

UOT: 626.81/.84; 631.67

RESPUBLİKADA İSTİSMAR OLUNAN MAGİSTRAL KANALLARIN ETİBARLILIĞININ QIYMƏTLƏNDİRİLMƏSİ METODLARI

t.e.f.d. Ə.Ə.Verdiyev. “AzHvəM” EİB

Məqalə redaksiya heyətinin 27 mart 2019-cu il tarixli iclasında (protokol № 02) t.e.f.d. Ş.Ş.Quliyevin təqdimatı əsasında müzakirə olunaraq, onun «Elmi əsərlər toplusu»na daxil edilməsi qərara alınmışdır

Xülasə. Məqalədə etibarlılıq nəzəriyyəsinə dair əsas termin və anlayışlar, texniki sistemlər, etibarlılıq baxımından sistemin strukturu, etibarlılıq göstəricilərini hesablama metodları, respublikada istismar olunan bəzi magistral kanallar, onların elementləri haqqında analitik icmal xarakterli məlumatlar, həmin magistral kanalların texniki sistem kimi təhlili öz əksini tapmış, sistemin elementlərinin orta xidmət müddəti əsasında etibarlılığın kəmiyyət göstəriciləri təqribi və istiqamətləndirici metodlarla hesablanmış, kanalların etibarlılıq səviyyəsinin tələb edilən həddə çatdırılması üçün müvafiq təkliflər verilmişdir.

Açar sözlər: Sistem, etibarlılıq, etibarlılıq ehtimalı, uğursuzluq intensivliyi, sistemin strukturu, qiymətləndirmə metodu, kanal, düker, akveduk, cəldaxıdan.

Giriş. Magistral su kanalları iri ölçülü hidrotexniki qurğulara aid olub, onun ayrı-ayrı hissələri biri-birindən fərqli xüsusiyyətlərə malik mühəndisi-geoloji şəraitdə yerləşməklə və geoloji mühitlə qarşılıqlı əlaqədə olaraq onlarda fərqli dəyişiklik yaradan çoxlu amillərin təsiri altında istismar olunurlar. İstər layihə və tikinti, istərsə də istismar mərhələsində onların texniki vəziyyətinə təsir edən amillər çox olub, bəzilərinin qabaqcadan nəzərə alınması əksər hallarda mümkün olmur. Nəzərdən kənarda qalan həmin amillərin təsiri ilə kanallarda orta xidmət müddətindən tez onların funksional parametrlərinin yolverilən həddən çox kənara çıxması, uğursuzluqların yaranması müşahidə edilir.

Digər qurğulardan fərqli olaraq kanallarda uğursuzluğun, o cümlədən qəza hallarının baş verməsi ölkə iqtisadiyyatına böyük ziyan vurmaqla bərabər, insanların həyatı və əmlakı üçün təhlükə yaradır və ona görə də onların etibarlılığı çox yüksək olmalıdır. Yüksək etibarlılığa malik belə texniki sistemlərin yaradılması isə etibarlılıq nəzəriyyəsi əsasında sistemin etibarlı strukturunun yaradılması ilə mümkünləşə bilər. Ona görə də, bu istiqamətdə aparılan elmi-tədqiqat işləri etibarlı texniki sistemlərin yaradılması, həmin sistemlərdə baş verən uğursuzluqlarla əlaqədar ölkə iqtisadiyyatına dəyən ziyanın aradan qaldırılması, magistral kanalların düzgün layihələndirilməsi, tikilməsi və istismarının təmin olunması baxımından aktual olub, elmi-praktiki əhəmiyyət daşıyır.

Tədqiqat obyektı, tədqiqatın aparılma metodikası və məsələnin qoyuluşu. Respublikanın müxtəlif mühəndisi-geoloji şəraitlərdə istismar olunan magistral su kanalları, etibarlılıq baxımından onların struktur sxemi tədqiqat obyektı kimi seçilmişdir. Magistral kanallara texniki sistem kimi baxılaraq, onların etibarlılıq səviyyəsinin tədqiqi etibarlılıq və ehtimal nəzəriyyəsinin metodlarından istifadə edilməklə yerinə yetirilmişdir.

Etibarlılıq nəzəriyyəsinin qarşıya qoyulmuş məsələnin həllinə tətbiqi məqsədi ilə

aşağıda verilmiş termin və anlayışlar və metodlar təhlil edilmişdir.

1. Texniki sistemlərin etibarlılığına dair əsas termin və anlayışlar

Müasir dövrdə ixtiyari obyektin səmərəli layihələndirilməsi, tikilməsi və istismarı etibarlılığın miqdarı xarakteristikalarından və meyarlarından, təhlil və sintez metodlarından istifadəni tələb edir.

Etibarlılıq nəzəriyyəsinin texnikanın müxtəlif sahələrində tətbiqinə dair aparılmış tədqiqatlar, əldə edilmiş nailiyyətlər haqqında kifayət qədər elmi materiallar mövcuddur və texniki sistem kimi magistral kanalların etibarlılığının qiymətləndirilməsi üçün həmin materiallar [4-12, 14, 16-21, 23-30, 32] bir tədqiqat metodikası funksiyası yerinə yetirir.

İri magistral kanalların effektivliyi və istismar etibarlılığı sahəsində ümumiləşdirilmiş tədqiqatlar S.Y.Mirxulavanın [21], V.S.Altuninin [3], İ.F.Karasevin [13], Y.M.Kosiçenkonun [15] və digərlərinin [22, 31, 34] əsərlərində öz əksini tapmışdır.

Etibarlılıq nəzəriyyəsində bəzi termin və anlayışlar mövcuddur ki, bu da keçmiş SSRİ 13377-75 və Dövlətlərarası Standartda [9, 21, s.7-16], həmçinin bəzi müəlliflərin əsərlərində öz əksini tapmışdır [2, 11, 24]. Həmin termin və anlayışlar haqqında aşağıda qısa şəkildə verilən məlumatların tərtibində göstərilən mənbələrdən istifadə edilmişdir.

Etibarlılıq-müəyyən olunmuş istismar göstəricilərinin qiymətini zaman üzrə istismar rejiminə və istifadə şəraitinə, texniki xidmətə, təmirə, qorunmaya və nəqletdirməyə müvafiq gələn hədd daxilində qoruyub saxlamaqla, obyektin təyinat funksiyasını yerinə yetirmə xüsusiyyətidir. Etibarlılıq kompleks xassə olub, obyektin təyinatından və istismar şəraitindən asılı olaraq uzunömürlülük, uğurluluq, təmirəyararlılıq və s. kimi xassələrin müəyyən külliyyatını da özündə cəmləşdirə bilər.

Obyekt- layihələndirmə, istehsal, istismar, öyrənmə, etibarlılığın tədqiqi və sınağı dövründə nəzərdən keçirilən müəyyən məqsədli predmetdir. Obyekt kimi sistem, onun elementləri götürülə bilər. Məsələn, qurğu, tikinti, texniki məmulat, maşın, cihaz, ayrı-ayrı detallar və s.

Element-təhlilin aparılması zamanı bütöv kimi baxılan, sonrakı bölünməsi aparılmayan texniki obyektin tərkib hissəsidir.

Sistem-tələb olunan müəyyən funksiyaları yerinə yetirmək üçün konstruktiv və yaxud funksional birləşdirilmiş elementlər toplusudur.

İstənilən texniki obyekt qarşılıqlı əlaqəli elementlərdən təşkil olunmuş sistem kimi nəzərdən keçirilərək, texniki sistem (TS) kimi qəbul oluna bilər və bu halda TS kimi qəbul edilmiş həmin obyekt aşağıdakı dörd əsas əlamətə malik olmalıdır [17]:

- funksionallıq-verilmiş funksiyaları yerinə yetirmək qabiliyyəti;
- bütövlük (struktur)-sistemdə elementin qarşılıqlı əlaqə üsulu;
- təşkilatlılıq-zaman və məkan üzrə sistemin elementlərinin birlikdə fəaliyyət algoritmi;
- sistem keyfiyyəti-sistemə daxil edilənədək elementlərin heç birində olmayan yeni xüsusiyyətin yaranması.

Bu əlamətlərdən hər hansı biri iştirak etmədikdə obyekt texniki sistem kimi qəbul edilə bilməz.

Uzunömürlülük-müəyyən edilmiş texniki xidmət və təmir şərti ilə obyektin vəziyyətinin sonuncu həddə çatanadək iş qabiliyyətini saxlaması xüsusiyyətidir.

Zədələnmə- müvafiq texniki-normativ sənədlə müəyyən edilmiş səviyyəni aşan xarici təsirlərlə əlaqədar obyektin və ya onu təşkil edən hissələrin sazlığının pozulması hadisəsidir.

Təmirəyararlılıq-obyektin elə bir xüsusiyyətidir ki, obyektə baş verə biləcək zədələnməni, uğursuzluğu qabaqcadan hiss etmək və onu aşkar edərək nəticələrini təmir və texniki xidmət vasitəsilə aradan qaldırmaq mümkündür.

Saxlanılma- saxlanmadan və nəql etdirmədən sonra fasiləsiz olaraq, saz və iş qabiliyyətli vəziyyətdə obyektin qorunub saxlanması xüsusiyyətidir.

Sazlıq-obyektin texniki-normativ sənəddə nəzərdə tutulan bütün tələblərə cavab verə bilən vəziyyətidir.

Nasazlıq-obyektin texniki-normativ sənəddə nəzərdə tutulan bütün tələblərdən heç olmazsa birinə belə uyğun gəlməyən vəziyyətidir.

İş qabiliyyətlilik- verilmiş parametrlərin qiymətini texniki-normativ sənəddə müəyyən edilmiş hədd daxilində saxlamaq şərti ilə obyektin öz funksiyasını yerinə yetirmək imkanına malik olmaq vəziyyətidir.

İş qabiliyyətinin olmaması-obyektin öz funksiyasını yerinə yetirməsi imkanını səciyələndirən parametrlərdən heç birinin qiymətinin texniki-normativ sənədin tələblərinə uyğun gəlməyən vəziyyətidir.

Böhran vəziyyəti- təhlükəsizlik tələblərinin qarşısı alınmaz pozulması və yaxud müvafiq parametrlərin müəyyən edilmiş həddən kənara çıxması və yaxud istismar effektivliyinin buraxıla bilən həddən aşağı enməsi və yaxud orta və ya əsaslı təmirə ehtiyacın olması ilə əlaqədar obyektin sonrakı istismarının dayandırılması tələb olunan vəziyyətidir.

Obyekt üçün böhran vəziyyətinin əlamətləri texniki-normativ sənədlə müəyyən olunur.

Bərpa edilə bilən obyekt -uğursuzluq (imtina) baş verdiyi halda iş qabiliyyətinin verilmiş şəraitdə bərpası mümkün olan obyektidir.

Bərpa edilə bilməyən obyekt- uğursuzluq (imtina) baş verdikdə verilmiş şəraitdə iş qabiliyyətinin bərpası mümkün olmayan obyektidir. Bunlara bir dəfə istifadə edilən obyektlər aid edilir.

Etibarlılıq göstəricisi-obyektin etibarlılığını təşkil edən bir və ya bir neçə xüsusiyyətin kəmiyyət göstəricisidir.

Görülmüş iş-işin həcmi və yaxud davamiyyət müddətidir.

Resurs-istismara başladığı andan və yaxud orta və ya əsaslı təmirdən sonra yenidən işə başlama anından böhran vəziyyətinə çatanadək obyektin gördüyü işdir.

Xidmət müddəti- obyektin istismarının ilk anından (və yaxud orta və ya əsaslı

təmirdən sonra yenidən işə başlama anından) böhran vəziyyətinə çatanadək onun təqvim üzrə iş davamiyyət müddətidir.

Uğursuzluq (imtina)-obyektin iş qabiliyyətinin pozulmasından ibarət olan hadisədir. Uğurluluq (imtinatsızlıq)-müəyyən işləmə müddətində və yaxud zamanda obyektin fasiləsiz iş qabiliyyətini qoruyub saxlamaq xüsusiyyətidir.

Uğursuzluğun növü- bir və ya bir neçə əlamətlərinə görə (səbəblər, baş vermə mexanizmi, xarici təzahürləri və başqa əlamətləri, uğursuzluğun nəticəsi istisna olmaqla) müəyyən bir təsnifat qrupunda birləşdirilmiş, sistemin və yaxud onun elementlərinin mümkün olan və yaxud müşahidə edilən uğursuzluqlarının toplusudur.

Uğursuzluğun nəticəsinin ağırlığı (şiddəti)-elementin və yaxud sistemin uğursuzluğundan ehtimal (gözlənilən) olunan ziyanın keyfiyyət və yaxud kəmiyyətə qiymətləndirilməsidir.

Uğursuzluğun nəticəsinin ağırlıq kateqoriyası- təhlil aparadək təyin edilən, gözlənilən (ehtimal olunan) uğursuzluğun və ya onun zərərinin nəzərə alınan təşkilədicilərinin keyfiyyət və yaxud kəmiyyətə toplusu ilə xarakterizə edilən uğursuzluğun nəticəsinin ağırlıq dərəcəsinə görə təsnifat qrupudur.

Böhran uğursuzluq-nəticələrinin şiddəti (ağırlığı) təhlil ilə qəbuləilməz sayılan və onun ehtimalının və ya baş verməsi ilə bağlı mümkün zərərin azaldılması üçün xüsusi tədbirlərin yerinə yetirməsi tələb edilən sistemin və ya onun elementinin uğursuzluğudur.

Böhran element-böhran uğursuzluq yaradan elementdir.

Böhran texnoloji proses- sistemin və ya onun elementlərinin hazırlanması və ya quraşdırılması zamanı tətbiq edilən və parametrlərinin pozulması və yaxud işin gedişində buraxılan qüsurların təsiri böhran uğursuzluğa səbəb ola bilən texnoloji prosesdir.

Uğursuzluğun böhranlıq göstəricisi-istismar dövründə onun baş vermə ehtimalını və nəticəsinin mümkün ağırlığını nəzərə alan uğursuzluğun böhranlığının kəmiyyət xarakteristikasıdır.

Qəfil uğursuzluq (imtina)- obyektin bir və ya bir neçə parametrinin sıçrayışlı dəyişməsi ilə səciyyələnən uğursuzluğudur (imtinasıdır).

Tədrici uğursuzluq (imtina)- obyektin bir və ya bir neçə parametrinin tədrici dəyişməsi ilə səciyyələnən imtinasıdır.

Elementin sərbəst (asılı olmayan) uğursuzluğu (imtinası)- elementin başqa elementlərin zədələnməsi və uğursuzluğu ilə əlaqədar olmadan baş verən uğursuzluğudur.

Asılı uğursuzluq- obyektin elementinin başqa elementlərin zədələnməsi və uğursuzluğu ilə əlaqədar olan uğursuzluğudur.

Tam uğursuzluq-baş verdiyi halda iş qabiliyyəti yenidən bərpa edilənədək obyektin təyinat üzrə istifadəsi mümkün olmayan uğursuzluğudur.

Qismən uğursuzluq-baş verdiyi halda obyektin təyinat üzrə istifadəsi mümkün olan, lakin bu zaman obyektin bir və ya bir neçə əsas parametrinin qiyməti buraxıla bilən həddən

kənara çıxan uğursuzluqdur.

Sapma-qısa müddətli iş qabiliyyətinin pozulmasına gətirib çıxaran, lakin öz-özünə aradan çıxan uğursuzluqdur.

Növbəli uğursuzluq- eyni səciyyəli dəfələrlə təkrarlanan sapmadır.

Konstruktiv uğursuzluq-müəyyən edilmiş konstruksiya qayda və normalarının pozulması nəticəsində baş verən uğursuzluqdur.

*İstehsalat uğursuzluğu-*obyektin müəyyən edilmiş hazırlanma prosesinin və təmirinin pozulması nəticəsində baş verən uğursuzluqdur.

İstismar uğursuzluğu- obyektin istismarı üçün müəyyən edilmiş qayda və şəraitin pozulması nəticəsində baş verən uğursuzluqdur.

Ehtiyatda saxlama-izafilik yaratmaqla obyektin etibarlılığını artırma metodudur.

Strukturu ehtiyatda saxlama- obyektin strukturunda element artıqlığından istifadəni nəzərdə tutmaqdır.

Zamanı ehtiyatda saxlama- vaxt artıqlığından istifadəni nəzərə alan ehtiyatda saxlamadır.

İnformasiya ehtiyatda saxlama- informasiya artıqlığından istifadəni nəzərə alan ehtiyatda saxlamadır.

*Funksional ehtiyatda saxlama-*elementin əlavə funksiyanı yerinə yetirmək qabiliyyətindən istifadəni nəzərə alan ehtiyatda saxlamadır.

*Yükü ehtiyatda saxlama-*obyektin əlavə yükötürmə imkanının olmasını nəzərə alan ehtiyatda saxlamadır.

Əsas element- obyektin müvafiq funksiyanı yerinə yetirmək üçün minimal zəruri struktur elementidir.

*Ehtiyat element-*əsas elementin uğursuzluğu şəraitində obyektin iş qabiliyyətinin bərpası üçün qabaqcadan təyin olunmuş elementdir.

Ümumi ehtiyatda saxlama- obyektin bütövlükdə ehtiyatda saxlanmasıdır.

Ayrı-ayrı ehtiyatda saxlama- obyektin ayrı-ayrı elementi və yaxud onların qrupunun ehtiyatda saxlanmasıdır.

Qarışıq ehtiyatda saxlama- müxtəlif ehtiyatda saxlamanın birgə tətbiqidir.

*Daimi ehtiyatda saxlama-*obyektin fəaliyyətində əsas elementlə ehtiyat elementin bərabər iştirakını nəzərdə tutan ehtiyatda saxlamadır.

Əvəz etmə ilə ehtiyatda saxlama- əsas elementin uğursuzluğundan sonra onun fəaliyyətinin ehtiyat element tərəfindən həyata keçirilməsini nəzərdə tutan ehtiyatda saxlamadır.

*Sürüşkən ehtiyatda saxlama-*obyektin əsas elementlər qrupunun bu qrupa daxil olan hər bir elementini əvəz edə bilən bir və ya bir neçə ehtiyatda saxlanılan element vasitəsilə əvəz etmə ilə ehtiyatda saxlanmasıdır.

Yeri dəqiqləşdirilmiş ehtiyatda saxlama- hər bir ehtiyatda saxlanılan elementin

qoşulma yeri qabaqcadan dəqiq müəyyən edilmiş ehtiyatda saxlamadır.

Yüklənmiş ehtiyat - əsas elementlərlə eyni rejimdə olan ehtiyat elementidir.

Yüngülləşmiş ehtiyat - əsas elementə nisbətən az yüklənmiş ehtiyat elementidir.

Yüklənməmiş ehtiyat - praktiki olaraq yük daşımayan ehtiyat elementidir.

Bərpa edilən ehtiyat - uğursuzluğu baş verdiyi halda bərpa edilməsi mümkün olan ehtiyat elementidir.

Bərpa edilməyən ehtiyat - uğursuzluğu baş verdiyi halda bərpa edilməyən ehtiyat elementidir.

Ehtiyatda saxlama misli - ehtiyatda saxlanılan elementlərin sayının onların əvəz etdikləri əsas elementlərin sayına nisbətidir.

Birmisli ehtiyatda saxlama - misli birə bərabər olan ehtiyatda saxlamadır.

Çoxmisli ehtiyatda saxlama - misli birdən böyük olan ehtiyatda saxlamadır.

Bərpa edilən ehtiyatda saxlama - istənilən əsas və ehtiyatda saxlanılan elementin uğursuzluğu baş verdiyi şəraitdə, obyektin istismarı prosesində iş qabiliyyəti bərpa edilən ehtiyatda saxlamadır.

Bərpa edilməyən ehtiyatda saxlama - istənilən əsas və ehtiyat elementin uğursuzluğu yarandıqda, obyektin istismarı prosesində onların iş qabiliyyəti bərpa edilməyən ehtiyatda saxlamadır.

Uğurlu iş ehtimalı - obyektin gördüyü iş həcmi müddətində uğursuzluğun baş verməməsi ehtimalıdır.

Fəaliyyət effektivliyi - obyektin məxsusi fəaliyyətinin və yaxud müvafiq funksiyanı yerinə yetirmək üçün ondan istifadə məqsədüeyğunluğunun keyfiyyət ölçüsüdür.

Uğursuzluğadək orta görülmüş iş - birinci uğursuzluğa qədər obyektin gördüyü işin riyazi gözləməsidir.

Uğursuzluqlararası orta görülmüş iş - qərarlaşmış istismar prosesi üçün obyektin uğursuzluqlararası gördüyü işin riyazi gözləməsidir.

Uğursuzluqlar arasında görülən iş - bərpa edilən obyektin gördüyü işin həmin iş müddətində baş verən uğursuzluqlar sayının riyazi gözləməsinə olan nisbətidir.

Qurğunun uğurlu işinin riyazi modeli kimi onun işə başlama anından birinci uğursuzluğun baş verdiyi ana dək müddətdə uğurlu iş ehtimalının paylanmasıdır.

Orta boş dayanma müddəti - obyektin iş qabiliyyətinin pozulması vəziyyətinə məcburi şəkildə nizamsız gətirilməsi vaxtının riyazi gözləməsidir.

Orta bərpa müddəti - iş qabiliyyətini bərpa müddətinin riyazi gözləməsidir.

Müvafiq müddətdə bərpa ehtimalı - bərpa müddətinin verilmiş müddəti aşmaması ehtimalıdır.

Hazır olma əmsalı - obyektin istifadəsi nəzərdə tutulmayan planlaşdırılmış dövrdən başqa istənilən zaman anında iş qabiliyyətli olması ehtimalıdır.

Texniki istifadə əmsalı - müəyyən istismar dövründə obyektin iş qabiliyyətli

vəziyyətinə gəlmə müddətinin riyazi gözləməsinin, iş qabiliyyətli vəziyyətinə gəlmə müddətinin, texniki xidmətlə əlaqədar boş dayanma müddətinin və həmin istismar dövrü ərzində təmir müddətinin riyazi gözləmələri cəminə nisbətidir.

Orta xidmət müddəti və orta və yaxud qamma-faizli resurs uzunömürlülük göstəricisi ola bilər.

2. Magistral su kanallarının etibarlılığına təsir edən amillər

Məlum olduğu kimi, funksional parametrlərinə görə bir-birindən kəskin fərqlənən iri həcmli su təsərrüfatı obyektləri geniş əhatəli olub, müxtəlif geoloji mühitlərdə tikilir və bu cür obyektlərin etibarlılıq göstəricisi çoxlu amillərin təsirindən asılı olur. Ona görə də, bu cür obyektlərin layihələndirilməsi zamanı optimal layihə variantının seçilməsi böyük çətinliklər yaradır [31, 21, s.318]. Bu çətinliklərə layihə obyektinin etibarlılığına təsir edən əsas amillərin müəyyən edilməsini, layihə variantlarının etibarlılığının qiymətləndirilməsini, etibarlılığı yüksək olan layihə variantının seçilməsini və s. aid etmək olar.

Magistral kanallar texniki sistem kimi çoxlu təşkeledici elementlərdən- baş suqəbuledici qurğu, sugötürücü qurğu, suaparıcı hissə, nasos stansiyası, enerji qidalandırıcı sistem, sudurulducular, düker, akveduk və s. qurğulardan ibarət olmaqla, su mənbəyindən götürdüyü suyu funksional parametrlərini müəyyən edilmiş həddə daxilində saxlamaqla, tələb edilən məntəqəyə çatdırmaq, nəqlətdirmə və suburaxma qabiliyyətinə, təmirəyararlılığa, xidmət müddətinə və həmin müddətdə iş qabiliyyətliliyinə malik olmalıdır. Onlara təsir edən amilləri obyektiv (geoloji, hidrogeoloji, iqlim, bioloji amillər) və subyektiv (istismar, profilaktika və təmir işlərini yerinə yetirən heyətin fəaliyyəti ilə əlaqədar olanları) amillərə ayırmaq olar [19, s.89].

Mövcud ədəbiyyat mənbələrində də qeyd edildiyi kimi, onların etibarlılığı ümumilikdə layihə, tikinti və istismar etibarlılığı ilə bağlıdır. Həmçinin etibarlılığa təsir edən amillər də şərti olaraq üç qrupa ayrılır:-konstruktiv, texnoloji və istismar amilləri [19, s.45].

Konstruktiv amillərə ən kəskin forması və dərinlik, kanalın dib mailliyi, uzunluğu, trası, lojanın materialı, komanda (rəhbərlik) yüksəkliyi və s. aid edilir. Kanalın etibarlı konstruksiyasının yaradılması geoloji mühitdə yerinin düzgün seçilməsindən sonra həyata keçirilir. Ümumilikdə isə onun layihə etibarlılığı geoloji mühitin, yəni real təbii-geoloji (real təbii litosistem) sistemin düzgün qiymətləndirilməsi əsasında hazırlanmış ideal təbii-texniki sistemin (xəritə, topoqrafik plan və s. üzərində geoloji mühitdə yerləşdirilmiş texniki sistem) mükəmməllik səviyyəsindən asılı olur. Kanal trasının optimal variantının seçilməsi və onun mükəmməl konstruksiyasının yaradılması ideal təbii-texniki sistemin etibarlılığına təsir edən əsas amillərdəndir. İdeal təbii-texniki sistemin yaradılması zamanı etibarlılığa təsir edən amillərin tamlıqla nəzərə alınması çətin olduğundan, real təbii-texniki sistemlərdə (tikilərək istismar edilən və qrunt massivləri ilə qarşılıqlı təsirdə olan sistem) istismar dövründə müxtəlif uğursuzluqlar baş verir və sistemin etibarlılıq səviyyəsinə öz təsirini göstərir. Belə texniki sistemlərin etibarlılıq təminatının yüksəldilməsi real təbii-texniki

sistemlərin etibarlılığının tədqiqi və əldə edilmiş statistik məlumatların analoji geoloji mühitdə layihələndirilən eyni texniki sistemdə nəzərə alınması ilə mümkünləşə bilər.

Etibarlılığa təsir edən texnoloji amillərə tikintinin keyfiyyəti, kanalın dib səthinin keyfiyyəti və yamaclığı və s. aiddir. Tikinti texnologiyası, işlərin və istifadə edilən tikinti materiallarının keyfiyyəti, tikintinin geodinamiki proses və hadisələrə təhrikçi təsiri və onları intensivləşdirməsi kanalın etibarlılığına daha çox təsir edir. Tikinti texnologiyasının və işlərin keyfiyyətinin təsirinə qruntların su-fiziki-mexaniki xassələrinin pisləşməsinə, sürüşmə, uçqun və s. proseslərin intensivləşməsinə, kanalın dib və yamaclarının kələ-kötürlük və süzülmə əmsallarının artmasını və s. misal göstərmək olar.

Etibarlılıq təminatı yüksək olan magistral su kanallarında, onların ayrı-ayrı elementlərində köhnəlmə, aşınma, zədələnmə, dağılma və s. kimi zamana görə müəyyən dəyişiklik baş verir və onların funksional parametrlərində müvafiq dəyişiklik müşahidə edilir. Bu dəyişikliyin baş verməsində istismar amilləri kimi ətraf mühitin təsirini, iqlimin, geoloji, hidrogeoloji şəraitin, istismarda buraxılan səhvin, çatışmazlığın və s. təsirini göstərmək olar.

İstismar dövründə torpaq məcralı kanal hər hansı qəza baş vermədən, süzülmə itkisi yol verilən hədd daxilində olmaqla, dibdə və yamacda yuyulma, deformasiya, lillənmə, sürüşmə, uçqun və digər xoşagəlməz hadisə baş vermədən, üzlüklü kanallar isə əlavə olaraq üzlüyün dağılması baş vermədən, bütün uzunluğu üzrə layihə parametrlərini qoruyub saxlamaqla, komanda yüksəkliyinə uyğun müvafiq sərfi asanlıqla nəqlətdirmə qabiliyyətli, asan istismar şəraitli olmalıdır.

Torpaq məcralı kanallarda uğursuzluğun baş vermə səbəbi bütövlükdə kanala və ya onun ayrı-ayrı elementinə müxtəlif proseslərin təsiri, dib və yamaclarda deformasiyalar, süzülmə itkisinin və lillənmənin yol verilən həddən yuxarı, suburaxma qabiliyyətinin isə aşağı olması, trasında dağılma, uçma, yamaclarda sürüşmə və uçqunun, trası boyu şişmə, batma, eroziya, suffoziya, həllolma, karst və digər geodinamiki hadisələrinin baş verməsi və s. ola bilər.

Mövcud ədəbiyyat mənbələrinə əsasən, praktikada magistral su kanallarında baş verən uğursuzluqlar çox vaxt sistemin “qocalması” ilə deyil, layihə dövründə layihə variantının geoloji mühitdə yerinin seçilməsi, konstruksiyanın hazırlanması və təsir edən amillərin nəzərə alınması prosesində, tikinti texnologiyasında və istismarda buraxılan səhvlərlə və çatışmazlıqlarla əlaqədar olur [21, s.28-37].

Kanalın istismarı ilə bağlı uğursuzluqlara kanalların lillənməsi və onun təmizlənməsi prosesində buraxılan səhv və çatışmazlıqları qeyd etmək olar. Praktikada torpaq məcralı kanalların lillənməsi kanaldakı axın sürəti üçün buraxıla bilən həddən böyük hidravliki irilikli hissəciklərin su ilə və külək vasitəsilə (kanal ətrafı zolaqda qoruyucu meşə zolağının tələb olunan səviyyədə inkişaf etməməsi və digər səbəbdən) kanala daxil olması, kanalın yamacında və dibində yuyulmanın, uçqunun baş verməsi, yeraltı suların kanalı qidalandırdı-

ğı halda yamaclarda suffoziyanın, sürüşmənin və uçqunun baş verməsi, kanalın təmizlənməsi prosesinin düzgün aparılmaması ilə əlaqədar dibdə və yamaclarda deformasiyaların yaranması, kələ-kötürlük əmsalının artması (kanalın təmizlənməsi və digər tədbirlərin yerinə yetirilməsi zamanı buraxılan səhvlərlə əlaqədar, müxtəlif susevər bitkilərin inkişafı və onun vaxtında qarşısının alınmaması səbəbindən) hesabına axının orta sürətinin yol verilən həddən aşağı düşməsi, kanalda yerinə yetirilmiş qeyri-düzgün müdaxilələrlə (maneələrin yaradılması, əlavə sugötürücü qurğuların qeyri-düzgün yerləşdirilməsi və s.) suyun hərəkət rejiminin birdən kəskin dəyişməsi və s. ilə əlaqədar ola bilər.

Üzülük çəkilmiş kanallarda isə lillənmə kanaldakı axın sürəti üçün buraxıla bilən həddən böyük hidravliki irilikli hissəciklərin su ilə və külək vasitəsilə kanala daxil olması, kanalda kələ-kötürlüyün artması (kanal trasında qruntların şişməsi, batma, yuyulma və s. deformasiyalardan, susevər bitkilərin inkişafından), dib mailliyinin azalması (tikintidə buraxılan səhv, kanal trasında qruntlarda şişmə deformasiyasından), axın rejiminin birdən dəyişməsi və s. ilə əlaqədar ola bilər.

Kanalın məcrasında müxtəlif deformasiyaların, uçqunun, dağılmanın, yuyulmanın baş verməsi ilə uğursuzluq kanal trası üzrə dayanıqsız strukturlu (şişən, batan, asan həllolan, yuyulan, plıvun və s.) qruntların rast gəlməsi, layihə dövründə onların nəzərə alınmaması və yaxud görülmüş tədbirlərin effektivliyinin az olması, tikinti dövründə buraxılan müxtəlif səhv və çatışmazlıqlar, kanalın istismarının düzgün aparılmaması (axın sürətinin buraxıla bilinən həddən çox olması, lildən təmizlənmə tədbirlərinin yerinə yetirilməsi zamanı yamacların zədələnməsi, dayanıqlılığın pozulması və s.) ilə bağlı ola bilər.

3. Texniki sistemlərin etibarlılığının qiymətləndirilməsi

Texniki sistemlərin hazırlanması və istismarı dövründə uğursuzluğun növlərinin, nəticələrinin və böhran həddinin təhlili və etibarlılığının qiymətləndirilməsi üçün metodika kimi Müstəqil Dövlətlər Birliyində (MDB) istifadə edilən standartla görə [10] müvafiq təhlil aşağıdakı metodlardan biri ilə aparıla bilər: -struktur; funksional; kombinə edilmiş (birləşdirilmiş) metod.

Struktur metod nisbətən sadə obyektlər üçün tətbiq olunan induktiv metodlar sinfinə aiddir (“aşağıdan yuxarıya doğru” təhlil) və sistemin aşağı səviyyəsinə aid elementlərinin hər birində qeyd edilən uğursuzluğun nəticələri onun strukturunun bütün üst səviyyələrində izlənilə bilər.

Struktur metodun ümumi sxemi aşağıdakı əsas əməliyyatları əhatə edir:

-təhlil planına uyğun olaraq, sistemin müxtəlif səviyyələr üzrə xəyali olaraq hissələrə ayrılması prosesində minimal səviyyənin müəyyənləşdirilməsi;

-obyektin funksional blok-sxemi əsasında hissələrə ayırmanın seçilmiş səviyyəsinə uyğun bütün elementlərin müəyyənləşdirilməsi;

-verilmiş səviyyəyə uyğun müəyyənləşdirilmiş hər bir element üçün mövcud uğursuzluq təsnifatları, aprior məlumatlar, mühəndisi təhlil, tədqiqatçının bilik və təcrübəsi

əsasında həmin elementin mümkün olan uğursuzluqları haqqında siyahının tərtib edilməsi;
-seçilmiş elementin hər növ uğursuzluğunun baxılan struktur səviyyəsində və ondan yüksək səviyyəsində mümkün təsirinin nəticəsinin müəyyən edilməsi;

-obyektin uğursuzluğuna və yaxud onun funksional keyfiyyətinin aşağı düşməsinə səbəb ola bilən elementlər üçün uğursuzluğun şiddət kateqoriyasının qiymətləndirilməsi və yaxud böhran göstəricisinin hesablanması;

-yuxarıda qeyd edilən əməliyyatların strukturun digər səviyyələrinə daxil olan elementlər üçün də yerinə yetirilməsi;

-strukturun aşağı səviyyəsinə aid elementin uğursuzluğunun həmin səviyyəyə aid elementlərin funksiyasına təsir etmədiyi halda, belə uğursuzluğa tədqiq edilən səviyyə üçün uğursuzluğun sərbəst növü kimi baxılması;

-təhlil planı ilə müəyyən edilən uğursuzluğun şiddət kateqoriyası və yaxud böhran göstəricisinin qiyməti buraxıla bilən həddi keçən uğursuzluqların fərqləndirilməsi və belə uğursuzluq baş verən elementlərin böhran elementlər siyahısına daxil edilməsi.

Funksional təhlil metodu deduktiv metodlar sinfinə (“yuxarıdan aşağıya doğru” təhlil) aid olunur və çoxfunksiyalı mürəkkəb obyektlər üçün tətbiq edilir. Uğursuzluqlar mürəkkəb asılılığa malikdirlər və aprior müəyyənləşdirilməsi çətinidir.

Funksional təhlil metodunun ümumi sxemi aşağıdakı əsas əməliyyatları əhatə edir:

-obyektin yerinə yetirdiyi bütün funksiyaların müəyyənləşdirilməsi;

-hər bir funksiya üçün aprior məlumatlar, tədqiqatçı təcrübəsi, mühəndisi təhlil və digər üsullar əsasında bu funksiyanın mümkün pozulma siyahısının tərtib edilməsi;

-funksiyanın hər bir pozulmasının keyfiyyətə mümkün təsir səviyyəsinin və yaxud kəmiyyətə gözlənilən ziyanın qiymətləndirilməsi;

-mümkün nəticələrinin şiddəti və yaxud ziyanı təhlil planı ilə müəyyən edilən həddi keçən funksiyanın böhran pozulmasının fərqləndirilməsi;

-funksiyanın fərqləndirilmiş hər bir böhran pozulmasını pik hadisə kimi qəbul edərək, təhlil planı üzrə müəyyən edilmiş, strukturun bütün ayrılmış səviyyələrini (lap aşağıdakı səviyyəyədək) əhatə edən elementlərin uğursuzluq ağacının (dendritin) qurulması;

-qurulmuş uğursuzluq ağacının köməyi ilə məmulatın funksiyasının böhran pozulmasına gətirən elementin və birlikdə uğursuzluğu qeyd edilən pozulmaya gətirən elementlər toplusunun fərqləndirilməsi;

-tək elementlərin uğursuzluq ehtimalının və elementlərin fərqləndirilmiş uğursuzluq kombinasiyası ehtimalının qiymətləndirilməsi (təhlil zamanı müvafiq uğursuzluqların böhran göstəricisi hesablanır);

-ümumi qaydaya uyğun olaraq böhran elementlərin siyahısının hazırlanması.

Mürəkkəb obyektlərdə kombinə edilmiş metoddan istifadə edilir. Bu halda struktur və funksional metodlar birgə tətbiq edilir.

Sistemin etibarlılıq baxımından təhlili zamanı uğursuzluğun nəticəsinin ağırlıq

kateqoriyasının qiymətləndirilməsi aşağıdakı cədvəl 1-ə uyğun aparılır [10].

Cədvəl 1

Uğursuzluğun nəticəsinin ağırlıq kateqoriyası	Uğursuzluğun nəticəsinin ağırlıq xarakteristikası
IV	Uğursuzluq tez və yüksək ehtimalla obyektin özünə və yaxud ətraf mühitə böyük zərərlər verə, insanların ölümünə və yaxud ağır zədələnməsinə, öz funksiyasını yerinə yetirməsinin pozulmasına səbəb ola bilər.
III	Uğursuzluq tez və yüksək ehtimalla obyektin özünə və yaxud ətraf mühitə böyük zərərlər verə, öz funksiyasını yerinə yetirməsinin pozulmasına səbəb ola, insanların həyatı və sağlamlığı üçün az təhlükə yarada bilər.
II	Uğursuzluq obyektin öz funksiyasını yerinə yetirməsinin gecikməsinə, iş hazırlığının və effektivliyinin zəifləməsinə səbəb ola bilər. İnsanların həyatı və sağlamlığına və obyektin özünə təhlükə yaratmır.
I	Uğursuzluq obyektin öz funksiyasını yerinə yetirməsi keyfiyyətinin aşağı düşməsinə səbəb ola bilər, ancaq insanların həyatı və sağlamlığına və obyektin özünə təhlükə yaratmır.

İstismar edilən texniki sistemlərin etibarlılığının qiymətləndirilməsi onların istismarı dövründə baş vermiş uğursuzluq hadisələrinin təhlili əsasında yerinə yetirilir.

Ümumilikdə magistral kanalın etibarlılığı təşkilədiçi elementlərinin hər birinin etibarlılığından asılıdır. Hər bir elementin etibarlılığı isə kanalın struktur-funksional sxemində onun yerləşmə vəziyyətinə görə sistemin etibarlılığının formalaşmasında öz təsirini göstərir. Magistral su kanalları adətən, etibarlılıq baxımından ardıcıl birləşdirilmiş elementlərdən (suqəbuledici, sugötürücü, akveduk, düker, kanalın trası və s.) ibarət struktur sxemə malik olur, hər bir elementdə baş verən uğursuzluğu isə təsadüfi və biri-birindən asılı olmayan hadisələr kimi qəbul etmək olar. Onların hər birində baş verən uğursuzluq sistemin uğursuzluğuna səbəb ola bilər. Ona görə də, müvafiq t zaman müddətində magistral kanalın sonuncu məntəqəyə uğursuzluq baş vermədən tələb olunan miqdarda suyu çatdırması ehtimalı (P_s) sistemin elementlərinin uğursuzluq baş vermədən işləmə ehtimallarının hasilləri şəkilində təyin edilə bilər [mirxulava s.40].

$$P_s(t) = P_1(t) \cdot P_2(t) \cdot P_3(t) \cdot \dots \cdot P_n(t) = \prod_{i=1}^n P_i(t). \quad (1)$$

Burada $P_1(t)$, $P_2(t)$, $P_3(t)$, ..., $P_n(t)$ -kanalın struktur-funksional sxemində ardıcıl birləşdirilmiş elementlərinin uğurlu iş ehtimallarıdır.

Əgər sistemin elementlərinin uğursuzluğu biri-birindən asılı olan təsadüfi hadisələr olarsa, onda ehtimal nəzəriyyəsiindən məlum olan şərti ehtimal düsturlarından istifadə etməklə, sistemin uğurlu iş ehtimalını qiymətləndirmək olar. Bunun üçün asılı elementlərin uğursuzluq hadisəsinin şərti ehtimalı məlum olmalıdır.

Tədqiq olunan texniki sistemin etibarlılığının kəmiyyətə qiymətləndirilməsi üçün ilk növbədə etibarlılığın struktur-funksional sxeminə nəzər saldıqda, fəaliyyət xüsusiyyətlərinə görə müəyyən zaman müddətində fasiləsiz və ani fəaliyyət göstərən elementləri fərqləndirmək olar. Bu elementlərdən də bəziləri uğursuzluq baş verdikdə yenidən bərpa edilmə xüsusiyyətinə görə bərpa edilən və ya bərpa edilməyən kimi fərqləndirilə bilərlər.

Sistemin uğursuzluğu çoxlu amillərin təsiri altında baş verir, amillərlə sistemin uğursuzluğu arasında olan əlaqə məlum olmadığından, uğursuzluq təsadüfi hadisə kimi qəbul edilir və onun kəmiyyət xarakteristikası tədqiq olunan hadisələrin bolluğu şəraitində müvafiq məna kəsb edən müəyyən ehtimalla ifadə olunur. Müvafiq olaraq etibarlılıq göstəricisi də statistik və ehtimal formasında ifadə olunur.

Əgər eyni tipli obyektlərdə baş verən təsadüfi hadisələrə (uğursuzluq, qəza, sapma, uğursuzluğa qədər iş vaxtı və s.) dair kifayət qədər məlumat bolluğu varsa və tədqiq olunan parametr haqqında qeyri-məhdud həcmdə məlumatla malik baş yığımdan müəyyən bir seçim təşkil edirsə, onda həmin yığım üçün kəmiyyət xarakteristikası həqiqi göstərici və yaxud ehtimal göstəricisi olur. Təsadüfi hadisələrə dair məhdud həcmdə məlumatlar yığını bəzi nəticələrə gəlməyə imkan verir, seçmə qiymətləndirməsi və yaxud statistik qiymətləndirmə adlanır. Məlumatlar artdıqca, statistik qiymətləndirmə təsadüfi hadisənin ehtimalına yaxınlaşır. Obyektin etibarlılıq göstəricisinin layihələndirmə mərhələsində analitik hesablamalar zamanı ehtimal, eksperimental tədqiqatlar, o cümlədən istismar dövründə isə statistik qiymətləndirmə formasında ifadə edilməsi məqsədəuyğundur. Etibarlılıq meyarları nəzərdən keçirildikdə isə hər iki qiymətləndirmə formasından istifadə edilir.

Sistemin bərpa edilməyən elementlərində etibarlılıq meyarı kimi aşağıdakı xarakteristikalardan istifadə edilir:

- müvafiq t zaman müddətində sistemin elementinin uğurlu iş ehtimalı $P(t)$;
- uğursuzluq ehtimalı $Q(t)$;
- uğursuzluğadək iş vaxtının paylanma sıxlığı $f(t)$;
- sistemin t zaman anında uğursuzluq intensivliyi $\lambda(t)$;
- birinci uğursuzluğa qədər orta iş vaxtı T_{or} .

Etibarlılıq nəzəriyyəsinə aid bəzi ədəbiyyat mənbələrində [19, s.60, 26, s.8] “uğursuzluğadək iş vaxtının paylanma sıxlığı ($f(t)$)” əvəzinə “uğursuzluq tezliyi ($a(t)$)” anlayışından istifadə edilir. Etibarlılığa dair dövlət standartında isə uğursuzluğadək iş vaxtının paylanma sıxlığı anlayışı istifadə edilir.

Bərpa edilən sistemlərdə birinci uğursuzluğadək iş vaxtı və yaxud uğursuzluq baş verdikdə bütöv sistemdə uğursuzluğa yol verilməməsi üçün bərpa edilən ehtiyat elementli ehtiyatlandırılmış sistemlərdə etibarlılıq meyarları kimi bərpa edilməyən sistemlər üçün tətbiq edilən qiymətləndirmə meyarlarından istifadə olunur. Digər hallarda isə bərpa edilən sistemlərin etibarlılıq meyarları kimi aşağıdakı kəmiyyət xarakteristikalarından istifadə edilir:

- uğursuzluq axını parametri $\omega(t)$;
- uğursuzluqlar arasında orta iş vaxtı t_{or} ;
- hazırlıq əmsalı K_h .

K_h əmsalı etibarlılığın kompleks göstəricisi olub, etibarlılığın kəmiyyətə iki göstəricisini: -təmirəyararlılıq və uğurluluq göstəricilərini səciyyələndirir.

3.1. Bərpa edilməyən elementlər üçün etibarlılıq meyarları

Müvafiq t zaman müddətində qurğunun uğurlu iş ehtimalı $P(t)$ dedikdə müəyyən istismar şəraitində verilmiş zaman hüdudunda və yaxud iş müddəti daxilində qurğunun normal iş qabiliyyətinin qorunub saxlanması, uğursuzluğun baş verməməsi ehtimalıdır, yəni $P(t) = P(T > t)$. Burada T -qurğunun işə salınma anından uğursuzluq baş verənədək iş vaxtı, t -uğurlu iş ehtimalı təyin edilən zaman müddətidir.

Qəbul olunur ki, qurğu işə salındığı an iş qabiliyyətli olduğundan, $P(0) = 1$ olur və sonra uğursuzluq baş verənədək keçən zaman müddətində $P(t)$ monoton azalaraq, sifira bərabər olur (uğursuzluq baş verir, yəni $t \rightarrow \infty$ olduqda, $P(t) \rightarrow 0$ olur).

Qurğunun uğursuzluq ehtimalı $Q(t)$ dedikdə müəyyən istismar şəraitində verilmiş zaman hüdudu (intervalı) daxilində heç olmazsa bir uğursuzluğun baş verməsi ehtimalı nəzərdə tutulur. Uğursuzluq hadisəsi ilə uğurlu iş hadisəsi ehtimal nəzəriyyəsi baxımından biri-biri ilə qarşılıqlı əks və uyuşmayan hadisələr olduğundan, aşağıdakı asılılıq doğrudur:

$$Q(t) = P(T \leq t) \text{ və ya } Q(t) = 1 - P(t). \quad (2)$$

Tədqiq olunan zaman hüdudunun başlanğıcında uğurlu işləməsi şərti ilə qurğunun $[t, t + \Delta t]$ zaman hüdudunda uğurlu iş ehtimalının təyini çox vaxt praktiki əhəmiyyət kəsb edir.

$$P(t, t + \Delta t) = \frac{P(t + \Delta t)}{P(t)}. \quad (3)$$

(2) düsturu nəzərə alınmaqla, uğurlu iş vaxtı intervalından sonra uğursuzluğun baş vermə ehtimalı $Q(t, t + \Delta t)$ aşağıdakı düsturla təyin edilə bilər:

$$Q(t, t + \Delta t) = 1 - \frac{P(t + \Delta t)}{P(t)}. \quad (4)$$

Etibarlılığın yuxarıda verilmiş meyarlarının statistik qiyməti aşağıdakı kimi təyin olunur:

$$\bar{P}(t) = \frac{N_0 - n(t)}{N_0}, \quad \bar{Q}(t) = \frac{n(t)}{N_0}, \quad (5)$$

Burada $\bar{P}(t)$ -uğurlu işin statistik qiyməti; $\bar{Q}(t)$ -uğursuzluğun statistik qiyməti; N_0 -işin (sınağın) əvvəlində elementlərin sayı; $n(t)$ -istismarın t müddəti ərzində uğursuzluq baş vermiş elementlərin sayı.

Uğursuzluqadək iş vaxtının paylanma sıxlığı $f(t)$ zamana görə uğursuzluqların paylanma qanununu xarakterizə edir və $Q(t)$ funksiyasının törəməsidir.

$$f(t) = \frac{dQ(t)}{dt}; \quad f(t) = -\frac{dP(t)}{dt}; \quad (6)$$

(6) düsturuna əsasən,

$$Q(t) = \int_0^t f(t)dt; \quad P(t) = 1 - \int_0^t f(t)dt. \quad (7)$$

Statistik baxımdan paylanma sıxlığı $\bar{f}(t)$ vahid zamanda uğursuzluq baş vermiş elementlərin sayının həmin elementlərin ilkin N_0 sayına (uğursuzluq baş vermiş elementlər bərpa edilməmək şərti ilə) nisbətində bərabərdir, yəni

$$\bar{f}(t) = \frac{n(\Delta t)}{N_0 \cdot \Delta t} \quad (8)$$

Burada $n(\Delta t)$ -müvafiq $(t - \frac{\Delta t}{2})$ zaman müddətindən $(t + \frac{\Delta t}{2})$ zaman müddətinədək uğursuzluq baş vermiş elementlərin sayıdır.

Uğursuzluq intensivliyi $\lambda(t)$ dedikdə $\Delta t \rightarrow 0$ olduqda, $\frac{Q(t, t+\Delta t)}{\Delta t}$ -nin yaxınlaşdığı hədd başa düşülür, yəni

$$\lambda(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{Q(t, t + \Delta t)}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{P(t) - P(t + \Delta t)}{P(t) \cdot \Delta t} = -\frac{P'(t)}{P(t)} = \frac{f(t)}{P(t)}. \quad (9)$$

Uğursuzluq intensivliyi ilə uğurlu iş ehtimalı arasında $[0, t]$ zaman intervalı üçün aşağıdakı əlaqə mövcuddur:

$$P(t) = e^{-\int_0^t \lambda(t) dt}. \quad (10)$$

Statistik baxımdan $\bar{\lambda}(t)$ uğursuzluq intensivliyi Δt zaman müddəti üzrə vahid zamanda uğursuzluq baş vermiş elementlərin sayının ($n(\Delta t)$) həmin zaman intervalı daxilində saz işləyən elementlərin orta sayına (N_{or}) nisbətindən ibarətdir.

$$\bar{\lambda}(t) = \frac{n(\Delta t)}{N_{or} \cdot \Delta t}, \quad (11)$$

Burada $N_{or} = \frac{N_t + N_{t+\Delta t}}{2}$ -saz işləyən elementlərin Δt zaman müddətində (interval daxilində) orta sayı; N_t -zaman intervalının başlanğıcında saz işləyən elementlərin sayı; $N_{t+\Delta t}$ -zaman intervalının sonunda saz işləyən elementlərin sayı.

Uğursuzluqlar arasında T_{or} orta iş vaxtı (və yaxud uğurlu orta iş vaxtı) birinci uğursuzluqadək obyektin iş vaxtının riyazi gözləməsidir, $f(t)$ paylanma sıxlığı əsasında aşağıdakı düsturla təyin edilir ($P(0) = 1$; $P(\infty) = 0$ olduğundan):

$$T_{or} = \int_0^{\infty} t \cdot f(t) dt = - \int_0^{\infty} t \cdot dP(t) = \int_0^{\infty} P(t) dt.$$

$$T_{or} = \int_0^{\infty} P(t) dt. \quad (12)$$

Birinci uğursuzluqadək \bar{T}_{or} orta iş vaxtının statistik qiyməti aşağıdakı düsturla təyin olunur:

$$\bar{T}_{or} = \frac{1}{N_0} \sum_1^{N_0} t_i, \quad (13)$$

Burada t_i -i-ci elementin uğurlu iş vaxtı; N_0 -tədqiq olunan elementlərin sayı.

3.2. Bərpa edilən elementlər üçün etibarlılıq meyarları

Sistemin uğursuzluğu və iş qabiliyyətinin bərpası təsadüfi hadisə, uğursuzluğun baş vermə anından bərpa anınadək keçən müddət təsadüfi kəmiyyətdir.

Bərpa edilmə ehtimalı ($P_b(t)$) uğursuzluq baş verdiyi halda t zaman müddətini aşmayan zaman müddətində elementin iş qabiliyyətinin bərpa edilməsi ehtimalıdır, $P_b(t) =$

$P(T \leq t)$. Burada T -elementin uğursuzluq anından bərpa edilənədək iş vaxtı; t -bərpa edilmə ehtimalı təyin edilən zaman.

Bərpa edilməmə ehtimalı ($Q_b(t)$) uğursuzluq baş verdiyi halda t zaman müddətini aşan zaman müddətində elementin iş qabiliyyətinin bərpa edilməməsi ehtimalıdır, $Q_b(t) = P(T > t)$ və yaxud $Q_b(t) = 1 - P(t)$, çünki elementin bərpa edilməsi ilə bərpa edilməməsi hadisələri qarşılıqlı əks və uyuşmayan hadisələrdir.

Elementin bərpa edilmə vaxtının paylanma sıxlığı $f_b(t) = \frac{dP_b(t)}{dt}$ və ya $f_b(t) = -\frac{dQ_b(t)}{dt}$ ilə təyin edilə bilər.

Bərpa edilmə intensivliyi $\mu(t)$ funksiyası $\Delta t \rightarrow 0$ olduqda, $\frac{P_b(t, t+\Delta t)}{\Delta t}$ nisbətinin yaxınlaşma həddini ifadə edir (burada $P_b(t, t + \Delta t)$ -iş qabiliyyətinin bərpa edilmədiyi zaman intervalından sonra gələn intervalda Δt müddətində elementin bərpa edilmə ehtimalıdır), yəni $\mu(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{P_b(t, t+\Delta t)}{\Delta t} = -\frac{f_b(t)}{Q_b(t)}$.

Bərpa edilmə ehtimalı ($P_b(t)$) ilə bərpa edilmə intensivliyi ($\mu(t)$) arasında $P_b(t) = 1 - e^{-\int_0^t \mu(t) dt}$ asılılığı doğrudur [5, s.10-25].

Bərpa edilən texniki sistemlərdə baş verən uğursuzluqlar təsadüfi zaman anlarında biri-birindən asılı olmadan baş verən hadisələr ardıcılığı kimi qəbul olunaraq, təsadüfi hadisələr seli adlandırılır. Həmçinin qəbul edilir ki, uğursuzluq baş vermiş elementlər həmin an ya yenisi ilə əvəz olunur, ya da təmir edilir, uğursuzluq seli parametri ($\omega(t)$) və uğursuzluqlar arası orta iş vaxtı (t_{or}) etibarlılığın kəmiyyət xarakteristikası kimi götürülə bilər.

Uğursuzluq seli parametri ($\omega(t)$) bərpa edilən elementin zamanın baxılan anı üçün uğursuzluğunun baş vermə ehtimalının sıxlığıdır [5, s.10-25], yəni $\omega(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{P_{>1}(\Delta t)}{\Delta t}$ (burada $P_{>1}(\Delta t)$ -baxılan Δt zaman müddətində iki və çox uğursuzluğun baş vermə ehtimalıdır).

Uğursuzluq selinin (axınının) statistik parametri ($\bar{\omega}(t)$) dedikdə vahid zamanda uğursuzluq baş vermiş elementlərin sayının sıradan çıxmış elementlərin yenisi ilə əvəz edilməsi şərti ilə sınağı aparılan elementlərin sayına nisbəti nəzərdə tutulur:

$$\bar{\omega}(t) = \frac{n(\Delta t)}{N \cdot \Delta t}, \quad (14)$$

Burada $n(\Delta t)$ -baxılan $(t - \frac{\Delta t}{2})$ zaman anından $(t + \frac{\Delta t}{2})$ zaman anınadək intervalda uğursuzluq baş vermiş elementlərin sayı; N -sınağı aparılan elementlərin sayı; Δt -baxılan intervalda zaman müddəti.

Bərpa edilən sistemlər üçün uğursuzluqlar arası iş vaxtı (t_{or}) dedikdə uğursuzluqlar arasında iş vaxtlarının orta qiyməti başa düşülür, yəni

$$t_{or} = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n}. \quad (15)$$

Burada t_i -elementin $(i-1)$ -ci ilə i -ci uğursuzluqları arasında saz işləmə vaxtı; n -

müvafiq t zaman müddətində uğursuzluqların sayı.

Əgər sınaq elementin N nümunəsi üzrə aparılırsa, o zaman uğursuzluqlar arası iş vaxtı (\bar{t}_{or}) aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$\bar{t}_{or} = \frac{\sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^{n_j} t_{ij}}{\sum_{j=1}^N n_j}. \quad (16)$$

Burada t_{ij} - elementin j-ci nümunəsinin (i-1)-ci ilə i-ci uğursuzluqları arasında saz işləmə vaxtı; n_j -elementin i-ci nümunəsinin t zaman müddətində uğursuzluqlarının sayı.

Statistik baxımdan *hazırlıq əmsali* (\bar{K}_h) elementin saz işləmə vaxtının eyni təqvim müddətinə uyğun saz işləmə və boşdayanma vaxtlarının cəminə nisbəti kimi təyin olunur.

$$\bar{K}_h = \frac{t_{s,i}}{t_{s,i} + t_{b,d}}. \quad (17)$$

Burada $t_{s,i}$ -elementin saz işləmə vaxtlarının cəmi; $t_{b,d}$ -məcburi boşdayanma vaxtlarının cəmi.

(17) düsturuna daxil olan $t_{s,i}$ və $t_{b,d}$ aşağıdakı düsturlar vasitəsilə hesablanır.

$$t_{s,i} = \sum_{i=1}^n t_{s,i,i}; \quad t_{b,d} = \sum_{i=1}^n t_{b,d,i}. \quad (18)$$

Burada $t_{s,i,i}$ -elementin (i-1)-ci ilə i-ci uğursuzluqları arasında saz işləmə vaxtı; $t_{b,d,i}$ - elementin i-ci uğursuzluqdan sonra məcburi boşdayanma vaxtı; n-elementin uğursuzluqları sayı.

Hazırlıq əmsalinin (K_h) ehtimal baxımından qiymətinə keçmək üçün (17) düsturunda $t_{s,i}$ və $t_{b,d}$ uyğun olaraq uğursuzluqlar arası saz işləmə və bərpa edilmə vaxtlarının riyazi gözləmələri ilə əvəz edilməlidir, yəni

$$K_h = \frac{t_{or}}{t_{or} + t_{b,e}}. \quad (19)$$

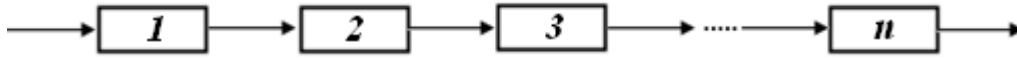
Burada t_{or} -uğursuzluqlararası iş vaxtı; $t_{b,e}$ -orta bərpaedilmə müddəti.

3.3. Texniki sistemin etibarlılığının struktur sxemi

Ümumilikdə texniki sistemlərin etibarlılıq baxımından struktur sxemlərinin ardıcıl birləşməli, paralel birləşməli və mürəkkəb birləşməli struktur sxemləri fərqləndirilə bilər. Hər bir struktur sxemə uyğun olaraq, texniki sistemin etibarlılıq parametrlərinin qiymətləndirilməsi fərqli olur.

3.3.1. Ardıcıl birləşməli struktur

Etibarlılıq baxımından ardıcıl birləşmə zamanı sistemin hər hansı elementində baş verən uğursuzluq sistemin uğursuzluğuna səbəb olur. Etibarlılıq baxımından ardıcıl birləşmə struktur sxemin sadə forması olub, fiziki baxımdan ola bilər ki, fərqli şəkildə birləşmədən ibarət olsun. Etibarlılığın bu struktur sxeminin ümumi quruluşu şəkil 1-də təsvir edilmişdir. Bu struktur sxem üzrə istənilən elementin uğursuzluğu sistemin uğursuzluğu ilə nəticələnir. Etibarlılığın hesablanması zamanı qəbul edilir ki, baş verən hər bir hadisə təsadüfidir və biri-birindən asılı deyildir [5, s.84].



Şəkil 1. Etibarlılıq baxımından elementləri ardıcıl birləşmiş sistemin struktur sxemi

Ehtimal nəzəriyyəsi baxımından sistemin uğurlu işindən ibarət hadisə sistemi təşkil edən elementlərin hər birinin uğurlu işindən ibarət hadisələrin birləşməsindən ibarətdir. Çünki həmin hadisələr biri-birindən asılı deyildir. Ona görə də, sistemin uğurlu iş ehtimalı onun hər bir elementinin uğurlu iş ehtimallarının hasili şəklində (1) düsturu ilə ifadə olunur.

Etibarlılıq baxımından ardıcıl birləşmiş elementlərdən təşkil olunmuş struktur sxemli texniki sistemlərdə normal istismar dövrü üçün xarakterik olan eksponensial paylanma zamanı $\lambda_i = \text{const}$ olur. Bu halda sistemin etibarlılığının kəmiyyət xarakteristikaları üçün aşağıdakı ifadələr doğrudur:

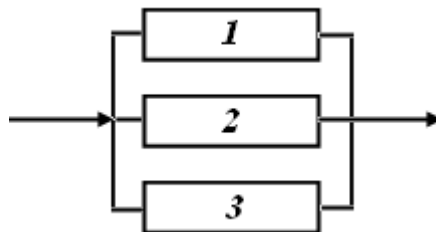
$$P_s(t) = e^{-\lambda_s t}, T_{or} = \frac{1}{\lambda_s}, f_s(t) = \lambda_s \cdot e^{-\lambda_s t}, \quad \lambda_s = \sum_{i=1}^n \lambda_i \quad (20)$$

(20) düsturunda: $P_s(t)$ -ardıcıl birləşmiş elementlərdən ibarət olan texniki sistemin uğurlu iş ehtimalı; T_{or} -sistemin uğursuzluğadək orta iş vaxtı; $f_s(t)$ -birinci uğursuzluğadək sistemin iş vaxtının paylanma sıxlığı; λ_i -texniki sistemin i -ci elementinin uğursuzluq intensivliyi; λ_s -texniki sistemin uğursuzluq intensivliyi.

3.3.2. Paralel birləşməli struktur

Sistemin etibarlılıq baxımından struktur sxemi o zaman paralel birləşmiş elementlərdən təşkil olunmuş hesab edilir ki, heç olmazsa bir elementi işçi vəziyyətdə olduqda, sistemdə uğursuzluq baş vermir. Yəni belə struktur sxemli sistemin işçi vəziyyətdə olması üçün onun elementlərindən heç olmazsa birinin işləməsi kifayətdir. Belə struktur sxemə misal olaraq üç elementdən ibarət olan sistem üçün şəkil 2-də verilmiş sxemi göstərmək olar [5, s.88]. Şəkil 2-də təsvir edilmiş struktura malik sistem aşağıdakı hallarda iş qabiliyyətli olur:

- hər üç element (1, 2 və 3 elementi) saz olduqda;
- eyni zamanda elementlərdən ikisi (ya 1 və 2, ya 2 və 3, ya da 1 və 3) saz olduqda;
- elementlərdən biri (ya 1, ya 2 ya da 3 elementi) saz olduqda.



Şəkil 2. Etibarlılıq baxımından elementləri paralel birləşmiş sistemin struktur sxemi

Etibarlılıq baxımından paralel birləşmiş n elementdən təşkil olunmuş sistemin uğurlu

iş (imtinasız vəziyyəti) ehtimalı (P_s) birgə təsadüfi hadisələr ehtimallarını toplama teoreminə görə [6] aşağıdakı kimi hesablanıla bilər:

$$P_s = (P_1 + P_2 + \dots + P_n) - (P_1 \cdot P_2 + P_1 \cdot P_3 + \dots + P_1 \cdot P_n + P_2 \cdot P_3 + \dots) + (P_1 \cdot P_2 \cdot P_3 + \dots + P_1 \cdot P_2 \cdot P_n + \dots) - \dots + (-1)^{n-1} (P_1 \cdot P_2 \cdot P_3 \cdot \dots \cdot P_n). \quad (21)$$

Şəkil 2-də təsvir edilmiş sxem üçün uğurlu iş ehtimalının hesablanılma düsturu aşağıdakı kimi olacaqdır.

$$P_s = (P_1 + P_2 + P_3) - (P_1 \cdot P_2 + P_1 \cdot P_3 + P_2 \cdot P_3) + P_1 \cdot P_2 \cdot P_3.$$

Etibarlılıq baxımından paralel birləşmiş n elementdən ibarət sistem üçün uğursuzluq ehtimalı (Q_s)

$$Q_s = \prod_{i=1}^n Q_i, \quad (22)$$

Burada Q_i -sistemin i -ci elementinin uğursuzluq ehtimalıdır.

Q_s -nin qiymətini bilməklə sistemin uğurlu iş ehtimalını aşağıdakı düsturla hesablamaq olar:

$$P_s = 1 - Q_s = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - P_i). \quad (23)$$

Əgər sistem eyni uğurlu iş ehtimalına malik n elementdən təşkil olunarsa, o zaman sistemin (23) düsturu aşağıdakı kimi olur:

$$P_s = 1 - (1 - P_i)^n. \quad (24)$$

Əgər sistemin elementlərinin uğursuzluq intensivliyi sabitdirsə və uğurlu iş ehtimalı eksponensial qanunla ayrılırsa, onda (23) düsturu aşağıdakı şəkilə düşür:

$$P_s = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - e^{-\lambda_i t}). \quad (25)$$

Eyni elementlərdən təşkil olunmuş sistemlər üçün sistemin uğurlu iş ehtimalı və uğursuzluq intensivliyi aşağıdakı düsturla ifadə olunur:

$$P_s = 1 - (1 - e^{-\lambda \cdot t})^n, \quad (26)$$

$$\lambda_s(t) = -\frac{P'(t)}{P(t)} = \frac{n\lambda(1-e^{-\lambda \cdot t})^{n-1}}{1-(1-e^{-\lambda \cdot t})^n}.$$

Ümumilikdə sistemin uğurlu orta iş vaxtını (21) ifadəsini inteqrallamaqla təyin etmək olar [5, s.88-94, 26, s.100-121].

$$T_{s.or.} = \int_0^{\infty} P_s(t) dt. \quad (27)$$

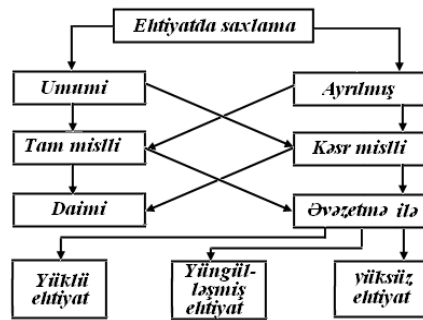
Əgər sistem etibarlılıq baxımından paralel birləşmiş üç elementdən ibarətdirsə, uğurlu iş ehtimalı eksponensial qanunla paylanırsa, onda sistemin uğurlu orta iş vaxtını ($T_{s.or.}$) aşağıdakı düsturla müəyyən etmək olar:

$$T_{s.or.} = \frac{1}{\lambda_1} + \frac{1}{\lambda_2} + \frac{1}{\lambda_3} - \left(\frac{1}{\lambda_1 + \lambda_2} + \frac{1}{\lambda_1 + \lambda_3} + \frac{1}{\lambda_2 + \lambda_3} \right) + \frac{1}{\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3}. \quad (28)$$

3.3.3. Mürəkkəb birləşməli struktur

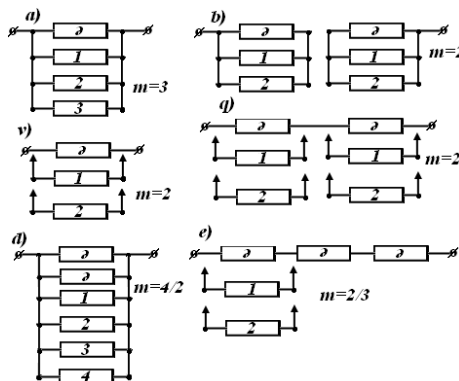
Magistral su kanallarında belə strukturların yaradılması layihə tapşırıqlarının yerinə yetirilməsi və sistemin etibarlılığının tələb edilən həddə çatdırılması zərurəti ilə əlaqədar olur və etibarlılıq baxımından mürəkkəb strukturlu texniki sistemlər tələb olunan qaydada elementlərin ardıcıl və paralel birləşmələrinin birgə kombinasiyalarından ibarət struktur şəkilində yaradılır və istismar olunur. Bu halda sistemin ümumilikdə və yaxud ayrılıqda götürülmüş hər hansı elementinin etibarlılıq səviyyəsinin artırılması məqsədi ilə ehtiyatda saxlamadan, əsas elementə ehtiyat elementin müxtəlif şəkildə paralel qoşulmasından istifadə edilir.

Praktikada ehtiyatda saxlama üsullarına dair etibarlılıq nəzəriyyəsinə dair müxtəlif ədəbiyyatlarda [29, s. 100-101, 5, s.84-95, 19, s.75-81, 23 və s.] və elektron resurslarda [26, s.100] kifayət qədər ətraflı məlumatlar mövcuddur, həmin məlumatlar əsasında ehtiyatda saxlama üsullarını əyani olaraq şəkil 3-dəki kimi təsvir etmək olar.



Şəkil 3. Ehtiyatda saxlama üsulları

Sxematik olaraq müxtəlif ehtiyatda saxlama üsullarının təsviri şəkil 4-də verilmişdir. Ehtiyatda saxlamanın əsas parametri sistemin ehtiyatda saxlanılan elementləri sayının onun əsas elementlərinin sayına nisbəti, yəni ehtiyatda saxlamanın mislidir. Tam və kəsr mislli ehtiyatda saxlama fərqləndirilir və onların sxematik təsviri eyni olur. Şəkil 4-də ehtiyatda saxlama misli m hərfi ilə işarə olunmuşdur [5, s.55].



Şəkil 4. Ehtiyatda saxlama ilə yaradılmış sistemin struktur sxemi. Tam mislli daimi işlək ehtiyatda saxlama: a)-ümumi; b)- ayrılmış. Tam mislli əvəzetmə ilə ehtiyatda saxlama: v)-ümumi; q)-ayrılmış. Kəsr mislli ehtiyatda saxlama: d)-ümumi və daimi işlək; e)-ayrılmış və əvəzetmə ilə.

Misal olaraq, $m=4/2$ kəsr misli ehtiyatda saxlama zamanı əsas elementlərin sayı 2, ehtiyatda saxlanılan elementlərin sayı 4, elementlərin ümumi sayı 6 olur. Burada ixtisar aparıla bilməz. Çünki əgər ixtisar edilərsə, o zaman $m=2$ tam misli ehtiyatda saxlama alınar ki, bu zaman elementlərin ümumi sayı isə üçə bərabər olar.

Ehtiyatda saxlama daxil edilmə üsuluna görə daimi və əvəzetməli ehtiyatda saxlamaya ayrılır. Daimi ehtiyatda saxlama zamanı sistemin ehtiyat elementi əsas elementə bütün iş müddətində qoşulmuş olur və onunla eyni iş rejimində işləyir. Əvəzetmə ilə ehtiyatda saxlama zamanı isə sistemin əvəzedilən elementində uğursuzluq baş verdikdə əvəzedici elementi işə qoşulur.

Ehtiyat elementin işə qoşulması zamanı həmin elementin əvəzetmə üsuluna görə işə daxil edilənədək o üç vəziyyətdə: -yüklü ehtiyat, yüngülləşmiş ehtiyat və yüklənməmiş ehtiyat vəziyyətində ola bilər.

Ehtiyatda saxlama zamanı etibarlılıq parametrlərinin hesablanması ehtiyatda saxlamanın hər bir növünə uyğun aparılmalıdır. Əksər texniki sistemlərin, o cümlədən magistral su kanallarının etibarlılıq baxımından struktur sxemlərində təsadüf edilən ehtiyatda saxlama hallarından biri kimi tam misli daimi işlək ehtiyatda saxlama üçün hesabat düsturlarına nəzər salaq [5, s.51-62, 26, s.100-121].

Daimi işlək və tam misli ümumi ehtiyatda saxlama zamanı (şəkil 4, a) fərz edək ki, t zaman müddətində sistemin i -ci elementinin uğurlu iş ehtimalı $P_i(t)$, ehtiyatda saxlama misli m tamdır. Onda ehtiyatda saxlama zamanı sistemin $P_s(t)$ uğurlu iş ehtimalı (23) düsturu ilə təyin edilə bilər. Əgər sistemin əsas və ehtiyat elementləri eynidirsə, o zaman həmin düstur aşağıdakı şəkilə düşür.

$$P_s(t) = 1 - [1 - P_i(t)]^{m+1}.$$

Ekspensial paylanma üçün $P_s(t)$ aşağıdakı düsturla təyin edilə bilər:

$$P_s(t) = 1 - [1 - e^{-\lambda_0 t}]^{m+1}, \quad (29)$$

Burada: λ_0 - ehtiyatda saxlanılmayan elementin və yaxud ehtiyatda saxlanılan m elementdən istənilənin uğursuzluq intensivliyi.

Sistemin uğursuzluq tezliyi $f_s(t)$ və uğursuzluq intensivliyi $\lambda_s(t)$ aşağıdakı düsturla təyin edilə bilər:

$$f_s(t) = -\frac{dP_s(t)}{dt} = (m+1)\lambda_0 e^{-\lambda_0 t} (1 - e^{-\lambda_0 t})^m, \quad (30)$$

$$\lambda_s(t) = -\frac{P'_s(t)}{P_s(t)} = \frac{(m+1)\lambda_0 e^{-\lambda_0 t} (1 - e^{-\lambda_0 t})^m}{1 - (1 - e^{-\lambda_0 t})^{m+1}}. \quad (31)$$

Ehtiyatda saxlamaya malik sistemin ekspensial paylanma üçün uğurlu orta iş vaxtı $T_{or.s}$ aşağıdakı düsturla təyin edilə bilər:

$$T_{or.s} = \frac{1}{\lambda_0} \sum_{i=0}^m \frac{1}{i+1} = T_{or.} \sum_{i=0}^m \frac{1}{i+1}, \quad (32)$$

Burada: T_{or} -ehtiyatda saxlanılmayan sistemin və yaxud ehtiyatda saxlanılan m sistemdən istənilənin uğurlu orta iş vaxtı.

3.4. Texniki sistemlərin etibarlılığını hesablama metodikası

Texniki sistemlərin etibarlılığının qiymətləndirilməsi üzrə ədəbiyyat mənbələrində [26, s.60-81] etibarlılığın *təqribi, istiqamətləndirici və yekun* (dəqiqləşdirilmiş) hesabanması metodikası öz əksini tapmışdır. Magistral su kanallarının texniki sistemlər kimi etibarlılıq baxımından qiymətləndirilməsində istifadə edilməsi zərurətini əsas götürərək, elementlərin əsas (ardıcıl) birləşməsi zamanı bərpa edilməyən elementlərdən ibarət sistem üçün qısa şəkildə həmin metodikalara nəzər yetirək.

Təqribi hesablama o zaman tətbiq edilir ki, layihələndirmə zamanı texniki sistemin tələb edilən etibarlılığının təmin edilməsinin prinsipcə mümkünlüyünün təyini zərurəti yaranır. Bu halda aşağıdakılar qəbul edilir:

-sistemin bütün elementləri eyni etibarlılığa malikdir;

-bütün elementlərin uğursuzluq riski zamandan asılı deyildir, başqa sözlə $\lambda_i(t) = \lambda_{ekv} = \text{const}$; Onda sistemin uğursuzluq intensivliyi $\lambda_s = N \cdot \lambda_{ekv}$ düsturu ilə təyin edilə bilər.

-ardıcıl birləşmiş bütün elementlərdən hər hansı birinin uğursuzluğu sistemin uğursuzluğuna səbəb olur.

Etibarlılığın bu şəkildə hesablanması aşağıdakı hallarda tətbiq edilə bilər:

-layihələndirilən sistemin sifarişçi tərəfindən verilmiş texniki tapşırığının tələblərinin etibarlılıq baxımından yoxlanılması zamanı;

-sistemin ayrı-ayrı bloklarının, hissələrinin etibarlılıq baxımından normativ məlumatlarının hesablanması zamanı;

-layihələndirilən sistemin elementlərinin etibarlılığının minimal yol verilən səviyyəsinin hesablanması zamanı;

-sistemin ayrı-ayrı layihə variantlarının etibarlılıq baxımından müqayisəli qiymətləndirilməsi zamanı.

Sistemin elementlərinin etibarlılıq göstəricilərində fərqliliyin, iş şəraitinin, elementlərin birləşmə üsulunun nəzərə alınmaması ilə əlaqədar bu üsul texniki sistemin etibarlılığı barədə dəqiq nəticə vermir.

İstiqamətləndirici hesablama texniki sistemin çertyojunun yaradılması zamanı yerinə yetirilir, istifadə edilən elementlərin tipinin və sayının etibarlılığa təsirini nəzərə almağa imkan verir və bu zaman aşağıdakı sadələşdirmələr aparılır:

-götürülmüş tipin bütün elementləri eyni etibarlılığa, yəni eyni uğursuzluq intensivliyinə malikdir;

-bütün elementlər texniki şərtlərdə nəzərdə tutulan nominal (normal) rejimdə işləyirlər;

-bütün elementlərin uğursuzluq intensivlikləri zamandan asılı deyildir, yəni qocalma,

aşınma baş vermir, $\lambda_i(t) = \text{const}$;

- elementlərin uğursuzluğu təsadüfi və biri-birindən asılı olmayan hadisələrdir;
- bütün elementlər eyni vaxtda işləyirlər.

Sistemin etibarlılığının hesablanması üçün aşağıdakılar məlum olmalıdır:

- etibarlılıq baxımından sistemin struktur sxemi;
- sistemin elementlərinin tipi, hər tipə aid elementlərin sayı;
- sistemin elementlərinin λ_i uğursuzluq intensivliyi.

Yekun (dəqiqləşdirilmiş) hesablama texniki sistemin elementlərinin real iş rejimi, həmin iş rejimi və istismar şəraitində sınağının nəticələri əsasında, struktur sxemin dəqiq hesablanması ilə yerinə yetirilir.

Texniki sistem kimi magistral su kanallarının elementləri müxtəlif iş rejimində, normal şəraitdən fərqli mühəndisi-geoloji şəraitlərdə işləyirlər. Bu isə həm ayrılıqda elementlərin, həm də sistemin etibarlılığına öz təsirini göstərir. Etibarlılığa görə yekun hesablamanın aparılması üçün sistemin hər bir elementinin k_y yüklənmə əmsalı (sistemin elementinin müvafiq şəraitdə uğursuzluq intensivliyinin normal şəraitdəki uğursuzluq intensivliyinə nisbəti) məlum olmalıdır. Bunun üçün sistemin elementlərinin normal şəraitlə müqayisədə fərqli istismar şəraitlərində uğursuzluq intensivliyinin qiymətləri və yaxud uğursuzluq intensivliyinin şəraitdən asılı olaraq dəyişmə qrafiki məlum olmalıdır. Bunlarla bərabər, yekun hesablama ilə sistemin etibarlılığının təyini üçün aşağıdakılar məlum olmalıdır:

- sistemin tiplərə ayrılmış elementlərinin sayı və iş rejimi;
- sistemin elementlərinin uğursuzluq intensivliyinin iş rejimindən və mühəndisi-geoloji şəraitdən asılılığı;
- sistemin etibarlılıq baxımından struktur sxemi.

Magistral su kanalları üçün texniki baxımdan normal şərait kimi kanal məcrasında qruntun şişməsindən, batmasından, şaxtadan köpməsindən, qrunt daxilindəki duzların həll olaraq sularla daşınmasından, plıvunun varlığından və s. deformasiyaların yaranması müşahidə edilməyən, yeraltı sular ya iştirak etməyən, ya da kanalın istismarına, elementlərin uzunömürlülüynə təsir göstərməyən hidrogeoloji şəraitin varlığı, qruntların möhkəmliyi, sukeçirməzliyi tələbata uyğun olan qrunt şəraiti qəbul edilə bilər. Bundan başqa, normal şərait kimi layihələndirmə dövründəki sistemin elementlərinin seçilmiş konstruksiyasının və materiallarının sınaqdan çıxarıldığı şərait qəbul edilərək, müqayisə həmin şəraitə görə aparıla bilər.

İstismarın normal şəraitində elementin uğursuzluq intensivliyi normal uğursuzluq intensivliyi λ_{0i} adlandırıla bilər. Real istismar şəraitində uğursuzluq intensivliyi λ_i normal uğursuzluq intensivliyinin yüklənmə əmsalına hasilindən ibarət olacaqdır, yəni $\lambda_i = k_y \cdot \lambda_{0i}$.

Real şəraitdə uğursuzluğa təsir edən amillər çox ola bilər və bu amillərin hər birinin təsiri ayrılıqda öyrənilə bilərsə, o zaman normal şərait üçün məlum olan uğursuzluq

intensivliyi əsasında real şərait üçün elementin uğursuzluq intensivliyi ümumi şəkildə aşağıdakı düsturla hesablanıla bilər [26, s.60-81]:

$$\lambda_i = \lambda_{0i} \cdot \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \dots \cdot \alpha_n = \lambda_{0i} \prod_{i=1}^n \alpha_i, \quad (33)$$

Burada:

λ_{0i} -normal şəraitdə elementin uğursuzluq intensivliyi;

$\alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \dots \cdot \alpha_n$ -müxtəlif amillərin təsirindən asılı olaraq düzəliş əmsalları.

Hesablama zamanı etibarlılıq parametrlərinin interval qiymətləndirilməsi daha məqsədəuyğundur. Bu zaman qəbul edilir ki, elementlərin uğursuzluq intensivliyi təsadüfi hadisədir, uğursuzluq intensivliyinin təyin edilmiş qiymətlər çoxluğu isə təsadüfi hadisələrin baş yığımindan götürülmüşdür. Səhihlik ehtimalı γ əsasında $P(t)$ ehtimalının $P_y(t)$ yuxarı və $P_a(t)$ aşağı səhihlik hədləri aşağıdakı tənliklər əsasında təyin edilə bilər [26, s.67, 27, s.173-191, 32, s.80-108]:

$$P_y(t) = P_0(t) + z_{(1+\gamma)/2} \cdot \sigma_{p(t)}, \quad (34)$$

$$P_a(t) = P_0(t) - z_{(1-\gamma)/2} \cdot \sigma_{p(t)}, \quad (35)$$

Burada:

$P_0(t)$ -sistemin elementinin uğursuzluq intensivliyinin orta qiymətinə görə təyin edilmiş uğurlu iş ehtimalının orta qiyməti; $\sigma_{p(t)}$ -orta kvadratik meyl;

z_β -normal paylanmanın β səviyyə kvantili. Yuxarı səhihlik həddi üçün $\beta = \frac{1+\gamma}{2}$, aşağı hədd üçün $\beta = \frac{1-\gamma}{2}$ olur.

Digər etibarlılıq parametrləri üçün də analogi olaraq səhihlik hədləri təyin edilməlidir.

Etibarlılığın hesabatının aşağıdakı ardıcılıqla aparılması məqsədəuyğundur:

- uğursuzluq anlayışının aydınlaşdırılması;
- etibarlılığın hesabat sxeminin tərtibi;
- etibarlılığın hesabat metodunun seçilməsi;
- elementin uğursuzluq intensivliyini hesablama cədvəlinin tərtibi;
- etibarlılığın kəmiyyət xarakteristikalarının hesablanması.

4. Respublikada istismar olunan magistral kanalların struktur-funksional sxeminin etibarlılıq baxımından təhlili

Respublikada müxtəlif mühəndisi-geoloji şəraitə malik ərazilərdə istismar olunmuş magistral su kanallarının etibarlılıq nəzəriyyəsi baxımından tədqiqi və alınmış tədqiqat nəticələrinin təhlili əsasında mürəkkəb mühəndisi-geoloji şəraitdə magistral su kanallarının layihə, tikinti və istismar etibarlılığının artırılması yollarını müəyyən etmək olar. Bu məqsədlə müxtəlif mühəndisi-geoloji şəraitlərdə istismar olunan həm torpaq məcralı, həm də üzülük çəkilmiş magistral su kanalları:-Samur-Abşeron kanalı (SAK) suvarma sistemində daxil olan magistral kanallar, Yuxarı Qarabağ kanalı (YQK), Yuxarı Şirvan kanalı (YŞK), Ağstafaçay sağ sahil kanalı, Cənubi Muğan (köhnə və yeni Əzizbəyov) kanalları (CMK),

onun “Maşın qolu” kanalı tədqiq edilmişdir.

Samur-Abşeron kanalı 1939-cu ildə torpaq məcralı Samur-Dəvəçi kanalı kimi tikilmiş, 1951-1956-cı illər ərzində onun ikinci hissəsi tikilərək, Abşeron yarımadasınadək uzadılmış, 1954-cü ildə isə kanala beton üzlük çəkilmişdir. 1960-cı illərdə kanalın yenidənqurulması aparılmış, əyri hissələri düzləşdirilərək, onun ümumi uzunluğu 182,0 km-ə, başlanğıcda sərfi 55,0 m³/san-ə, sonda isə 25 m³/san-yə çatdırılmışdır. SAK-ın tikilməsində məqsəd Azərbaycanın şimali-şərqində yerləşən su resurslarından Bakı, Sumqayıt şəhərlərinin və ümumilikdə Abşeron yarımadasının içməli və texniki su təchizatının, eləcə də kanalın trası boyu inzibati rayonların ərazilərində kənd təsərrüfatı torpaqlarının suvarma suyu ilə təminatının yaxşılaşdırılmasından ibarət olmuşdur.

SAK baş suqəbuledici qurğu vasitəsilə suyu Samur çayından götürür. Onun üzərində 443 ədəd müxtəlif təyinatlı qurğu mövcuddur ki, onlardan da 93 ədəd su nizamlayıcı qurğu (1 ədəd su anbarı, 3 ədəd sugötürücü dyün, 2 ədəd nasos stansiyası, 1 ədəd baş sudurulducu, 2 ədəd göl tipli sudurulducu (PK79+25-PK85+60 və PK111+50-PK119+94), 9 ədəd sutullayıcı-sudayamalı, 3 ədəd suaşıranlı sutullayıcı, 2 ədəd nizamlayıcı şlüz, 61 ədəd suburaxıcı, 10 ədəd Qudiyalçay kanalı üzərində suburaxıcı), 33 ədəd düker, 12 ədəd nov və akveduk, 10 ədəd cəldaxıdan, 2 ədəd yeraltı boru kəməri, 130 ədəd leysanburaxıcı, 54 ədəd süötürücü (boru və nov) qurğu, 42 ədəd avtomobil körpüsü, 1 ədəd dəmir yolu körpüsü, 66 ədəd piyada körpüsü mövcuddur. Bu qurğular içərisində baş qurğu, baş sudurulducudan başqa, etibarlılıq baxımından sistemin əsas qurğularından 75 ədəd qurğu xətti qurğu olub, etibarlılıq baxımından kanalın ardıcıl birləşmiş elementlərini əmələ gətirirlər. Onlardan cəldaxıdanlar 10 ədəd (3,43 km), dükerlər 33 ədəd (3,43 km), sudüşürən 1 ədəd (0,04 km), akvedüklər (lotoklar) 10 ədəd (5,19 km), suaparanlar 2 ədəd (2,47 km), körpü-borular 6 ədəd (0,23 km), göl tipli sudurulducular 2 ədəd (1,37 km), müxtəlif şlüzlər 4 ədəd (0,23 km), dəmir yolu altında körpü 1 ədəd (0,08 km), nasos stansiyası 2 ədəd (1,21 km), 2BK üzərində lotok və boru 3 ədəd (0,15 km), son sutullayıcı 1 ədəd (0,08 km) olub, kanal uzunluğunun 17,91 km hissəsini əmələ gətirirlər. Kanalın 164,2 km uzunluğu trapesiya en kəsiklidir və beləliklə ümumi uzunluğu 164,2+17,92=182,11 km olur.

Yenidənqurma layihəsinin hazırlanması zamanı kanalın su ilə əsas qidalanma mənbəyi olan Samurçayla yanaşı, Qusarçay, Quruçay, Qudiyalçay, Ağçay, Caqacuqçay və Vəlvələçaydan qidalandırıcı kanallarla SAK-a suyun verilməsi nəzərdə tutulmuşdur. Bu hidroqovşaqlardan Qudiyalçay 1960-cı ildə, Vəlvələçay 1961-ci ildə, Qusarçay 1973-cü ildə tikilib istismara verilmişdir. Çayların suyu ilə kanalın əlavə qidalandırılmasında əsas məqsəd Vəlvələçay-Taxtakörpü kanalı (VTK) vasitəsilə Taxtakörpü su anbarının su ehtiyatının təmin olunmasından ibarətdir.

O cümlədən SAK-ın 50 km-lik uzunluğunda hissəsində isə 172 ədəd qurğu olub, onlara 1 ədəd baş sugötürən qurğu, 1 ədəd baş sudurulducu, 2 göl tipli sudurulducular, trası boyu onu kəsən 7 ədəd yerli çaylarla kəsişmədə düker keçidi qurğuları, 1 ədəd düker-

akveduk, 14 ədəd leysanburaxıcı (6 ədədi akveduk şəklində kanal üzərindən keçməklə), 4 ədəd cəldaxıdan, 41 ədəd körpü (12 ədəd avtomobil, 29 ədəd piyada körpüsü), 54 ədəd kanal üstündən keçən boru, 36 ədəd suburaxıcı, 4 ədəd sugötürücü sifon, 1 ədəd sudüşürən, 1 ədəd qidalandırıcı qurğu, 3 ədəd sutullayıcı qurğu daxildir.

Kanalın PK 1225+22-dən Ceyranbatan gölünədək hissəsində (Sitalçayla Sumqayıt çayı arasında olan hissəsində tez-tez istismarı çətinləşdirən hadisələr olmuşdur) 93 qurğu tikilmişdir ki, onlardan da 14 ədədi düker, 38 ədədi (15 ədəd kanal altından, 23 ədədi kanal üstündən keçməklə) leysanburaxıcı, 6 ədədi qəza sutullayıcısı, 1 ədədi səviyyəqaldırıcı, 1 ədədi lotok kanal, 12 ədədi kanal üstündən keçən boru, 2 ədədi borulu keçid, 3 ədədi suburaxıcı, 9 ədədi avtomobil körpüsü, 2 ədədi suvuran, 2 ədədi nasos stansiyası (Sitalçay və Ceyranbatan), 1 ədədi siyirtmələr binası, 1 ədədi isə qaz kəməridir.

Samur-Abşeron suvarma kompleksinin (SASK) yenidənqurulması layihəsi daxilində yenidənqurulmuş və yaxud tikilmiş Xanarx, Vəlvələçay-Taxtakörpü, Taxtakörpü-Ceyranbatan kanalları SASK-n strukturuna daxildir və etibarlılıq baxımından struktur sxemi aşağıdakı kimi təsvir etmək olar (şəkil 5).

Əgər daxili çaylardan SAK-a əlavə qoşulan kanalların sərfi nəzərə alınmadan etibarlılıq baxımından paralel birləşmə kimi qəbul edilərsə, o zaman qidalandırıcı kanalların qoşulduğu məntəqədən sonra SAK-da suyun nəqlinin kəsilməz davam etdirilməsi baxımından struktur sxemi araşdırılmış olur (şəkil 5, a). Kanalın sərfinin tələb olunan həddə çatdırılması ilə suyun kəsilməz nəqli üçün etibarlılıq baxımından struktur sxem araşdırılırsa, o zaman qidalandırıcı kanalların hamısının birlikdə işləməsi hadisəsinə baxılmalıdır. Bu halda həmin hadisənin baş vermə ehtimalı ardıcıl birləşmiş elementlərin verilən zaman müddətində uğurlu iş ehtimalı kimi təyin edilməlidir. Ona görə də, bu hal üçün kanalın etibarlılıq baxımından struktur sxeminə etibarlılıq baxımından ardıcıl birləşmiş qidalandırıcı kanalların SAK-a paralel qoşulması halına nəzər salmaq lazımdır (şəkil 5, b).

Xanarx kanalı (XK) 1940-cı ildə tikilib istismara verilmişdir, 2001-ci ildə yenidənqurulmasına başlanılmış və beton üzlüklü qurularaq, 2008-ci ildə istismara verilmişdir. Samurçaydan suyu götürərək, 67,2 km uzunluqda nəql etdirərək, komanda yüksəkliyi altında olan torpaqların su təminatını yaxşılaşdırmaqla, Şabran rayonunun Gəndob kəndində SAK ilə birləşir. Başlanğıcda sərfi $36 \text{ m}^3/\text{san}$, sonda $25 \text{ m}^3/\text{san}$ -dir. Onun üzərində tikilmiş 376 qurğunun 1 ədədi baş suqəbuledici, 3 ədədi düker (dəmir-betondan), 2 ədədi akveduk, 172 ədədi üst sukeçirici, 18 ədədi alt sukeçirici, 55 ədədi suötürücü, 1 ədədi sutullayıcı, 1 ədədi lotok üzərində keçid, 1 ədədi səviyyəqaldırıcı, 1 ədədi şkalalı ölçü məntəqəsi, 4 ədədi qaz və neft boru xətti ilə kəsişmə qurğuları, 5 ədədi sudüşürücü, 1 ədədi SAK-la əlaqələndirici qurğu, 12 ədədi sudöyən quyuyu, 45 ədədi piyada körpüsü, 31 ədədi kiçik körpü, 24 ədədi isə avtomobil körpüsüdür [1, 2 s.477-478].

Vəlvələçay-Taxtakörpü kanalı başlanğıcını SAK-nın 50-ci kilometr uzunluğundan

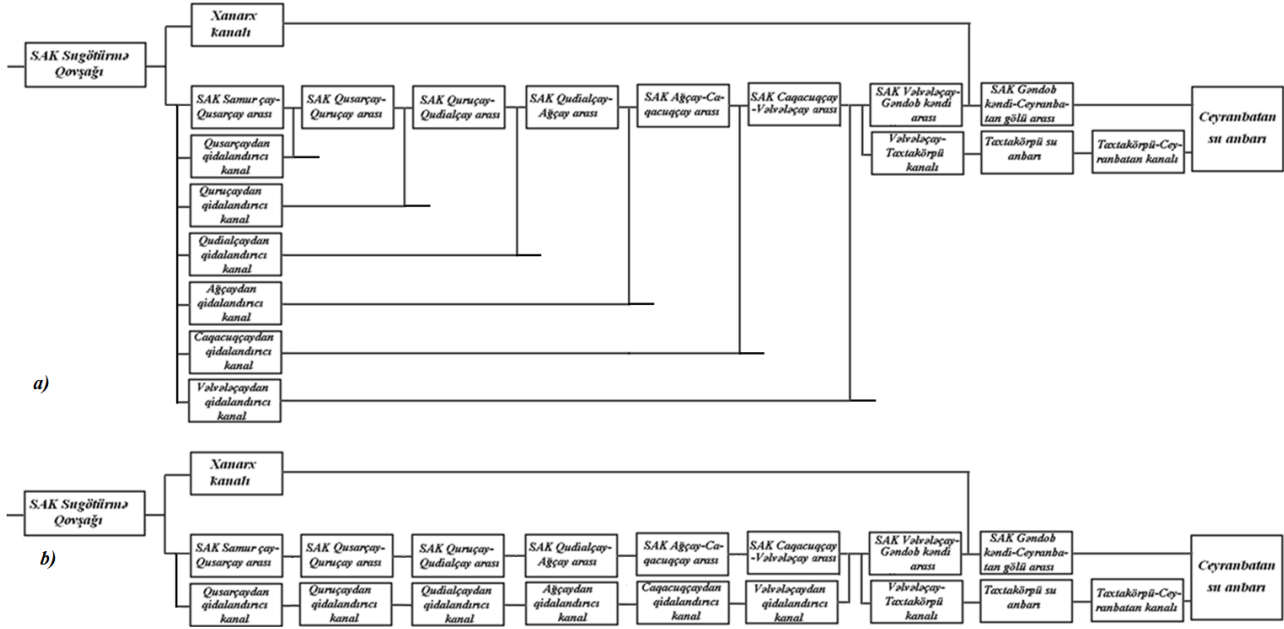
götürərək, $75 \text{ m}^3/\text{san}$ sərfə, 34,24 km məsafədə Taxtakörpü su anbarına suyu nəql etdirən derivasiya kanalıdır. O, 25285 m dəmir-beton üzlüklü açıq kanal olub, üzərində tikilmiş 57 ədəd qurğunun 1 ədədi baş sugötürücü qurğu, 5 ədədi düker (dəmir-betondan), 18 ədədi körpü, 27 ədədi selötürücü, 2 ədədi ümumi uzunluğu 3572 m olan tunnel, 1 ədədi suburaxıcı, 2 ədədi qəza sulullayıcısı, 1 ədədi isə son sutullayıcıdır.

SAK üzərində Sitalçay nasos stansiyasının ləğv edilməsi və $40 \text{ m}^3/\text{san}$ sərfə suyun öz axını ilə Ceyranbatan gölünə axıdılmasını təmin etmək məqsədi ilə tikilmiş Taxtakörpü-Ceyranbatan kanalının (TCK) uzunluğu 110,33 km, dibdən eni 2,1 m, dərinliyi 4,0 m olmaqla, 84055,13 m dəmir-beton üzlüklüdür. Onun üzərində tikilmiş 241 ədəd mürəkkəb qurğunun, 1 ədədi baş qurğu, 9 ədədi düker (dəmir-betondan), 2 ədədi akveduk, 1 ədədi 1454 m uzunluqlu hidrotexniki tunnel, 1 ədədi lotok, 1 ədədi təzyiqli su aparıcı boru, 2 ədədi qapalı kanal, 1 ədədi suburaxıcı qurğu, 56 ədədi körpü, alt və üst keçidlər, 106 ədədi alt selötürücü, 55 ədədi üst selötürücü, 4 ədədi qəza sutullayıcısı, 2 ədədi sutullayıcıdır.

Beləliklə, SAK suvarma sisteminin etibarlılıq baxımından struktur sxeminin (şəkil 5, a) təhlili əsasında demək olar ki, SAK mürəkkəb, Xanarx, Vəlvələçay-Taxtakörpü, Taxtakörpü-Ceyranbatan magistral su kanalları ardıcıl (əsas) birləşməli struktura malikdirlər. Şəkil 5, a-ya görə SAK Vəlvələçayla kəsişməsindən Gəndob kəndinədək hissədə $m=6$ misli, daimi işləyən ümumi ehtiyatda saxlama (paralel birləşməli), şəkil 5, b-yə əsasən, ardıcıl birləşməli qidalandırıcı kanalların SAK-a paralel qoşulması halı üçün ($m=1$) bir misli daimi işləyən ümumi ehtiyatda saxlama, Gəndob kəndindən baş qurğuyaədək hissədə isə uyğun olaraq $m=7$ və $m=2$ misli (Xanarx kanalı birləşdiyi məntəqədən sonra) daimi işləyən ümumi ehtiyatda saxlamadan ibarət mürəkkəb struktur sxemə malikdir. Belə ki, şəkil 5, a-ya əsasən hər bir qidalandırıcı kanal müvafiq sərfə SAK-ı qidalandırmaqla, ona qoşulduğu məntəqədən əvvəlki hissəni ümumilikdə daimi əvəz etmiş olur. Əgər SAK-n əsas hissəsində suyun nəqli mümkün olmazsa, o zaman əlaqələnmə məntəqəsindən sonra qidalandırıcı kanal vasitəsilə verilən sərfə qismən (sərf kanaldakı sərfə bərabər olmadığından) kanalın su nəql etmə funksiyası bərpa edilmiş olur. Şəkil 5, b-yə əsasən, SAK-n baş qurğusunda uğursuzluq yaranarsa, o halda qidalandırıcı kanalların hamısı daim işlədiyi zaman müddətində Vəlvələçaydan sonra Samur- Abşeron kanalının baş qurğudan götürməklə tələb olunan su nəql etmə funksiyasını bərpa etmiş olacaqdır.

Yuxarı Qarabağ kanalı (YQK) suyu Mingəçevir su anbarından götürməklə, Mingəçevir şəhərinin, Goranboy, Yevlax, Ağdaş, Tər-Tər, Ağcabədi, Bərdə, Beyləqan, İmişli, Laçın və Kəlbəcər rayonlarının qış otlarının suya, xüsusilə müxtəlif kənd təsərrüfatı bitkilərinin suvarma suyuna olan tələbatını müvafiq miqdarda ödəmək, lazım olduqda, Bəhramtəpə suqovşağına $45 \text{ m}^3/\text{san}$ sərfədək suyu nəql etdirmək funksiyasını yerinə yetirir. Onun ümumi uzunluğu 172,4 km, başlanğıcda maksimal sərfi $112 \text{ m}^3/\text{san}$, normal sərfi $80 \text{ m}^3/\text{san}$ -dir. Kanal üzərində 152 ədəd qurğunun 23 ədədi selötürücü, 1 ədədi cəldaxıdan, 1 ədədi akveduk, 3 ədədi düker, 3 ədədi qəza sutullayıcısı, 12 ədədi

səviyyəqaldırıcı qurğu, 45 ədədi suburaxıcı, 25 ədədi nasos stansiyası, 37 ədədi körpü və keçiddən ibarətdir. Baş sugötürücü qurğu giriş və çıxış qapıları (2 ədəd), 1084 m uzunluqlu tuneldən ibarətdir. YQK-nin etibarlılıq baxımından struktur sxemi yalnız ardıcıl birləşmədən təşkil olunmuşdur.



Şəkil 5. Samur-Abşeron suvarma kompleksinə daxil olan magistral su kanallarının etibarlılıq baxımından struktur sxemi.

Yuxarı Şirvan Kanalı (YŞK) 1954-1958-ci illərdə tikilib istismara verilmişdir. Kanalin uzunluğu 122,20 km, başlanğıcda maksimal sərfi 78 m³/san, normal sərfi 50 m³/san olub, məcrası 12,45 km qazmada, 1,42 km tökmədə, 104,99 km yarı qazma yarı tökmədə, 3,34 km isə dağətəyi ilə keçir. Kanal üzərində 129 ədəd qurğu tikilmişdir. Kanalin keçdiyi ərazinin relyef şəraiti mürəkkəb olduğundan, müvəqqəti yerüstü suların təsirinə qarşı onun sol sahili boyu uzunluğu 80,52 km-ə çatan dağətəyi kanal çəkilmiş və toplanmış suların YŞK-nın sağ sahilinə maneəsiz keçirilməsi üçün 52 ədəd selötürücü (leysanburaxıcı) qurğu tikilmişdir. Kanalin trası boyu rast gələn çay dərələrindən, çaylardan (Əliciançay, Türyançay, Göyçay, Girdimançay, Ağsuçay, Dəvəbatan çay və Nəzirçay) keçid 6 ədəd düker və 2 ədəd akveduk vasitəsilə həyata keçirilmişdir. Lazım olduqda Türyançay, Göyçay və Girdiman çaylarına suyun verilməsi və yaxud kanalin boşaldılması üçün 15-20 m³/san suburaxma qabiliyyətinə malik olan şlüzlər dükerin giriş hissəsində tikilmişdir. Kanal üzərində 1 səviyyəqaldırıcı qurğu, 29 ədəd körpü, 1 cəldaxıdan, 36 ədəd suburaxıcı, çay sularından istifadə üçün kanal üzərindən keçən 24 ədəd su ötürücü akveduk tikilmişdir. Kanal uzunluğunun 95,05 km hissəsi torpaq məcralı, 27,15 km hissəsi isə beton örtüklüdür [2].

YŞK da etibarlılıq baxımından ardıcıl birləşməli struktura malikdir.

Ağstafaçay sağ sahil kanalı (ASSK) 1969-cu ildən tikilib istismara verilmişdir.

Ərazinin qruntları əsasən dördüncü dövr çöküntülərindən ibarət olub, kanalın trası su ilə təmasda şişmə, batma, suların təsirindən asan yuyularaq daşınma kimi xüsusiyyətə malik mürəkkəblik yaradıcı əlamətlə seçilən qruntların təşəkkül tapdığı məntəqələrdən keçir.

Kanal beton üzüklü olub, uzunluğu 58,04 km, başlanğıcda suburaxma qabiliyyəti 25 m³/san-dir. 12 ədəd nizamlayıcı şlüz, 26 ədəd suburaxıcı, 15 ədəd dükeri (3 ədəd sutullayıcı ilə), 1 ədəd cəldaxıdanı, 55 ədəd keçid qurğularını, 48 ədəd isə leysankeçiricini özündə birləşdirir.

Ağstafaçay sağ sahil magistral su kanalı da etibarlılıq baxımından ardıcıl birləşməli struktura malikdir.

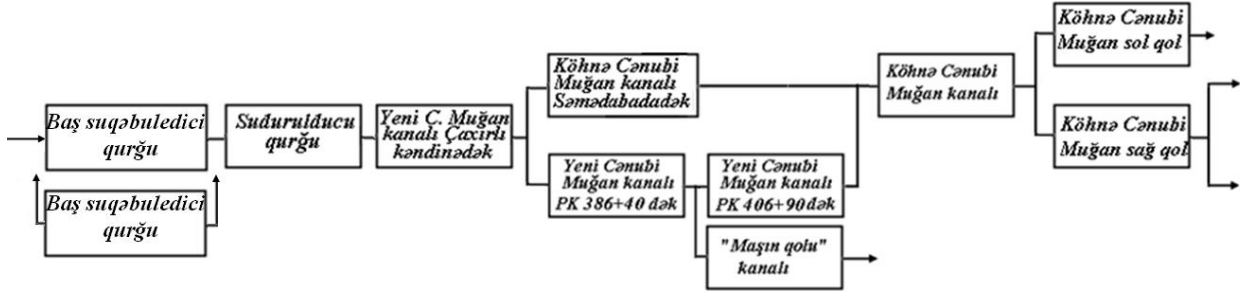
Köhnə Cənubi Muğan kanalı (KCMK) 1918-ci ildə inşa edilmişdir, uzunluğu 54,0 km-dir (PK300+00-PK840+00) və Bəhramtəpə hidroqovşağından suyu qəbul edir. Kanalın baş suqəbuledici qurğusunun suburaxma qabiliyyəti 22 m³/san olduğu və Cənubi Muğanda suvarılan ərazilərin sahəsinin genişləndirilməsi zərurətə çevrildiyi zaman rekonstruksiya edilmişdir. Rekonstruksiya olunduqdan sonra, 1990-cı ildə istismarda olan suqəbuledici qurğunun suburaxma qabiliyyəti artırılaraq 70 m³/san-yə çatdırılmışdır. Kanalın maksimal sərfi 30,0 m³/san olub, torpaq məcralıdır. Onun üzərində 1 ədəd düker, 26 ədəd suburaxıcı, 15 ədəd körpü, 6 ədəd səviyyəqaldırıcı, 4 ədəd nizamlayıcı şlüz, 17 ədəd hidroməntəqə və digər qurğular quraşdırılmışdır.

Yeni Cənubi Muğan kanalı (YCMK) 1985-ci ildə tikilib istismara verilmişdir. Kanalın uzunluğunun 38,64 kilometrindən (Biləsuvar rayonu ərazisi) 3,6 km-i beton üzüklü, 35,04 km isə torpaq məcrada tikilmişdir. Onun başlanğıcında maksimal suburaxma qabiliyyəti 70 m³/san təşkil edir. Kanalın sonunda nasos stansiyası tikilmişdir ki, buradan da su +2,0 m mütləq hündürlükdən +36,50 m mütləq hündürlükdə tikilmiş təzyiqli su anbarına vurulur. Su anbarından isə yeni Cənubi Muğan kanalının “Maşın qolu” kanalı (YCMKMQK) başlayır. Yeni Cənubi Muğan kanalı üzərində 2 ədəd baş suqəbuledici, 2 ədəd səviyyəqaldırıcı, 9 ədəd körpü, 1 ədəd qəza sutullayıcısı, 2 ədəd suburaxıcı, 1 ədəd avtotənzimləyici qurğu, 1 ədəd sutullayıcı kanal, 1 avtomatik suölçən qurğu tikilmişdir.

“Maşın qolu” kanalı (MQK) 1985-ci ildə istismara verilmişdir. Bütün uzunluğu (41,46 km) beton, beton-pərdə örtüklü inşa edilmişdir. Layihə göstəricisinə görə, başlanğıcda suburaxma qabiliyyəti 35 m³/san, PK 112+20-PK 211+00 arası sahədə 22 m³/san, PK 211+00-PK 259+60 piketləri arasında 18,57 m³/san, PK 259+60-PK 328+00 aralığında 15,1 m³/san, PK 328+00-PK 350-00 10 m³/san, PK 350+00-PK 396+00 aralığında 8 m³/san, sonra gələn hissədə isə 7 m³/san təşkil edir [2]. Kanal üzərində 11 ədəd səviyyəqaldırıcı, 26 ədəd suburaxıcı, 14 ədəd körpü, 2 ədəd düker, 5 ədəd selötürücü, 1 ədəd qəza sutullayıcısı, 1 ədəd nasos stansiyası, 1 ədəd sifon, 19 ədəd hidroməntəqə və digər qurğular tikilmişdir.

Cənubi Muğan kanalının etibarlılıq baxımından struktur sxemi ardıcıl birləşmiş elementlərdən ibarətdir (şəkil 6). Struktur sxemdə ehtiyatda saxlama baş suqəbuledici

qurğuda və “Maşın qolu” kanalının nasos stansiyasında nəzərdə tutulmuşdur.



Şəkil 6. Cənubi Muğan kanalının etibarlılıq baxımından struktur sxemi

Magistral su kanalı texniki sistem kimi adətən, onu təşkil edən elementlərin ardıcıl birləşməsindən ibarət olub, uğursuzluğun baş verməsi onun iş qabiliyyətinin pozulması deməkdir. Müxtəlif səbəblərdən suburaxma qabiliyyətinin azalması və ya tamamilə su nəqlətdirə bilməməsi, komanda yüksəkliyinin azalması, yol boyu süzülmə itkisinin yolverilən həddən çox olması, yuyulma və lillənmənin olması, kanalın yamaclarında onun iş qabiliyyətinin pozulmasına, o cümlədən dağılmasına gətirib çıxara bilən sürüşmə və uçqunun baş verməsi onun uğursuzluğu kimi qəbul olunmalıdır. Kanalın uzunluğu boyu suyun nəqlini təmin edən qurğular: -məcərası, düker, akveduk, qapalı kanal, lotok, tunnel, təzyiqli və ya təzyiqsiz boru və onun trası boyu ardıcıl birləşdirilmiş digər elementlər uğursuzluğun nəticəsinin ağırlıq kateqoriyasına görə IV kateqoriyaya aid edilməlidirlər və onlarda uğursuzluğun baş verməsi su kanalının işinin dayandırılmasına və insan tələfatına və yaxud ağır zədələnməsinə, öz funksiyasını yerinə yetirə bilməməsinə səbəb ola bilər.

Magistral su kanalının etibarlılıq baxımından struktur sxemi, normal istismar şəraiti və baş verən uğursuzluğun eksponensial qanuna tabe olması şərti ilə sistemin hər bir elementinin uğursuzluğadək orta iş vaxtı nəzərə alınmaqla, layihələndirmə dövründə magistrallıq su kanallarının nəzərdə tutulmuş ilk uğursuzluğadək və yaxud istismarın müvafiq ili üçün etibarlılıq ehtimalını qiymətləndirmək olar. Bundan ötrü magistrallıq su kanallarının layihələndirilməsi zamanı nəzərdə tutulan, müvafiq mənbələrdə [33, 18, 2, s.334-341] öz əksini tapmış təqribi xidmət vaxtını əsas götürərək, uğursuzluq intensivliyini müəyyən etməklə, ardıcıl birləşmiş elementlərdən ibarət sistem kimi magistrallıq su kanalının istismarının 1 ili üçün etibarlılıq ehtimalı (1) düsturu ilə hesablanıla bilər.

Beləliklə, (20) düsturundan və meliorativ sistemlərin orta xidmət müddətinə dair müvafiq mənbələrdə [33, 18, 2, s.334-341] verilmiş, tədqiq edilən magistrallıq su kanallarda etibarlılıq baxımından əsas elementlərə aid məlumatlardan istifadə etməklə, magistrallıq su kanallarının hər bir elementi üçün uğursuzluq intensivliyi müəyyən olunaraq, cədvəl 2 tərtib edilmişdir.

Meliorativ sistemin elementlərinin orta xidmət müddəti və uğursuzluq intensivliyi

Meliorativ sistemin elementlərinin adı	Orta xidmət müddəti, il	Təqribi təmir dövrü, il		Eyni tipli bir elementin orta uğursuzluq intensivliyi, λ , 1/il
		əsaslı	cari	
Magistral su kanalı:				
-üzlüksüz, torpaq məcralı	100	10	3	0,0100
-beton, dəmir-beton və daş üzlüklü	100	6	3	0,0100
Suqəbuledici, o cümlədən:				
-dəmir-beton, beton və daş bəndli	70	10	*	0,0143
-nazikdivarlı dəmir-beton bəndli	60	10	1	0,0170
Dəmir-beton, beton və daş materialdan tikilmiş sugötürücü qurğular	50	10	1	0,0200
Sudurulduclar, o cümlədən:				
-bəndli	80	10	1	0,0125
-bəndsiz	30	10	1	0,0333
Tənzimləyici qurğular: o cümlədən				
-durulduclarda	40	8	1	0,0250
-kanallarda suburaxanlar, o cümlədən sərfi				
- >10 m ³ /san olduqda	60	15	1	0,0167
-1-10 m ³ /san olduqda	40	10	1	0,0250
-<1 m ³ /san olduqda	20	7	1	0,0500
Cəldaxıdanlar, o cümlədən sərfi				
>10 m ³ /san olduqda	50	15	1	0,0200
-1-10 m ³ /san olduqda	40	10	1	0,0250
Konsollu sudüşürənlər	25	5	1	0,0400
Dükerlər, o cümlədən sərfi				
-60 m ³ /san olduqda	60	15	*	0,0167
-10-50 m ³ /san olduqda	50	12	*	0,0200
-1-10 m ³ /san olduqda	20	7	*	0,0500
<1 m ³ /san olduqda	10	5	*	0,1000
Leysanburaxan və səth sutullayıcıları	40	8	1	0,0250
Akveduklar, o cümlədən sərfi				
-50 m ³ /san olduqda	60	15	*	0,0167
-10-50 m ³ /san olduqda	50	12	*	0,0200
-1-10 m ³ /san olduqda	40	10	*	0,0250
<1 m ³ /san olduqda	20	7	*	0,0500
Hidrotexniki tunellər				
-təzyiqsiz	100	20	*	0,0100
-təzyiqli	40	10	1	0,0250
Nasos stansiyalarında suburaxan qurğular				
Kanallarda suaparan-körpü, şlüzlər-nizamlayıcılar	10	2	1	0,1000
Kanallar üzərində hidroməntəqələr, suaşiranlar, suölçmə stvorları və avadanlıqları	40	15	3	0,0250
Təzyiqli su qüllələri				
<i>Qeyd: *-cari təmir qurğunun vəziyyətindən asılı olaraq aparılır.</i>	10	2	1	0,1000
	75	12	1	0,0133

Həmçinin tədqiq olunan magistral kanalların etibarlılıq baxımından struktur sxeminə daxil olan və uğursuzluq baş verdikdə sistemin uğursuzluğunu yaradan elementlər (etibarlılıq baxımından əsas elementlər) müəyyən edilərək, orta istismar müddətinə görə hesablanmış uğursuzluq intensivliyi və istismarın 1 ili üçün etibarlılıq ehtimalı da göstərilməklə cədvəl 3 tərtib olunmuşdur.

Cədvəl 3-də verilən məlumatları əsas götürməklə, tədqiq edilən magistral kanalların

ilkin layihələndirilməsi zamanı nəzərdə tutulan orta istismar müddətinə görə istismarın 1 ili üçün etibarlılığının qiymətləndirilməsi üzrə təqribi və istiqamətləndirici hesablanmasına nəzər salaq. Tədqiq olunan bütün magistral kanalların etibarlılığının hesablanması zamanı onların əsas funksiyası kimi tələb olunan məntəqələrə suyun müvafiq sərtlərlə nəql etdirilməsi götürülür, yəni uğursuzluğun baş verməsi suyun nəqlinin mümkün olmaması ilə əlaqələndirilir. Kanalın digər funksional parametrlərinin buraxıla bilən həddən kənara çıxması hesabına uğursuzluğun baş verməsi nəzərə alınmır.

Bu hesablamaları SAK üzrə cədvəl 3-də verilmiş məlumatlar əsasında aparaq. Çünki digər magistral kanallardan fərqli olaraq, SAK etibarlılıq nöqtəyi-nəzərdən mürəkkəb struktur sxemə malikdir. Xanarx kanalı da bu struktur sxemə daxildir. Xanarx kanalı özü ayrılıqda etibarlılıq baxımından elementlərin ardıcıl birləşməsindən ibarətdir. O, 26 əsas qurğudan və onların arasında yerləşən 25 kanal uzunluğundan (sunəqledici hissə) təşkil olunmuşdur. Bu elementlərin hər birində uğursuzluğun baş verməsi kanalın uğursuzluğuna səbəb ola bilər. Beləliklə, texniki sistemin etibarlılığının qiymətləndirilməsi üzrə təqribi hesablamanın aparılması qaydasına uyğun olaraq, qeyd edilənləri və cədvəl 3-ü nəzərə alsaq, həmin elementlərin ardıcıl birləşməsi, elementlərin hər birinin orta uğursuzluq intensivliyi nəzərə alınmaqla, eksponensial paylanma qanununa tabe olması şərti ilə $P(t)$ etibarlılıq ehtimalını istismarın 1 ili üçün aşağıdakı kimi hesablamaq olar:

$$P(1) = e^{-0,0143 \cdot 1} \cdot e^{-0,0125 \cdot 1} \cdot e^{-3 \cdot 0,0200 \cdot 1} \cdot e^{-2 \cdot 0,0200 \cdot 1} \cdot e^{-5 \cdot 0,0400 \cdot 1} \cdot e^{-0,0250 \cdot 1} \cdot e^{-12 \cdot 0,0250 \cdot 1} \cdot e^{-0,0250 \cdot 1} \cdot e^{-25 \cdot 0,0290 \cdot 1} = 0,9852 \cdot 0,9876 \cdot 0,9418 \cdot 0,9608 \cdot 0,8187 \cdot 0,9753 \cdot 0,7408 \cdot 0,9753 \cdot 0,4883 = 0,2462.$$

SAK-n yalnız özünün etibarlılıq baxımından struktur sxemində (şəkil 5, a) ardıcıl birləşmiş və cədvəl 3-də öz əksini tapmış əsas elementləri 77 qurğudan və həmin qurğular arasındakı hissəsini təşkil edən kanalın 76 suaparan uzunluğundan (kanal intervallarından) ibarətdir. Onun da etibarlılıq ehtimalı digər qidalandırıcı kanallar nəzərə alınmadan analogi olaraq, istismarın 1 ili və eksponensial paylanma halı üçün aşağıdakı kimi olacaqdır:

$$P(1) = e^{-0,0143 \cdot 1} \cdot e^{-0,0125 \cdot 1} \cdot e^{-2 \cdot 0,0333 \cdot 1} \cdot e^{-7 \cdot 0,0167 \cdot 1} \cdot e^{-26 \cdot 0,0200 \cdot 1} \cdot e^{-10 \cdot 0,0200 \cdot 1} \cdot e^{-1 \cdot 0,0167 \cdot 1} \cdot e^{-9 \cdot 0,0200 \cdot 1} \cdot e^{-0,0400 \cdot 1} \cdot e^{-2 \cdot 0,0250 \cdot 1} \cdot e^{-6 \cdot 0,0250 \cdot 1} \cdot e^{-4 \cdot 0,0250 \cdot 1} \cdot e^{-2 \cdot 0,1000 \cdot 1} \cdot e^{-3 \cdot 0,0250 \cdot 1} \cdot e^{-1 \cdot 0,0250 \cdot 1} \cdot e^{-1 \cdot 0,0250 \cdot 1} \cdot e^{-76 \cdot 0,0290 \cdot 1} = 0,9858 \cdot 0,9876 \cdot 0,9356 \cdot 0,8897 \cdot 0,5945 \cdot 0,8187 \cdot 0,9834 \cdot 0,8353 \cdot 0,9608 \cdot 0,9512 \cdot 0,8607 \cdot 0,9048 \cdot 0,8187 \cdot 0,9277 \cdot 0,9753 \cdot 0,9753 \cdot 0,1104 = 0,0184.$$

Tədqiq olunan magistral su kanallarının uğursuzluqyaradıcı elementlərinə dair məlumat

Sistemin uğursuzluğunu yaradıcı elementlərinin adı	Magistral su kanalları											
	Etibarlılıq baxımından ardıcıl birləşmiş elementlərinin sayı, ədəd										Şərti orta xidmət müddətinə görə uğursuzluq intensivliyi (λ , 1/il)	İstismarın 1 ili üçün etibarlılıq ehtimalı, P(t)
	SAK	XK	VTK	TCK	YŞK	YQK	ASSK	YCMK	KCMK	MQK		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Baş sugötürücü qurğu	1	1	1	1	1	1	1	2	1	-	0,0143	0,9858
Baş sudurulducu qurğu	1	1	-	1*	1*	1*	-	1*	-	-	0,0125	0,9876
Göl tipli sudurulducu qurğu	2	-	-	-	-	-	1	-	-	-	0,0333	0,9672
Düker, o cümlədən sərfi												
-60 m ³ /san olduqda	7	-	5	-	2	3	-	-	-	-	0,0167	0,9834
-10-50 m ³ /san olduqda	26	3	-	9	4	-	6	-	-	1	0,0200	0,9802
-1-10 m ³ /san olduqda	-	-	-	-	-	-	9	-	-	1	0,0500	0,9512
<1 m ³ /san olduqda	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,1000	0,9048
Cəldaxıdan												
>10 m ³ /san olduqda	10	-	-	-	1	1	1	-	-	-	0,0200	0,9802
-1-10 m ³ /san olduqda	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0250	0,9753
Hidrotexniki tunel												
Təzyiqsiz	-	-	2	1	-	-	-	-	-	-	0,0100	0,9900
Təzyiqli	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	0,0250	0,9753
Akvedük, lotok, o cümlədən sərfi												
-50 m ³ /san olduqda												
-10-50 m ³ /san olduqda	1	-	-	2	-	1	-	-	-	-	0,0167	0,9834
-1-10 m ³ /san olduqda	9	2	-	-	2	-	-	-	-	-	0,0200	0,9802
<1 m ³ /san olduqda	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0250	0,9753
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0500	0,9512

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Sudüşürən	1	5	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0400	0,9608
Suaparan	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0250	0,9753
Boru-körpü	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0250	0,9753
Qapalı kanal	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	0,0250	0,9753
Təzyiqli suaparan boru	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	0,0250	0,9753
Şlüz	4	-	-	-	-	-	-	-	4	-	0,0250	0,9753
Əlaqələndirici qurğu	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0250	0,9753
Nasos stansiyası	2	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0,1000	0,9048
Lotok və boru	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0250	0,9753
Dəmir yolu altından körpü hissəsi	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0250	0,9753
Son sutullayıcı qurğu	1	-	1	1	-	-	-	1	1	-	0,0250	0,9753
Səviyyəqaldırıcı qurğu	-	-	-	-	1	12	-	-	6	11	0,0250	0,9753
Sudöyən	-	12	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0250	0,9753
Avtotənzimləyici qurğu	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	0,0250	0,9753
Lotok	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	0,0250	0,9753
Təzyiqli su anbarı	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0,0333	0,9672
Kanal intervalı, o cümlədən Torpaq məcralı	-	-	-	-	4	11	-	5	12	-	0,0100	0,9900
Beton və dəmir-beton üzüklü	76	25	8	19	9	9	17	-	-	-	0,0290	0,9714
Yığma beton-pərdə üzüklü	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15	0,0290	0,9714
Cəmi	153	51	17	38	25	40	35	10	24	30		

*Qeyd: *-bu kanallarda sudurulducu funksiyasını müvafiq su anbarları yerinə yetirdiyindən və onların orta istismar müddəti 100 il olduğundan, hesablama zamanı $\lambda=0,01$ 1/il qəbul edilmişdir.*

SAK-ı qidalandırıcı kanalların etibarlılığına təsir göstərən qurğuları şərti olaraq sugötürücü, sugətirici kanal və əlaqələndirici qurğudan ibarət olduğunu qəbul etsək, həmin qurğuların orta xidmət müddəti əsasında hesablanmış orta uğursuzluq intensivliyinə görə istismarın 1 ili üçün eksponensial paylanma halında etibarlılıq ehtimalının təqribi hesablanması (ardıcıl birləşmiş elementlərdən ibarət struktur üçün) aşağıdakı kimi olar:

$$P(1) = e^{-0,0143 \cdot 1} \cdot e^{-0,0250 \cdot 1} \cdot e^{-0,0290 \cdot 1} = 0,9858 \cdot 0,9753 \cdot 0,9714 = 0,9339.$$

Onda 6 ədəd qidalandırıcı kanalları və Xanarx kanalını da nəzərə almaqla SAK üçün uyğun etibarlılıq ehtimalı aşağıdakı kimi olacaqdır:

$$P(1) = 0,0184 \cdot 0,2462 \cdot 0,9339^6 = 0,0184 \cdot 0,2462 \cdot 0,6634 = 0,0030.$$

Etibarlılıq ehtimalının istiqamətləndirici hesablanmasına nəzər salaq. Bu halda əvvəlki hesablardan fərqli olaraq etibarlılıq baxımından sistemin struktur sxemi nəzərə alınır. Buna əyani misal kimi şəkil 5, a-ya əsasən, SAK-ın istismarının 1 ili üçün əvvəl qeyd edilən şərtlər daxilində etibarlılığının qiymətləndirilməsinin istiqamətləndirici hesabını yerinə yetirək.

SAK-n struktur sxemində Qusarçayla kəsişməsinə qədər olan uzunluğunda 11 əsas qurğu (1 baş qurğu, 1 baş su durulducu, 2 göl tipli sudurulducu, 1 nizamlayıcı şlüz, 4 cəldaxıdan, 1 akveduk, 1 düker), 10 kanal uzunluğu ilə ardıcıl birləşmişdir. Ona görə də, həmin hissədə istismarın 1 ili üçün sistemin uğursuzluq intensivliyi və etibarlılıq ehtimalı (20) düsturu ilə aşağıdakı kimi təyin edilir:

$$\lambda_s = \sum_{i=1}^n \lambda_i = 0,0143 + 0,0125 + 2 \cdot 0,0333 + 0,0250 + 4 \cdot 0,0200 + 0,0167 + 0,0167 + 10 \cdot 0,0290 = 0,5218 \text{ il}^{-1};$$

$$P_s(1) = e^{-\lambda_s \cdot t} = e^{-0,5218 \cdot 1} = 0,5935$$

Qusarçay qidalandırıcı kanalın sistemə qoşulması paralel birləşmə olduğundan, həmin kanalın və digər qidalandırıcı kanalların etibarlılıq ehtimalı istismarın 1 ili üçün $P(t) = 0,9339$ qəbul edildiyindən, sistemin həmin hissədə etibarlılıq ehtimalı (23) düsturu əsasında aşağıdakı kimi olar:

$$P_s(1) = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - P_i) = 1 - (1 - 0,5935)(1 - 0,9339) = 1 - 0,4065 \cdot 0,0661 = 1 - 0,0269 = 0,9731.$$

SAK-n Qusarçaydan Quruçaya qədər olan hissəsi 1 düker qurğusu, 1 kanal uzunluğu və əvvəlki hissənin ardıcıl birləşməsindən ibarət olduğundan, etibarlılıq ehtimalını uyğun olaraq aşağıdakı kimi hesablamaq olar.

$$P(1) = 0,9731 \cdot e^{-0,0167 \cdot 1} \cdot e^{-0,0290 \cdot 1} = 0,9731 \cdot 0,9834 \cdot 0,9714 = 0,9296.$$

Quruçay qidalandırıcı kanalı tikilib istismara verildikdən sonra isə etibarlılıq baxımından sistemə paralel qoşulduğundan, etibarlılıq ehtimalını aşağıdakı kimi hesablamaq olar:

$$P_s(1) = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - P_i) = 1 - (1 - 0,9296)(1 - 0,9339) = 1 - 0,0704 \cdot 0,0661 = 1 - 0,0046 = 0,9954.$$

Analoji hesablamaları Quruçay-Qudialçay, Qudialçay-Ağçay, Ağçay-Caqacuqçay, Caqacuqçay-Vəlvələçay və Vəlvələçay-Xanarx kanalı ilə birləşmə və həmin hissədən Ceyranbatan su anbarına qədər hissə üçün aparmaqla, SAK-n etibarlılıq ehtimalını qiymətləndirmək olar.

SAK-n qurğuları üzrə Quruçay və Qudialçayla kəsişməyədək 1 düker, 1 kanal uzunluğu, Qudialçay və Ağçayla kəsişməsinə qədər 1 düker, 1 kanal uzunluğu, Caqacuqçayla kəsişməsinədək 2 düker, 2 kanal uzunluğu, Vəlvələçayla kəsişməyə qədər 1 düker, 1 kanal uzunluğu, Vəlvələçay-Xanarx kanalı ilə birləşmə hissəsinə qədər 2 düker və kanalın 3 uzunluğu, həmin məntəqə ilə Ceyranbatan su anbarı arası hissədə 24 düker, 6 cəldaxıdan, 9 akveduk, 3 şlüz, 1 sudüşürən, 2 suaparan, 6 boru-körpü, 2 nasos stansiyası, 3 lotok və boru, 1 dəmir yolu altında körpü hissəsi, 1 son sutullayıcı onun və kanalın suaparıcı hissəsinin 59 uzunluğu əsas elementlərini təşkil edir.

Beləliklə, SAK-n etibarlılıq ehtimalı növbəti intervallar üzrə aşağıdakı kimi hesablanacaqdır:

Quruçay-Qudialçay arası hissədə;

$$P(1) = 0,9954 \cdot e^{-0,0167 \cdot 1} \cdot e^{-0,0290 \cdot 1} = 0,9954 \cdot 0,9834 \cdot 0,9714 = 0,9509.$$

$$P_s(1) = 1 - (1 - 0,9509)(1 - 0,9339) = 1 - 0,0491 \cdot 0,0661 = 1 - 0,0032 = 0,9968,$$

Qudialçay-Ağçay arası hissədə;

$$P(1) = 0,9968 \cdot e^{-0,0167 \cdot 1} \cdot e^{-0,0290 \cdot 1} = 0,9968 \cdot 0,9834 \cdot 0,9714 = 0,9522,$$

$$P_s(1) = 1 - (1 - 0,9522)(1 - 0,9339) = 1 - 0,0478 \cdot 0,0661 = 1 - 0,0032 = 0,9968,$$

Ağçay-Caqacuqçay arası hissədə;

$$P(1) = 0,9968 \cdot e^{-2 \cdot 0,0167 \cdot 1} \cdot e^{-2 \cdot 0,0290 \cdot 1} = 0,9968 \cdot 0,9672 \cdot 0,9436 = 0,9097,$$

$$P_s(1) = 1 - (1 - 0,9097)(1 - 0,9339) = 1 - 0,0903 \cdot 0,0661 = 1 - 0,0060 = 0,9940,$$

Caqacuqçay-Vəlvələçay arası hissədə;

$$P(1) = 0,9940 \cdot e^{-0,0167 \cdot 1} \cdot e^{-0,0290 \cdot 1} = 0,9940 \cdot 0,9834 \cdot 0,9714 = 0,9496,$$

$$P_s(1) = 1 - (1 - 0,9496)(1 - 0,9339) = 1 - 0,0504 \cdot 0,0661 = 1 - 0,0033 = 0,9967,$$

Vəlvələçay-Xanarx kanalı ilə birləşmə hissəsində;

$$P(1) = 0,9967 \cdot e^{-2 \cdot 0,0200 \cdot 1} \cdot e^{-3 \cdot 0,0290 \cdot 1} = 0,9941 \cdot 0,9608 \cdot 0,9167 = 0,8778,$$

$$P_s(1) = 1 - (1 - 0,8778)(1 - 0,2462) = 1 - 0,1222 \cdot 0,7538 = 1 - 0,0921 = 0,9079.$$

Əgər SAK-n bu məntəqəyə qədər etibarlılıq ehtimalını şəkil 5, b əsasında aparsaq, o zaman, həmin hesabat aşağıdakı kimi olacaqdır:

SAK-n Vəlvələçaya qədər elementləri ardıcıl birləşmişdiyindən, sistemin uğursuzluq intensivliyi və etibarlılıq ehtimalı aşağıdakı kimi olacaqdır:

$$\lambda_s = \sum_{i=1}^n \lambda_i = 0,0143 + 0,0125 + 2 \cdot 0,0333 + 7 \cdot 0,0167 + 0,0167 + 4 \cdot 0,0200 + 0,0250 + 16 \cdot 0,0290 = 0,7960 \text{ il}^{-1}$$

$$P(1) = e^{-\lambda_s \cdot t} = e^{-0,7960 \cdot 1} = 0,4511$$

Bu hal üçün qidalandırıcı kanalların etibarlılıq ehtimalı

$$P(1) = 0,9339^6 = 0,6634$$

olacaqdır. Onda sistemin həmin hissədə etibarlılıq ehtimalı;

$$P_s(1) = 1 - (1 - 0,4511)(1 - 0,6634) = 1 - 0,5489 \cdot 0,3366 = 1 - 0,1848 = 0,8152,$$

olacaqdır.

Vəlvələçay-Xanarx kanalı ilə birləşmə hissəsində isə etibarlılıq ehtimalı;

$$P(1) = 0,8152 \cdot e^{-2 \cdot 0,0200 \cdot 1} \cdot e^{-3 \cdot 0,0290 \cdot 1} = 0,8152 \cdot 0,9608 \cdot 0,9167 = 0,7180,$$

$$P_s(1) = 1 - (1 - 0,7180)(1 - 0,2462) = 1 - 0,2820 \cdot 0,7538 = 1 - 0,2126 = 0,7874,$$

olacaqdır. Şəkil 5, a ilə müqayisədə şəkil 5, b struktur sxemində əvvəl qeyd edilən şərtlər daxilində Xanarx kanalının birləşməsində sistemin etibarlılıq ehtimalı $P_s(1) = 0,9079$ -dan $P_s(1) = 0,7874$ -ə qədər azalacaqdır. Ancaq bu halda sistemdə suyun sərfi tələb olunan həddə olacaqdır.

Xanarx kanalının SAK ilə əlaqələnmə məntəqəsi ilə Ceyranbatan gölü arası hissədə;

SAK-n bu hissəsi etibarlılıq baxımından əvvəlki uzunluğu ilə ardıcıl birləşmiş olduğundan, onun sonrakı hissəsi üçün sistemin uğursuzluq intensivliyi və etibarlılıq ehtimalı aşağıdakı kimi olacaqdır:

$$\lambda_s = \sum_{i=1}^n \lambda_i = 24 \cdot 0,0200 + 9 \cdot 0,0200 + 3 \cdot 0,0250 + 0,0400 + 2 \cdot 0,0250 + 6 \cdot 0,0250 + 2 \cdot 0,1000 + 3 \cdot 0,0250 + 0,0250 + 0,0250 + 59 \cdot 0,0290 = 0,4800 + 0,1800 + 0,0750 + 0,0400 + 0,0500 + 0,1500 + 0,2000 + 0,0750 + 0,0250 + 0,0250 + 1,7110 = 3,0110 \text{ il}^{-1}; P(1) = e^{-\lambda_s \cdot t} = e^{-3,0110 \cdot 1} = 0,0492$$

Onda SAK-n bütün uzunluğu üçün etibarlılıq ehtimalı şəkil 5, a və şəkil 5, b struktur sxemləri üçün uyğun olaraq aşağıdakı kimi hesablanacaqdır.

$$P_s(1) = 0,9079 \cdot 0,0492 = 0,0447,$$

$$P_s(1) = 0,7874 \cdot 0,0492 = 0,0387.$$

Hər iki hesablamadan görmək olur ki, SAK-n etibarlılıq ehtimalının qiymətləndirilməsi üzrə hesablamalarda çox kiçik qiymətlər alınır və dəyişiklik cüzi olur. Buna səbəb etibarlılıq baxımından sistemin əsas elementlərin sayının çox, onların etibarlılıq ehtimalının isə kiçik olmasıdır.

Əsas struktur əlaqəyə malik magistral kanallar üçün hər iki hesablamanın nəticələrində fərq yaranmayacaqdır. Çünki məlum olduğu kimi vuruqların yerini dəyişdikdə hasil dəyişmir. Mürəkkəb struktur sxemdə isə bu dəyişiklik hesablamanın nəticələrinə öz təsirini göstərir.

Magistral kanalların etibarlılıq ehtimalının dəqiqləşdirilmiş metodla qiymətləndirilməsi üçün onun elementlərinin real istismar şəraitinə uyğun uğursuzluq intensivliyi

məlum olmalıdır. Bununla əlaqədar olaraq belə hesablamanın aparılmasına nəzər yetirmirik.

Tədqiq edilən magistral kanallar üçün orta istismar müddəti 100 il olduğundan, istismarın 1 ili və eksponensial paylanma halı üçün orta uğursuzluq intensivliyi və etibarlılıq ehtimalı uyğun olaraq $\lambda_s = 0,01$ və $P(1) = 0,99$ olmalıdır. Onda etibarlılıq baxımından ardıcıl birləşmiş elementlərdən ibarət struktura malik magistral kanallar üçün sistemin elementlərinin orta uğursuzluq intensivliyi (20) düsturu əsasında (elementlərin uğursuzluq intensivliyinin eyni olması şərti ilə) hesablanıla bilər. Buna əyani misal olaraq, SAK-a paralel birləşmələr nəzərə alınmadan, yalnız əsas trası boyu onun təmsalında nəzər salaraq. Uğursuzluğu baş verdikdə SAK-n uğursuzluğuna səbəb ola bilən elementlərinin sayı cədvəl 1-ə əsasən 153 ədəd olduğundan,

$$\lambda_s = \sum_{i=1}^n \lambda_i = n \cdot \lambda_i; \quad \lambda_i = \frac{\lambda_s}{n} = \frac{0,01}{153} = 0,000065 \frac{1}{\text{il}}$$

Beləliklə, eksponensial paylanma halı üçün istismarın 1 ilində sistemin hər bir elementinin etibarlılıq ehtimalı

$$P(1) = e^{-0,000065 \cdot 1} = 0,999935$$

olmalıdır. Deməli, sistemin elementlərinin sayı artdıqca, onun etibarlılığının tələb olunan səviyyədə saxlanılması üçün sistemin elementlərinin etibarlılıq ehtimalı çox yüksək olmalıdır və yaxud paralel birləşmələrlə sistemin etibarlılığı artırılmalıdır. Bununla əlaqədar olaraq, meliorasiya obyektlərində baş verən uğursuzluğun yaratdığı təhlükə (qəza və fəlakət) nəzərə alınmaqla, onların 5 sinifə bölünməsi, iri magistral kanalların I sinifə aid edilməsi və həmin sinifə aid olan obyektlər üçün istismarın 1 ili üçün imtinasız (uğursuzluq baş verməyən) iş ehtimalının 0,9999 qəbul edilməsi təklif olunmuşdur [21].

Tədqiq edilən digər magistral kanallar üçün də istismarın 1 ili üçün eksponensial paylanma halına uyğun etibarlılıq ehtimalı, orta istismar müddətinə uyğun sistemin elementlərinin orta uğursuzluq intensivliyi və etibarlılıq ehtimalı hesablanaraq, cədvəl 4 tərtib edilmişdir.

Cədvəl 4

Tədqiq edilən magistral kanalların orta istismar müddətinə görə etibarlılıq göstəriciləri

Magistral kanalların adı	Orta istismar müddətinə əsasən kanalın etibarlılığı		Sistemin uğursuzluq intensivliyi $\lambda_s = 0,01$ və etibarlılıq ehtimalı $P(1) = 0,99$ olduqda		Sistemin etibarlılıq baxımından əsas elementlərinin sayı, ədəd
	Təqribi hesablama metodu üzrə	İsiqamətləndirici hesablama metodu üzrə	Elementlərin orta uğursuzluq intensivliyi, $\lambda_i, \frac{1}{\text{il}}$	Elementlərin etibarlılıq ehtimalı, $P(1)$	
SAK	0,0030	0,0447; 0,0387*	0,000065	0,999935	153
XK	0,2497	0,2497	0,000196	0,999804	51
VTK	0,6876	0,6876	0,000588	0,999412	17
TCK	0,3972	0,3972	0,000263	0,999737	38
YŞK	0,5923	0,5923	0,000400	0,999600	25
YQK	0,4462	0,4462	0,000250	0,999750	40
ASSK	0,3305	0,3305	0,000286	0,999714	35
YCMK	0,8689	0,8689	0,001000	0,999000	10
KCMK	0,6835	0,6835	0,000417	0,999583	24
MQK	0,4012	0,4012	0,000333	0,999667	30

Cədvəl 4-də nəticələri öz əksini tapmış hesablamalar zamanı tədqiq olunan kanallar üzlüklü və torpaq məcralı olduğundan, onların ətraf mühitə təsiri, məcranı təşkil edən qruntlar və üzlük materiallarının müxtəlifliyi nəzərə alınmamışdır. Torpaq məcralı kanal uzunluqlarının orta istismar müddəti kanalın orta istismar müddətinə, üzlüklü kanallarda isə kanal üzlüyünün orta istismar müddətinə bərabər götürülmüşdür. Buna görə də, torpaq məcralı kanalların etibarlılığı digərlərinə nəzərən böyük alınmışdır. Onlardan süzülmə itkisinin baş verməsi, məcrada susevər bitkilərin inkişafı ilə əlaqədar olaraq su nəqləmə qabiliyyətində çətinliklərin yaranması diqqətdən kənar qalmışdır. Bununla əlaqədar olaraq, etibarlılığın qiymətləndirilməsi kanalın bir neçə əsas funksional parametrinə görə həyata keçirilməlidir.

Kanal uzunluqlarının etibarlılığı mühəndisi-geoloji şəraitdən, kanal trasının geoloji mühitdə yerləşdirilməsi zamanı geoloji mühitə tam uyğunluğun təmin edilməsi səviyyəsindən, üzlüyün materialının real iş şəraitində etibarlılıq səviyyəsindən, istismarın düzgün aparılmasından və s. amillərdən asılıdır. Fərqli mühəndisi-geoloji şəraitdə istismar olunan həmin kanal uzunluqlarının ayrı-ayrı hissələrində uğursuzluqlar istismarın müxtəlif zaman anlarında baş verərək, sistemin uğursuzluğunu yaradır. Etibarlılığın hesablanması zamanı fərqləndirilmiş kanal uzunluqlarında etibarlılıq ehtimalı uğursuzluq baş vermiş uzunluqların sistemin əsas elementi kimi hesablamaya daxil edilmiş uyğun kanal uzunluğuna nisbəti kimi təyin edilə bilər.

Magistral kanalların və onları təşkil edən əsas elementlərin şərti orta xidmət müddətinə görə yuxarıda aparılmış hesablamalar kanalların layihələndirmə mərhələsi üçün faydalı ola bilər. Ancaq həmin hesablamalar sistemin elementlərinin normal və real iş şəraitində etibarlılıq göstəricilərinə dair məlumatlar əsasında aparılırsa və etibarlılıq baxımından uyğun struktur sxemi yaradılsa layihə dövründə onun tələb olunan etibarlılıq səviyyəsini təmin etmək olar. Bundan ötrü sistemin elementlərinin istismar etibarlılığına dair məlumatların toplanılması, məlumat bazasının yaradılması lazımdır və etibarlılıq təminatına dair müvafiq hesablamalar həmin məlumatlar üzrə təyin edilmiş hesabi göstəricilər əsasında aparılmalıdır.

Nəticə:

-tədqiq edilən magistrallardan SAK və köhnə Cənubi Muğan kanalı etibarlılıq baxımından mürəkkəb, digər kanallar isə ardıcıl birləşməli struktura malikdirlər;

-mövcud struktur sxemə, sistemin elementlərinin orta xidmət müddətinə uyğun uğursuzluq intensivliyinə görə istismarın 1 ili və eksponensial paylanma halı üçün etibarlılıq ehtimalı tədqiq edilən magistralları üzrə nəzərdə tutulan səviyyədən çox aşağı, əsas elementlərinin sayı çox olan sistemlərdə isə sifirə yaxındır;

-etibarlılıq baxımından sistemin elementi qismində hesablamalara daxil edilən kanal uzunluqlarının uğursuzluq intensivliyi hər bir intervalda mühəndisi-geoloji şəraitə uyğun

təyin edilməlidir. Onların etibarlılıq ehtimalı isə götürülmüş uzunluq intervalı üzrə uğursuzluq baş vermiş uzunluqların intervalın uzunluğuna nisbəti kimi təyin oluna bilər;

-sistemin elementlərinin sayı artdıqca onların etibarlılıq səviyyəsi azalır;

-magistral kanalların etibarlılıq səviyyəsini orta istismar müddətinə uyğun səviyyəyə çatdırmaqdan ötrü onun elementlərinin uğurlu iş ehtimalı istismarın 1 ili və eksponensial paylanma halı üçün $P(1) \geq 0,9999$ olmalı və yaxud etibarlılıq baxımından müvafiq mürəkkəb struktur yaradılmalıdır;

-magistral kanalların etibarlılıq göstəricilərinin layihə dövründə düzgün qiymətləndirilməsi üçün onların elementlərinin normal və real iş şəraitində etibarlılıq göstəricilərinin hesabi qiymətləri məlum olmalıdır.

İstifadə olunmuş ədəbiyyat:

1. Azərbaycan Meliorasiya və Su Təsərrüfatı Açıq Səhmdar Cəmiyyəti “Heydər Əliyev Samur-Abşeron suvarma sisteminin yenidənqurulması layihəsinin banisidir”. Bakı: Mütərcim, 2013, 128 s. s. 56-62.,
2. Əhmədzadə Ə.C., Nəşimov A.C. Ensiklopediya. Meliorasiya və Su Təsərrüfatı. Bakı: 2016. 632 s.
3. Алтунин В.С. Мелиоративные каналы в земляных руслах. Москва: Колос, 1979. 255 с.
4. Барлоу Р., Прошан Ф. Статистическая теория надежности и испытания на безотказность М.: Наука, 1984. 328 с.
5. Волохов М.А., Косулин В.Д. Надежность технических систем. Санкт-Петербург: СПб.: ГУАП, 2014. 168 с.
6. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. Москва: Наукв, 1969. 576 с.
7. Гмурман В.Е. Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике. Москва: ФГУП Издательство «Высшая школа», 2004, 404 с. / Гмурман В.Е. 9-е изд., стер. Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике. Москва: ФГУП Издательство «Высшая школа», 2004, 404 с.
8. Гнеденко Б.В., Беляев Ю.К. Соловьев А. Л. Математические методы в теории надежности. Москва: Наука, 1965. 524 с.
9. ГОСТ 27.002-2015 Надежность в технике: Термины и определения. (Дата введения 2017.03.01), М.: ИПК Издательство стандартов, 2015
10. ГОСТ 27.310-95. Надежность в технике: Анализ видов, последствий и критичности отказов. Основные положения. Сб. ГОСТов. - М.: ИПК Издательство стандартов, 2002, 16 с.
11. Зубкова Н.Г. Современное состояние и пути повышения надежности и экологической безопасности эксплуатации мелиоративных систем. Москва: ФГНУ ЦНТИ «Мелиоводинформ», 2013, 89 с.
12. Калявин, В. П. Надежность и диагностика элементов электроустановок: учеб. пособие для вузов / В. П. Калявин, Л. М. Рыбаков. – СПб.: Элмор, 2009. – 336 с.
13. Карасев И.Ф. Руслые процессы при переброске стока. Ленинград: Гидрометеиздат (2-е изд., доп. и перераб.), 1975, 288 с.
14. Колганов, А.В. Гидравлическая эффективность и надежность оросительных каналов. А.В.Колганов, Ю.М.Косиченко. М.: Изд-во «Рома», 1997. 160 с.
15. Косиченко Ю. М. Каналы переброски стока России. Новочеркасск: НГМА, 2004. 470 с.
16. Лобанов, Г.Л. Неразмываемые русла земляных каналов и разработка рекомендаций по их гидравлическому расчету: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.23.16/Лобанов Георгий

- Леонидович. – Новочеркасск, 1995. –24с.
17. Малкин В.С. Надежность технических систем и техногенный риск. Ростов на Дону: Феникс, 2010. 432 с.
 18. Методические указания по обеспечению безаварийного функционирования водопропускных гидротехнических сооружений магистральных каналов оросительных систем / «РосНИИПМ»: д.т.н., проф. Косиченко Ю.М., к.т.н., доц.: Лобанов Г.Л., Баев О.А., Гарбуз А.Ю. Новочеркасск: ФГБНУ «РосНИИПМ», 2015, 33 с.
 19. Мирцхулава Ц.Е. Надежность гидромелиоративных сооружений. М.:Колос, 1974. 279 с.
 20. Мирцхулава Ц.Е. О возможностях и перспективах системного анализа при оценке устойчивости почв от эрозии. Доклады ВАСХНИЛ, 1975, №2.
 21. Мирцхулава Ц.Е. О надежности крупных каналов. Москва: Колос, 1981. 318 с.
 22. Михалев, М.А. Поиск оптимального объема каналов в земляном и облицованном бетоном руслах / М.А.Михалев, О.В.Ободова // Гидротехническое строительство. – 2006. – №2. – С. 30–35.
 23. Надежность и эффективность в технике: справочник: в 10 т. Москва: Машиностроение, 1986-1990.
 24. Оценка гидравлической эффективности и эксплуатационной надежности оросительных каналов: пособие к СНиП 2.06.03–86 "Мелиоративные системы и сооружения" / А.В. Колганов, Ю.М. Косиченко, В.Н. Щедрин, Е.П. Гусенков. – М.: 1998. – 96 с.
 25. Половко А.М., Гуров С.В. Основы теории надежности: практикум. Санкт-Петербург: СПб. БХВ-Петербург, 2006. 506 с.
 26. Половко А.М., Маликов И.М., Жигарев А.Н., Зарудный В.И. Сборник задач по теории надежности. / Под ред. А.М. Половко и И.М. Маликова. Москва: «Советское радио», 1972, 408 с.
 27. Румшицкий Л.З. Математическая обработка результатов эксперимента. Москва: «Наука», 1971. 192 с.
 28. Румшицкий Л.З. Элементы теории вероятностей. 5-е перераб. Москва: «Наука», 1976. 240 с.
 29. Сборник задач по теории надежности / А. М. Половко [и др.]; под ред. А. М. Половко, И. М. Маликова. – М.: Советское радио, 1972. – 408 с.
 30. Силин В.Б., Заковряшин А.И. Автоматическое прогнозирование состояния аппаратуры управления и наблюдения. Москва: Энергия, 1973. 336 с.
 31. Чоу В.Т. Гидравлика открытых каналов. Москва: Стройиздат, 1969, 464 с. / Перевод с англ.; под ред. проф. А. И. Богомолова.
 32. Шор Я.Б. Статистические методы анализа и контроля качества и надежности. Москва: «Советское радио», 1962, 552 с.
 33. Щедрин В.Н., Косиченко Ю.М., Шкуланов Е.И., Лобанов Г.Л., Савенкова Е.А., Кореновский А.М. Надежность и безопасность гидротехнических сооружений мелиоративного назначения. Научный обзор. Новочеркасск: ФГБНУ «РосНИИПМ», 2011, 105 с.
 34. Щедрин, В.Н. Методика расчета гидравлической эффективности и эксплуатационной надежности оросительных каналов / В.Н.Щедрин, Ю.М.Косиченко, Ю.И.Иовчу. – М.: ФГНУ ЦНТИ «Мелиоводинформ», 2008. – 55 с.

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ НАДЁЖНОСТИ МАГИСТРАЛЬНЫХ КАНАЛОВ ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ В РЕСПУБЛИКЕ

Резюме. В статье излагаются основные термины и понятия надёжности, технические системы, структура системы с точки зрения надёжности, методы расчета показателей надёжности, некоторые эксплуатируемые магистральные каналы в республике, обобщенные аналитические информации об их элементах, анализ данных магистральных каналов как технических систем, на основе среднего срока службы элементов системы, проведен прикидочный и ориентировочный расчет количественных показателей надёжности опираясь, предложены соответствующие мероприятия по увеличению надёжности каналов до требуемых пределов.

Ключевые слова: Система, надёжность, вероятность надёжности, интенсивность отказа, структура системы, метод оценки, канал, дюкер, акведук, быстроток.

METHODS FOR ASSESSING THE RELIABILITY OF THE MAIN CANALS OPERATED IN THE REPUBLIC

The summary. The article outlines the basic terms and concepts of reliability, engineering systems, system structure in terms of the reliability, methods for calculating of the reliability indicators, some operated main canals in the country, generalized analytical information on their elements, analysis of data of main canals as technical systems, based on the average service period of the system elements, carried out an tentative and approximate calculation of quantitative indicators of reliability, proposed adequate measures to increase reliability of the canals within the required limits.

Keywords: System, reliability, the probability of reliability, failure rate, system structure, estimation method, canal, pipe subway, aqueduct, chute

Redaksiyaya daxil olma: 06.03-2019-cu il

Təkrar işlənməyə göndərilmə: 18.03-2019-cu il

Çapa qəbul edilmə: 27.03-2019-cu il