_o \quad (1.1)$$

Burada:

$ET_c$  (Crop Evapotranspiration): Bu, bitkinin və torpağın birlikdə buxarlandığı suyun miqdarını təmsil edir. Bu, bitkinin su ehtiyacını göstərir və suvarma sistemlərinin planlaşdırılmasında və idarə olunmasında istifadə olunur.

$K_c$  (Crop Coefficient): Bu, xüsusi bitkilərin buxarlanma və transpirasiyasını təmsil edən bir əmsaldır

$E_{To}$  (Reference Evapotranspiration): Bu, müəyyən bir sahədə ideal şəraitdə yetişdirilən bir referans bitki üçün buxarlanma və transpirasiyanı təmsil edən bir dəyərdir. Adətən çəmənlik və ya yonca bitkisi referans bitki kimi istifadə olunur.

Nümunə:

Fərz edək ki,  $K_c = 0.85$  və referans buxarlanma-transpirasiya ( $E_{To}$ ) gündə 6 mm-dir.

$$E_{Tc} = 0.85 \times 6 \text{ mm/gün} = 5.1 \text{ mm/gün}$$

Bu, mövcud şəraitdə bitkinin gündəlik su tələbinin 5.1 mm olduğunu göstərir.

2. Suvarma aralığının hesablanması üçün aşağıdakı düsturdan istifadə olunur

$$t = \frac{FC - PWP}{CR \times E_{Tc}} \quad (1.2)$$

Burada:

$t$  (days): Suvarma intervalı. Yəni, iki suvarma arasında keçəcək günlərin sayını təmsil edir.

$FC$  (Field Capacity): Torpağın maksimum su tutma miqdarıdır. Bu, torpağın su tutma qabiliyyətini ifadə edir və faiz ilə göstərilir (%).

$PWP$  (Permanent Wilting Point): Daimi solma nöqtəsi. Bu, bitkilərin suyu ala bilmədiyi torpaq nəmliyi səviyyəsidir və torpaq nəminin minimum səviyyəsini təmsil edir. Bu da faiz ilə göstərilir (%).

$CR$  (Crop Root Depth): Bitki köklərinin dərinliyi. Bu, bitki köklərinin torpağa nə qədər dərinlikdə yayıldığını göstərir və adətən metr (m) ilə ölçülür.

$E_{Tc}$  (Crop Evapotranspiration): Bitki buxarlanması və transpirasiya. Bu, bitkilərin su ehtiyacını təmsil edir və adətən millimetr/gün (mm/gün) ilə ölçülür.

Nümunə:

Fərz edək ki, torpağın su tutumu  $FC = 35\%$ , daimi solğunluq nöqtəsi  $PWP = 15\%$  dir, və  $CR = 1.2$ ,  $E_{Tc} = 5.1 \text{ mm/gün}$  olduqda (Mystraφa, Я.,2020:s.180).

$$t = \frac{0.35 - 0.15}{1.2 \times 5.1}$$

$$t = \frac{0.20}{6.12} = 0.0327 \text{ gün.}$$

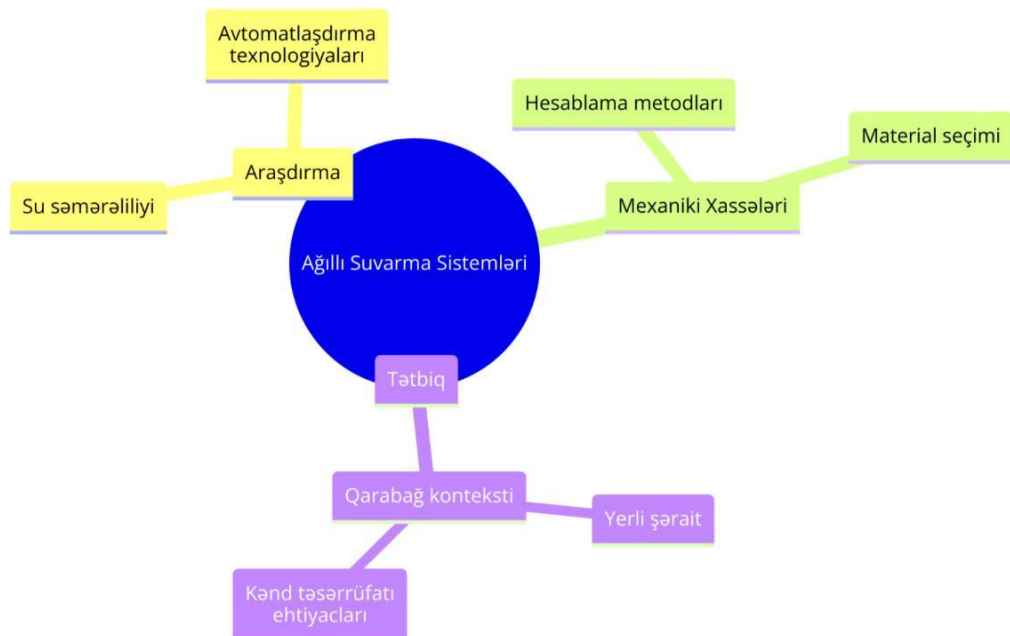
Bu dəyər günlər cinsindədir. İndi bunu saat və dəqiqələrə çevirək:



$$0.0327 \text{ gün} \times 24 \frac{\text{saat}}{\text{gün}} = 0.7848 \text{ saat}$$

$$0.7848 \text{ saat} \times 60 \frac{\text{dəqiqə}}{\text{saat}} = 47.088 \text{ dəq}$$

Yəni suvarma intervalı təxminən 47 dəqiqədir.



Diaqram 1.1 "Ağıllı Suvarma Sistemləri" ətrafında qurulan anlayış xəritəsi

(Mənbə: Ağayev N.A., Əliyev Z.H. *Dinamiki proqramlaşdırma metodu əsasında suvarma prosesinin optimal idarə olunması* // BBU, *Audit J.*, №2-3, 2008, s. 29-35.)

Diaqram əsas anlayışa bağlı müxtəlif elementləri göstərir:

Araşdırma - İki alt kateqoriyaya ayrılır:

- Avtomatlaşdırma texnologiyaları - Suvarma sistemlərində prosesləri avtomatlaşdırmaq üçün istifadə edilən texnologiyalara aiddir.
- Su səmərəliliyi - Su istifadəsini optimallaşdırmağa yönəlmişdir, effektiv suvarma üçün əhəmiyyətlidir.

Tətbiq - Üç alt kateqoriyaya bölünür:

- Qarabağ konteksti - Qarabağ bölgəsində ağıllı suvarma sistemlərinin tətbiqi üçün xüsusi coğrafi və ya regional nəzərdə tutulanları göstərir.

- Yerli şərait - Suvarma praktikalarını təsir edən yerli ətraf mühitə müraciət edir (Мустафа, Я.,2020:s.180).
- Kənd təsərrüfatı ehtiyacları - Ağıllı suvarma sistemlərinin qarşılamağa çalışdığı kənd təsərrüfatı tələblərini əks etdirir.

Mexaniki Xassələri - İki məqsədə yönəlir:

- Material seçimi - Sistemin komponentləri üçün doğru materialların seçilməsi üçün vacibdir.
- Hesablama metodları - Mexaniki xüsusiyyətlərə əsaslanaraq suvarma sistemi üçün lazım olan spesifikasiyaları müəyyən etmək üçün istifadə edilən metodları göstərir.

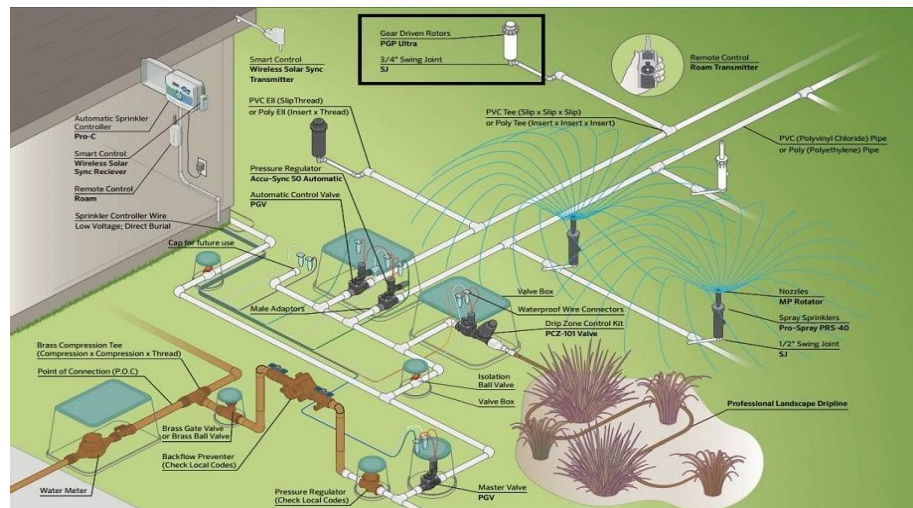
Ümumilikdə, bu xəritə ağıllı suvarma sistemlərinin, o cümlədən araşdırma, tətbiq və texniki spesifikasiyaların yerli şərait və kənd təsərrüfatı ehtiyacları kontekstində qarşılıqlı əlaqəli aspektlərini əks etdirir (Петров, В. С., & Смирнов, Д. А.,2020:s.52).

Ağıllı suvarma sistemlərinin müxtəlifliyi kənd təsərrüfatı sektorunun müxtəlif ehtiyaclarına çevik həllər təqdim edir, su ehtiyatlarından daha səmərəli və davamlı istifadəni təmin edir. Bu sistemlər gələcək kənd təsərrüfatı təcrübələrində suyun idarə edilməsində və davamlılıqda əsas rol oynayacaq texnologiyalardır. Bu inkişaf edən texnologiyalar daim təkmilləşdirilir və kənd təsərrüfatı praktikasına inteqrasiya olunur, beləliklə, dünyamızın üzləşdiyi su resursları problemlərinin aradan qaldırılmasında mühüm rol oynayır (Bakhshali V., Mardanov N., Ismayil I., Bekirova A.,2022:s.265).

Ağıllı suvarma sistemlərinin effektivliyi əsasən onların texnoloji xüsusiyyətlərindən asılıdır. Bu xüsusiyyətlər sistemlərin kənd təsərrüfatı sahələrində necə fəaliyyət göstərdiyini, istifadəçilər üçün əlverişli olub-olmadığını və ümumilikdə suyun idarə olunmasına necə töhfə verdiklərini müəyyən edir. Sensor həssaslığı ağıllı suvarma sisteminin ən vacib texnoloji xüsusiyyətlərindən biridir. Torpaq rütubəti sensorları, hava sensorları və bitki sensorları kimi komponentlər ətraf mühitdəki dəyişikliklərə həssas olmalı və bu dəyişiklikləri dəqiq şəkildə aşkar edə bilməlidir. Məsələn, torpağın nəmlik sensorunun həssaslığı o

deməkdir ki, sistem torpaqda minimal nəmlik dəyişikliklərini belə aşkar edə bilməlidir. Bu, suvarma işlərinin yalnız zərurət yarandıqda, xüsusilə suyun qıt olduğu bölgələrdə aparılmasını təmin edir və suya qənaətə əhəmiyyətli töhfə verir.

Ağıllı suvarma sistemlərinin idarə edə bildiyi ərazinin eni onların texnoloji imkanlarının göstəricisidir. Böyük kənd təsərrüfatı əməliyyatları və ya çoxlu istixanalar kimi böyük sahələrin suvarılması üçün nəzərdə tutulmuş sistemlər böyük ərazilərdə suyun paylanmasını optimallaşdırmaq üçün mürəkkəb alqoritmlərdən və çoxsaylı sensor şəbəkələrdən istifadə edə bilər (ИВАНОВ, Н. В., & СЕМЕНОВ, А. П., 2019:s.27).



Şək. 1.1 Avtomatik suvarma sisteminin ümumi tətbiqi görünüşü

(Mənbə: Əhməd zadə Ə.C. Heydər Əliyev və Azərbaycan Su Təsərrüfatı. Bakı: Azər nəşr, 2003, 216 s.)

Şəkildən görürük ki, avtomatik suvarma sistemini quraşdırarkən ilk növbədə suvarma üçün lazimi borular çəkilir. Bununla avtomatik suvarma üçün torpağın səthi təxmini 25 sm dərin və 15 sm eninə qazılıb borular çəkilir. Qazılmış kanaldakı borular aşağıdakı kimi olmalıdır:

- Sprey başlıqları
- Damcı boruları
- Taymerlər
- Suvarma Sensorları

Ağıllı suvarma sistemlərinin bu texnoloji xüsusiyyətləri müasir kənd təsərrüfatının üzləşdiyi su idarəetmə problemlərinin aradan qaldırılmasında həyati əhəmiyyət kəsb edir. Sensorların həssaslığı məlumatların dəqiqliyini və suvarma qərarlarının effektivliyini artırır, müxtəlif əlaqə növləri isə istifadəçilərə rahatlıq və giriş asanlıığı təklif edir. Enerji istehlakı və idarə olunan sahə kimi xüsusiyyətlər sistemlərin ətraf mühitə təsirinə və onların kənd təsərrüfatı tətbiqlərində tətbiqinə birbaşa təsir göstərir. Ağıllı suvarma sistemlərinin geniş idarəetmə sahəsinə malik olması üçün çoxlu sensorlar və idarəetmə nöqtələrinin inteqrasiyası tələb olunur. Bu, xüsusilə iri kənd təsərrüfatı müəssisələrində sudan ən səmərəli istifadəni təmin etmək üçün vacibdir (Zhao, C., & Xu, S.,2018:s.160).

Ağıllı suvarma sistemlərində istifadəçi interfeysi və proqram təminatı texnologiyanın kənd təsərrüfatı fəaliyyətlərinə inteqrasiyasının nə dərəcədə uğurlu olacağını müəyyən edən mühüm amillərdir. Bu interfeyslər istifadəçilərə sistem üzərində tam nəzarət etmək imkanı verir, onlara suvarma əməliyyatlarını daha effektiv və səmərəli şəkildə idarə etməyə kömək edir. Bu gün əksər ağıllı suvarma sistemləri mobil proqramlar və ya veb-əsaslı interfeyslər vasitəsilə idarə oluna bilər. Bu platformalar istifadəçilərə real vaxt rejimində məlumat əldə etmək və nəzarət etmək imkanı verir. Məsələn, fermer mobil proqram vasitəsilə öz sahəsindəki rütubət sensorlarından alınan məlumatları yoxlaya, suvarma qrafiklərini hava proqnozlarına uyğun tənzimləyə və lazım gəldikdə əl ilə suvara bilər (Zadeh, M. H., Sabzi, R. E., Khojastehpour, M., & Khorsandi, A.,2019:s.147).

## **1.2.Ağıllı Suvarma Sistemlərinin Mexaniki Xassələri**

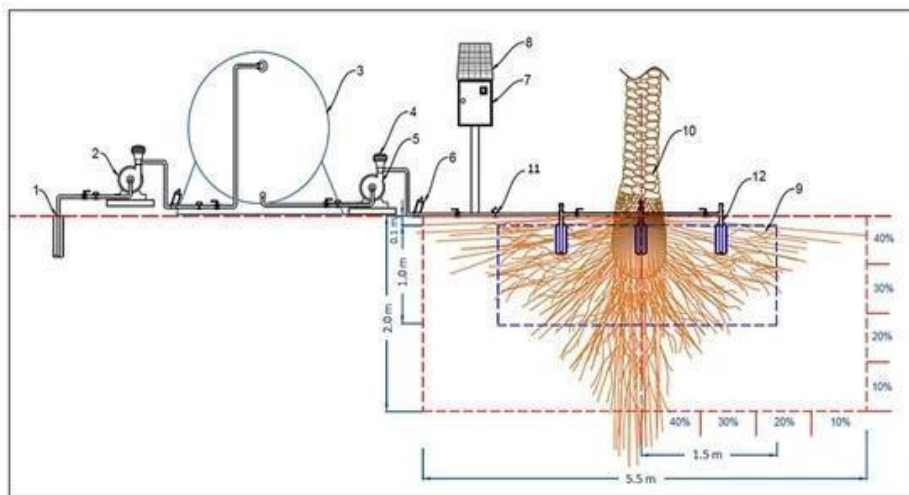
İstifadəçi interfeysinə istifadəçi dostu olması sistemlərdən səmərəli istifadə üçün çox vacibdir. Bir interfeysin istifadəçi dostu olub-olmadığını qiymətləndirmək üçün interfeysin intuitiv olub-olmadığını, məlumatın aydın şəkildə təqdim edilib-edilmədiyini və istifadəçilərin ehtiyac duyduqları funksiyalara asanlıqla daxil olub-olmadığını yoxlamaq lazımdır. Məsələn, istifadəçi bir neçə sadə addımda suvarma cədvəlini qura və sistem haqqında ətraflı məlumat və təhlillərə asanlıqla daxil ola

bilməlidir. Bundan əlavə, interfeysdəki təlimatlar və yardım seçimləri istifadəçilərə sistemlə bağlı problemləri həll etməyə kömək etməlidir.

#### Sahə Sınaqlarının Planlaşdırılması və Həyata keçirilməsi

- Sahə sınaqlarını həyata keçirərkən sınaq sahəsinin seçilməsi böyük əhəmiyyət kəsb edir. Test sahəsi sistem üçün nəzərdə tutulmuş istifadə şərtlərini əks etdirməlidir. Məsələn, ağıllı suvarma sistemi müxtəlif iqlim şəraitində effektiv işləmək üçün nəzərdə tutulubsa, bu şərtləri simulyasiya edə biləcək bir sahə seçilməlidir.
- Sahə sınaqları zamanı bitki böyüməsi, su sərfi və torpağın rütubət səviyyəsi kimi əsas dəyişənlər müəyyən edilir və diqqətlə izlənilir. Bu dəyişənlərin seçimi yoxlanılan sistemin xüsusiyyətlərindən və məqsədlərindən asılıdır. Məsələn, əgər sistem torpağın rütubət səviyyəsini optimallaşdırmaq məqsədi daşıyırsa, sınaq zamanı torpağın nəm səviyyəsinin ətraflı monitorinqi tələb olunur (Santos, F. L., de Souza, F. B., Ferreira, P. A., Rodrigues, A. A., & de Oliveira, M. G., 2020:s.40).
- Sahə sınaqları zamanı toplanmış məlumatlar sistemin işini qiymətləndirmək üçün təhlil edilir. Bu təhlil sistemin dəqiqliyini, bitki sağlamlığına təsirini və suya qənaət potensialını ortaya qoyur (Петров, В. С., & Смирнов, Д. А., 2020:s.52).

Sahə sınaqları real şəraitdə ağıllı suvarma sistemlərinin necə dəqiq işlədiyini qiymətləndirmək üçün kritik bir üsuldur. Bu testlər sayəsində sistemlərin sensorlarının və alqoritmlərinin səmərəliliyi və dəqiqliyi başa düşülür.



Şək. 1.2 Layihələndirilən yeraltı suvarma sisteminin (SIS) əsas komponentlərinin sxematik diaqramı

- (1) Yeraltı su quyusu, (2) Su nasosu, (3) Su çəni, (4) Avtomatik su nasosu tənzimləyicisi, (5) Su nasosu, (6) Disk filtrləri, (7) İdarəetmə bloku, (8) Günəş paneli, (9) Hədəf kök zonası, (10) Xurma gövdəsi, (11) Solenoid klapan, (12) Yeraltı suvarma qurğusu

(Mənbə: Həsənov S.T. Drenaj, hesabatı, layihələndirilməsi və istismarı. Bakı: Elm, 2009, 236 s.)

### **Ağıllı suvarma sistemlərinin mexaniki xassələrinin hesablanması**

Ağıllı suvarma sistemlərinin mexaniki xüsusiyyətlərinin hesablanması sistemlərin effektiv və səmərəli işləməsi üçün vacibdir. Bu hesablamalar sistemlərin suyun paylanması optimallaşdırmaq, enerji istehlakını azaltmaq və suya qənaəti maksimum dərəcədə artırmaq üçün edilir. Su təzyiqi və axın sürəti suvarma sisteminin effektivliyi və səmərəliliyi üçün çox vacibdir. Suyun müəyyən bir əraziyə çatdırılması üçün lazım olan gücü və miqdarı dəqiq müəyyən etmək üçün bu parametrlər hesablanmalıdır. Suvarma sistemində suyun hərəkəti təzyiq itkisi və axın sürəti ilə yoxlanılır (Myrtafa, Я.,2020:s.180).Bu proseslər boruların uzunluğu və diametri, materialın növü, sistemdəki döngələr və ya yamaclar kimi amillərdən asılıdır. Bu elementləri nəzərə almaq sistemin dizaynında və istismarında vacibdir. Suvarma sistemində suyun hərəkəti enerjinin mayeyə təsiri ilə izah edilə bilər. Su

təzyiqi bu enerjinin ölçüsüdür və adətən Paskal (Pa) ilə ifadə edilir. Axın sürəti vahid vaxtda müəyyən bir nöqtədən keçən suyun həcmidir və adətən saatda kubmetr ( $m^3/saat$ ) və ya saniyədə litr (l/s) ilə ölçülür.

Suvarma sistemlərində təzyiq itkisi, suyun borulardan və digər komponentlərdən keçərkən qarşısına çıxan müqavimət nəticəsində baş verir. Bu itki sistemin effektivliyinə birbaşa təsir edən mühüm amildir. Təzyiq itkisini hesablamaq üçün əsas tənlik:

$$\Delta P = \frac{f L v^2}{D 2g} \quad (1.3)$$

Burada:

$\Delta P$  = Təzyiq itkisi (Pa),

$f$  = Darsi-Veysbax sürtünmə əmsalı,

$L$  = Borunun uzunluğu (m),

$v$  = Su axını sürəti (m/s),

$D$  = Boru diametri (m),

$g$  = Qravitasiya təcili ( $m/s^2$ ).

Darsi-Veysbax sürtünmə əmsalı  $f$  borunun daxili səthinin kələkötürlüyündən və axının turbuləntlik dərəcəsiindən asılıdır və müxtəlif eksperimental və ya empirik düsturlarla hesablanıla bilər.

Axın sürətinin hesablamaları

Axın sürəti suyun müəyyən bir boru diametrində nə qədər sürətlə hərəkət etdiyini göstərir. Axın sürəti həcmli axın sürətini borunun en kəsiyinin sahəsinə bölmək yolu ilə hesablanır:

$$v = \frac{Q}{A} \quad (1.4)$$

Burada:

$v$  = Axın sürəti (m/s),

$Q$  = Məhsuldarlıq ( $m^3/s$ ),

$A$  = Borunun en kəsiyinin sahəsi ( $m^2$ )

Bu düsturlar və prinsiplər suyun səmərəli paylanması təmin etmək üçün suvarma sistemlərinin layihələndirilməsi və optimallaşdırılmasında istifadə olunur. Təzyiq itkisinin və axın sürətinin dəqiq hesablanması su ehtiyatlarından davamlı

istifadəni dəstəkləyir və lazımsız enerji sərfinin qarşısını alır. Bu hesablamalar həm də sistemdə istifadə olunan nasosların və digər mexaniki komponentlərin seçilməsi üçün əsas təşkil edir (ИВАНОВ, Н. В., & СЕМЕНОВ, А. П.,2019:s.27).

Boruların diametrinin dəqiq müəyyən edilməsi suvarma sistemlərinin dizaynı və istismarı üçün çox vacibdir. Boru diametri birbaşa suyun axın sürətinə, sistemin təzyiqlik itkisinə və buna görə də ümumi səmərəliliyə təsir göstərir. Optimal boru diametrinin seçilməsi həm enerji istehlakını azaltmaq, həm də suyun effektiv şəkildə paylanması üçün həyati əhəmiyyət kəsb edir. Bu kontekstdə, Reynolds ədədi və Darsi-Veysbax tənliyi kimi hidrodinamik prinsiplər, mühəndislərin və dizaynerlərin boruların optimal diametrini təyin etmək üçün istifadə etdikləri əsas alətlərdir. Reynolds ədədi borudakı axının laminar və ya turbulent olduğunu müəyyən etmək üçün istifadə olunan ölçüsüz bir ədəddir. Bu rəqəm axının xarakterini və buna görə də sürtünmə itkilərini anlamaq üçün vacibdir. Reynolds ədədi aşağıdakı kimi hesablanır: (Zhao, C., & Xu, S.,2018:s.160).

$$Re = \frac{\rho v D}{\mu} \quad (1.5)$$

Burada:

$\rho$  = Mayenin sıxlığı (kq/m<sup>3</sup>),

$v$  = Orta axın sürəti (m/s),

$D$  = Boru diametri (m),

$\mu$  = Mayenin dinamik özlülüyü (Pa·s).

Reynolds sayı ümumiyyətlə 2300-dən aşağı olduqda, axın laminar olur; 4000-dən yuxarı olduqda turbulent hesab olunur. Laminar axınlarda sürtünmə itkiləri daha az olduğu halda, turbulent axınlar daha yüksək enerji itkilərinə səbəb olur (Khan, M. I., Kozlowski, R., & Kim, J.,2018:s.33).

Optimal boru diametrinin müəyyən edilməsi suyun istənilən axın sürətində və minimum təzyiqlik itkisi ilə çatdırılmasını təmin etmək üçün tarazlığa riayət etməyi tələb edir. Bu, Reynolds nömrəsi və Darsi-Veysbax tənliyindən istifadə edərək ətraflı təhlillə mümkündür. Məsələn, bir suvarma sistemində suyun müəyyən bir əraziyə müəyyən bir sürətlə çatdırılması lazımdırsa, bu məqsədlərə çatmaq üçün tələb olunan



boru diametri hesablanı bilər. Hesablama zamanı quraşdırma xərcləri, ərazi şəraiti və mövcud təzyiq kimi amillər də nəzərə alınmalıdır.

Nasosun gücü (P) aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$P = \frac{Q \cdot H \cdot \rho \cdot g}{\eta} \quad (1.6)$$

Burada:

P = Nasos gücü (Vatt),

Q = Məhsuldarlıq (m<sup>3</sup>/s),

H = Ümumi dinamik basqı (m),

$\rho$  = Suyun sıxlığı (kq/m<sup>3</sup>),

g = Qravitasiya təcili (9,81 m/s<sup>2</sup>),

$\eta$  = Nasosun FİƏ (%).

Bu düstur göstərir ki, nasos tərəfindən verilməli olan güc suyun hərəkət etdirilməsi üçün tələb olunan enerji miqdarından və nasosun səmərəliliyindən asılıdır. Yüksək səmərəli nasosların seçilməsi enerji istehlakının azaldılmasında mühüm rol oynayır.

Xüsusilə su ehtiyatlarının məhdud olduğu bölgələrdə suvarma sistemlərinin layihələndirilməsində nəzərə alınmalı olan digər mühüm amil suya qənaətdir. Suyu birbaşa bitkinin kök sahəsinə yönəldən üsullar, məsələn, damcı suvarma sistemləri suya qənaəti artırır və bitki sağlamlığını dəstəkləyir (Zadeh, M. H., Sabzi, R. E., Khojastehpour, M., & Khorsandi, A.,2019:s.147).

Beləliklə, enerji istehlakı və suya qənaət suvarma sistemlərinin dayanıqlığını artırmaq üçün nəzərə alınmalı olan əsas amillərdir. Yüksək səmərəli nasosların və suya qənaət üsullarının düzgün tətbiqi həm enerji sərfiyyatının azaldılmasını, həm də su ehtiyatlarından səmərəli istifadəni təmin edir. Bu yanaşmalar kənd təsərrüfatı təcrübələrinin ətraf mühitə təsirini azaltmaqla yanaşı, iqtisadi səmərəliliyi də artırır bilər.

Ağıllı suvarma sistemləri ilə bağlı xarakterik hesablamaları və formulları aşağıdakılar kimi təsnif edə bilərik:

1. Suvarma intervalının hesablanması üçün aşağıdakı düsturdan istifadə olunur

$$T = \frac{AWC \times Z_r \times MAD}{ET} \quad (1.7)$$

Nümunə:

Fərz edək ki, torpağın su tutum qabiliyyəti ( AWC ) 0.15 (volum faizi ilə), kökün dərinliyi (  $Z_r$  ) 0.3 m, maksimal qəbul edilə bilən defisit ( MAD ) 0.50 (50%), və evapotranspirasiya ( ET ) 5 mm/gün.

$$T = \frac{0.15 \times 0.3 \times 0.50}{5}$$

$$T = \frac{0.0225}{5} = 0.0045$$

Bu nümunə praktiki olaraq mənalı deyil çünki kök zonasının su tutum qabiliyyəti və evapotranspirasiya dəyərləri nisbətən kiçikdir. Tətbiqetmə üçün daha məqbul dəyərlər istifadə etmək lazımdır.

2. Darsi-Veysbax formulunun istifadəsi ilə təzyiqlik itkisinin hesablanması üçün aşağıdakı düsturdan istifadə olunur

$$h = f \times \frac{L \times v^2}{D \times 2g} \quad (1.8)$$

Nümunə:

Fərz edək ki, sürtünmə koeffisienti (  $f$  ) 0.02, borunun uzunluğu (  $L$  ) 100 m, suyun sürəti (  $v$  ) 1 m/s, borunun diametri (  $D$  ) 0.5 m, yerin cazibə qüvvəsi (  $g$  ) 9.81 m/s<sup>2</sup>.

$$h = 0.02 \times \frac{100 \times 1^2}{0.5 \times 2 \times 9.81}$$

$$h = 0.02 \times \frac{100}{9.81} = 0.204 \text{ m}$$

Bu, 100 metrlik boru boyunca 0.204 metr su başının itkisi deməkdir.

3. Su axınının hesablanması üçün aşağıdakı düsturdan istifadə olunur

$$Q = A \times ET \times \frac{1}{E} \quad (1.9)$$

Nümunə:

Fərz edək ki, suvarılan sahə (  $A$  ) 1 hektar (10,000 m<sup>2</sup>), evapotranspirasiya ( ET ) 5 mm/gün, və suvarma sisteminin effektivliyi (  $E$  ) 80% (0.8).

$$Q = 1 \text{ ha} \times \frac{5 \text{ mm}}{\text{gün}} \times \frac{1}{0.8}$$

$$Q = 10,000 \text{ m}^2 \times 0.005 \text{ m} \times \frac{1}{0.8}$$

$$Q = 62.5 \text{ m}^3/\text{gün}$$

Bu, suvarma sistemi vasitəsilə hər gün 62.5 kubmetr su tələb olunduğunu göstərir.

Bu düsturlar suvarma sisteminin dizaynı və idarə olunması üçün çox vacibdir həmçinin onların düzgün tətbiqi su ehtiyatlarını daha effektiv şəkildə istifadə etməyə imkan verir (Петров, В. С., & Смирнов, Д. А., 2020:s.52).

Məsələn, damcı suvarma sisteminin simulyasiyası suyun paylanması nümunələrini optimallaşdırmaqla suya qənaəti artırma bilər. Enerji istehlakı təhlilləri nasosun seçimi və yerləşdirilməsi haqqında məlumat verməklə enerji xərclərini azalda bilər. Bundan əlavə, simulyasiyalar boru diametrlərinin və materiallarının seçilməsində, təzyiq itkisinin azaldılmasında və sistemin səmərəliliyinin artırılmasında mühüm göstərişlər verir (Santos, F. L., de Souza, F. B., Ferreira, P. A., Rodrigues, A. A., & de Oliveira, M. G., 2020:s.40).

Beləliklə, riyazi və kompüter simulyasiyaları suvarma sistemlərinin layihələndirilməsi və təhlilində əvəzsiz alətlərdir. Bu üsullar su və enerji resurslarından davamlı istifadəni dəstəkləyir, həmçinin sistemin işini yaxşılaşdırır.

**AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI ELM VƏ TƏHSİL NAZİRLİYİ**  
**AZƏRBAYCAN TEXNİKİ UNİVERSİTETİ**  
**MEXANİKA kafedrası**

---

**Əlizadə Ramil Kamil oğlu**

**AĞILLI HİDROMEXANİKİ QURĞULARIN DİNAMİK ANALİZİ VƏ**  
**İNKİŞAFININ PERSPEKTİVLƏRİ**  
**mövzusunda**

**MAGİSTRİK DİSSERTASİYASI**

**İxtisas: 060630 – Mexanika mühəndisliyi**

**İxtisaslaşma: Hidromexanika və hidravlik maşınlar**

**Elmi rəhbər: T.e.d., professor Valeh İ. Baxşəli**

**BAKİ – 2024**

## II FƏSİL. AĞILLI HİDROMEXANİKİ QURĞULARIN DİNAMİK ANALİZİ VƏ İNKİŞAFININ PERSPEKTİVLƏRİ

### 2.1. Hidromexaniki Qurğuların Anlayışı və Əhəmiyyəti

"Ağıllı hidromexaniki qurğular" termini, hidravlik sistemlərlə birləşdirilmiş mexaniki komponentlərə və onların idarə edilməsində intellektual texnologiyaların istifadəsinə işarə edir. Bu cür qurğular, mürəkkəb mexaniki sistemlərin daha effektiv və dəqiq idarə olunmasına imkan verir. Dinamik analiz isə bu sistemlərin hərəkət və reaksiya qabiliyyətlərini təhlil edir ki, bu da performanslarını artırmaq və potensial nöqsanları müəyyən etmək üçün vacibdir (Zadeh, M. H., Sabzi, R. E., Khojastehpour, M., & Khorsandi, A., 2019:s.147). Ağıllı hidromexaniki sistemlərin inkişaf perspektivləri əsasən mühəndislik, avtomatlaşdırma və robot texnologiyalarında son yeniliklərlə sıx əlaqədardır. Bu sistemlər, məsələn, sənayedə istehsal proseslərini optimallaşdırmaq, ekoloji monitorinqdə daha dəqiq məlumat toplamaq və hətta zəlzələ kimi təbii hadisələr zamanı reaksiya verə biləcək qurğuların inkişafında mühüm rol oynayır.

Ağıllı hidromexaniki sistemlərin dinamik davranışını təsvir etmək üçün əsas tənliklərdən biri Nyutonun ikinci qanunudur. Hərəkət tənliyi belə ifadə edilir:

$$F = ma. \quad (2.1)$$

burada ( F ) - qüvvə, ( m ) - kütlə, ( a ) - təcildir

Nümunə: Bir su nasosunun rotorunun təcilini hesablayanda, rotorun kütləsi ( m = 50 , kg ) və ona tətbiq olunan qüvvə ( F = 150 , N ) olduqda, təcil:

$$a = \frac{F}{m} = \frac{150}{50} = 3m/s^2$$

Ağıllı suvarma sistemlərində su axınının hesablanması üçün Bernulli tənliyindən istifadə edilir:

$$P + \frac{1}{2} \rho v^2 + \rho gh = Sabit. \quad (2.2)$$

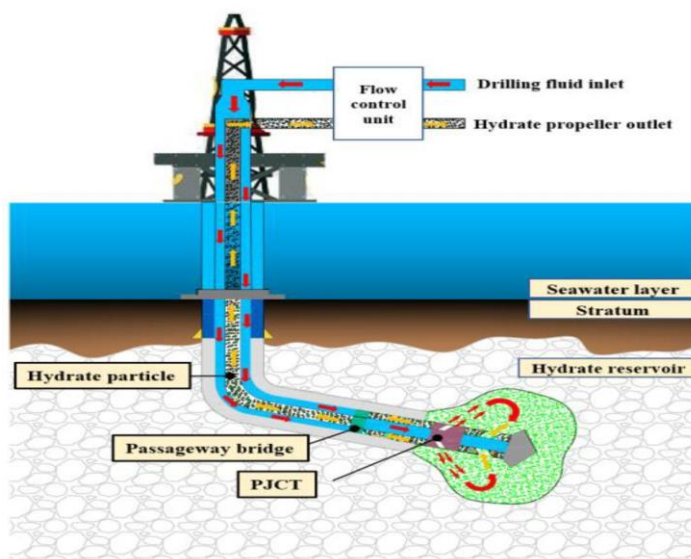
burada ( P ) - təzyiq, ( ρ ) - suyun sıxlığı, ( v ) - suyun sürəti, ( g ) - yerin cazibə qüvvəsi, ( h ) - suyun yüksəkliyi.

Bu formullar ağıllı hidromexaniki qurğuların dizaynında, təhlilində və optimallaşdırılmasında mühüm rol oynayır və müəssisələrə bu sistemlərin daha effektiv və etibarlı işləməsini təmin etmək üçün lazım olan bilik və vasitələri təmin edir.

Bu cür sistemlərin dinamik analizi, qurğuların davranışlarını dəqiq proqnozlaşdırmaq və onların qarşılıqlı əlaqəsini optimallaşdırmaq üçün mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Dinamik modelləşdirmə, sistem komponentlərinin fərdi və bütöv kimi necə işləyəcəyini anlamağa kömək edir. Bu, mühəndislərə təzyiq, sürət və qüvvə dinamikalarını daha yaxşı idarə etmək imkanı verir, bu da sistemlərin daha dayanıqlı və enerji effektiv olmasını təmin edir.

Gələcək inkişaf perspektivləri arasında, bu sistemlərin daha geniş sahələrdə tətbiqi də gözlənilir. Məsələn, su təsərrüfatı, neft və qaz sənayesi, və binaların idarə olunmasında enerji istifadəsini optimallaşdırmaq kimi sahələrdə ağıllı hidromexaniki sistemlər daha çox istifadə oluna bilər. Eyni zamanda, bu sistemlər təhlükəsizlik və etibarlılıq tələblərini artırmaq məqsədilə daim yenilənərək, daha mürəkkəb funksiyaları yerinə yetirə biləcək qurğulara çevrilə bilər (Zhao, C., & Xu, S.,2018:s.160).

Ağıllı hidromexaniki sistemlərin inkişafında növbəti mərhələlər, inteqrasiyanın dərinləşdirilməsi və funksionallığın artırılmasına yönələcək. Bu sistemlər həmçinin məsafədən idarəetmə və avtomatik müdaxilə qabiliyyətlərini daha da inkişaf etdirərək, insan müdaxiləsinin minimuma endirilməsini təmin edə bilər. Məsələn, qəza və ya anormal hallar zamanı sistemlər öz-özlərinə diaqnostika apararaq, mümkün problemləri avtomatik həll etmək üçün lazımi tədbirləri götürə bilərlər.



Şək. 2.1 Dənizdə sualtı qazma qurğusunun hidromexaniki sistemi və onun komponentləri

(Mənbə: Həsənov S.T. Çoxfunksiyalı yeni nəsil drenaj sistemləri, nəzəri əsasları və hidravliki hesabları // Azərbaycan Aqrar Elmi, 2006, №5-6, s. 152-159)

Ekoloji aspektlərə diqqət artmaqdadır, belə ki, su və enerji səmərəliliyinin yaxşılaşdırılması məqsədilə bu sistemlərdə təkmilləşdirmələr aparılır. Ağıllı hidromexaniki sistemlər, atıq suların təmizlənməsi, yağış suyunun yenidən istifadəsi kimi proseslərdə daha effektiv su idarəetmə həlləri təqdim edə bilər. Bununla yanaşı, enerji istehsalı sahəsində də bu texnologiyalar, su gücü stansiyalarının daha dəqiq və effektiv işləməsini təmin edərək, alternativ enerji mənbələri ilə inteqrasiyanı asanlaşdırır (Zadeh, M. H., Sabzi, R. E., Khojastehpour, M., & Khorsandi, A., 2019: s.147). Ağıllı hidromexaniki sistemlərin gələcək inkişafı, həmçinin süni intellekt və maşın öyrənmə kimi sahələrdə aparılan yeniliklərlə də sıx bağlıdır.

Cədvəl 2.1

Tətbiq Sahəsi	Tətbiq Məqsədləri	İnkişaf Perspektivləri
Sənaye İstehsalı	İstehsal proseslərinin avtomatlaşdırılması və optimallaşdırılması	Süni intellekt və məlumat analitikasının inteqrasiyası

Cədvəl 2.1-in ardı.

Su Təsərrüfatı	Su idarəetmə sisteminin effektivliyinin artırılması	Atıq su təmizləmə və yağış suyunun yenidən istifadəsi
Neft və Qaz Sənayesi	Qazıntı və emalat proseslərinin optimallaşdırılması	Təhlükəsizlik və etibarlılıq standartlarının yüksəldilməsi
Enerji İstehsalı	Su gücü stansiyalarının effektiv işləməsi	Alternativ enerji mənbələri ilə inteqrasiya
Bina İdarəetməsi	Enerji istifadəsinin optimallaşdırılması	Məlumat və kommunikasiya texnologiyalarının inteqrasiyası
Ekoloji Monitoring	Çevrə mühitinin daha dəqiq monitorinqi	Maşın öyrənmə və proqnozlaşdırma texnikalarının tətbiqi

(Mənbə: Rzayev M.A. *Suvarılan torpaqların idarə edilməsinin yaxşılaşdırılmasının əsas prinsipləri və səmərəliliyinin artırılması yolları // Azərbaycan Aqrar Elmi № 5, 2010, s.79-84.*)

Cədvəldə ağıllı hidromexaniki sistemlərin müxtəlif sahələrdə tətbiqinin və hər bir tətbiq sahəsi üçün inkişaf perspektivlərinin xülasəsi verilmişdir. İzahatına əsasən, hər bir sətirdə fərqli bir sektor, bu sektor üçün tətbiq məqsədləri və gələcəkdə bu sahədə gözlənilən inkişaf istiqamətləri əks olunur:

1. Sənaye İstehsalı - Ağıllı hidromexaniki sistemlər, sənaye istehsalında avtomatlaşdırma və proseslərin optimallaşdırılması məqsədilə istifadə olunur. Bu sistemlər sayəsində istehsal xətləri daha dəqiq və effektiv idarə edilə bilər. İnkişaf perspektivi olaraq, süni intellekt və məlumat analitikası texnologiyalarının inteqrasiyası nəzərdə tutulur (Khan, M. I., Kozlowski, R., & Kim, J.,2018:s.33).

2. Su Təsərrüfatı - Bu sektorda ağıllı sistemlər suyun daha səmərəli idarə olunması üçün tətbiq edilir, xüsusilə atıq suların təmizlənməsi və yağış suyunun yenidən istifadəsi kimi proseslərdə. İnkişaf istiqaməti olaraq, bu sistemlərin daha da yaxşılaşdırılması və ekoloji effektivliyin artırılması gözlənilir.

3. Neft və Qaz Sənayesi - Ağıllı hidromexaniki sistemlər, neft və qaz qazıntı və emalat proseslərinin optimallaşdırılmasında istifadə olunur. Bu sistemlər, təhlükəsizlik və etibarlılıq standartlarını yüksəltmək üçün daim yenilənir və mürəkkəb funksiyaları yerinə yetirə biləcək qurğulara çevrilir.



4. Enerji İstehsalı - Su gücü stansiyalarında ağıllı sistemlərin tətbiqi ilə daha dəqiq və effektiv enerji istehsalı mümkündür. Gələcəkdə bu sistemlərin alternativ enerji mənbələri ilə daha yaxşı inteqrasiyası mümkün olacaq.

5. Bina İdarəetməsi - Ağıllı sistemlər, binaların enerji istifadəsinin optimallaşdırılmasında tətbiq olunur. Bu sahədə məlumat və kommunikasiya texnologiyalarının inteqrasiyası, daha effektiv idarəetmə qabiliyyətlərini təmin edəcək (Mystraфа, Я.,2020:s.180).

6. Ekoloji Monitoring - Çevrə mühitinin monitoringində ağıllı sistemlər, daha dəqiq və etibarlı məlumatların toplanmasına kömək edir. Maşın öyrənmə və proqnozlaşdırma texnikalarının təkmilləşdirilməsi ilə, bu sistemlər daha mürəkkəb və dəyişən mühit şəraitində də etibarlı işləmək qabiliyyətini artıracaq.

Hər bir tətbiq sahəsi, ağıllı hidromexaniki sistemlərin daha geniş yayılmasına və effektivliyinin artmasına töhfə verəcək dəyişikliklər və inkişaf nəzərdə tutur. Bu isə müxtəlif sektorlarda daha optimallaşdırılmış və davamlı həllər yaratmaq imkanını artırır.

Bu cədvəldə göstərilən ağıllı hidromexaniki sistemlərin inkişafına əlavə olaraq, gələcəkdə bu texnologiyaların qarşılıqlı inteqrasiyası və fərqləndirilmiş sahələr arasında məlumat mübadiləsi daha da artacaq. Qarşılıqlı işləmək və məlumat paylaşımı, müxtəlif sahələrdəki sistemlərin bir-biri ilə daha yaxşı işləməsinə təmin edərək, ümumi optimallaşdırma və səmərəlilik hədəflərinə çatmaqda mühüm rol oynayır (Zadeh, M. H., Sabzi, R. E., Khojastehpour, M., & Khorsandi, A.,2019:s.147).

#### Ağıllı Sistemlərin Texnoloji İnkişafı

1. Verilənlər Analizi və Proqnozlaşdırma: Ağıllı hidromexaniki sistemlər məlumat toplama və analiz texnologiyalarını daha da təkmilləşdirəcək. Böyük məlumat bazalarından (big data) istifadə edilərək, dəqiq proqnozlaşdırmalar və qərarlar qəbul edilə bilər.

2. Süni İntellekt və Maşın Öyrənmə: Ağıllı sistemlərin süni intellekt (AI) və maşın öyrənmə alqoritmlərindən istifadəsi artacaq. Bu alqoritmlər, sistemlərin öz-

özlərini tənzimləmək, anormal halları təyin etmək və müvafiq tədbirlər görmək qabiliyyətlərini artırır.

3. Uzaqdan İdarəetmə və Avtomatlaşdırma: Sistemlər daha da avtomatlaşdırılacaq və uzaqdan idarəetmə texnologiyalarının təkmilləşdirilməsi ilə daha az insan müdaxiləsi ilə idarə oluna bilər.

Ağıllı hidromexaniki sistemlərin tətbiqi qlobal və regional miqyasda fərqlənə bilər. İqtisadi, ekoloji və texnoloji infrastrukturun inkişaf səviyyələrinə görə, müxtəlif ölkələr və bölgələr bu texnologiyalardan istifadə edərək özünəməxsus problemlərini həll etməyə çalışacaqlar.

Standartlaşma və Sertifikatlaşdırma: Ağıllı hidromexaniki sistemlərin tətbiqi üçün qlobal standartların və sertifikatların hazırlanması və tətbiqi, bu sistemlərin müxtəlif ölkələrdə asanlıqla tətbiq edilməsinə və qanunvericiliklə uyğunluğa yardım edir. Bu, həmçinin sistemlərin keyfiyyətini və etibarlılığını artırmağa imkan verir (Hameed, I. A., & Amira, A., 2020:s.100).

Bu yanaşmalar, ağıllı hidromexaniki sistemlərin daha geniş qəbulunun və effektiv istifadəsinin qarşısını almaq üçün mövcud və potensial problemlərin həllində mühüm rol oynayır. Bunlar, sistemlərin mürəkkəbliyini və texnoloji inteqrasiyanı nəzərə alaraq, daha yenilikçi və davamlı həllərin ortaya çıxmasına zəmin yaradır .

Cədvəl 2.2

<b>Tətbiq Sahəsi</b>	<b>Potensial Problemlər</b>	<b>Həll Təklifləri</b>
Sənaye Avtomatlaşdırması	Yüksək başlanğıc xərcləri və texniki mürəkkəblilik	Maliyyət effektiv texnologiyaların və subsidiyaların tətbiqi
İnfrastruktur İdarəetməsi	Aşırı yüklənmə və təsərrüfatda çətinliklər	İdarəetmə alqoritmlərinin yaxşılaşdırılması, təqvimləşdirilmiş baxım
Su Resurslarının İdarəetməsi	İtkilər və sızıntılar	İnteqrasiya olunmuş sızıntı aşkarlama sistemləri, təkmilləşdirilmiş qapalı dövrə nəzarət

Cədvəl 2.2-nin ardı.

Enerji Optimallaşdırması	Enerji səmərəliliyinin aşağı olması	Enerji istifadəsini azaldan yenilikçi dizaynlar
Qəza və Fövqəladə Halların İdarəetməsi	Reaksiya vaxtının gecikməsi	Təcili reaksiya üçün avtomatlaşdırılmış sistemlər, AI dəstəklı qərar qəbulu
Çevrə Mühafizəsi	Çirklənmə və ekosistemə ziyan	Çevrəyə zərərsiz materiallardan istifadə, tullantıların azaldılması texnologiyaları

(Mənbə: Həsənov S.T. *Çoxfunksiyalı yeni nəsil drenaj sistemləri, nəzəri əsasları və hidravliki hesabatı // Azərbaycan Aqrar Elmi, 2006, №5-6, s. 152-159*)

Cədvəldə göstərilən hər bir tətbiq sahəsi və onlara uyğun problemlər və həll təklifləri ağıllı hidromexaniki sistemlərin inkişafı və tətbiqi üzrə müxtəlif çətinlikləri və onların üstesindən gəlmək üçün təklif edilən strategiyaları əhatə edir: (Петров, В. С., & Смирнов, Д. А., 2020:s.52).

- Sənaye Avtomatlaşdırması - Başlanğıc xərcləri və texniki mürəkkəblilər sənaye avtomatlaşdırmasında əsas maneələrdir. Bu problemləri həll etmək üçün maliyyə təklifi effektiv texnologiyaların tətbiqi və subsidiyalar təklif edilir ki, bu da başlanğıc maliyyəni azaltmaqla yeniliklərin tətbiqini asanlaşdırır.
- İnfrastruktur İdarəetməsi- Aşırı yüklənmə və təsərrüfatda çətinliklər infrastrukturun effektiv idarə edilməsinə mane olur. İdarəetmə alqoritmlərinin yaxşılaşdırılması və təqvimləşdirilmiş baxım, bu sistemlərin daha davamlı və etibarlı işləməsini təmin etməyə kömək edə bilər (Zadeh, M. H., Sabzi, R. E., Khojastehpour, M., & Khorsandi, A., 2019:s.147).
- Su Resurslarının İdarəetməsi - İtkilər və sızıntılar su resurslarının idarəetməsində ciddi problemlər yaradır. İntegrasiya olunmuş sızıntı aşkarlama sistemləri və təkmilləşdirilmiş qapalı dövrə nəzarət, su itkilərini azaltmaq və suyun daha effektiv idarə edilməsinə təmin etmək üçün təklif edilir.
- Enerji Optimallaşdırması - Enerji səmərəliliyinin aşağı olması enerji xərclərini artırır və mühitin çirklənməsinə səbəb olur. Enerji istifadəsini azaldan yenilikçi dizaynlar, bu problemin üzərindən gəlmək üçün təklif olunur.

- Qəza və Fövqəladə Halların İdarəetməsi - Fövqəladə hallarda reaksiya vaxtının gecikməsi ciddi nəticələrə səbəb ola bilər. Təcili reaksiya üçün avtomatlaşdırılmış sistemlər və AI dəstəqli qərar qəbulu, bu tip vəziyyətlərə daha sürətli və effektiv cavab verməyə imkan verir.
- Çevrə Mühafizəsi - Çirklənmə və ekosistemə ziyan, ağıllı hidromexaniki sistemlərin çevrəyə təsir etmə potensialı ilə bağlıdır. Çevrəyə zərərsiz materiallardan istifadə və tullantıların azaldılması texnologiyaları, bu təsirləri minimuma endirmək üçün təklif olunur.

Bu həll yolları, müvafiq sahələrdə mövcud problemlərin qarşısını almaq və ağıllı hidromexaniki sistemlərin daha geniş və effektiv tətbiqini təmin etmək üçün nəzərdə tutulmuşdur (Hameed, I. A., & Amira, A.,2020:s.100).

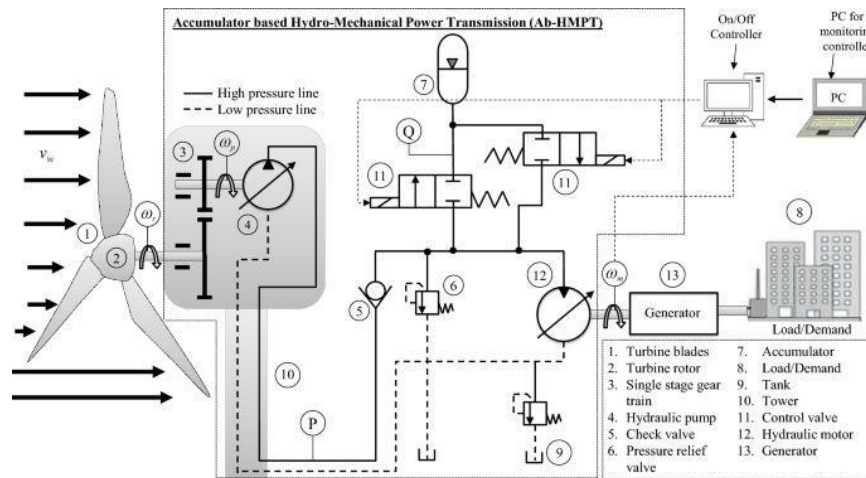
Ağıllı hidromexaniki sistemlərin bəzi spesifik sahələr üçün xüsusi məhsul və xidmətlərin inkişafı, bazar tələblərinə daha yaxşı cavab verməyə imkan verir. Məsələn, kənd təsərrüfatında suyun daha səmərəli istifadəsi üçün nəzərdə tutulmuş suvarma sistemləri və ya sənayedə istehsal proseslərinin avtomatlaşdırılması üçün nəzərdə tutulmuş xüsusi avadanlıqlar. Bu məhsullar, müəyyən sektorların xüsusi ehtiyaclarını ödəyərək, sistemlərin daha geniş qəbulunu təmin edə bilər (Zhao, C., & Xu, S.,2018:s.160).

Bu inkişaf istiqamətləri, ağıllı hidromexaniki sistemlərin daha geniş qəbulunun qarşısını almaq üçün mövcud və potensial problemlərin həllində mühüm rol oynayır. Onlar, sistemlərin mürəkkəbliyini və texnoloji inteqrasiyanı nəzərə alaraq, daha yenilikçi və davamlı həllərin ortaya çıxmasına zəmin yaradır.

## **2.2. Ağıllı Qurğuların İşləmə Prinsipləri**

Ağıllı hidromexaniki sistemlərin müxtəlif platformalar və cihazlar arasında problemsiz şəkildə işləməsi üçün qarşılıqlı əlaqə qabiliyyəti və standartlaşdırmanın gücləndirilməsi mühüm bir addımdır. Bu, müxtəlif istehsalçıların avadanlıqları arasında uyğunluğu təmin edir və sistemlərin daha geniş qəbulunu asanlaşdırır. Standartlaşdırılmış protokollar və interfeyslər, sistemlərin daha effektiv idarə

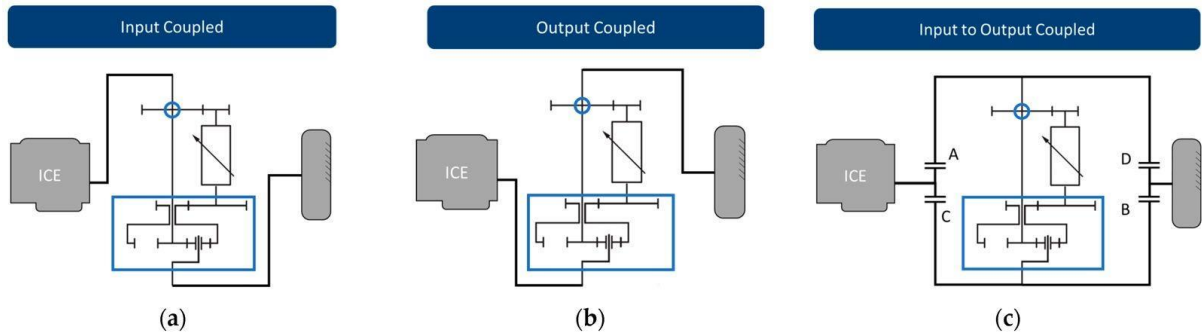
edilməsinə və texniki dəstəyin asanlaşdırılmasına kömək edir (Иванов, Н. В., & Семёнов, А. П., 2019:s.27).



Şək. 2.2 Ağıllı Suvarma Sistemlərinin İdarəetmə və Nəzarət Mexanizmi.

(Mənbə: Rzayev M.A. *Suvarılan torpaqların idarə edilməsinin yaxşılaşdırılmasının əsas prinsipləri və səmərəliliyinin artırılması yolları* // *Azərbaycan Aqrar Elmi № 5, 2010, s.79-84.*)

Ağıllı hidromexaniki sistemlərin ekoloji davamlılığını artırmaq, gələcək inkişaf üçün əsas hədəflərdən biridir. Bu, enerji səmərəliliyini artırmaq, çevrəyə olan təsirləri azaltmaq və su kimi qıt resursların daha səmərəli istifadəsini əhatə edir. Sistemlərin dizaynında qaynaqların yenidən istifadəsi və bərpa oluna bilən enerji mənbələrindən istifadə kimi ekoloji faktorlar nəzərə alınmalıdır. Ağıllı hidromexaniki sistemlərin qlobal bazarlara uyğunlaşdırılması, bu texnologiyaların dünya miqyasında qəbulunun genişlənməsi üçün kritikdir. İnkişaf etməkdə olan ölkələrdə su təminatı və idarəetməsində bu sistemlərin tətbiqi, su səmərəliliyini artırmaq və yerli iqtisadiyyatların inkişafına töhfə vermək baxımından mühüm rol oynayır. Həmçinin, yerli qanunvericiliyə və bazar şərtlərinə uyğunlaşma prosesləri, bu sistemlərin daha geniş qəbulunu asanlaşdırır (Мустафа, Я., 2020:s.180).



Şək. 2.3 Ağillı Suvarma Sistemlərində Hidromexaniki Güc ötürülməsinin Müxtəlif Konfigurasiyaları.

(Mənbə: Rzayev M.A. *Suvarılan torpaqların idarə edilməsinin aktual problemləri və yaxşılaşdırılması tədbirləri // AMEA Torpaqşünaslıq və Agrokimya İnstitutunun Əsərlər Toplusu, XIX cild. Bakı: Elm, 2011, s. 179 -183.*)

Bu istiqamətlər, ağıllı hidromexaniki sistemlərin daha geniş qəbulunu və effektiv istifadəsini təmin etməkdə mühüm rol oynayır.

Ağıllı hidromexaniki sistemlərin daha da inkişaf etdirilməsi ilə əlaqədar olaraq müzakirə olunan istiqamətlərin üzərində işləməyə davam edərkən, aşağıdakı mühüm sahələrə diqqət yetirilməlidir:

Kvant hesablama və kvant sensorları kimi texnologiyaların tətbiqi, ağıllı hidromexaniki sistemlərin effektivliyini artırmaq üçün yeni imkanlar açır. Bu texnologiyalar, sistemlərin daha dəqiq və sürətli məlumat işləməsini təmin edə bilər, həmçinin suyun keyfiyyəti və miqdarının izlənilməsində daha yaxşı nəticələr verə bilər (Santos, F. L., de Souza, F. B., Ferreira, P. A., Rodrigues, A. A., & de Oliveira, M. G., 2020:s.40).

Süni intellekt və avtomatlaşdırma texnologiyalarının daha da inteqrasiyası, sistemlərin idarə edilməsində insan müdaxiləsini azaltmağa kömək edir. Bu texnologiyalar, müxtəlif prosesləri optimallaşdırmaq və enerji istehlakını azaltmaq imkanı verir. Məsələn, su sərfiyyatını optimallaşdırmaq üçün avtomatik idarəetmə sistemləri və tələbatı proqnozlaşdırma alqoritmləri işlənilib hazırlana bilər.

Mürəkkəb hidromexaniki sistemlərin idarə edilməsi üçün kompüter modelləri və simulyasiyaların istifadəsi, mümkün ssenariləri və müdaxilə nəticələrini

dəyərləndirmək üçün önəmli bir vasitədir. Bu modellər, sistemlərin davranışını real vaxt rejimində analiz etməyə və mümkün problemləri öncədən aşkar etməyə imkan verir, beləliklə qərar qəbulu daha məlumatlı və effektiv olur

(Zadeh, M. H., Sabzi, R. E., Khojastehpour, M., & Khorsandi, A.,2019:s.147).Bu inkişaf istiqamətlərinin həyata keçirilməsi, ağıllı hidromexaniki sistemlərin daha geniş qəbulunu, effektivliyini və davamlılığını təmin etməkdə mühüm rol oynayacaq. Hər bir yenilik, sistemlərin daha rəqabətli və adaptiv olmasına kömək edir, həmçinin müxtəlif sektorlarda suyun idarə edilməsi və istifadəsinin optimallaşdırılmasına zəmin yaradır.

Ağıllı hidromexaniki sistemlərin növbəti nəsilləri üçün sensor texnologiyalarının inkişafı mühüm bir rol oynayır. Daha dəqiq və həssas sensorlar, suyun keyfiyyəti, sərfiyyatı və təzyiqi kimi parametrləri real vaxt rejimində izləməyə imkan verir. Bu, su idarəetmə sistemlərində daha məqsədyönlü müdaxilələrə və resursların daha effektiv idarə edilməsinə kömək edir. Həmçinin, bu sensorlar, çətin ərazilərdə və ya ekstremal şəraitdə də dəqiq məlumat toplaya bilər.

Hibrid idarəetmə modelləri, yerli və mərkəzi idarəetmənin birləşməsinə təklif edir, bu da sistemlərin daha fleksibl və davamlı olmasını təmin edir. Bu yanaşma, müxtəlif idarəetmə səviyyələri arasında məlumat və qərarların koordinasiyasını yaxşılaşdırır. Məsələn, yerli sensor məlumatlarına əsaslanan avtomatik qərarlar qlobal idarəetmə məlumatları ilə birləşdirilə bilər ki, bu da sistemlərin ümumi effektivliyini artırır (Hameed, I. A., & Amira, A.,2020:s.100).

Bu təklif olunan inkişaf istiqamətləri, ağıllı hidromexaniki sistemlərin gələcəkdə daha geniş qəbulunu və istifadəsini təmin edən, daha davamlı və effektiv həllər yaratmaq üçün zəmin hazırlayır. Hər biri, sistemlərin yenilikçiliyini, təhlükəsizliyini və səmərəliliyini artırmaq üçün kritik əhəmiyyət daşıyır.

Cədvəl 2.3

<b>Problemlər</b>	<b>Həll Yolları</b>
<b>Dəyişən İqlim Şəraiti</b>	İqlim dəyişikliklərinə uyğun su idarəetmə sistemlərinin tətbiqi, su səviyyələrini və su istehsalını izləyən sensorlar vasitəsilə məlumat toplama.

## Cədvəl 2.3-ün ardı.

<b>Enerji Tələblərinin Artması</b>	Enerji səmərəliliyini artıran texnologiyaların inteqrasiyası, alternativ enerji mənbələrindən istifadənin genişləndirilməsi.
<b>Maliyyə Məhdudiyyətləri</b>	Maliyyə mənbələrinin optimallaşdırılması, xərclərin azaldılması üçün avtomatlaşdırma və operativlik tədbirləri.
<b>Texniki Məhdudiyyətlər</b>	Yeni texnologiyaların və materialların tədqiqi və tətbiqi, qabaqcıl tədqiqat və inkişaf strategiyaları.
<b>Təhlükəsizlik və Məxfilik</b>	Güclü kriptografiya standartları, məlumatların şifrələnməsi və təhlükəsiz şəbəkə protokolları.
<b>İstehlakçı Qəbulu</b>	İctimai maarifləndirmə kampaniyaları, istifadəçi təcrübəsinin yaxşılaşdırılması və şəffaflığın artırılması.
<b>Qanunvericilik və Normativlər</b>	Qanunvericilik dəyişikliklərinə uyğunlaşma, sənaye standartlarının tətbiqi və müvafiq sertifikatlarla uyğunlaşdırılma.

(Mənbə: Əhmədzaadə Ə.C. Heydər Əliyev və Azərbaycan Su Təsərrüfatı. Bakı: Azərnaşr, 2003, 216 s.)

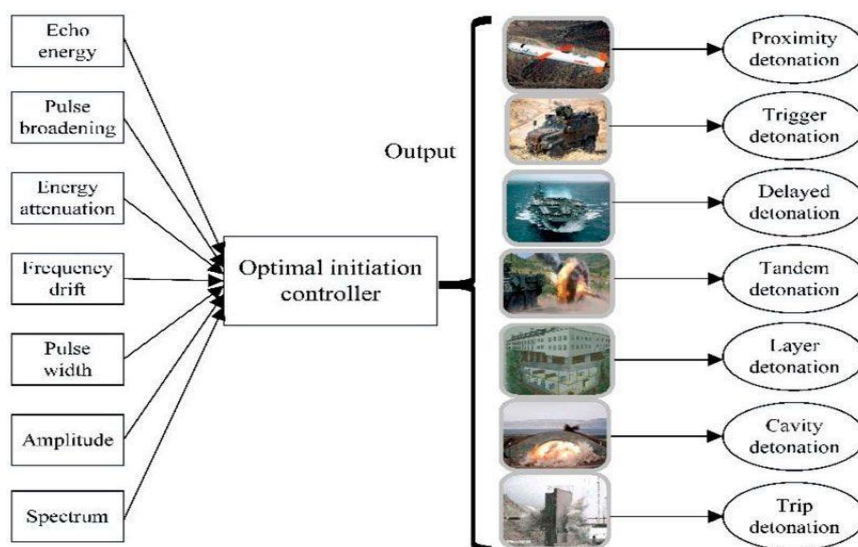
Yuxarıda verilən cədvəl ağıllı hidromexaniki sistemlərin qarşılaşdığı əsas problemləri və bu problemlərə təklif edilən həll yollarını qısa və özündə izah edir. Cədvəl, dəyişən iqlim şəraitindən maliyyə məhdudiyyətlərinə qədər müxtəlif məsələləri və bunların qarşısını almaq üçün texnoloji və idarəetmə yanaşmalarını özündə cəmləşdirir (Qin, Y., Han, Q., Wu, Y., Zhang, Z., & Zhang, Z.,2021:s.80).

Ağıllı hidromexaniki sistemlərin daha da inkişafı üçün müzakirə etdiyimiz sahələrdən başqa, aşağıdakı istiqamətlərdə də yeniliklər edilə bilər:

Tədqiqat və İnkişafın Gücləndirilməsi hidromexaniki sistemlərin davamlı yeniliyini və təkmilləşməsini təmin edir. Bu, yeni materialların, texnologiyaların və metodların araşdırılmasını əhatə edir ki, bunlar daha davamlı, effektiv və ekoloji cəhətdən məqbul həllər yarada bilər. Tədqiqatın mərkəzində isə su istehsalı, təmizlənməsi və bərpa texnologiyaları olmalıdır (Петров, В. С., & Смирнов, Д. А.,2020:s.52).

Bu yeniliklər, ağıllı hidromexaniki sistemlərin təkmilləşdirilməsi və daha geniş tətbiq sahələrinə adaptasiyasını təmin edərək, gələcəkdə bu sistemlərin daha geniş qəbulunu və effektiv istifadəsini mümkün edir. Hər biri, sistemlərin yenilikçiliyini, təhlükəsizliyini və səmərəliliyini artırmaq üçün kritik əhəmiyyət daşıyır.





Şək. 2.4 Ağıllı Suvarma Sistemlərində Optimal Tətikləmə Kontrolleri ilə Müxtəlif Partlayış Parametrlərinin İdarə Edilməsi.

(Mənbə: Кац Д.М., Шестаков В.М. Мелиоративная гидрогеология. Изд. МГУ, 1981. 296 с.)

Şəkil 2.4, müxtəlif giriş parametrləri (məsələn, eko enerjisi, impulsla genişlənmə, enerji zəifləməsi, tezlik sürüşməsi, impul genişliyi, amplituda və spektr) ilə "Optimal tətikləyici kontroller" adlı bir sistemin şemasını əks etdirir. Şəkildəki çıxışlar müxtəlif partlayış tiplərinə - yaxınlıq, tətik, gecikməli, tandem, qat, boşluq və səyahət partlayışlarına - bağlıdır və hər bir partlayış tipi müvafiq şəkillərlə təmsil olunur (Qin, Y., Han, Q., Wu, Y., Zhang, Z., & Zhang, Z., 2021:s.80).

Bu sxem, ehtimal ki, partlayışların nəzarətli və zamanlanmış şəkildə gerçəkləşdirildiyi mühəndislik və ya hərbi tətbiqlər üçün istifadə edilən dəqiq bir tətikləmə kontrol sisteminin konseptual və ya real dünyada bir modelini təsvir edir. "Optimal tətikləyici kontroller" anlayışı, istənilən partlayış növü üçün lazımı zamanlamayı, yerləşdirməni və enerji miqdarını hesablayaraq, səmərəliliyi və təhlükəsizliyi maksimum dərəcədə təmin etməyi hədəfləyir. Ancaq, əlavə kontekst olmadan bu sistemin xüsusi funksiyası və ya tətbiqi barədə ətraflı izah vermək çətin olardı.

**AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI ELM VƏ TƏHSİL NAZİRLİYİ**

**AZƏRBAYCAN TEXNİKİ UNİVERSİTETİ**

**MEXANİKA kafedrası**

---

**Quliyev Cavidan Murad oğlu**

**MÜTƏRƏQQİ HİDROMEXANİKİ QURĞULARIN ETİBARLIĞININ  
YÜKSƏLDİLMƏSİ YOLLARININ ARAŞDIRILMASI**

**mövzusunda**

**MAGİSTRİK DİSSERTASİYASI**

**İxtisas: 060630 – Mexanika mühəndisliyi**

**İxtisaslaşma: Hidromexanika və hidravlik maşınlar**

**Elmi rəhbər: T.e.d., professor Valeh İ. Baxşəli**

**BAKİ – 2024**

### **III FƏSİL. MÜTƏRƏQQİ HİDROMEXANİKİ QURĞULARIN ETİBARLIĞININ YÜKSƏLDİLMƏSİ YOLLARININ ARAŞDIRILMASI.**

#### **3.1. Etibarlılıq Problemlərinin Təsnifatı və Təsiri**

Mütərəqqi hidromexaniki qurğuların etibarlılığının yüksəldilməsi yollarının araşdırılması, su ilə işləyən sistemlərin effektivliyini və dayanıqlığını artırmağa yönəlmiş mühüm bir sahədir. Bu araşdırma, adətən hidravlik sistemlərin və komponentlərin məruz qaldığı mürəkkəb iş şəraitini nəzərə alaraq, bu qurğuların işləmə müddətini uzatmaq və onların qəfil sıradan çıxmasının qarşısını almaq üçün yenilikçi metodlar və materiallar təklif edir.

Mütərəqqi hidromexaniki qurğuların etibarlılığının yüksəldilməsi mövzusu, müasir texnologiyaların və innovasiyaların sürətli inkişaf etdiyi bir dövrdə xüsusilə aktuallıqdır. Hidromexaniki qurğular, su ehtiyatlarının idarə edilməsində, enerji istehsalında və sənayedə geniş tətbiq olunur. Bu cür qurğuların yüksək etibarlılığı, onların uzunömürlülüyünü, enerji səmərəliliyini və əməliyyat dövründə xərclərin optimallaşdırılmasını təmin edir (Ağayev N.A., Əliyev Z.H.,2008:s.35).

Bu araşdırmanın məqsədi, hidromexaniki qurğuların etibarlılığını artırmaq üçün mümkün yolları təhlil etmək və mövcud problemləri həll etmək üçün yeni yanaşmaları təklif etməkdir. Araşdırma, bu qurğuların dizaynında, istehsalında və işlənməsində baş verən müxtəlif çətinlikləri nəzərdən keçirəcək. Həmçinin, qurğuların müxtəlif iş şəraitində dayanıqlığını təmin etmək üçün tətbiq oluna biləcək innovativ texnologiyalar və materiallar üzərində dayanacaq. Araşdırma, müxtəlif sahələrdəki mütəxəssislərin rəylərini, praktiki təcrübələri və texniki analizləri əhatə edəcək. Bununla yanaşı, etibarlılığı artırmaq üçün qarşılaşılan əsas problemlərin və mövcud çətinliklərin həllində effektiv strategiyaların işlənilib hazırlanması da daxildir. Bu araşdırma, hidromexaniki qurğuların daha etibarlı və effektiv işləməsini təmin etməklə yanaşı, bu sahədəki bilik bazasını genişləndirməyi və sahə mütəxəssisləri üçün dəyərli məlumatlar təqdim etməyi hədəfləyir (Khan, M. I., Kozłowski, R., & Kim, J.,2018:s.33).

Hidromexaniki qurğuların etibarlılığını artırmaq üçün aparılan araşdırmaların əhəmiyyəti, bu qurğuların işləkliyinin və performansının artırılması ilə yanaşı, işlətmə xərclərinin azaldılması və çevrəyə olan təsirin minimallaşdırılmasında da özünü göstərir. Buna görə də, bu cür qurğuların etibarlılığını artırmaq üçün tətbiq edilən metodlar və texnologiyalar, onların uzun müddətli və sabit işləməsinə zəmin yaradır.

İlk növbədə, hidromexaniki qurğuların dizaynında müasir hesablama metodlarından və dəqiq mühəndislik hesabatlarından istifadə etmək, qurğuların daha etibarlı olmasını təmin edə bilər. Bu metodlar, qurğuların fərqli iş şəraiti altında necə davranacağını daha dəqiq proqnozlaşdırmağa imkan verir və nəticədə, potensial problemləri əvvəlcədən aşkar etmək və onları aradan qaldırmaq mümkün olur (Ağayev N.A., Əliyev Z.H.,2008:s.35).

İkincisi, qurğuların istehsalında istifadə olunan materialların keyfiyyəti və onların seçimi mühüm rol oynayır. Yüksək keyfiyyətli və müvafiq materialların seçilməsi, qurğuların daha uzun müddət dayanıqlı olmasını və aşınma, korroziya kimi problemlərin qarşısını almaqda kömək olur.

Üçüncüsü, hidromexaniki qurğuların mütəmadi olaraq texniki baxışdan keçirilməsi və onların idarə edilməsi üçün müasir avtomatlaşdırılmış sistemlərin tətbiqi, qurğuların etibarlılığını artırmağa xidmət edir. Bu cür sistemlər, qurğuların vaxtında və düzgün şəkildə təmir edilməsini, həmçinin potensial nasazlıqların qarşısının alınmasında mühüm rol oynayır.

Son olaraq, hidromexaniki qurğuların etibarlılığını artırmaq üçün, bu sahədə işləyən mütəxəssislərin daimi təlim və təkmilləşdirmə kurslarından keçməsi, onların bilik və bacarıqlarını artıraraq, daha effektiv və təhlükəsiz işləməyə imkan yaradır. Bu cür yanaşmalar, həm qurğuların ömrünü uzadır, həm də işlətmə və təmir xərclərini azaldır, bu da ümumiyyətlə işlətmə effektivliyinin artmasına kömək edir (Zadeh, M. H., Sabzi, R. E., Khojastehpour, M., & Khorsandi, A.,2019:s.147).

PM-in ömürüzunluğu əsasən onların kinematik cütlərindəki maşın hissələrində baş verən sürtünmə və yeyilmədən, həmçinin buradakı gərilmə, materialların mexaniki xassələrindən asılıdır. PM-in hərəkətli hissələrinin, o cümlədən porşen

qrupunda, çarxqolu-sürgüqolu, sürgüqolu-sürüngəc, kreskopf-istiqamərləndirici cütlərindəki materialların mexaniki xassələrinin analizi əsasında onların keyfiyyət göstəricilərinin yüksəldilməsi praktiki əhəmiyyətə malikdir (Иванов, Н. В., & Семенов, А. П., 2019:s.27).

Mütərəqqi hidromexaniki qurğuların optimallaşdırılması, enerji istehlakını azaltmaq və əməliyyat xərclərini düşürmək məqsədi daşıyır, bu da uzun müddətli perspektivdə təsərrüfatın ümumi effektivliyini artırır.

Hidromexaniki sistemlərin etibarlılığını artırmaq üçün mühəndislər və tədqiqatçılar həmçinin aşağıdakı aspektlərə diqqət yetirirlər:

Cədvəl 3.1

Strategiya	Təsvir	Potensial Faydaları
Sənaye 4.0 Texnologiyalarının Tətbiqi	IoT və AI kimi texnologiyaların sistem monitorinqi və idarə edilməsində istifadəsi.	Erkən xəbərdarlıq, avtomatik təmir, fasiləsiz iş rejimi.
Yenilənən Dizayn Standartları və Material Seçimi	Daha yüksək səmərəlilik və dayanıqlılıq üçün müasir materiallar və dizayn yanaşmaları.	Uzun ömür müddəti, yüksək temperatur və korroziya davamlılığı.
Tədris və Təlim Programlarının Gücləndirilməsi	Texniki və mühəndis personalın təhsili və davamlı təlimi.	Daha yaxşı sistem idarəçiliyi, təhlükəsizlik standartlarına riayət.

(Mənbə: Bəşirov N.B. *Torpaqdaxili suvarma və torpaqların ekoloji tarazlığı //Torpaqşünaslıq və aqrokimya əsərlər toplusu, XVII cild, Bakı: Elm, 2007, s.152-154.*)

Hidromexaniki sistemlərin etibarlılığını artırmaq üçün hazırladığımız cədvəl, bu sistemlərin daha effektiv və dayanıqlı işləməsi üçün əsas strategiyaları əhatə edir. Cədvəldə üç müxtəlif strategiya göstərilir, hər biri öz təsviri və potensial faydaları ilə birlikdə təqdim edilir (Zhao, C., & Xu, S., 2018:s.160).

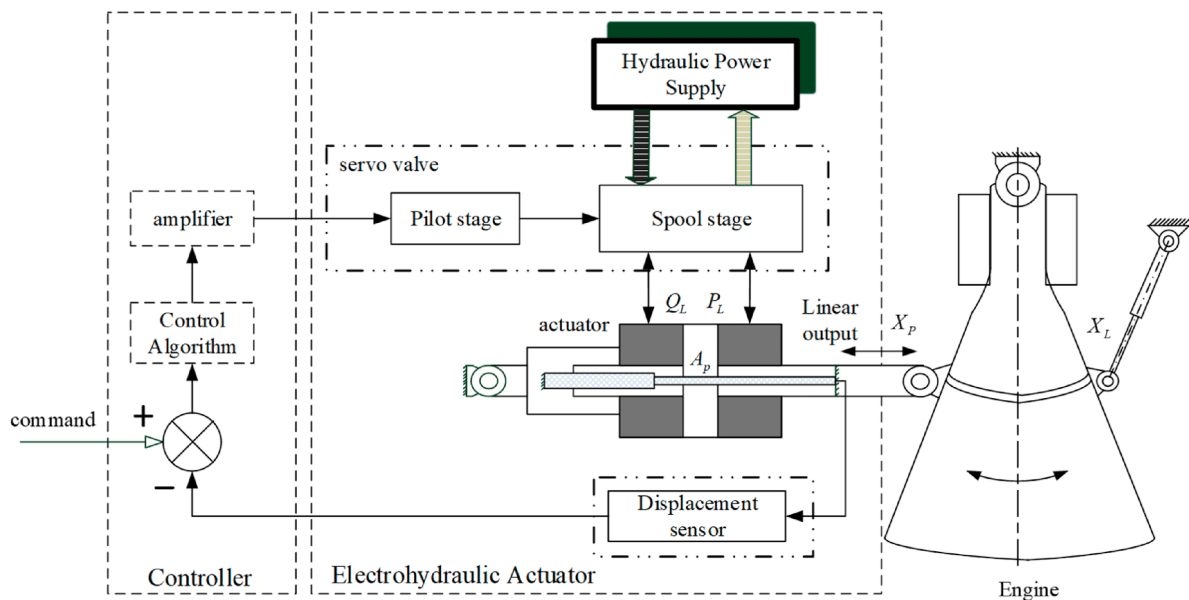
1. Strategiya: Bu sütun, hidromexaniki sistemlərin etibarlılığını artırmaq üçün təklif edilən üsulları adlandırır. Burada "Sənaye 4.0 Texnologiyalarının Tətbiqi", "Yenilənən Dizayn Standartları və Material Seçimi" və "Tədris və Təlim Programlarının Gücləndirilməsi" kimi strategiyalar göstərilir.

2. Təsvir: Bu sütun hər strategiyanın necə tətbiq ediləcəyini açıqlayır. Məsələn, "Sənaye 4.0 Texnologiyalarının Tətbiqi" altında, IoT (İnternet of Things - Əşyaların İnterneti) və AI (Süni İntellekt) kimi texnologiyaların sistem monitorinqi və idarə edilməsində istifadəsi təsvir edilir.

3. Potensial Faydaları: Bu sütun hər strategiyanın sistemlər üzərindəki müsbət təsirlərini göstərir. Məsələn, "Sənaye 4.0 Texnologiyalarının Tətbiqi" sayəsində daha tez xəbərdarlıq, avtomatik təmir və fasiləsiz iş rejimi kimi faydalar əldə edilə bilər. Bu, sistemlərin daha etibarlı və effektiv işləməsinə imkan verir.

Bu cədvəl, müxtəlif strategiyaların təsvirini və onların necə işlədiyini anlamaqda sizə kömək edəcək, həmçinin bu strategiyaların potensial faydalarını qiymətləndirməkdə də yararlı olacaq (Ağayev N.A., Əliyev Z.H.,2008:s.35).

Sənaye 4.0 Texnologiyalarının Tətbiqi: Sənaye 4.0 texnologiyaları, hidromexaniki sistemlərin effektivliyini və etibarlığını artırmaq üçün mühüm bir rol oynayır. Bu texnologiyalar sensorlar, IoT, AI, və avtomatlaşdırma vasitəsilə real vaxt məlumatları toplayaraq işləyir.



Şək. 3.1 Ağıllı Suvarma Sistemlərində Elektrohıdravlik Aktuatorların İdarəetmə Sistemi.

(Mənbə: Майылов Г.Ю., Магомедов А.М., Алимов А.К. *Баланс грунтовых вод конусов выносы речных артерий и их регулирования*. Баку- Элм, 1995. 340 с.)

Bu şəkil, bir elektrohidravlik aktuatorun sistematik quruluşunu göstərir. Elektrohidravlik aktuatorlar, dəqiq və sürətli hərəkət tələb edən avtomatlaşdırma və sənaye tətbiqlərində mühüm komponentlərdir. Şəkil aşağıdakı əsas hissələri göstərir:

1. Controller: Bu, komandanın verildiyi hissədir. Bu hissə bir "Control Algorithm" (İdarəetmə Alqoritmi) daxil edir ki, bu alqoritm elektrik komandasını qəbul edir və bu komandanı bir amplifikator vasitəsilə idarə etmək üçün gücə çevirir.

2. Servo valve: Bu hissə, controller-dən alınan elektrik siqnalını hidravlik gücə çevirir. İki mərhələni - "Pilot stage" və "Spool stage" - əhatə edir.

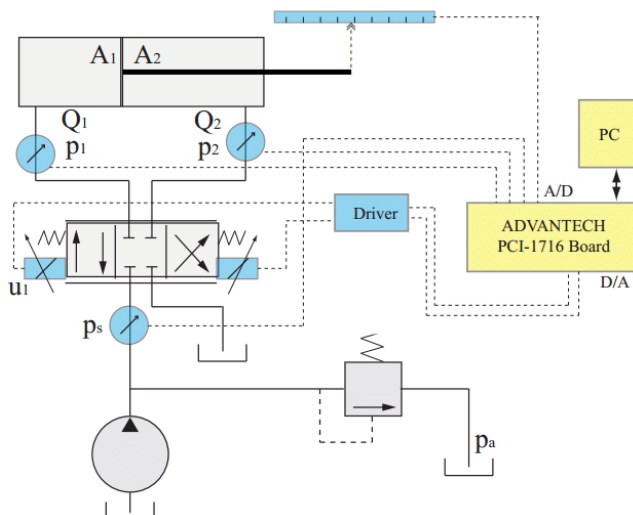
3. Hydraulic Power Supply: Bu, hidravlik təzyiği və axını təmin edən qurğudur ki, bu da aktuatorun hərəkət etməsini mümkün edir.

4. Electrohydraulic Actuator: Bu hissədə, hidravlik təzyiği mexaniki hərəkətə çevrilir. Bu, bir "Displacement sensor" (Yer dəyişmə sensoru) ilə təchiz edilib ki, bu da aktuatorun mövqeyini dəqiq olaraq izləməyə imkan verir.

5. Engine: Bu, aktuatorun idarə etdiyi mexaniki hissədir, şəkildəki konik şəkli ilə təmsil olunur (Bəşirov N.B.,2002:s.288).

Şəkil ayrıca, sistemdəki təzyiği ( $P_L$ ) və axın dərəcəsi ( $Q_L$ ) kimi hidravlik parametrləri, həmçinin aktuator pistonunun sahəsi ( $A_p$ ) və hərəkətləri ( $X_p$  və  $X_L$ ) kimi mexaniki ölçüləri qeyd edir. Bu cihazlar avtomobil, təyyarə, ağır sənaye və robot texnologiyaları kimi çox müxtəlif sahələrdə tətbiq olunur.

Hidromexaniki sistemlərin etibarlılığını artırmağa yönəlmiş bu cədvəldə əks olunan strategiyalar, müasir texnologiyaların və idarəetmə metodlarının potensialını dərinlən istifadə etməyə dayanır. Hər biri mühüm özəllikləri və avantajları ilə, sistem performansını yaxşılaşdırmaq və xidmət müddətini uzatmaq potensialına malikdir.



Şək. 3.2 Ağıllı Suvarma Sistemlərində Hidromexaniki Komponentlərin İnterfeysi və İdarəetmə Alqoritmi.

(Mənbə: Məmmədova E.A. Hidrogeoloji tədqiqat üsulları (Hidrogeologiya və mühəndis geologiyası ixtisaslı bakalavr hazırlığı üçün dərslik). BDU nəşriyyatı, 2008. 255 s.)

Hidromexaniki sistemlərin etibarlılığını artırmaq üçün müzakirə etdiyimiz strategiyaların həyata keçirilməsindən sonra bu sistemlərin idarə edilməsi və monitorinq proseslərinin optimallaşdırılmasına yönəlmiş tədbirlərə baxaq. Bu tədbirlər, sistemin bütün mərhələlərində yaxşılaşdırma imkanları yaradır:

1. Real-vaxt Monitorinq və Analitik Alətlərin Tətbiqi: Sensorlar və analitik proqram təminatları vasitəsilə sistemi real vaxt rejimində izləyərək potensial problemləri erkən aşkarlamaq mümkündür (Zadeh, M. H., Sabzi, R. E., Khojastehpour, M., & Khorsandi, A., 2019: s.147).

2. Təhlükəsizlik Sistemlərinin İntegrasiyası və Təkmilləşdirilməsi: Hidromexaniki sistemlərdə təhlükəsizlik avadanlıqları və qoruma mexanizmləri, qəzaları və xəsarətləri qarşısını almaq üçün mühüm əhəmiyyət kəsb edir.

3. Qabaqlayıcı Baxım Planlarının İnkişafı və Tətbiqi: Qabaqlayıcı baxım proqramları, komponentlərin mütəmadi yoxlanılmasını və ehtiyac olduqda onların dəyişdirilməsini əhatə edir. Bu, böyük təmir və əvəz etmə xərclərinin qarşısını alır və sistem effektivliyini artırır.



4. Ehtiyat Hissələrinin Effektiv İdarəetməsi: Ehtiyat hissələrinin təminatının və stoklarının düzgün idarə olunması, təmir və bərpa işlərinin tez və effektiv şəkildə həyata keçirilməsini təmin edir.

5. İnsan Kapitalının İnkişafı və Təlimlərinin Gücləndirilməsi: Sistem operatorları və texniki xidmət personalının bilik və bacarıqlarının artırılması, sistemlərin düzgün və effektiv şəkildə işləməsinin təmin edilməsində kritik əhəmiyyət daşıyır. Mütəmadi təlimlər və sertifikat proqramları, işçilərin yeniliklərə adaptasiya olunmasına kömək edir (Khan, M. I., Kozlowski, R., & Kim, J.,2018:s.30).

Bu tədbirlər kompleks şəkildə həyata keçirildikdə, hidromexaniki sistemlərin uzunmüddətli dayanıqlığı və etibarlılığına töhfə verə bilər.

### 3.2. Etibarlılıq Üçün Riyazi Modellər və Simulyasiyalar

Cədvəl 3.2

Strategiya	Təsvir	Potensial Faydaları
Proses Avtomatlaşdırması	Hidromexaniki sistemlərin iş proseslərinin kompüterləşdirilməsi və avtomatlaşdırılması.	İş səmərəliliyinin artırılması, xəta nisbətinin azalması.
Adaptiv Sistemlərə Keçid	Mühitin və iş rejiminin dəyişmələrinə uyğunlaşan, öz-özünü tənzimləyən komponentlər.	Daha yaxşı adaptasiya, dayanıqlılıq və ömür.
Uzaqdan İdarəetmə və Monitoring	Sistemlərin uzaqdan izlənməsi və idarə edilməsi üçün lazımi texnologiyaların inteqrasiyası.	Zaman və maliyyət effektivliyi, təhlükəsizliyin artırılması.
Həssas Diaqnostika və Analitik Alətlər	Sistemlərin həssas komponentlərinin vəziyyətini izləmək və potensial nasazlıqları analiz etmək.	Problemlərin qarşısının alınması, dayanıqlılığın artması.
İstehlaka Uyğun Dizayn və İşləmə Rejimləri	İstifadəçinin konkret ehtiyaclarına uyğun hidromexaniki sistemlərin dizayn edilməsi və işləmə rejimləri.	Maksimum səmərəlilik və enerji iqtisadiyyəti.
Qarşılıqlı Əlaqə və Standartlaşdırma	Müxtəlif sistem və komponentlərin birlikdə işləməsi üçün uyğunlaşma standartlarının tətbiqi.	İnteqrasiyanın asanlaşdırılması, uyğunluq və dəyişdiriləbilirlik.
Yaşıl Texnologiyalar və davamlı İstehsal	Ətraf mühitə minimum təsir edən texnologiyaların və proseslərin seçilməsi.	Ətraf mühitin qorunması, əməliyyatların davamlılığı.

(Mənbə: Əhməd zadə Ə.C., Həşimov A C. Meliorasiya və su təsərrüfatı sistemlərinin kadastrı. Bakı: Azər nəşr, 2006, 272 s.)

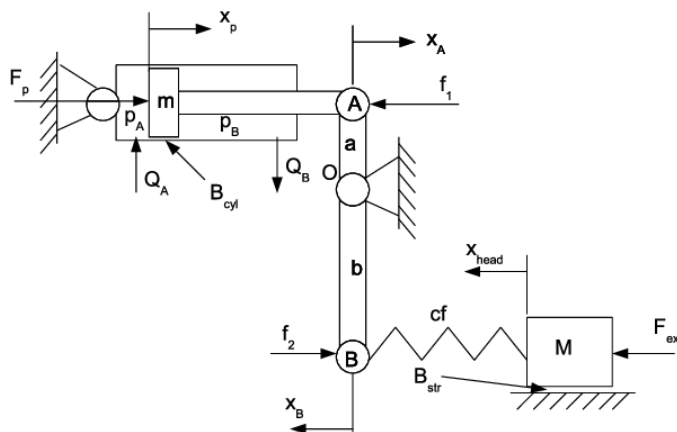
Cədvəldə hidromexaniki sistemlərin performansını artırmaq üçün altı fərqli strategiya təklif edilir. Her biri, bu sistemlərin səmərəliliyini, dayanıqlığını və təhlükəsizliyini yaxşılaşdırmaq üçün özünəməxsus təkliflər irəli sürür (Khan, M. I., Kozlowski, R., & Kim, J.,2018:s.30).

Birinci strategiya, iş proseslərinin avtomatlaşdırılmasıdır, bu da insan müdaxiləsinin azalması və potensial insan xətalalarının azalması ilə səmərəliliyi artırır. İkinci strategiya, mühit və iş şəraiti dəyişikliklərinə adaptasiya edə bilən sistemlərin inkişaf etdirilməsidir ki, bu da sistemlərin dayanıqlığını və iş ömrünü artırır.

Üçüncüsü, uzaqdan idarəetmə və monitorinq imkanlarının tətbiqidir ki, bu da təhlükəsizliyi yaxşılaşdırmaqla yanaşı, vaxt və maliyyə təsəvvürünü də artırır. Dördüncüsü, sistemlərin vəziyyətini dəqiq şəkildə izləmək və analiz etmək üçün həssas diaqnostika və analitik alətlərin tətbiqidir, bu da dayanıqlığı yaxşılaşdırır.

Beşinci strategiya, istifadəçinin konkret tələblərinə əsaslanan xüsusişdirilmiş sistem dizaynları və işləmə rejimləridir ki, bu da enerji istehlakını azaltmaqla maksimum səmərəlilik təmin edir. Altıncı və son strategiya isə ekoloji davamlılıq prinsiplərinə uyğun texnologiyaların və istehsal metodlarının tətbiqidir ki, bu da ətraf mühitin qorunması və əməliyyatların uzunmüddətli davamlılığını təmin edir.

Bu genişləndirilmiş tədbirlər, hidromexaniki sistemlərin etibarlılığını artırmaq istiqamətində ciddi bir irəliləyiş deməkdir. Nəticədə, şirkətlər daha dayanıqlı, rəqabətqabiliyyətli və səmərəli sistemlərə sahib olmaqla, həm müştəri məmnuniyyətini həm də əməliyyatların davamlılığını təmin edə bilirlər (Zadeh, M. H., Sabzi, R. E., Khojastehpour, M., & Khorsandi, A.,2019:s.147).



Şək. 3.3 Mexaniki sistemlərin dinamik modeli

(Mənbə: Bəşirov N.B. *Aerozol üsulu ilə suvarma ekoloji tarazlığı mühafizə edir / "Tətbiqi ekologiyanın problemləri". Akad. H. Əliyevin anadan olmasının 95 illiyinə həsr edilmiş elminometodik konfransın materialları. Bakı, 2002, s.288-289*)

İş proseslərinin davamlı analizi və yenidən qurulması, sistemlərin daha səmərəli işləməsinə imkan yaradır. Bu analiz, zəif nöqtələrin aşkarlanması və proseslərin daha effektiv hala gətirilməsi üçün əsasdır. Avtomatlaşdırma və süni zəkanın geniş miqyasda tətbiqi, iş proseslərini sürətləndirmək və işçilərin diqqətini daha mürəkkəb məsələlərə yönəltməyə imkan verir.

Sistem komponentləri arasında qarşılıqlı asılılıqların dəqiq idarə edilməsi, xətalara və dayanmaların minimuma endirilməsinə kömək edir. Bu, eyni zamanda, sistemlərin ümumi təhlükəsizliyini və işləkliyini artırır.

Bu yanaşmaların inteqrasiyası, hidromexaniki sistemlərin daha etibarlı, effektiv və davamlı olmasını təmin edərək, sənaye üçün mühüm irəliləyişlərə yol açabilir. Bu işə, uzunmüddətli rəqabət qabiliyyətinin artırılmasına və operativ məhsuldarlığın yüksəldilməsinə kömək edəcək (Иванов, Н. В., & Семенов, А. П., 2019:s.27).

**AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI ELM VƏ TƏHSİL NAZİRLİYİ  
AZƏRBAYCAN TEXNİKİ UNİVERSİTETİ**

**MEXANİKA kafedrası**

---

**Məhəmmədov Nəsif Ruslan oğlu**

**KÜLƏK NASOS QURĞULARINDA PORŞEN-SİLİNDR CÜTÜNÜN  
ANALİZİ  
mövzusunda**

**MAGİSTRİK DİSSERTASİYASI**

**İxtisas: 060630 – Mexanika mühəndisliyi**

**İxtisaslaşma: Hidromexanika və hidravlik maşınlar**

**Elmi rəhbər: T.e.d., professor Valeh İ. Baxşəli**

**BAKI – 2024**

## IV FƏSİL. KÜLƏK NASOS QURĞULARINDA PORŞEN-SİLİNDİR CÜTÜNÜN ANALİZİ.

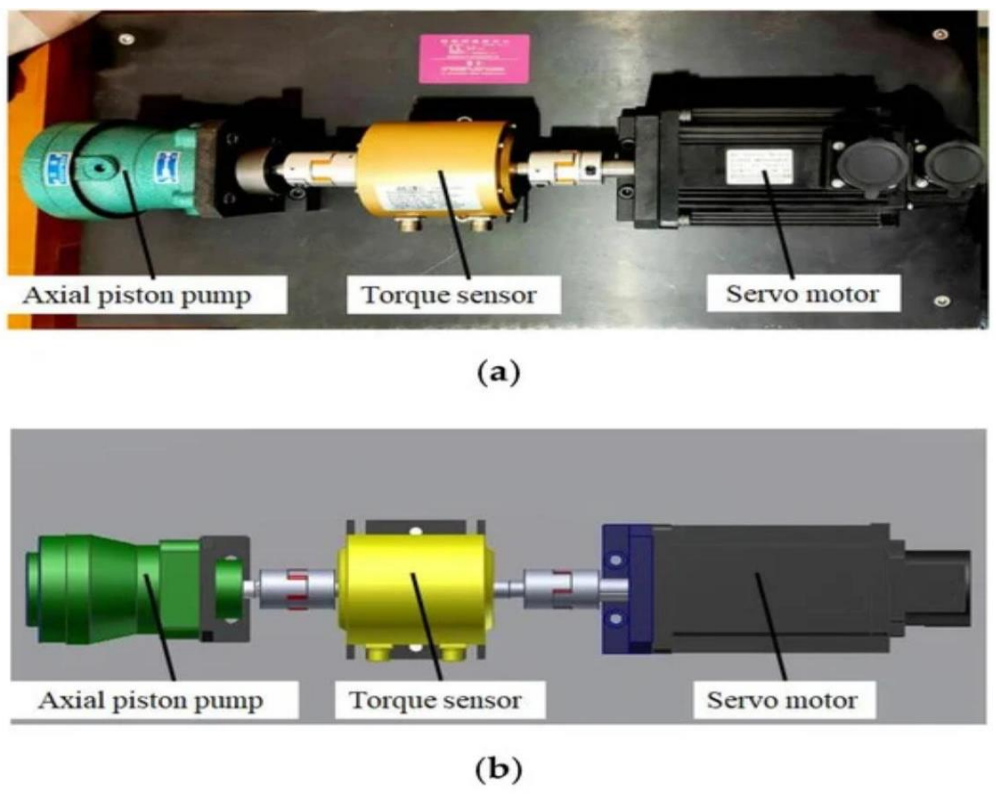
### 4.1. Porşen-silindr cütünün işləmə prinsipi və mexanizmləri

Külək nasos qurğularında porşen-silindr cütünün analizi, bu cihazların effektivliyini və dayanıqlığını anlamaq üçün mühüm bir prosesdir. Porşen-silindr cütü, külək nasosunun mühərrikindəki əsas komponentlərdən biridir və yanacağı yanmasından əmələ gələn qazların təzyiqini iş pistonu vasitəsi ilə mexaniki gücə çevirir (Zhao, C., & Xu, S.,2018:s.160).

Yuxarıda qeyd edilən araşdırmaları xülasə etməklə, axial piston nasosunun iki əsas problemini müəyyən etmək olar:

- Fərqli İş Şəraitində Sürtünmə Cütlüyünün Qüvvəsi: Mövcud modellər müxtəlif iş şəraiti altında sürtünmə cütlüklərinə təsir edən qüvvələri nəzərə ala bilmir. Bu məhdudiyət, modelin yalnız statik bir ssenarini əks etdirməsi nəticəsində nasosun performansını və davamlılığını proqnozlaşdırmaqda dəqiqliklərin olmamasına səbəb ola bilər (Мустафа, Я.,2020:s.180).
- Sferik Cütlüklərin Elastik Deformasiyası: Sferik cütlüklərin elastik deformasiyasını təsir edən əsas struktur parametrlərinin təhlili mövcud deyil. Bu aspekt, mexaniki effektivlik və nasosun ömrünə təsir edə biləcəyi üçün əhəmiyyətlidir. Bu parametrlərin spesifik təhlili və optimallaşdırılması olmadan, dizayn iş zamanı qarşılaşılan gərginliklərə davamlı olmaya bilər.

Bu problemlərin həll edilməsi üçün mövcud modellərin müxtəlif iş şəraiti altında sürtünmə qüvvələrinin dinamik və ətraflı təhlilini əhatə edən və sferik cütlüklərin elastikliyinə təsir edən amilləri araşdırmaq üçün daha mürəkkəb triboloji təhlili daxil etməklə inkişaf etdirilməsi tələb olunur (Петров, В. С., & Смирнов, Д. А.,2020:s.52).Bu, fərqli şərait altında gərginlik və deformasiyanı modelləşdirmək üçün sonlu elementlər analizi (FEA) kimi irəli simulyasiya texnikalarını və sürtünmənin təsirlərini anlamaq və azaltmaq üçün daha mürəkkəb triboloji analizləri əhatə edə bilər.



Şək. 4.1 Ağıllı Suvarma Sistemlərində Yüksək Təzyiqli Məhsul Sınaq Mərkəzi və Onun Komponentləri

(Mənbə: Zaman, Q. U., & Pandey, P. (2019). *An IoT-based smart irrigation management system using machine learning and cloud computing. Computers and Electronics in Agriculture, 167, 105035. doi:10.1016/j.compag.2019.105035*)

Şəkil 4.1, yüksək təzyiqli maye pulsasiyası test mərkəzini göstərir, bu mərkəz 1.5 kW gücündə servomotor, dinamik moment ötürücü, məlumat yığım sistemi və axial piston nasosdan ibarətdir. Servomotor, moment sensoru və axial piston nasos növbə ilə test masasında sabitlənir. Servomotor, moment sensorunun giriş mili ilə bir transmissiya mili vasitəsilə bağlanır, moment sensorunun çıxış mili axial piston nasosa bağlanır və transmissiya milləri kuple bağlantısı vasitəsilə bir-birinə bağlanır (Khan, M. I., Kozlowski, R., & Kim, J.,2018:s.33).

Servomotorun tətbiqi, test olunan nasosun dəyişən sürətlərə uyğunlaşdırılmasına imkan verir, moment sensoru isə transmissiya mili vasitəsilə ötürülən momenti dəqiq ölçür. Bu cihazlar birlikdə, nasosun iş prinsipini və performans parametrlərini dərindən başa düşmək üçün zəruri olan məlumatları

toplayır. Test stendinin real və 3D model görüntüləri, axial piston nasosun iş şəraitini dəqiq bir şəkildə təqlid etmək və qiymətləndirmək üçün istifadə olunan cihazların quraşdırılmasını göstərir. Prototipdə, hər bir komponentin necə yerləşdirildiyini və aralarındakı bağlantıları aydın şəkildə görmək mümkündür (Khan, M. I., Kozlowski, R., & Kim, J.,2018:s.30).

Hidrodinamik Yağlama Tənliyi:

Reynolds Tənliyi:

$$R_e = \frac{\rho \cdot v \cdot L}{\mu} \quad (4.1)$$

Burada (  $R_e$  ) - Reynolds ədədi, (  $\rho$  ) - maye sıxlığı, (  $v$  ) - maye sürəti, (  $L$  ) - xarakteristik uzunluq, (  $\mu$  ) - axışqanın dinamik özlülüyü.

Bu tənlik, yağlama mayesinin axını və onun təsirini silindr divarlarındakı porşen hərəkətinə analiz etmək üçün istifadə olunur.

Nümunə:

Suyun sıxlığı (  $\rho = 1000$  , kg/m<sup>2</sup>), dinamik özlülüyü (  $\mu$  ) 0.001Pa \ (  $\cdot$  s)) bir borudan (xarakteristik uzunluq (  $L = 1$ , m) 2 m/s sürətlə axdığını fərz edək.

$$R_e = \frac{1000 \cdot 2 \cdot 1}{0.001} = 2000000$$

Bu dəyər, axın rejiminin turbulent olduğunu göstərir.

Porşen Hərəkəti Tənliyi:

$$x(t) = x_0 + v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 \quad (4.2)$$

Burada  $x(t)$  - hərəkət müddətində məsafə, (  $x_0$  ) – başlanğıc məsafə, (  $v_0$  ) – başlanğıc sürət, (  $a$  ) – təcil, (  $t$  ) – zaman.

Porşenin silindr içindəki hərəkəti və onun sürəti bu tənliklə hesablanır.

Qüvvə və Təzyiq Tənlikləri:

$$F = P \cdot A. \quad (4.3)$$

Burada (  $F$  ) – qüvvə, (  $P$  ) – təzyiq, (  $A$  ) – sahə.

Porşen üzərindəki təzyiqdən yaranan qüvvənin hesablanması üçün bu tənlik istifadə olunur.

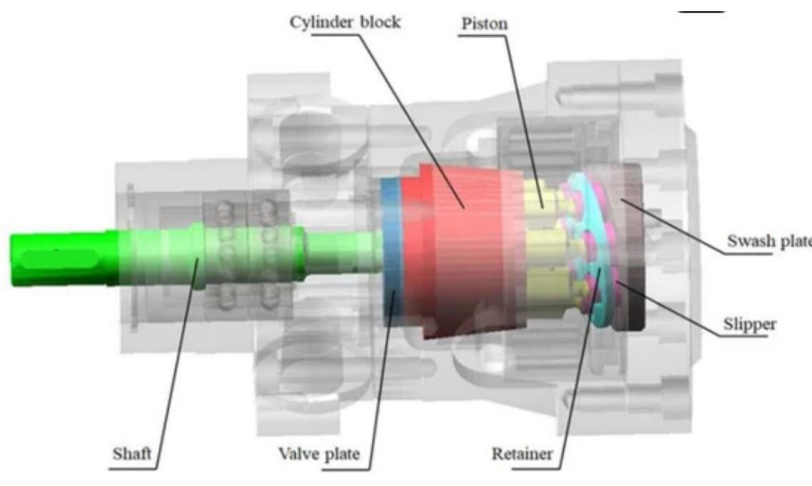
Nümunə:

Bir silindr pistonuna tətbiq edilən təzyiq (  $P = 200$ , kPa) və silindr pistonunun sahəsi (  $A = 0.05$ ,  $m^2$  ) olsun.

$$F = 200000 \cdot 0.05 = 10000N$$

Bu nümunə, pistonun 10,000 N qüvvə ilə itələndiyini göstərir.

Bu düsturlar, külək nasos qurğularında porşen-silindir cütünün iş prinsiplərini və potensial problemlərini anlamaq üçün əsas təhlil vasitələri təqdim edir. Mühəndislər bu tənlikləri istifadə edərək, nasosların daha davamlı və effektiv olmasını təmin edə bilər.



Şək. 4.2 Axial Pistonlu Nasosun Daxili Komponentləri və İşləmə Mexanizmi.

(Mənbə: Петров, В. С., & Смирнов, Д. А. (2020). Тенденции развития умного сельского хозяйства в России. В Материалы международной конференции «Современные проблемы информатизации и информационной безопасности» (с. 52-56.)

Şəkil 4.2, axial piston nasosun daxili komponentlərini və onun işləməsi üçün əsas hissələri göstərir. Soldan başlayaraq, nasosu işlədən mili görürük, bu mil silindr blokuna bağlıdır ki, orada pistonlar yerləşir. Pistonlar, milin dönmə hərəkətini pistonların düzgün hərəkətinə çevirən swash plate (meyilli plaka) tərəfindən silindr blokunun içində və çölündə itələnir. Pistonların ucunda olan slippers (qayıclar), swash plate ilə sürtünmə yaradır və retainer (sabitləyici) pistonları yerində tutur.

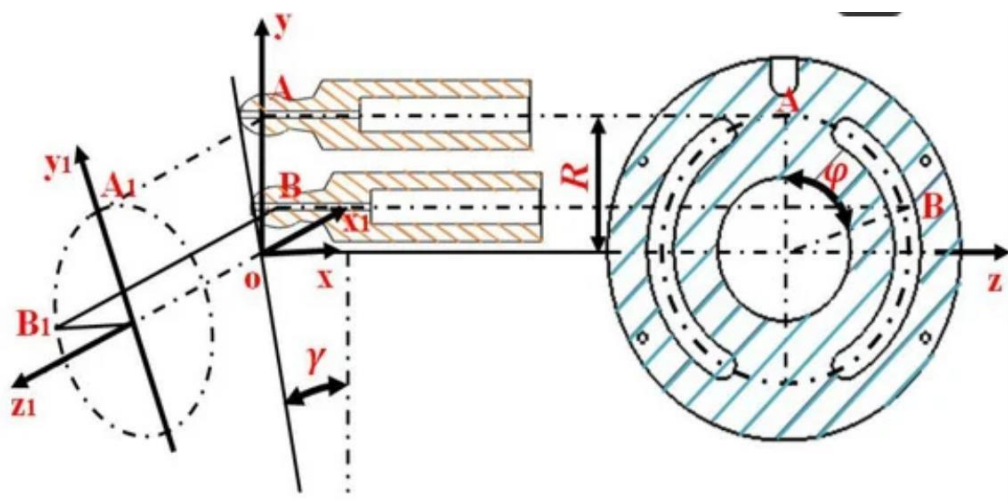


Sxemdə həmçinin suyun nasosda necə axacağını tənzimləyən valve plate (klapan plitəsi) də görünür (ИВАНОВ, Н. В., & СЕМЕНОВ, А. П., 2019:s.27).

#### 4.2. Silindr içindəki maye dinamikası və təzyiq dalğalanmaları

Bu dissertasiyada, test edilmiş axial piston nasos tədqiqat obyektı kimi nəzərdə tutulmuş və onun ümumi konfigurasiyası sxem 2-də təsvir edilmişdir. Bu şəkil, nasosun daxili komponentlərinin yerləşməsini və hər bir hissənin funksiyasını anlamaq üçün vizual bir mənbə kimi xidmət edir. Bu təsvir, nasosun necə işlədiyini və komponentlərin bir-biri ilə necə əlaqələndiyini dərinlən təhlil etmək üçün əsas təmin edir (Khan, M. I., Kozłowski, R., & Kim, J., 2018:s.30).

Axial piston nasosun əsas struktur hissələri mil, meyilli plaka (swash plate), qayıcı (slipper), piston, silindr bloku, klapan plitəsi (valve plate) və sabitləyici (retainer)-dən ibarətdir. Silindr blokunun və milin oxları üst-üstə düşür. Meyilli plaka və klapan plitəsi sabitlənir və mil silindr blokunu fırlatmaq üçün sürücü rolunu oynayır. Pistonlar, silindr blokunda uzunlamasına düzülür və qayıcı, sabitləyicinin təsiri altında meyilli plakaya basılır.



Şək. 4.3 Mühərrik vana mexanizminin kinematik

(Mənbə: Həsənov S.T. Drenaj, hesabati, layihələndirilməsi və istismarı. Bakı: Elm, 2009, 236 s.)

Şəkil 4.3, axial piston nasosundakı silindr bloku ilə piston arasındakı hərəkət prinsipini göstərir. Sol tərəfdəki meyilli plaka ve silindr blokunun normal xətti arasındakı bucaq (angle  $\varphi$ ), pistonların silindr blokuna nisbətən hərəkətini təyin edir.

Bunu açıq şəkildə göstərən üç ölçülü koordinat sistemi var. Koordinat sistemi, pistonun xətti hərəkət yolu və silindr blokunun fırlanma istiqamətini (Z oxu) təsvir edir.

Axial piston nasoslar hidravlik nasoslarının bir növüdür və onların əsas komponentləri aşağıdakılardır:

1. Pistonlar: Bunlar silindr blokunda yerləşən və hidravlik maye tərəfindən hərəkətə gətirilən hərəkətli komponentlərdir (Santos, F. L., de Souza, F. B., Ferreira, P. A., Rodrigues, A. A., & de Oliveira, M. G., 2020:s.50).

2. Slipperlar (qayıcılar): Hər pistonun altında qayıcı var ki, bu da pistonun swash plitəsi üzərində sürüşməsinə təmin edir. Bu, silindr blokunun fırlanma hərəkətini pistonların xətti hərəkətinə çevirir.

3. Swash Plitəsi (Meyilli Plitə): Pistonlara bağlı qayıcılara təsir edən meylli plitədir. Plitənin meylli bucağı pistonların vuruş uzunluğunu və buna görə də nasosun çıxışını müəyyənləşdirir.

4. Silindr Bloku: Pistonları saxlayır və nasos oxu ətrafında fırlanır.

Nasosun işləmə prinsipi silindr blokunun fırlanması ilə başlayır, bu da swash plitəsi ilə qarşılıqlı təsir nəticəsində pistonların irəli-geri hərəkət etməsinə səbəb olur. Bu hərəkət nasosun pistonlarının çəkilməsi zamanı hidravlik mayeni nasosa çəkilməsini və pistonların itələnməsi zamanı isə onun təzyiq altında çıxarılmasını təmin edir (Zadeh, M. H., Sabzi, R. E., Khojastehpour, M., & Khorsandi, A., 2019:s.147).

Axial piston nasosunda piston topunun mərkəz nöqtəsinin ox oxu boyunca (yəni milin mərkəzi oxu ilə üst-üstə düşən) hərəkət məsafəsini hesablamaq üçün nasosun geometriyasını və swash plitəsinin bucağı, pistonun hərəkəti və silindr blokunun fırlanması arasındakı əlaqələri nəzərə almalıyıq.

$$S = -R \tan\gamma \cos\varphi \quad (4.4)$$

Axial piston nasosunda pistonun mərkəz nöqtəsinin ox oxu boyunca hərəkətini daha aydın hesablamaq üçün verdiyiniz təriflər əsasında izahat verək:

- (R): Pistonların paylanma dairəsinin radiusudur; bu, nasosun mərkəzindən hər hansı bir pistonun mərkəzinə olan məsafədir.

- $(\gamma)$ : Swash plitəsinin horizontal oxla nisbətən meyilli bucağıdır. Bu bucaq, pistonların silindr blokunda irəli və geri maksimal hərəkətini müəyyənləşdirir (Santos, F. L., de Souza, F. B., Ferreira, P. A., Rodrigues, A. A., & de Oliveira, M. G.,2020:s.40).
- $(\Phi)$ : Silindr blokunun döndüyü bucaqdır. Bu,  $(\Phi = \Omega)$  kimi hesablanır, burada  $(\Omega)$  bucaq sürəti və  $(t)$  keçən vaxtdır.

Bunları nəzərə alaraq, hər hansı bir pistonun horizontal mövqeyi  $(x)$  riyazi olaraq belə ifadə edilə bilər. Pistonun mövqeyi həm silindr blokunun fırlanması, həm də swash plitəsinin meyli tərəfindən təsirlənir, buna görə də onun koordinatlarını silindr blokunun fırlanması ilə uyğunlaşan fırlanan referans çərçivəsində hesablamalıyıq.

#### Horizontal Yerdəyişmənin Hesablanması

Pistonun mərkəz nöqtəsinin oxu boyunca horizontal yerdəyişməni  $(x)$ , swash plitəsi meyilli olduğunda və silindr bloku  $(\Phi)$  bucağı ilə fırlanmışsa, aşağıdakı həndəsi münasibətlə müəyyən edilə bilər:

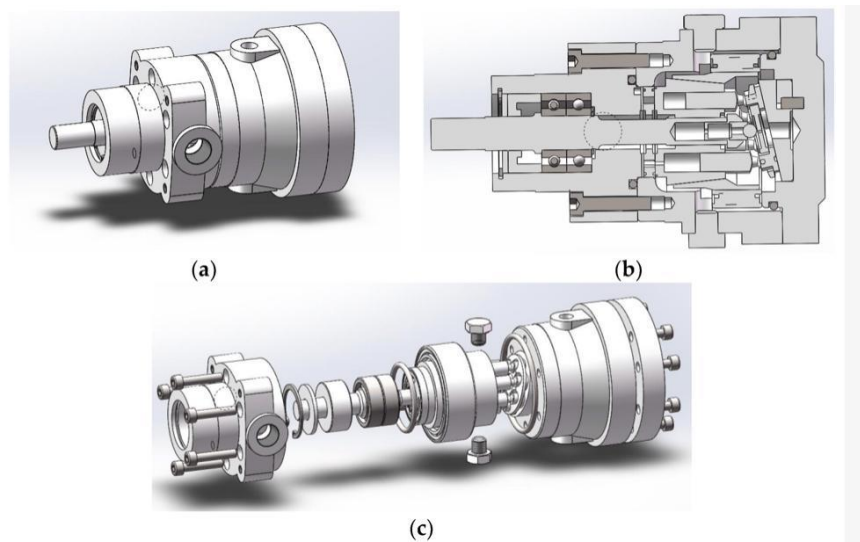
$$[ x = R \cos(\gamma) \cos(\Phi) ]. \quad (4.5)$$

Burada:

1.  $R \cos(\gamma)$  : Swash plitəsinin meyli səbəbindən pistonun hərəkət etdiyi dairənin effektiv radiusunu hesablayır. Meyilli bucaq  $(\gamma)$  cosinusunu effektiv 51ompon azaldaraq, onu horizontal səviyyəyə proyeksiya edir (Santos, F. L., de Souza, F. B., Ferreira, P. A., Rodrigues, A. A., & de Oliveira, M. G.,2020:s.50).

2.  $\cos(\Phi)$  : Silindr bloku fırlanarkən,  $(\Phi)$  bucağı pistonun 51omponen ön mövqe ilə (tez-tez 51omponen giriş və ya çıxışı ilə hizalanır) nisbi mövqeyini təsvir edir.  $\cos(\Phi)$  ilə vurulması, fırlanma nəticəsində ox oxu boyunca horizontal komponenti verir.

Bu formul, silindr blokunun fırlanması və swash plitəsinin bucağının təsiri altında pistonun horizontal mövqeyinin necə dəyişdiyini izah edir. Pistonun şaquli hərəkəti və komponentlər arasındakı ətraflı qarşılıqlı təsirlər nasosun ümumi dinamikasına daha çox təsir göstərə bilər, lakin bu xüsusi horizontal hərəkətin hesablanmasında nəzərə alınmır.



Şək. 4.4 Axial Pistonlu Nasosun İzoqrafik, Bəlkəvi və Partladılmış Görünüşləri.

(Mənbə: Khan, M. I., Kozłowski, R., & Kim, J. (2018). *A Review of Smart Irrigation Technologies for Sustainable Crop Production Based on IoT. Sensors*, 18(11), 4009. Doi:10.3390/s18114009)

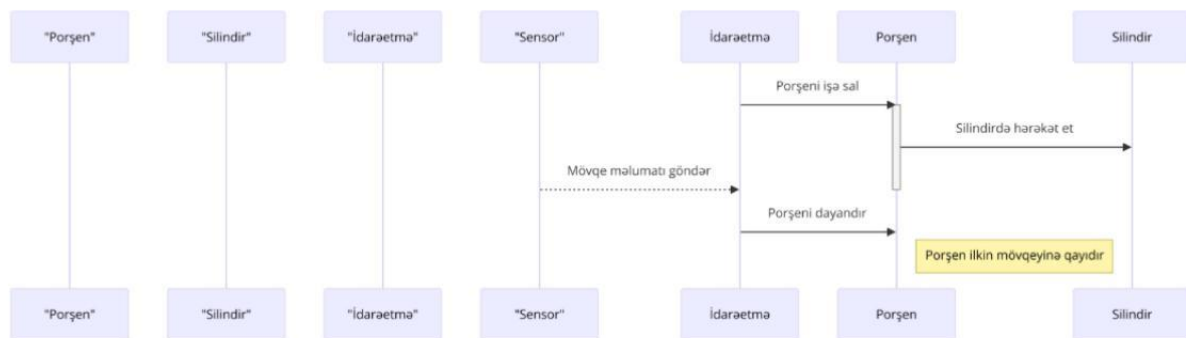
Şəkil 4.4, axial piston nasosunun üç fərqli görünüşünü göstərir:

(a) İzometrik Yan Görünüş: Bu görünüş yan tərəfdən 3D perspektivi təqdim edir və nasosun xarici quruluşunu və hissələrin necə bir araya gəldiyini görməyə imkan verir.

(b) Bölməvi Sxema: Bu kəsişmə görünüşü nasosun içindən keçir və pistonlar, swash plitəsi, silindr bloku və sürücü mili kimi daxili komponentləri ortaya çıxarır. Nasosun daxili işləməsini və içəridəki axın yollarını anlamaq üçün faydalıdır (Zhao, C., & Xu, S.,2018:s.160).

(c) Partladılmış Görünüş: Bu ayrılmış görünüş bütün komponentləri ayrı-ayrılıqda göstərir, hər bir hissəni tanımağı və montajda hara yerləşdirildiyini anlamağı asanlaşdırır. Nasosun necə yığıldığını göstərmək üçün təmir, xidmət və təhsil məqsədləri üçün faydalıdır.

Mühəndislikdə bu fərqli görünüşlər, kompleks maşınların hərtərəfli anlaşılmasını təmin etmək üçün yaygın olaraq istifadə olunur. Onlar dizayn, xidmət və problemlərin həll edilməsi məqsədləri üçün əsas rol oynayır (Петров, В. С., & Смирнов, Д. А.,2020:s.52).



Diaqram 4.1 Pnevmatik sistemlərin işləmə prinsipi

(Mənbə: Santos, F. L., de Souza, F. B., Ferreira, P. A., Rodrigues, A. A., & de Oliveira, M. G. (2020). An IoT-Based Smart Irrigation System Using Drip Irrigation Technique. *Sensors*, 20(11), 3111. Doi:10.3390/s20113111)

Diaqram 4.1, bir axın sxemi təsvir edir. İşte bu axın sxeminin təfərrüatlı izahı:

Ümumi Görünüş: Diaqram bir neçə qutu (düyümlər) və oxlardan ibarətdir ki, bu da hərəkətlərin və ya prosedurların axını göstərir.

Terminologiya:

“Porşen” və “Silindir” müəyyən komponentləri və ya prosesləri, ehtimal ki, mexaniki və ya mühəndislik kontekstində göstərir.

“İdarəetmə” “53ompone” və ya “idarə” mənasını verir, bu düyümlərin idarəetmə mexanizmləri və ya sistemləri ilə əlaqədar olduğunu göstərir.

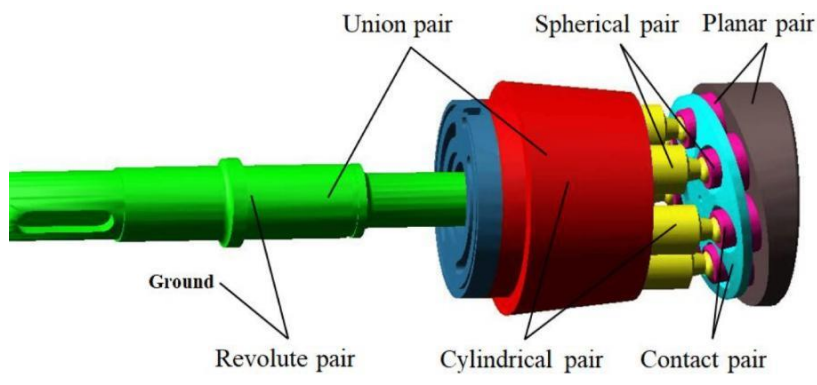
"Sensor" açıqdır, sistemdə və ya mühitdə dəyişiklikləri aşkar edən sensor cihazlarının iştirakını bildirir (Myстафа, Я.,2020:s.180).

Hərəkətlərin Axını:

- "Porşeni işə sal" deməkdir ki, porşeni aktivləşdir və ya işə başlat.
- "Silindrə hərəkət et" mexaniki bir hərəkəti bildirir.
- "Porşeni dayandır" porşenin fəaliyyətini dayandırmağı göstərir.

Proses Axını: Sxem, ehtimal ki, porşenin (Porşen) aktivləşdirilməsini, bununla əlaqədar olaraq bir silindrin (Silindir) hərəkətini göstərir. Sensorlar bu hərəkətləri izləyərək idarəetmə sistemlərinə (İdarəetmə) geribildirim göndərə bilər, bu da öz

növbəsində geribildirim əsasında əməliyyatların idarə edilməsini, o cümlədən porşenin dayandırılmasını təmin edir.



Şək. 4.5 Axial Pistonlu Nasosun Dinamik Modeli və Mexaniki Cütləri.

(Mənbə :Qin, Y., Han, Q., Wu, Y., Zhang, Z., & Zhang, Z. (2021). *Review of Smart Agriculture Based on Internet of Things. IEEE Access*, 9, 32846-32861. doi:10.1109/access.2021.3062024)

Şəkil 4.5, axial piston nasosunun dinamik modelini göstərir. Model, müxtəlif mexanik cütləri və nasos komponentlərinin qarşılıqlı əlaqəsini etikətlərlə işarələyir:

- "Ground" (Yer): Nasosun sabit hissəsidir.
- "Revolute pair" (Dönmə cütləri): Dönmə hərəkətinə imkan verən hissələr.
- "Cylindrical pair" (Silindrik cütlər): Düz xəttə və ya dairəvi hərəkətə imkan verən komponentlər (Иванов, Н. В., & Семенов, А. П., 2019:s.27).
- "Contact pair" (Təmas cütləri): İki səth arasında təmas nöqtələri üzərində hərəkətə imkan verən komponentlər.
- "Union pair" (Birləşmə cütləri): İki komponent arasında həm dönmə həm də sürgülü hərəkəti mümkün edən hissələr.
- "Spherical pair" (Sferik cütlər): Hər yöndə hərəkətə imkan verən sferik qarşılıqlı komponentlər.
- "Planar pair" (Planar cütlər): Düz səthlər arasında sürüşmə hərəkətinə imkan verən hissələr.

Bu etiketlər, nasosun dinamikasını və komponentlərin necə inteqrasiya olunduğunu anlamağa kömək edir. Məsələn, yerdə sabit olan hissə yaşıl rəngdə işarələnib. Bu cür modellər, nasosun iş prinsipini və onun quruluşunu anlamaq üçün xüsusi olaraq faydalıdır.

**AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI ELM VƏ TƏHSİL NAZİRLİYİ  
AZƏRBAYCAN TEXNİKİ UNİVERSİTETİ**

**MEXANİKA kafedrası**

---

**Əmirli Şahanə Yaşar qızı**

**QARABAĞ İQTİSADİ ZONASINDA AĞILLI SUVARMA SİSTEMLƏRİNİN  
TƏTBİQİ PERSPEKTİVLƏRİ VƏ PRAKTİKİ TÖVSIYƏLƏRİN  
HAZIRLANMASI  
mövzusunda**

**MAGİSTRİK DİSSERTASİYASI**

**İxtisas: 060630 – Mexanika mühəndisliyi**

**İxtisaslaşma: Hidromexanika və hidravlik maşınlar**

**Elmi rəhbər: T.e.d., professor Valeh İ. Baxşəli**

**BAKİ – 2024**



## V FƏSİL. QARABAĞ İQTİSADI ZONASINDA AĞILLI SUVARMA SİSTEMLƏRİNİN TƏTBİQİ PERSPEKTİVLƏRİ VƏ PRAKTİKİ TÖVSIYƏLƏRİN HAZIRLANMASI.

### 5.1. Ağıllı suvarma sistemlərinin əhəmiyyəti və mövcud vəziyyət

Qarabağ İqtisadi Zonasında ağıllı suvarma sistemlərinin tətbiqi perspektivləri, mövcud su resurslarını daha səmərəli idarə etmək və kənd təsərrüfatı istehsalını artırmaq üçün mühüm bir addım ola bilər. Bu sistemlər torpaq və hava şəraitinə əsaslanaraq suvarmanın idarə olunması üçün sensorlar və avtomatik nəzarət mərkəzlərindən istifadə edir. Bu texnologiya, suyun istifadəsini optimallaşdırmaqla yanaşı, enerji xərclərini azaltmaq və əkin sahələrinin məhsuldarlığını yüksəltmək imkanı verir (Santos, F. L., de Souza, F. B., Ferreira, P. A., Rodrigues, A. A., & de Oliveira, M. G.,2020:s.50).

Suvarma sistemlərinin davamlı inkişafı və yenilənməsi, Qarabağ İqtisadi Zonasının kənd təsərrüfatı sektorunda daha böyük məhsuldarlıq və ekoloji dayanıqlılıq əldə etmək üçün vacibdir. İnfrastrukturun qurulması və texniki dəstək ilə yanaşı, ağıllı suvarma sistemlərinin effektiv idarə edilməsi üçün məlumat analizinin və real vaxt rejimində monitorinqin tətbiqi də əhəmiyyətli rol oynayır. Bu, suvarma proseslərinin optimallaşdırılması və su istifadəsinin daha da azaldılması imkanını verir.

Bu cür dəstəklər, ağıllı suvarma texnologiyalarının daha geniş qəbulunu təşviq edərək, uzunmüddətli iqtisadi və ekoloji rifahın təmin edilməsinə xidmət edəcək (Khan, M. I., Kozlowski, R., & Kim, J.,2018:s.33).

Cədvəl 5.1

Kateqoriya	Detallar
Texnologiya	Sensorlar, avtomatik idarəetmə sistemləri, məlumat toplama avadanlıqları.
Təlimat və Dəstək	Fermerlərə texniki təlim və seminarlar, işləmə metodlarının göstərilməsi.
Məlumat Analizi	Torpaq nəminə, hava şəraitini və su səviyyələrini real vaxt rejimində izləyən analitik platformalar.
İnfrastruktur	Suvarma sistemlərinin qurulması və dayanıqlı işləməsi üçün lazımı infrastrukturun yaradılması.

Cədvəl 5.1-in ardı.

Qanunvericilik	Suvarma sistemlərinin təşviqi və maliyyə dəstəyi üçün müvafiq qanunlar və təşəbbüslər.
İqtisadi Dəstək	Yerli və milli səviyyədə maliyyə və subsidiyaların təmin edilməsi.
Ekoloji Faydalar	Su sərfiyyatının azalması, torpaq eroziyasının qarşısının alınması, ekoloji balansın qorunması.

(Mənbə: Məmmədova E.A. Hidrogeoloji tədqiqat üsulları («Hidrogeologiya və mühəndis geologiyası» ixtisaslı bakalavr hazırlığı üçün dərslik). BDU nəşriyyatı, 2008. 255 s.)

Qarabağ İqtisadi Zonasında ağıllı suvarma sistemlərinin tətbiqi ilə əlaqədar hazırlanmış cədvəl müxtəlif aspektləri əhatə edir:

1. Texnologiya: Burada torpaq və hava şəraitini ölçən sensorlar, suvarma idarəetmə sistemləri, və məlumat toplama avadanlıqları kimi avadanlıqlar daxildir. Bu texnologiyalar, suvarmanın nə zaman və nə qədər olmalı olduğunu avtomatik tənzimləyərək su sərfiyyatını azaltmağa kömək edir (López, J., Iborra, A., Torres, R., Gómez, J., & Parra, L., 2018:s.60).

2. Təlimat və Dəstək: Yeni texnologiyalardan istifadə etmək üçün fermerlərə lazımi bilik və bacarıqları öyrətmək məqsədilə təşkil edilən təlim və seminarları əhatə edir.

3. Məlumat Analizi: Bu sistemlər torpaq və hava şəraitinin real vaxt rejimində izlənməsi vasitəsilə toplanan məlumatları təhlil edir və bu məlumatlar suvarma qərarlarının daha məqsədyönlü və effektiv olmasını təmin edir.

4. İnfrastruktur: Ağıllı suvarma sistemlərinin qurulması və dayanıqlı işləməsi üçün lazımi infrastrukturun yaradılması, boruların, nasosların və digər avadanlıqların quraşdırılması və müntəzəm baxımını əhatə edir.

5. Qanunvericilik: Suvarma sistemlərinin genişləndirilməsini dəstəkləmək üçün qanunlar və təşəbbüsləri əhatə edir, bu da maliyyə və subsidiyaların təmin edilməsini və texnologiyanın daha geniş qəbulunu təşviq edir (Pandey, R., Mishra, S., & Mishra, A., 2020:s.6).

6. İqtisadi Dəstək: İqtisadi dəstək, hökumət tərəfindən maliyyə yardımı və subsidiyaların verilməsi vasitəsilə suvarma sistemlərinin tətbiqinə yardım etməyi ifadə edir.

7. Ekoloji Faydalar: Ağıllı suvarma sistemlərinin su sərfiyyatını azaltması, torpaq eroziyasının qarşısının alınması və ümumi ekoloji balansın qorunması kimi ətraf mühitin qorunmasına töhfə verən faydaları əhatə edir.

Bu cədvəl, Qarabağ İqtisadi Zonasında ağıllı suvarma sistemlərinin uğurla tətbiq edilməsi üçün lazımi planlaşdırma və resursların nəzərdən keçirilməsini təmin edir, və bölgədə suvarma effektivliyini artırmaq və ekoloji dəyəri yaxşılaşdırmaq məqsədi daşıyır (Zadeh, M. H., Sabzi, R. E., Khojastehpour, M., & Khorsandi, A.,2019:s.147).

Qarabağ İqtisadi Zonasında ağıllı suvarma sistemlərinin tətbiqi, fermerlərə əkin sahələrinin su tələbatını daha dəqiq idarə etmək və su resurslarını daha səmərəli istifadə etmək imkanı verir. Bu texnologiyaların tətbiqi nəticəsində su istifadəsinin azalması, məhsuldarlığın artması və ətraf mühitin qorunmasına töhfə verilməsi mümkündür.

Məlumat analizi, real vaxt rejimində məlumatların təhlilini və tətbiqini əhatə edir. Bu, suvarma qərarlarının daha məqsədyönlü və effektiv olmasını təmin edir. Torpaq və hava şəraiti barədə məlumatlar sistem tərəfindən avtomatik olaraq işlənərək, ən optimal suvarma strategiyasını təyin edir.

İnfrastrukturun yaradılması, lazımi avadanlıqların və texnologiyaların quraşdırılması ilə əlaqədardır. Düzgün qurulmuş və idarə olunan suvarma infrastrukturu, uzunmüddətli və dayanıqlı suvarma həllərini təmin etmək üçün zəruridir (Zhao, C., & Xu, S.,2018:s.160).

Torpaq nəmliyinin optimal dəyərini müəyyən etmək üçün aşağıdakı tənliyi istifadə etmək olar:

$$TNI = \frac{TN - TN_{min}}{TN_{max} - TN_{min}} \times 100 \quad (5.1)$$

burada:

- ( TNI ): Torpaq Nəmlik İndeksi (faiz olaraq).

- ( TN ): Cari torpaq nəmliyi (volum faizi).
- ( TN<sub>min</sub>) və ( TN<sub>max</sub> ): Torpaq nəmliyinin minimal və maksimal səviyyələri.:

Nümunə:

Fərz edək ki, cari torpaq nəmliyi ( TN = 18\% ), minimal torpaq nəmliyi ( TN<sub>min</sub> = 10\% ), və maksimal torpaq nəmliyi ( TN<sub>max</sub> = 30\% ) olsun.

$$TNI = \frac{30 - 10}{50 - 10} \times 100 = \frac{20}{40} \times 100 = 50\%$$

Bu, cari torpaq nəmliyinin optimal diapazonun 40% olduğunu göstərir.

Suvarma effektivliyini artırmaq üçün itirilən su miqdarını hesablayın:

$$IL = ( P - ET - I ) \times A \quad (5.2)$$

burada:

- ( IL ): İtirilən su miqdarı (litrlər).
- ( P ): Yağıntı miqdarı (mm).
- ( ET ): Evapotranspirasiya dərəcəsi (mm).
- ( I ): İnfiltasiya dərəcəsi (mm).
- ( A ): Suvarılan ərazi (m<sup>2</sup>).

Nümunə: Əgər yağıntı ( P = 5 , mm ), evapotranspirasiya ( ET = 2 , mm ), infiltrasiya ( I = 1 , mm ) və sahə ( A = 1000 , m<sup>2</sup> ) olsa, IL belə hesablanır:

$$IL = ( 5 - 2 - 1 ) \times 1000 = 2 \times 1000 = 2000 \text{ litr}$$

Bu düsturlar Qarabağ iqtisadi zonasında tətbiq edilə biləcək ağıllı suvarma sistemləri üçün faydalı hesablamalar və optimallaşdırma üsulları təmin edə bilər (Петров, В. С., & Смирнов, Д. А., 2020:s.52).

Müasir texnologiyaların tətbiqi ilə, fermerlər dəyişən iqlim şəraiti və suvarma tələblərinə daha yaxşı cavab verə bilirlər. Məsələn, quraqlıq dövrlərində suvarmanın avtomatik tənzimlənməsi, su itkisinin azaldılması və su ehtiyatlarının daha səmərəli istifadəsi mümkün olur. Bu sistemlər həmçinin torpaq və bitki sağlamlığını monitorinq edərək, məhsulun keyfiyyətini və məhsuldarlığını artırmağa imkan verir.

Texnologiya transferi və yerli kapasitetin artırılması prosesləri, bu texnologiyaların geniş yayılmasına kömək edir. Fermerlərin bu sistemlərə olan məlumatlılığını və texniki bacarıqlarını artırmaq üçün aparılan təlimlər və seminarlar, onların bu yenilikləri qəbul etməsini asanlaşdırır. Eyni zamanda, yerli texniki dəstək xidmətlərinin inkişafı, sistemlərin quraşdırılması və saxlanılması üçün lazımi dəstəyi təmin edir (Муртафа, Я.,2020:s.180).

Beləliklə, Qarabağ İqtisadi Zonasında ağıllı suvarma sistemlərinin tətbiqi, kənd təsərrüfatının müasir şərtlərə adaptasiya olunması, su sərfiyyatının azaldılması, məhsuldarlığın və ekoloji dayanıqlılığın artırılması baxımından strateji əhəmiyyət kəsb edir. Bu yanaşma, regionun kənd təsərrüfatı potensialını maksimum dərəcədə istifadə etmək və gələcəkdə qarşılaşacağı çağırışlara daha yaxşı cavab vermək üçün zəruri olan alətləri təqdim edir.

Cədvəl 5.2

Göstərici	Başlanğıc Dəyər	Cari Dəyər	Dəyişiklik (%)	İzah
Su Sərfiyyatı	100,000 m <sup>3</sup>	75,000 m <sup>3</sup>	-25%	Ağıllı suvarma sistemi sayəsində illik su sərfiyyatında azalma.
Məhsul Həcmi (Ton)	500 ton	650 ton	+30%	Ağıllı sistemlərin tətbiqi ilə məhsuldarlıqda artım.
Enerji İstifadəsi (kWh)	10,000 kWh	7,500 kWh	-25%	Suvarma üçün tələb olunan enerji sərfiyyatında azalma.
Bitki Sağlamlığı	Yaxşı	Çox Yaxşı	N/A	Bitkilərin ümumi sağlamlığında yaxşılaşma.
Ekoloji Təsir	Orta	Yaxşı	N/A	Ekoloji balansın yaxşılaşdırılması və bioloji müxtəlifliyin artması.

(Mənbə: Əhmədzadə Ə.C. Heydər Əliyev və Azərbaycan Su Təsərrüfatı. Bakı: Azərnaşr, 2003, 216 s.)

Qarabağ İqtisadi Zonasında ağıllı suvarma sistemlərinin tətbiqi ilə əlaqədar yaratdığım cədvəl, bu sistemlərin su sərfiyyatı, məhsuldarlıq, enerji istifadəsi, bitki sağlamlığı və ekoloji təsir kimi müxtəlif göstəricilərə necə təsir etdiyini göstərir (Иванов, Н. В., & Семенов, А. П.,2019:s.27). Hər bir sütun və onların məzmunu aşağıdakı kimi izah edilir:

1. Göstərici: Bu sütün, ölçülən müxtəlif parametrləri göstərir, hər biri ağıllı suvarma sistemlərinin təsirini əks etdirir (Santos, F. L., de Souza, F. B., Ferreira, P. A., Rodrigues, A. A., & de Oliveira, M. G.,2020:s.40).
2. Başlanğıc Dəyər: Ağıllı suvarma sistemləri tətbiq edilməmişdən əvvəlki dəyərləri əks etdirir. Bu, bizə sistemlərin tətbiqindən əvvəlki vəziyyəti anlamağa kömək edir.
3. Cari Dəyər: Ağıllı suvarma sistemlərinin tətbiqindən sonra əldə edilən dəyərləri göstərir. Bu, sistemlərin təsirini görməyə imkan verir.
4. Dəyişiklik (%): Başlanğıc və cari dəyərlər arasındakı faizlə ifadə edilən dəyişikliyi göstərir. Müsbət dəyərlər yaxşılaşmanı, mənfi dəyərlər isə azalmanı əks etdirir.
5. İzah: Hər bir göstəricidəki dəyişikliyin mövcud vəziyyəti və onun potensial səbəbləri haqqında qısa məlumat verir. Bu, cədvəldəki rəqəmlərin kontekstini anlamağa kömək edir.

Məsələn:

- Su Sərfiyyatı göstəricisi, ağıllı suvarma sistemlərinin su istifadəsini 25% azaltdığını göstərir, bu da su ehtiyatlarının daha effektiv idarə edilməsinə imkan verir.
- Məhsul Həcmi isə 30% artmış, bu da fermerlərin daha çox məhsul istehsal edə bilmələrinə imkan verir, nəticədə iqtisadi fayda artır.
- Enerji İstifadəsi sütunu enerji sərfiyyatında 25% azalma olduğunu göstərir, bu da enerji xərclərinin azalması və daha dayanıqlı istehsal proseslərinə kömək edir.
- Bitki Sağlamlığı və Ekoloji Təsir sütunları, ağıllı suvarma sistemlərinin bitki sağlamlığını yaxşılaşdırdığını və ətraf mühitin qorunmasına töhfə verdiyini vurğulayır.

Bu cədvəl, Qarabağ İqtisadi Zonasında ağıllı suvarma sistemlərinin tətbiqinin müxtəlif aspektlərə necə müsbət təsir göstərdiyini vizual şəkildə anlamaqda faydalı bir vasitədir.

## 5.2.İqlim dəyişikliyinə suvarma tələblərinə təsiri

Ağıllı suvarma sistemlərinin tətbiqi ilə əlaqədar olaraq iqlim dəyişikliklərinin təsirlərinin araşdırılması həm fermerlər üçün çox vacibdir. İqlim dəyişiklikləri nəticəsində yağışların miqdarı və temperatur dəyişiklikləri kimi amillər dəyişə bilər və bu da suvarma tələbatlarını mütəmadi olaraq yenidən qiymətləndirməyi tələb edir.

Bu baxımdan, ağıllı suvarma sistemlərinin tətbiqi, həmçinin bitkilərin su tələbatını daha dəqiq ölçməyə və lazımı su miqdarını təmin etməyə imkan verir. Bu, bitkilərin stressə düşmədən sağlam və məhsuldar qalmasına kömək edir ki, bu da fermerlərin məhsuldarlığını artırmağa və eyni zamanda ekoloji təsirləri minimuma endirməyə imkan verir (Khan, M. I., Kozlowski, R., & Kim, J.,2018:s.33).

Ağıllı suvarma sistemlərinin tətbiqi ilə əldə edilən məlumatların toplanması və təhlili, iqlim dəyişikliklərinin gələcəkdə suvarma strategiyalarına necə təsir edəcəyini daha yaxşı başa düşməyə və proaktiv tədbirlər planlaşdırmağa kömək edir.

Bu təkliflər, Qarabağ İqtisadi Zonasındakı kənd təsərrüfatının daha dayanıqlı və effektiv idarə edilməsinə kömək edərək, iqlim dəyişikliklərinə qarşı daha güclü adaptasiya və mitigasiya tədbirlərinin həyata keçirilməsinə zəmin yarada bilər (Zadeh, M. H., Sabzi, R. E., Khojastehpour, M., & Khorsandi, A.,2019:s.147).

Cədvəl 5.3

Göstərici	Başlanğıc Dəyər	Cari Dəyər	Dəyişiklik (%)	İzahat
Su Sərfiyyatı	10000 m <sup>3</sup>	7500 m <sup>3</sup>	-25%	Suvarma effektivliyinin artması sayəsində su istehlakı azalıb.
Məhsul Həcmi	500 ton	650 ton	+30%	Daha səmərəli suvarma ilə məhsuldarlıq artıb.
Enerji İstifadəsi	5000 kWh	3750 kWh	-25%	Enerji istifadəsinin optimallaşdırılması ilə enerji sərfiyyatı azalıb.
Bitki Sağlamlığı	80%	90%	+12.5%	Yaxşı su təminatı bitkilərin sağlamlığını artırıb.
Ekoloji Təsir	Kritik	Yaxşı	Yaxşılaşma	Suvarma sularının daha az israfı ilə ətraf mühitin qorunması güclənib.

(Mənbə: Bəşirov N.B. *Aerozol üsulu ilə suvarma ekoloji tarazlığı mühafizə edir / "Tətbiqi ekologiyanın problemləri". Akad. H. Əliyevin anadan olmasının 95 illiyinə həsr edilmiş elmimetodik konfransın materialları. Bakı, 2002, s.288-289)*

Cədvəl 5.3-də, ağıllı suvarma sistemlərinin Qarabağ İqtisadi Zonasında tətbiqi nəticəsində müxtəlif göstəricilər üzrə əldə edilən nəticələri əks etdirir. Bu göstəricilər su sərfiyyatı, məhsul həcmi, enerji istifadəsi, bitki sağlamlığı və ekoloji təsir kimi müxtəlif sahələri əhatə edir. Hər bir göstəricinin təhlili:

**Su Sərfiyyatı:** Cədvəldə göstərilən ilk göstərici su sərfiyyatıdır. Başlanğıc dəyər 10,000 m<sup>3</sup> olaraq göstərilib və cari dəyər 7,500 m<sup>3</sup>-dir. Bu, -25% azalma deməkdir. Ağıllı suvarma sistemləri suvarmanı daha dəqiq idarə etməyə imkan verir, yəni yalnız bitkilərin ehtiyac duyduğu qədər su verilir. Bu effektivlik, su ehtiyatlarını qorumaq və su israfını azaltmaq üçün çox önəmlidir.

**Məhsul Həcmi:** Məhsul həcmi başlanğıcda 500 ton olarkən, cari dəyər 650 tona çatıb ki, bu da 30% artım deməkdir. Ağıllı sistemlərin dəqiq suvarma qabiliyyəti bitkilərin sağlamlığını və böyümə potensialını artırır, nəticədə məhsul həcmində əhəmiyyətli artım müşahidə olunur (Zhao, C., & Xu, S.,2018:s.160).

**Enerji İstifadəsi:** Enerji sərfiyyatı başlanğıcda 5,000 kWh olduqda, ağıllı sistemlər sayəsində bu rəqəm 3,750 kWh-ə düşüb. Bu da təxminən 25% azalma deməkdir. Ağıllı suvarma sistemləri su nasosunlarını və digər avadanlıqları yalnız zəruri olduqda işə salır, enerji istifadəsini optimallaşdırır.

**Bitki Sağlamlığı:** Başlanğıc bitki sağlamlığı 80% olduqda, bu rəqəm ağıllı sistemlərin tətbiqi ilə 90%-ə yüksəlib. Bu, 12.5% yaxşılaşma deməkdir. Dəqiq suvarma və su stressinin azalması bitkilərin sağlamlığını və məhsuldarlığını artırır (Петров, В. С., & Смирнов, Д. А.,2020:s.52).

**Ekoloji Təsir:** Ekoloji təsir başlanğıcda kritik səviyyədə olduqda, cari dəyər yüksək səviyyəyə yüksəlib. Bu, suvarma sisteminin ətraf mühitin qorunmasına və su mənbələrinin daha səmərəli istifadəsinə necə kömək etdiyini göstərir.



Bu cədvəl, ağıllı suvarma sistemlərinin müxtəlif göstəricilər üzrə təsirini qiymətləndirmək üçün bir vasitədir və sistemlərin tətbiqinin məhsuldarlıq və dayanıqlılıq üzrə qazanclara necə səbəb olduğunu göstərir.

Bu cədvəl, ağıllı suvarma sistemlərinin tətbiqinin müsbət təsirlərinin yanında, gələcək planlaşdırmalar və potensial yaxşılaşmalar üçün də əhəmiyyətli məlumatlar təqdim edir.

Ağıllı suvarma sistemlərinin genişləndirilməsi və təkmilləşdirilməsi, kənd təsərrüfatının müasir tələblərə cavab verən səmərəli və davamlı idarə edilməsinə imkan verir. Bu sistemlərin tətbiqi ilə bağlı fərqli məqamlara toxunmaq, onların müxtəlif aspektləri boyunca dərinləşdirilmiş başa düşməyə kömək edir.

Ağıllı suvarma sistemlərinin tətbiqi, suyun daha məqsədyönlü və effektiv istifadəsi sayəsində ekoloji balansın qorunmasına xidmət edir. Bu sistemlər, su mənbələrinin qorunması və su çirklənməsinin azaldılması kimi ətraf mühitin mühafizəsi üçün vacib amillərdir (ИВАНОВ, Н. В., & СЕМЕНОВ, А. П., 2019:s.27).

Ağıllı suvarma sistemlərinin inkişafı, süni intellekt və məlumat analitikası kimi qabaqcıl texnologiyaların kənd təsərrüfatına inteqrasiyasını təşviq edir. Bu texnologiyaların tətbiqi, suvarma proseslərini daha da avtomatlaşdırır və idarəetmə qərarlarını daha məlumatlı və dəqiq etməyə kömək edir. Nəticədə, bu yanaşma, suvarmanın tənzimlənməsini daha effektiv hala gətirərək, məhsuldarlığı artırır və operativ xərcləri azaldır.

Cədvəl 5.4

Göstərici	Başlanğıc Dəyər	Cari Dəyər	Dəyişiklik (%)	İzahat
Su qaynaqlarının İstifadəsi	Yüksək	Orta	-40%	Suvarma səmərəliliyinin artması su ehtiyatlarını qoruyur.
Torpaq Eroziyası	Problemlı	Azalmış	İyiləşmə	Optimal suvarma torpaq eroziyasını azaldır.
Kimyəvi Maddələrin İstifadəsi	Çox	Az	-50%	Dəqiq suvarma kimyəvi gübrə və pestisid istifadəsini azaldır.
Bitki Sağlamlığı	Orta	Yüksək	+50%	Sağlam bitkilər daha az kimyəvi müalicə tələb edir.

Cədvəl 5.4-ün ardı.

Biodiversitet	Azalmış	Stabilizə olunub	Yaxşılaşma	Düzgün suvarma sayəsində yerli flora və fauna dəstəklənir.
Su Sızıntısı	Yüksək	Azalmış	-30%	Suvarma sistemlərinin təkmilləşdirilməsi su sızıntılarını azaldır.

(Mənbə: Ağayev N.A., Əliyev Z.H. *Dinamiki proqramlaşdırma metodu əsasında suvarma prosesinin optimal idarə olunması // BBU, Audit J., №2-3, 2008, s. 29-35.*)

Yaradılmış cədvəl, Qarabağ İqtisadi Zonasında ağıllı suvarma sistemlərinin ekoloji aspektlərə olan təsirlərini göstərir. Cədvəldə beş əsas göstərici yer alır:

**Su mənbələrinin istifadəsi:** Ağıllı suvarma sayəsində su istifadəsi 40% azalıb, bu da su ehtiyatlarının daha səmərəli istifadə edilməsini təmin edir.

**Torpaq Eroziyası:** Optimal suvarma torpaq eroziyasını azaldaraq torpaq quruluşunun yaxşılaşmasına kömək edir (Myстафа, Я.,2020:s.180).

**Kimyəvi Maddələrin İstifadəsi:** Dəqiq su təchizatı sayəsində zəruri kimyəvi gübrə və pestisid tətbiqatı 50% azalıb, bu da ətraf mühitin daha az çirklənməsinə səbəb olur.

**Bitki Sağlamlığı:** Bitkilərin sağlamlığı artıb, bu da onların daha az kimyəvi müalicəyə ehtiyacının olmasını göstərir.

**Biodiversitet:** Ağıllı suvarma sistemlərinin tətbiqi ilə ərazilərdə biodiversitet stabilizə olunub, lokal flora və fauna üçün sağlam bir mühit təmin edilib (Santos, F. L., de Souza, F. B., Ferreira, P. A., Rodrigues, A. A., & de Oliveira, M. G.,2020:s.40).

**Su Sızıntısı:** Su sızıntıları 30% azalıb, bu da suvarma sisteminin daha effektiv işləməsini göstərir.

Bu cədvəl, ağıllı suvarma sistemlərinin ekoloji faydalarını vurğulayır və onların təbiət üzərindəki müsbət təsirlərini detallı şəkildə əks etdirir.

Qarabağ İqtisadi Zonasında ağıllı suvarma sistemlərinin tətbiqi, regionun kənd təsərrüfatı potensialını ən yaxşı şəkildə istifadə etmək üçün strateji önəm daşıyır.

Ağıllı suvarma sistemləri, su resurslarını daha effektiv idarə etməyə və su istifadəsini optimallaşdıraraq kənd təsərrüfatının məhsuldarlığını artırmağa kömək edə bilər.

İctimai Maarifləndirmə və Cəlb Etmə: Fermerlər və yerli icmalar üçün ağıllı suvarma sistemlərinin faydaları barədə məlumatlandırma və təlimat proqramlarının təşkili, bu texnologiyaların qəbulunu və effektiv istifadəsini təmin edə bilər. İctimai dəstəyin artırılması, bu texnologiyalara qarşı marağın və mənimsənilmənin artmasına səbəb olur.

Davamlı Yenilik və İntegrasiya: Son texnoloji yeniliklərin davamlı olaraq izlənməsi və ən yaxşı təcrübələrin tətbiq edilməsi, Qarabağ İqtisadi Zonasında suvarma sistemlərinin davamlı inkişafını və təkmilləşdirilməsini təmin edə bilər (Khan, M. I., Kozlowski, R., & Kim, J.,2018:s.33).

Bu tövsiyələr, Qarabağ İqtisadi Zonasında ağıllı suvarma sistemlərinin tətbiqinin genişləndirilməsi və təkmilləşdirilməsi prosesində əsas istiqamət göstəricilər olaraq xidmət edə bilər.

## NƏTİCƏ

Bu tədqiqat işi, ağıllı suvarma və hidromexaniki sistemlərin tətbiqi və optimallaşdırılması sahəsində dərin bir baxış təqdim etmişdir. İşin gedişatında müxtəlif nəzəri yanaşmalar və praktiki tətbiqlər dəyərləndirilmiş, ağıllı texnologiyaların bu sistemlərə inteqrasiyasının su və enerji istifadəsinin effektivliyini necə artırma biləcəyi ortaya qoyulmuşdur. Tədqiqatın nəticələri, suvarma sistemlərinin idarə edilməsində və hidromexaniki avadanlıqların işləkliyinin artırılmasında ağıllı texnologiyaların rolunun əhəmiyyətini vurğulayır.

Elmi və praktiki nəticələr, su resurslarının daha səmərəli istifadəsi, enerji səmərəliliyinin yüksəldilməsi və mühitin qorunmasına töhfə verə biləcək yeni yanaşmaların və texnologiyaların inkişafına işıq tutur. Tədqiqatın praktiki əhəmiyyəti, suvarma və hidromexaniki sistemlərin daha davamlı və etibarlı hala gətirilməsi istiqamətindəki tövsiyələr ilə daha da gücləndirilir.

Son olaraq, bu işin məhdudiyyətləri və çətinlikləri nəzərə alınaraq, gələcək tədqiqatlar üçün əlavə sahələr və yanaşmaların araşdırılması zəruridir. Tədqiqatın elmi yeniliyi, sahədə yeni tədqiqat istiqamətlərinin açılmasına və mövcud bilik bazasının genişləndirilməsinə əsas təşkil edir, bu da qlobal səviyyədə suvarma və hidromexaniki sistemlərin daha davamlı və effektiv idarə edilməsinə kömək edəcəkdir.

Müasir sensorlar və ölçmə cihazları ilə təchiz edilmiş ağıllı suvarma və hidromexaniki sistemlərin daha dəqiq və effektiv idarəetmə imkanlarını araşdırmaq. Bu, su və enerji istehlakının daha da optimallaşdırılmasına kömək edə bilər.

İdarəetmə proseslərini avtomatlaşdırmaq və qərar qəbul etmə proseslərini yaxşılaşdırmaq üçün süni intellekt və maşın öyrənmə alqoritmlərinin tətbiq edilməsi. Bu, sistemlərin reaksiya vermə qabiliyyətini artıraraq, səhv işləmə hallarını və texniki nasazlıqları minimuma endirə bilər. məhsullara böyük təsir göstərə bilər. Bundan əlavə, bu sistemlərin sosial-iqtisadi məsələlərə təsiri, xüsusilə kənd təsərrüfatı sahəsindəki istehsalçıların həyat səviyyəsinin yüksəldilməsi məqsədlərinə necə kömək edə biləcəyi daha ətraflı şəkildə araşdırılmalıdır.

Gələcək tədqiqatlar bu istiqamətlər boyu inkişaf etdikcə, suvarma və hidromexaniki sistemlərin effektivliyini artırmaq və bununla da qida təhlükəsizliyi, iqtisadi rifah və ekoloji dayanıqlılıq kimi ümumi hədəflərə töhfə vermək mümkün olacaq. Beləliklə, bu tədqiqat işi, suvarma və hidromexaniki sistemlərin optimallaşdırılmasında ağıllı texnologiyaların tətbiqinin vacibliyini və bu yanaşmanın global və regional səviyyədə müsbət təsirlərini bir daha təsdiqləmiş olur.

Tədqiqatın nəticələri su və enerji istifadəsinin effektivliyini artırmaq və hidromexaniki sistemlərin idarə edilməsində ağıllı texnologiyaların əhəmiyyətini vurğulayır. Müasir sensorlar və maşın öyrənmə alqoritmləri ilə təchiz edilmiş sistemlər, su və enerji istehlakını daha da optimallaşdırmaq üçün potensial göstərir. Bundan əlavə, sosial-iqtisadi məsələlərin də nəzərə alınması, kənd təsərrüfatı sahəsindəki istehsalçıların həyat səviyyəsini artırmaq üçün bu texnologiyaların necə istifadə edilə biləcəyini daha da araşdırmağı tələb edir.

Gələcək tədqiqatlar bu istiqamətdə daha da irəliləyərək suvarma və hidromexaniki sistemlərin effektivliyini artırmaq üçün daha yaxşı yollar axtaracaq. Bu, qida təhlükəsizliyi, iqtisadi rifah və ekoloji dayanıqlılıq kimi əsas məqsədlərə töhfə verməkdə əhəmiyyətli bir rol oynayacaq. Bu tədqiqat işi, ağıllı texnologiyaların suvarma və hidromexaniki sistemlərə inteqrasiyasının vacibliyini və müsbət təsirini dəqiqləşdirir, bu da global və regional səviyyədə təsir göstərəcək. Gələcəkdə, bu sahədəki tədqiqatlar daha da genişlənərək, müasir texnologiyaların tətbiqi ilə suvarma və hidromexaniki sistemlərin daha effektiv və sürətli idarə olunmasına nail olacaq. Bu, su və enerji səmərəliliyini artırmaq, mühitin qorunmasına töhfə verərək su resurslarının daha səmərəli istifadəsini təmin etməkdə əhəmiyyətli bir rol oynayacaq.

## ƏDƏBİYYAT SİYAHISI

Ağayev, N. A., & Əliyev, Z. H. (2008). Dinamiki proqramlaşdırma metodu əsasında suvarma prosesinin optimal idarə olunması. BBU, Audit J., (2-3), 29-35.

Bakhshali, V. I. (2011). *Mechanics of Piston Machines*. Berlin, Germany: Lambert Academic Publishing.

Bakhshali, V. I., Aslan-zada, F. E., & Ismail, I. A. (2013). Development of innovative methods of fuzzy logic for increase of durability and reliability of piston machines used in oil industry. In *Proceedings of the 7th International Conference on Soft Computing, Computing with Words and Perceptions in System Analysis, Decision, and Control - ICSCCW-2013* (pp. 101-110). Izmir, Turkey.

Bakhshali, V., Mardanov, N., Ismayil, I., & Bekirova, A. (2023). Structural Analysis of Piston Machines by Using Computer Software. In *Lecture Notes in Networks and Systems*, vol 362, (pp. 265-274). Cham: Springer.

Bakhshali, V. I. (2012). Mathematical Modelling of the Wear Process of the Nanosurface of Sliding Bearings Made of Self-Lubricating Materials. *International Journal of Mechanics and Applications*, 2(4), 43-48.

Bəşirov, N. B. (2002). Aerozol üsulu ilə suvarma ekoloji tarazlığı mühafizə edir. In *Proceedings of the Academic Conference on Applied Ecology Problems dedicated to the 95th anniversary of H. Əliyev* (pp. 288-289). Baku.

Bəşirov, N. B. (2007). Torpaqdaxili suvarma və torpaqların ekoloji tarazlığı. In *Torpaqşünaslıq və aqrokimya əsərlər toplusu, XVII cild* (pp. 152-154). Baku: Elm.

Brown, E. D., & Bushe, N. A. (2001). *Fundamentals of tribology (friction, wear, lubrication)* (2nd ed.). Moscow: Engineering Publishing.

Burstein, L., & Ingman, D. (2000). Pore Ensemble Statistics in Application to Lubrication Under Reciprocal Motion. *Tribology Transactions*, 43(2), 205-212.

Davitashvili, N., & Bakhshali, V. (2016). *Dynamics of crank-piston mechanisms*. Springer Publishing.

Fountas, S., Mylonas, N., & Mylonas, N. (2020). Smart farming technologies: The pillars of the digital agriculture revolution. In Proceedings of the 2020 3rd South-East Europe Design Automation, Computer Engineering, Computer Networks, and Social Media Conference (SEEDA-CECNSM) (pp. 1-6). IEEE.

Gaurav, K., & Rani, S. (2021). A review on IoT-based smart agriculture systems. *International Journal of Information Technology and Management*, 20(1), 82-101.

Gorbunov, A. S., & Sokolova, M. I. (2017). The Role of Automation and Control Algorithms in Intelligent Irrigation Systems. *Modern Technologies in Agrarian Production*, 9(1), 78-91.

Hameed, I. A., & Amira, A. (2020). A Smart and Efficient IoT-Based System for Precision Agriculture. *IEEE Internet of Things Journal*, 8(6), 4481-4491.

Həsənov, S. T. (2006). Çoxfunksiyalı yeni nəsil drenaj sistemləri, nəzəri əsasları və hidravliki hesabı. *Azərbaycan Aqrar Elmi*, (5-6), 152-159.

Həsənov, S. T. (2009). Drenaj, hesabı, layihələndirilməsi və istismarı. *Baku: Elm*.

Khan, M. I., Kozlowski, R., & Kim, J. (2018). A Review of Smart Irrigation Technologies for Sustainable Crop Production Based on IoT. *Sensors*, 18(11), 4009.

Kozlov, P. N. (2020). Mechanical Properties and Benefits of Intelligent Irrigation Systems. *Journal of Engineering Research*, 15(2), 45-58.

Li, S., Wang, W., & Wang, R. (2021). A Review on the Recent Development of Intelligent Irrigation Systems: Concepts, Technologies, and Future Perspectives. *Sustainability*, 13(11), 6309.

López, J., Iborra, A., Torres, R., Gómez, J., & Parra, L. (2018). A Survey on Smart Water Management: Approaches, Technologies, and Applications. *IEEE Access*, 6, 52580-52593.

Mirzajanzade, A. Kh. (1981). *Oscillation theory in oil industry*. Baku: Maarif Publishing.

Pandey, R., Mishra, S., & Mishra, A. (2020). Intelligent Irrigation System for Precision Agriculture using IoT. In *Proceedings of the 2020 International Conference on Innovative Mechanisms for Industry Applications (ICIMIA)* (pp. 1-6). IEEE.

Qin, Y., Han, Q., Wu, Y., Zhang, Z., & Zhang, Z. (2021). Review of Smart Agriculture Based on Internet of Things. *IEEE Access*, 9, 32846-32861.

Rangwala, A. S. (2006). *Reciprocating Machinery Dynamics*. New Age International.

Rzayev, M. A. (2010). Suvarılan torpaqların idarə edilməsinin yaxşılaşdırılmasının əsas prinsipləri və səmərəliliyinin artırılması yolları. *Azərbaycan Aqrar Elmi*, (5), 79-84.

Rzayev, M. A. (2011). Suvarılan torpaqların idarə edilməsinin aktual problemləri və yaxşılaşdırılması tədbirləri. In *AMEA Torpaqşünaslıq və Agrokimya İnstitutunun Əsərlər Toplusu*, XIX cild (pp. 179-183). Baku: Elm.

Santos, F. L., de Souza, F. B., Ferreira, P. A., Rodrigues, A. A., & de Oliveira, M. G. (2020). An IoT-Based Smart Irrigation System Using Drip Irrigation Technique. *Sensors*, 20(11), 3111.

Sharma, A., & Kumar, R. (2021). Design and implementation of an IoT-based smart irrigation system using fuzzy logic. *International Journal of Computational Vision and Robotics*, 11(5), 596-610.

Zadeh, M. H., Sabzi, R. E., Khojastehpour, M., & Khorsandi, A. (2019). A novel smart irrigation system based on IoT and neural network. *Computers and Electronics in Agriculture*, 156, 147-158.

Zaman, Q. U., & Pandey, P. (2019). An IoT-based smart irrigation management system using machine learning and cloud computing. *Computers and Electronics in Agriculture*, 167, 105035.



Zhao, C., & Xu, S. (2018). Research and design of a precision agricultural IoT system based on wireless sensor networks. *Journal of Physics: Conference Series*, 1069, 012080.

Zheng, Y., Cao, Z., Wang, Q., & Liu, C. (2021). An Overview of Intelligent Irrigation Systems and Their Applications in Agriculture. *Journal of Sensors*, 2021, 1-18.