

Əlyazma hüququnda

CƏSARƏT ƏLƏDDİN OĞLU CAMALOV

**İSTEHSALAT BİNA VƏ QURĞULARININ KARKAS
ELEMENTLƏRİNİN ETİBARLILIĞININ VƏ
UZUNÖMÜRLÜLÜYÜNÜN ARTIRILMASI YOLLARININ
TƏDQIQI**

3305.03 – İnşaat konstruksiyaları, bina və qurğular

Texnika üzrə elmlər doktoru elmi dərəcəsi almaq üçün
təqdim olunan dissertasiya işinin

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

Dissertasiya işi Azərbaycan İnşaat və Memarlıq Elmi-Tədqiqat İnstitutunda yerinə yetirilmişdir

Elmi məsləhətçi: texnika üzrə elmlər doktoru, professor

N.H.Ağayev

Rəsmi opponentlər: texnika üzrə elmlər doktoru, professor
İ.N.Şirinzadə

texnika üzrə elmlər doktoru, professor
Ə.H.Tağızadə

fizika-riyaziyyat üzrə elmlər doktoru, professor
V.C.Hacıyev

Aparıcı təşkilat: Azərbaycan Respublikası Fövqəladə Hallar Nazirliyinin Tikintidə Təhlükəsizliyə Nəzarət Dövlət Agentliyinin “Azərdövlətlayihə” Dövlət Baş Layihə İnstitutu

Dissertasiya işinin müdafiəsi “ 20 ” aprel 2018-ci il tarixdə saat 12⁰⁰-da Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universitetinin nəzdində fəaliyyət göstərən D 02.042 Dissertasiya Şurasının iclasında keçiriləcəkdir.

Ünvan: Az1073, Bakı şəhəri, A.Sultanova küçəsi 11, Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universiteti, II tədris korpusu, otaq 104.

Dissertasiya işi ilə Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universitetinin kitabxanasında tanış olmaq olar.

Avtoreferat “ ___ ” mart 2018-ci ildə göndərilmişdir.

**D 02.042 Dissertasiya Şurasının
elmi katibi, fizika-riyaziyyat üzrə
fəlsəfə doktoru, dosent:**

A.M.İsayev

İŞİN ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI

Mövzunun aktuallığı. Bina və qurğuların səmərəliliyinin artırılması olduqca vacib praktiki əhəmiyyət daşıyır ki, bu da ilk növbədə etibarlılıq, uzunömürlülük kimi amillərlə bağlıdır. Bina və qurğular o vaxt etibarlı hesab edilir ki, istismar müddətində layihədə nəzərdə tutulan tələblər yerinə yetirilsin, yəni binanın əsas yük götürən konstruksiyaları lazımı möhkəmliyə, sərtliyə malik olsun, həm də onun dayanıqlığı təmin olunsun. Belə olan təqdirdə, bina həm də uzunömürlülük şərtini ödəyəcək.

Qeyd edilən şərtlərin ödənməsi üçün layihələndirmə, hazırlanma, quraşdırma və istismar zamanı bir sıra amillərə xüsusi diqqət ayrılmalıdır.

Məlumdur ki, konstruksiyanın hazırlandığı materialın xassələri dəyişən olur və bir çox hallarda təsadüfi xarakter daşıyır. Eyni sözləri konstruksiyaya təsir edən yüklər haqqında da söyləmək olar.

Normalarda bu faktorlar yarıməhtimal yolla nəzərə alınır, yəni material və yük üzrə etibarlılıq əmsallarını hesablamaya daxil etməklə məsələ həll olunur. Lakin, bu halda yükün xarakterinin və materialın xassələrinin dəyişməsində ehtimal nəzəriyyəsinin tətbiqi tam dəqiqliklə nəzərə alınmır. Bu baxımdan qeyd edilən amilləri nəzərə alınmaqla qoyulmuş məsələlərin tədqiqinə həsr olunmuş dissertasiya işinin mövzusu aktualdır.

Tədqiqatın məqsədi. İstehsalat bina və qurğuların karkas elementlərinin etibarlılığının və uzunömürlülüğünün artırılması yollarının tədqiq edilməsi.

Bu problem aşağıda verilmiş məsələlərin həllini tələb edir:

- təsadüfi parametrləri nəzərə almaqla qurğuların təhlükəsizliyə hesablanma metodikasının işlənməsi;
- konstruksiyada təsadüfi yaranan qüsurları nəzərə almaqla onların hesablanması metodikalarının işlənilməsi və dəqiqləşdirilməsi;
- eksperimental nəticələri nəzərə almaqla monolit betonun bərkimə prosesinin qanunauyğunluğunun ehtimal nəzəriyyəsinin tətbiqi ilə öyrənilməsi;
- müvəqqəti yüklərin (qar, külək, kran) paylanma qanunauyğunluqlarının ehtimal nəzəriyyəsi vasitəsilə qiymətləndirilməsi.

Tədqiqatın elmi-praktiki əhəmiyyəti. Ehtimal nəzəriyyəsiindən istifadə etməklə artıq yükləmə əmsalı, materialın etibarlılıq əmsalını hesablamaq üçün dəqiqləşdirilmiş ifadələr alınmışdır. Həmçinin eksperimental nəticələrə əsaslanaraq kran yüklərinin yayılma qanunları müəyyənləşdirilmişdir.

Betonun müxtəlif nümunələri üçün bərkimə prosesləri tədqiq edilərək, onların daxilində yaranan istilik enerjisinin yayılma qanunları

müəyyənləşdirilmişdir. Sıxılan millər üçün qabaqcadan gərginləşdirilmiş elementlərlə gücləndirmənin effektivliyi tədqiq edilmiş, milin əyintisini və böhran yükünü təyin etmək üçün ifadələr tərtib edilmişdir.

Tədqiqatın metodikası. Riyazi statistikanın və ehtimal nəzəriyyəsinin qanunlarından istifadə edərək konstruksiyalara təsir edən müxtəlif təbii yüklərin yayılma qanunları, konstruksiya materialının xassələrinin təsadüfi parametrlərdən asılılığı öyrənilmişdir.

Dayanıqlıq nəzəriyyəsindən istifadə etməklə təsadüfi əyrilikli və qeyri-mərkəzi sıxılan millər üçün böhran yükünün ifadəsi tərtib olunmuşdur. Belə millərin elastiki-plastiki mərhələdə gərginlik-deformasiya halını tədqiq etmək üçün Enqesser-Şenli kriteriyasından istifadə edilmişdir.

İşin elmi yeniliyi:

1. Yükün təsadüfi xarakteri nəzərə alınmaqla onun variasiya əmsali üçün dəqiqləşdirilmiş ifadə tərtib edilmişdir.

2. Eksperimental nəticələr əsasında külək, qar yükləri və kran körpüsü elementlərində qüvvələrin paylanma qanunları üçün ifadələr tərtib edilmişdir və göstərilmişdir ki, bu paylanma qanunları Veybulla ifadəsinə və Pirsonun 3-cü tip əyrisinə daha çox uyğun gəlir.

3. Betonun bərkiməsinin tənzimləmə prosesi ehtimalının qanunauyğunluğu analiz edilmiş və eksperimental nəticələrin əsasında nəzəri əyrilər və ifadələr tərtib olunmuş, onların normal paylanma qanununa uyğunluğu göstərilmişdir.

4. Konstruksiyada zədələnmələrin toplanmasını nəzərə alan model üçün nisbi deformasiya $\varepsilon(t)$ və ona müvafiq olan gərginlik σ_{mo} üçün ifadələr alınmışdır. Həmçinin materialın uzunömürlülüüyü ilə gərginlik arasındakı asılılığı əks etdirən ifadə tərtib olunmuşdur.

Qüsurlu konstruksiya üçün möhkəmlik şərti yazılmış hesablamada təhlükəsizlik xarakteristikası γ -nın nəzərə alınması qaydası təklif edilmişdir.

5. Gərginləşdirilmiş metal elementlərlə (dartqı) gücləndirilən millərin gərginlikli deformasiya halının tədqiqi metodikası işlənmişdir.

6. Gücləndirici elementdə gərginləşdirmə qüvvəsinin (N_g) təyini metodikası işlənmişdir.

7. Birtərəfli və ikitərəfli axma zonası olan sıxılan milin neytral oxunun vəziyyətini və axma zonasının dərinliyinin təyini, əyrilik radiusu və əyintinin təyini metodikası işlənmişdir.

Müdafiyyə çıxarılır. İstehsalat bina və qurğuların karkas elementlərinin etibarlılığının və uzunömürlülüüyünün təmin olunması üçün aparılmış tədqiqatların nəticələri:

- təsadüfi parametrləri nəzərə almaqla qurğuların təhlükəsizliyə hesablanma metodikası;
- müvəqqəti yüklərin (qar, külək, kran) paylanma qanunauyğunluqlarının ehtimal nəzəriyyəsi vasitəsilə qiymətləndirilməsi;
- eksperimental nəticələri nəzərə almaqla monolit betonun bərkimə prosesinin qanunauyğunluğunda ehtimal nəzəriyyəsinin tətbiqi;
- betonun bərkimə prosesləri tədqiq edilərək, onların daxilində yaranan istilik enerjisinin yayılma qanunlarının müəyyənləşdirilməsi;
- təsadüfi yaranan qüsurları nəzərə almaqla konstruksiyanın hesablanması metodikalarının qiymətləndirilməsi;
- gərginləşdirilmiş metal elementlərlə (dartqı) gücləndirilən millərin gərginlikli deformasiya halının təyini;
- birtərəfli və ikitərəfli axma zonası olan sıxılan milin neytral oxunun vəziyyətini və axma zonasının dərinliyini təyin etmək üçün verilmiş təkliflər.

İşin aprobasiyası və nəşri. Dissertasiya işinin əsas nəticələri aşağıdakı beynəlxalq konfrans və konqreslərdə, həmçinin də Bakı şəhərində keçirilən elmi konfranslarda müzakirə və məruzə olunmuşdur.

- “İnşaatin müasir problemləri və həlli yolları” elmi-praktiki konfransın materialları, Bakı, 24 dekabr 2009-cu il.
- “İnşaat və memarlıqda elmi yeniliklər” elmi-praktiki konfransın materialları, Bakı, “ELM” 2009.
- “Bina və qurğuların dayanıqlığı” beynəlxalq elmi-praktiki konfransın materialları, Bakı, 24 dekabr 2010-cu il.
- Проблемы вычислительной механики и прочности конструкций, ISSN2079-1836, 16 выпуск, Днепропетровск- 2011.
- Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyası Elmi İnovasiyalar Mərkəzi, “Azərbaycanın müstəqilliyinin bərpasının 20 illiyinə həsr olunmuş ölkə iqtisadiyyatının inkişafında elmi innovasiyanın rolu”, beynəlxalq elmi-praktiki konfransın materialları, Bakı, 24-25 noyabr 2011-ci il.
- “Müasir inşaatın nəzəri və praktiki problemləri” mövzusunda beynəlxalq elmi-praktiki konfransın materialları, Bakı 29-30 noyabr 2012-ci il.
- Türkiyə Nevşehir Universiteti Bilim və Texnoloji Dergisi Ankara, Cilt 2(2)146-152, 2013-cü il.
- “İnşaat və memarlıqda elmi-texniki tərəqqi” mövzusunda beynəlxalq konfrans, Bakı 16-17 oktyabr 2014-cü il.

Dissertasiyanın həcmi və strukturu. Dissertasiya işi 393 səhifədən, girişdən, beş fəsildən, əsas nəticələrdən, 244 sayda istifadə edilmiş ədəbiyyatın siyahısından, o cümlədən 93 şəkil və 37 cədvəldən ibarətdir.

DİSSERTASIYA İŞİNİN QISA MƏZMUNU

Girişdə dissertasiya mövzusunun aktuallığı, işin məqsədi, elmi yenilikləri, praktiki əhəmiyyəti, etibarlılığı, aprobasiyası və tətbiqi şərh edilmişdir.

Birinci fəsildə inşaat konstruksiyalarının etibarlılığı və uzunömürlülüyü, onların artırılması yolları haqqında anlayışlar və bəzi məlumatlar şərh edilmişdir. Həmçinin istehsalat binalarının konstruksiyalarına qüvvə təsirləri haqqında anlayışlar, atmosfer və texnoloji yüklərin və təsirlərin (kran yükləri) qruplaşdırılması və onların yayılma qanunauyğunluqları haqqında məlumatlar verilmişdir.

Bu fəsil beş yarımfəsildən ibarətdir.

1-ci yarımfəsildə inşaat konstruksiyalarının etibarlılığı və uzunömürlülüyü barədə bir sıra məlumatlar verilir. Qeyd olunur ki, konstruksiyanın uzunömürlülüyü onun istismar müddəti ilə, etibarlılığı isə onun qüsursuz işləməsi ilə bağlıdır.

2-ci yarımfəsildə sənaye binalarının karkas konstruksiyalarının etibarlılığının artırılması yolları haqqında ümumi mülahizələrdən bəhs olunur. Göstərilir ki, konstruksiyanın layihələndirilməsində, hazırlanmasında və istismarında bir sıra parametrlərin təsadüfi xarakterli olması nəzərə alınmalıdır.

3-cü yarımfəsildə istehsalat binalarının polad konstruksiyalarına qüvvə təsirlərinin xüsusiyyətləri barədə məlumatlar verilir. İstehsal binalarında əsas yük olan kran yüklərinin tətbiq olunma və onlardan yaranan qüvvə amillərinin təyin edilməsindən bəhs edilir.

4-cü yarımfəsildə üfüqi kran yüklərinin təsadüfi xarakterli olması və etibarlılığına, eləcə də kranaltı konstruksiyalarda yaranan qüvvələrin tədqiqinə baxılmışdır. Kranın üfüqi T_k - qüvvəsinin tədqiqində eksperimental tədqiqatların nəticələrindən istifadənin əhəmiyyəti qeyd olunmuşdur.

5-ci yarımfəsildə karkas konstruksiyalarının istismar şəraitində həqiqi işinin analizi barədə məlumatlar verilmişdir. Göstərilmişdir ki, körpü kranları olan sənaye binalarının karkaslarının eninə və boyuna istiqamətdə deformasiyalarını məhdudlaşdırmaq üçün müvafiq konstruktiv tədbirlər görülməlidir.

İkinci fəsildə konstruksiyalara təsir edən yüklərin təsadüfi xarakterli olması nəzərə alınaraq onların paylanma qanunları öyrənilir, etibarlıq məsələləri araşdırılır.

Bu fəsil altı yarımfəsildən ibarətdir.

1-ci yarım fəsildə bina və qurğulara təsir edən yüklərin paylanma qanunları haqqında yeni mülahizələr irəli sürülür.

Bina və qurğulara bir sıra yüklər təsir göstərə bilər və onların da hər birinin öz xüsusiyyəti olur. Əgər bütün yüklər eyni qanunla dəyişərsə, o halda yük üçün çevrilmiş artıq yükləmə əmsalı belə ifadə olunacaq:

$$\gamma_{fg} = 1 + \gamma A_N \quad (1)$$

burada:

$$\gamma = \sqrt{\sum (1/A_i^2)} \quad (2)$$

təhlükəsizlik əmsalidir.

$$A_N = \sqrt{A_{q1}^2 \bar{\alpha}_1^2 + A_{q2}^2 \bar{\alpha}_2^2 + \dots + A_{qn}^2 \bar{\alpha}_n^2} \quad (3)$$

yüklərin variasiya əmsalidir.

$$\bar{\alpha}_i = \frac{\beta_i \cdot q_i}{\sum_{i=1}^n \beta_i \cdot q_i} \quad \tilde{N} = \sum_{i=1}^n \beta_i \cdot \tilde{q}_i \quad (4)$$

Bina və qurğulara təsir edən yüklər müxtəlif təbiətli olur və onların hər birinin öz yayılma xüsusiyyəti var ki, bunlar ehtimal nəzəriyyəsinin köməyiylə təyin edilə bilər. Bu ilk növbədə texnoloji və atmosfer yüklərinə aiddir.

Hesabi yükün qiyməti üçün alınan düsturu:

$$N_h = \sum N_i + \sqrt{\sum N_i^2 (\gamma'_{fg} - 1)^2} \quad (5)$$

əgər, onu normalarda verilən

$$N_h = \sum N_i \cdot \gamma'_{fg} \quad (6)$$

düsturu ilə müqayisə etsək alarıq:

$$K = \frac{\sum N_i + \sqrt{\sum N_i^2 (\gamma'_{fg} - 1)^2}}{\sum N_i \cdot \gamma'_{fg}} \quad (7)$$

burada:

$$\gamma'_{fg} = A_{qi} + 1; \quad A_{qi} = \sqrt{\sum_1^n \frac{-2}{q_i} \cdot \frac{-2}{q_i} \sum_1^n \frac{-}{q_i}} \quad (8)$$

Əgər yüklərin qiymətləri və onların variasiya əmsalları eyni olarsa, alarıq:

$$K = \frac{1}{\gamma'_{fg}} + \frac{\gamma'_{fg} - 1}{\gamma'_{fg} \sqrt{n}} \quad (9)$$

$\gamma'_{fg} = 1,1$ qəbul etsək yazı bilərik:

$$K = 0,91 + 0,091/\sqrt{n} \quad (10)$$

Pirsonun 3-cü tip əyrisindən istifadə edərək beton nümunələrin sınaq nəticələrinə görə bir sıra riyazi çevirmələr apararaq ehtimal tənliyini alarıq:

$$P_{xy} = bae^{-(ax+by)} \quad (11)$$

Təsadüfi $\tilde{u} = a\tilde{x} + b\tilde{y}$ kəmiyyəti üçün alınır:

$$P_u = P_u^1 = \frac{ab}{am - bn} (e^{-\frac{bu}{m}} - e^{-\frac{au}{m}}) \quad (12)$$

Beton nümunələr üçün bu halda alırıq:

$$P_u = 1,65ue^{-1,284u} \quad (13)$$

2-ci yarım fəsildə küləyin sürətinin yayılma qanunu tərtib olunur və təzyiğin hesablanması qaydası verilir.

Küləyin sürətinin yayılma ehtimalı:

$$P_t(v) = 1 - \exp(-c \ell n n v^m); \quad n = \frac{t}{10} \quad (14)$$

Bu ifadə Veybullu asılılığına uyğundur, lakin burada c əmsalı $\ell n n$ dəfə artırılmışdır.

Digər bir təqribi yaxınlaşmada $m=2$ qəbul etsək Releyin yayılma qanununu alırıq:

$$P(v) = \frac{v}{a} \exp \frac{v^2}{2a} \quad (15)$$

Bu ifadə iki ölçülü vektorun modulunun yayılmasını ifadə edir.

Verilən \bar{t}_n təkrarlama periodu üçün küləyin sürəti və hesabı təzyiği:

$$v = \sqrt[m]{\frac{1}{c} \ell n \frac{\bar{t}_n}{\tau}}; \quad \omega_{oh} = \frac{p}{2} \sqrt[m]{\frac{1}{c} \ell n \frac{\bar{t}_n}{\tau}} \quad (16)$$

burada, $\tau = qt(v)$.

Külək yükü üçün artıq yükləmə əmsalı:

$$\gamma_f = \left(\frac{\ell \log q_h}{\ell \log q_n} \right)^{2/m}; \quad P_{qh} = \frac{t_h}{\tau}; \quad P_{qn} = \frac{t_n}{\tau} \quad (17)$$

Burada: P_{qn} , P_{qh} - müvafiq olaraq verilən zaman anında külək yükünün normativ və hesabı qiymətlərinin artmasının ehtimallarıdır.

3-cü yarım fəsildə qar yükünün ehtimal olunan sıxlıq üçün paylanma qanunu öyrənilmişdir.

Humbelin paylanma qanunundan istifadə edərək qar yükünün intensivliyinin ehtimalı üçün aşağıdakı düsturu yazı bilərik:

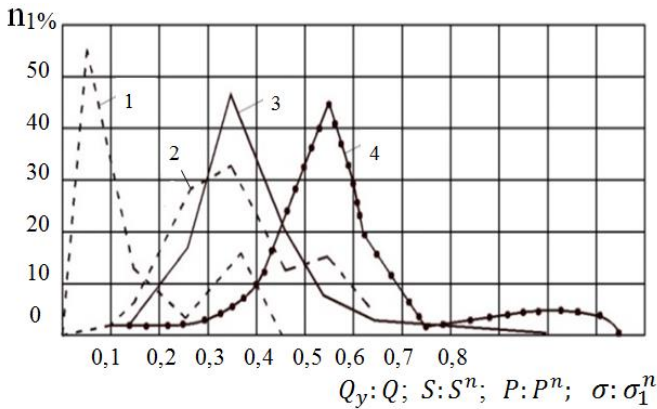
$$p(s_{on}) = \exp(-n \exp \frac{\alpha - s}{\beta}) \quad (18)$$

burada: α və β - əmsalları ayrı-ayrı ərazilər üçün müxtəlif qiymətlər alır, n - qurğunun hesablama müddətidir (illərlə).

4-cü yarım fəsildə kran yüklərinin, kran körpüsündə yaranan qüvvələrin, sütuna verilən yükün və kranaltı tirin aşağı kəmərindeki gərginliklərin paylanma qanunları araşdırılır.

Eksperimental nəticələrə əsasən texniki ədəbiyyatlarda verilmiş $Q_y : Q$, $S : S^n$, $P : P^n$, $\sigma : \sigma_1^n$ parametrləri ilə n_1 parametri arasında qurulmuş asılılıq qrafiklərindən (şəkil 1) istifadə edərək qeyd edilən asılılıqların paylanma qanunları tərtib edilmişdir.

Eksperimental ayrılərin analizi onu deməyə əsas verir ki, onlar daha çox Veybulla paylanma qanununa müvafiq gəlir.



Şəkil 1. Paylanma poliqlonlarının müqayisəsi

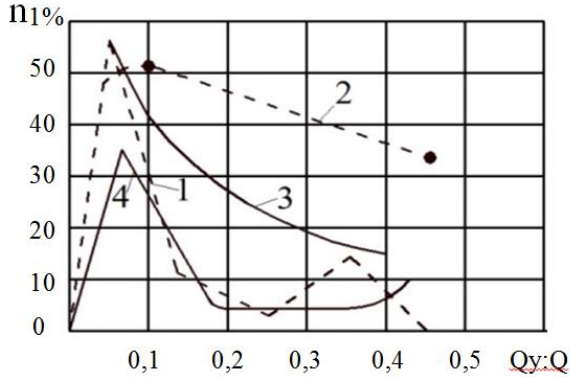
1-yüklərin kütləsi; 2-kran körpüsünün elementində qüvvələr; 3-sütuna verilən yük; 4-kranaltı tirin aşağı kəmərinde gərginliklər

Bu qanundan istifadə edərək eksperimental nəticələrə görə yuxarıda verilən nisbətələr üçün paylanma ayrılərinin analitik ifadələri və qrafikləri qurulmuşdur.

Analitik ifadələrin köməyiylə qurulan qrafiklərin eksperiment qrafiklərinə yaxın olması üçün Veybulla düsturunda bəzi parametrlərin qiymətləri baxılan hadisənin mahiyyətinə uyğunlaşdırılmışdır. $Q_y : Q - n_1\%$ asılılığı qurularkən Veybulla ifadəsində $m=1$ qəbul olunmuş və paylanma ehtimalı üçün aşağıdakı ifadə alınmışdır:

$$P(x) = 4,76 \exp(-4,76x) \tag{19}$$

və qurulmuş qrafik şəkil 2-də verilmişdir.



Şək. 2. $Q_y : Q - n_1\%$ asılılıq qrafiki

1- eksperimental əyri; 2- nəzəri əyri $m=2$ olduqda; 3- nəzəri əyri $m=3$ olduqda.
($n_1\%$ - ümumi yükləmələrin sayına nisbətə yükləmələrin sayı).

(19) qanunu daha çox eksponensial paylanma qanununa müvafiqdir. Kran körpüsü elementlərində qüvvələrin paylanması ifadəsini tərtib etmək üçün Veybulla düsturunda $m=2$ qəbul edib, $y = cx^m$ dəyişənini daxil edərək riyazi gözləmənin m_x və c - parametrlərini hesablayırıq:

$$m_x = c^{-1/m} \int_0^{\infty} y^{1/m} e^{-y} dy = c^{-1/m} \Gamma\left(\frac{1}{m} + 1\right) = 0,8862; c = 8,726$$

Beləliklə, ehtimalın paylanma qanununu tərtib edirik:

$$P(x) = 17,45x \exp(-8,726x^2) \quad (20)$$

Əyrinin qrafiki (şək.3), sütuna verilən təzyiqlər $n_1 - P: P_1$ asılılığı ilə (şək.3, şək.4) verilmişdir.

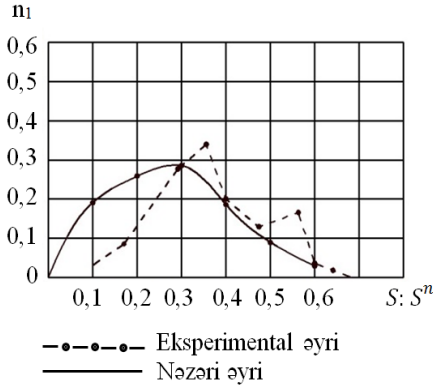
Paylanmanın riyazi gözləməsi üçün ($m=3$ olduqda) alırıq:

$$m_x = c^{-1/m} \Gamma\left(\frac{1}{m} + 1\right) = c^{-1/3} \Gamma(1,33) = 0,8934, c = 10,8$$

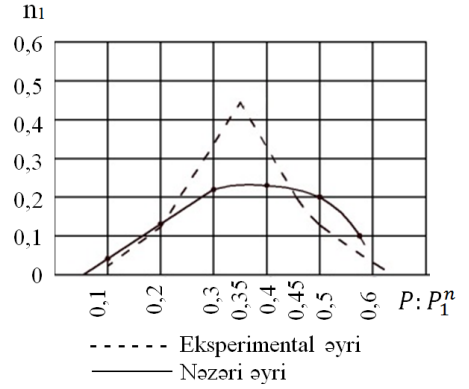
Ehtimal paylanma əyrisinin tənliyi:

$$P(x) = 30,24x^2 \exp(-10,8x^3) \quad (21)$$

Paylanma əyrisinin qrafiki şəkil 4-də verilmişdir.



Şəkil 3. $S : S^n - n_1$ asılılıq qrafiki



Şəkil 4. $P : P^n - n_1$ asılılıq qrafiki

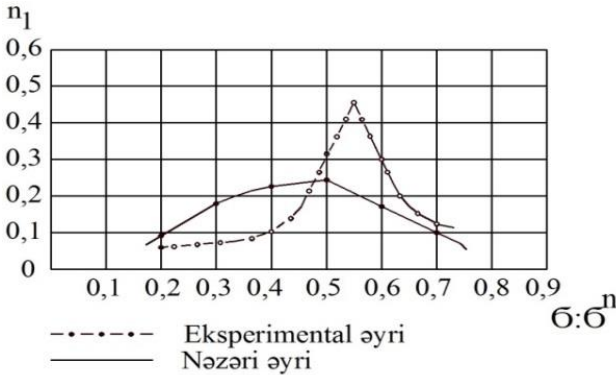
Kranaltı tirin aşağı kəmərinə gərginliklərin paylanma qanunu ($n_1 - \sigma : \sigma_1^n$) üçün Veybulla paylanma ifadəsində $m=3$ qəbul edərək

$$m_x = c^{-1/m} \Gamma\left(\frac{1}{m} + 1\right) = c^{-1/3} \Gamma(1,33) = 1,89; \quad c = 6,74 \text{ alınır.}$$

Paylanma düsturunu tərtib edirik:

$$P(x) = 20,22x^2 \exp(-6,74x^3) \quad (22)$$

Qrafik şəkil 5-də verilmişdir.



Şəkil 5. $\sigma : \sigma_1^n - n_1$ asılılıq qrafiki

5-ci yarımfəsildə kranların şaquli təzyiqlərinin normalaşdırılması məsələsi araşdırılır.

Kran təkərlərindən düşən qüvvə F belə təyin olunur:

$$F = K_A K_{qm} \gamma_f \psi \sum_1^m P_k^n y_i \quad K_{qm} = (P_{orta} + \Delta P) / P_{orta} \quad (23)$$

burada, K_{qm} - kran təkərlərindən düşən qüvvələrin qeyri-müntəzamlilik əmsəlidir. Qalan əmsallar texniki ədəbiyyatlardan məlumdur.

Kran təkərlərindən düşən qüvvələr təsadüfi kəmiyyətlərin funksiyasıdır. Ona görə də baxılan problemin həllinə riyazi statistikanın üsullarının tətbiqi məqsədəuyğun olar.

Bu məqsədlə Pirsonun 3-cü tip əyrisindən istifadə edərək riyazi gözləmə m_x və dispersiya təyin olunur:

$$m_x = \frac{\alpha + 1}{b}; \quad D_x = \frac{\alpha + 1}{b^2} \quad (24)$$

Sonra isə artıq yükləmə əmsalı γ_f hesablanır:

$$\gamma_f = \left[1, 1(s \cdot n_s + m_x) + 0, 1 \frac{P_k}{P_1^n} \right] \frac{P_1^n}{P_2^n} \quad (25)$$

burada: $S = \sqrt{D_x}$ - yükün standartı; n_s - standartların sayıdır.

m_x , S kəmiyyətlərindən asılı olaraq γ_f əmsalı hesablanma bilər.

Asma kranlar üçün qaldırılan yüklərin xarakterinə görə yükləmə poliçonu üç qrupa bölünür; Bu poliçonlar üçün qrafiklər və Veybulla ifadəsinə görə paylanma ifadələri tərtib edilmişdir.

1-ci qrupa poliçonun elə məntəqələri daxil edilir ki, onlarda detallar və hazır məmulatlar qaldırılır; 2-ci qrupa konveyer daşınması məntəqələri daxil edilir; 3-cü qrupa anbar-tədarük və avtomatik sexlər daxil edilir.

Bu yayılma poliçonları üçün analitik ifadələr tərtib edilmişdir.

1-ci qrup poliçon üçün

$$P(x) = 3cx^2 \exp(-cx^3) = 4.54 \exp(-4.54x) \quad (26)$$

2-ci qrup poliçon üçün

$$P(x) = 89,85 \cdot 2x \exp(-89,85x^2) \quad (27)$$

3-cü qrup poliçon üçün

$$P(x) = 16,23 \cdot 2x \exp(-16,23x^2) \quad (28)$$

6-cı yarmfəsildə körpü kranlarının üfüqi təsirlərinin ehtimalının paylanma qanunları analiz edilir.

Eksperimental nəticələrdən istifadə edərək və üfüqi T qüvvəsinin istiqamətindən asılı olaraq Veybulla düsturuna görə yayılma əyrilərini və ifadələrini tərtib edək.

T qüvvəsi aşırma yönəldikdə yayılma qanunu üçün belə ifadə alınır:

$$P(x) = 6,78x(-\exp 8,39) \quad (29)$$

T qüvvəsi aşırımdan yönəldikdə:

$$P(x) = 9,74 \cdot 2x(-\exp 9,74) \quad (30)$$

Hər iki əyri bir modulludur və $T_v : T_2^n$ nisbətinin 0,2 qiymətinə təsadüf edir.

Dissertasiyanın üçüncü fəslində konstruksiya materiallarının etibarlılığının yüksəldilməsi yolları tədqiq edilmişdir. Bu fəsil dörd yarım fəsildən ibarətdir.

1-ci yarım fəsildə şərti deformasiyadan asılı olaraq deformasiya modulunun dəyişmə ehtimalı araşdırılır.

Göstərilmişdir ki, riyazi statistikanın qaydalarına əsasən $\gamma_m = 1 - \gamma_R A_R$ - materialın etibarlılıq əmsalını daxil etməklə, sıxılma və dartılmada deformasiya modulları üçün aşağıdakı ifadələr alınmışdır.

$$E_{hs} = R_{hs} \frac{1 - \gamma_R A_R}{1 - \eta_R A_R} \gamma_s \frac{1 - \mu \varepsilon}{(1 + \mu \varepsilon)^3} \cdot \frac{1}{\varepsilon} \quad (31)$$

$$E_{hd} = R_{hd} \frac{1 - \gamma_R A_R}{1 - \eta_R A_R} \gamma_s \frac{1 + \mu \varepsilon}{(1 - \mu \varepsilon)^3} \cdot \frac{1}{\varepsilon} \quad (32)$$

burada: $A_R = D_R / \eta_R$.

Daha ümumi şəkildə materialın etibarlılıq əmsalı üçün alırıq:

$$\gamma_m = \frac{1 - \gamma_R A_R}{1 - \eta_R A_R} \quad (33)$$

Xətti-elastiki materiallar üçün müvafiq olaraq sıxılma və dartılmada şərti gərginliklər:

$$\sigma_{hs} = E_{hs} \frac{\varepsilon}{(1 + \mu \varepsilon)^2} \quad (34)$$

$$\sigma_{hd} = E_{hd} \frac{\varepsilon}{(1 - \mu \varepsilon)^2} \quad (35)$$

(31) və (32) düsturları göstərir ki, həqiqi deformasiya modulları başlanğıc modullardan fərqli olaraq qeyri-xətti qanunla dəyişir.

(31) və (32) ifadələrindən bəzi çevirmələr yerinə yetirsək, alırıq:

$$\frac{E_{hd}}{E_{hs}} = \frac{R_{hd}}{R_{hs}} \cdot \frac{(1 + \mu \varepsilon)^2}{(1 - \mu \varepsilon)^2} \quad (36)$$

2-ci yarım fəsildə betonun bərkimə prosesinin tənzimlənməsi qaydaları araşdırılır. Betonun bərkimə prosesinin tənzimlənməsi geniş eksperimental

tədqiqat işləri əsasında yerinə yetirilmişdir və alınmış nəticələr histoqramlarda əks olunmuşdur.

Histoqramların analizi müxtəlif bərkimə proseslərinin qrafiki formada göstərilməsinə və analitik ifadələrin tərtib edilməsinə səbəb olmuşdur.

Normal şəraitdə bərkiyən adi tərkibli (B22,5; M300) betonun və əlavəli betonun səthinə plyonkaəmələgətirici APQ (ağır piroliz qətranı) maddəsi çəkilmiş beton nümunələri üçün $F^*(x)$ paylanma funksiyaları və $f^*(x)$ funksiyalarının sıxlığının paylanma qanunları tərtib edilmişdir.

Avrami düsturundan istifadə edərək eksperimental nəticələrin analitik təsvirini vermək olar:

$$\alpha = 1 - e^{-k\tau^n} \quad (37)$$

burada, α - τ zamanında reaksiyaya girən maddənin miqdarı; n - tədqiq olunan maddənin struktur əmələ gəlməsi tipini xarakterizə edən sabit əmsaldır; k - prosesin sürətini xarakterizə edən sabitdir.

(37) ifadəsində $\tau^n = x$, $k = \lambda$ və $\alpha = F^*(x)$ qəbul etsək $f^*(x)$ funksiyasının paylanma qanunu üçün yazı bilərik:

$$f^*(x) = 1 - e^{-\lambda x} \quad (38)$$

burada, x - betonun bərkimə günlərinin sayı; λ - müsbət sabit kəmiyyətdir.

(38) ifadəsi üstlü qanunla dəyişən paylanma funksiyasıdır.

$$F^*(x) = \begin{cases} 0, & x < 0 \text{ olduqda,} \\ 1 - e^{-\lambda x}, & x \geq 0 \text{ olduqda,} \end{cases} \quad (39)$$

Üstlü funksiyasının paylanma sıxlığı:

$$f(x) = \begin{cases} 0, & x < 0 \text{ olduqda,} \\ \lambda e^{-\lambda x}, & x \geq 0 \text{ olduqda,} \end{cases} \quad (40)$$

(39) və (40) ifadələri əsasında ayrı-ayrı beton nümunələr üçün riyazi gözləmə $m(x)$ və dispersiyanı $D(x)$ hesablayaraq aşağıdakı paylanma qanunlarını tərtib edirik:

1. Əlavəsiz və səthinə plyonka çəkilmiş beton nümunə üçün

$$F^*(x) = 1 - e^{-0,264x} \quad (41)$$

$$f^*(x) = 0,264e^{-0,264x} \quad (42)$$

2. Əlavəsiz və səthinə qoruyucu plyonka çəkilmiş beton nümunə üçün:

$$F^*(x) = 1 - e^{-0,293x} \quad (43)$$

$$f^*(x) = 0,264e^{-0,293x} \quad (44)$$

3.Əlavəli və səthinə plyonkaəmələgətirici maddə kimi APQ çəkilmiş beton nümunə üçün:

$$F^*(x) = 1 - e^{-0,296x} \quad (45)$$

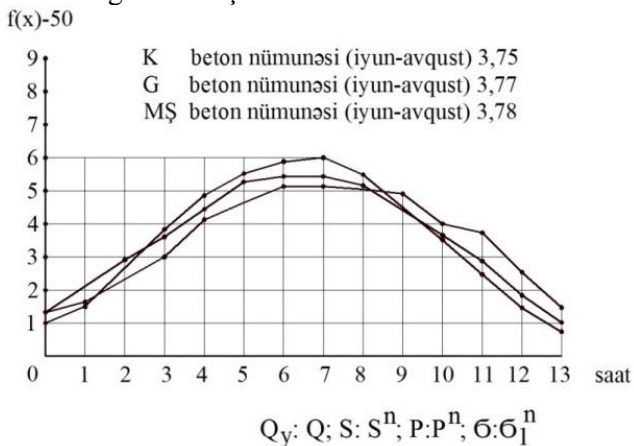
$$f(x) = 0,296e^{-0,296x} \quad (46)$$

(41) ÷ (46) ifadələrinə görə $F^*(x) - t$ və $f^*(x) - t$ qrafikləri qurulmuşdur.

3-cü yarımfəsildə beton qarışığının daxilində yaranan temperaturdan maksimum səmərəli istifadə məsələsi araşdırılmışdır.

Betonun qarışdırılma temperaturu məmulata daxil edilən və ondan ətraf mühitə yayılan istilik selinin balansından asılıdır. İstilik balansı təsadüfi kəmiyyətdir, o məmulatın ölçüsündən və sementdən ayrılan istiliyin intensivliyindən asılıdır.

Müxtəlif hallar üçün su-sement nisbəti və səthinə müxtəlif plyonkalar çəkilmiş beton nümunələr üçün tədqiqatlar aparılmış və alınmış eksperimental nəticələr cədvəllərdə verilmişdir. Bu nəticələrə əsasən qurulmuş qrafiklər şəkil 6-da göstərilmişdir.



Şək. 6. Müxtəlif plyonkaəmələgətiricilərin vasitəsilə heliotermiki emal zamanı betonun daxilində maksimum temperaturun yaranmasının sıxlıq ehtimalının paylanması (iyun-avqust aylarında)

Qrafiklərin analizi göstərir ki, alınmış əyrilər öz xarakterinə görə normal paylanma qanununa müvafiqdir. Ona görə də bu əyrilər üçün normal paylanma qanununu:

$$f^*(x) = \frac{1}{s\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(x-m)^2}{2s^2}\right] \quad (47)$$

qəbul edərək ona daxil olan s və m parametrlərini eksperimental nəticələri əks etdirən cədvəllərə əsasən təyin edirik. Sonra isə ayrı-ayrı beton nümunələr üçün ehtimalın sıxlığının paylanma qanununu tərtib edirik. Bu məqsədlə ayrı-ayrı nümunələr üçün s və m parametrlərini təyin edərək hesablayırıq:

1. Normal şəraitdə bərkியən su/sement nisbəti 0,5 olan beton nümunəsi (K) üçün:

$$s\sqrt{2\pi} = 3,176 \cdot \sqrt{2 \cdot 3,14} = 7,94; m=6,48; s=3,17$$

2. Günəş şüaları altında qoyulmuş su/sement nisbəti 0,5 olan beton nümunəsi (G) üçün:

$$s\sqrt{2\pi} = 9,03; m=6,34; s=3,61$$

3. Səthi maye şüşə ilə örtülmüş su/sement nisbəti 0,5 olan beton nümunəsi (MŞ) üçün:

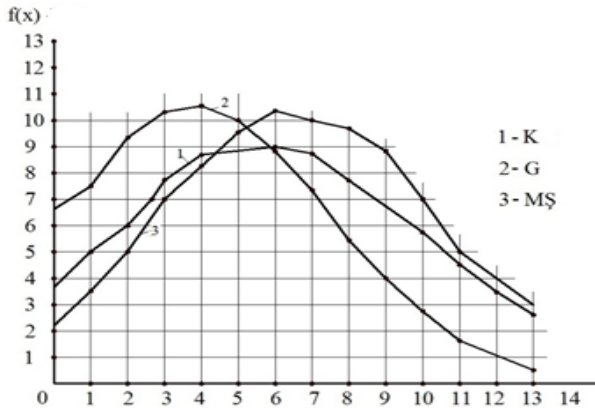
$$s\sqrt{2\pi} = 9,35; m=6,84; s=3,74$$

4. Səthinə ağır piroliz qatranı çəkilmiş su/sement nisbəti 0,5 olan beton nümunəsi (Q) üçün:

$$s\sqrt{2\pi} = 9,26; m=6,73; s=3,70$$

Alınan nəticələri (47) ifadəsində nəzərə almaqla qeyd edilən nümunələr üçün müvafiq düsturlar tərtib edilmişdir. Onlara əsasən qurulmuş qrafiklər şəkil 7-də verilib.

Analoji olaraq su/sement nisbəti 0,5 olan beton nümunələr üçün paylanma funksiyaları tərtib olunmuşdur (may-sentyabr) və qrafiklər qurulmuşdur.



Şək. 7. Müxtəlif plyonkaəmələgətiricilərin vasitəsilə heliotermiki emal zamanı betonun daxilində maksimum temperaturun yaranmasının sıxlıq ehtimallığının paylanması

Normal şəraitdə bərkiyən ağır piroliz qətranı ilə heliotermiki emal zamanı su-sement nisbəti 0,5 olan beton nümunələr üçün sıxlığın yayılma qanunları:

“K” nümunəsi üçün 3 gün ərzində müxtəlif saatlarda aparılmış tədqiqat nəticələrinə görə alınır:

$$f^*(x) = \frac{1}{A_i} \exp \left[\frac{(X - B_i)^2}{C_i} \right]$$

burada: 1, 2 və 3-cü günlər üçün müvafiq olaraq alırıq.

$$A_1=4,94; A_2=4,986; A_3=5,05$$

$$B_1=3,194; B_2=3,25; B_3=3,774$$

$$C_1=4,94; C_2=7,94; C_3=8,14$$

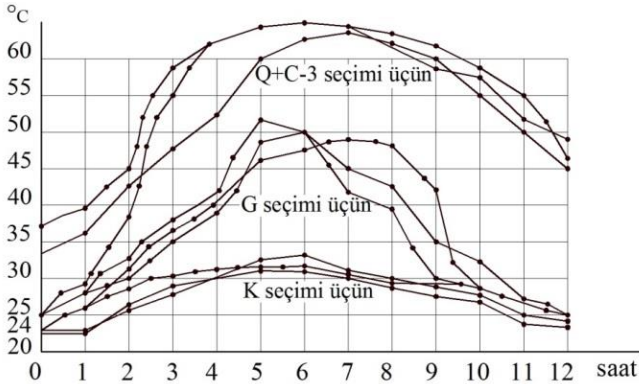
Analoji olaraq G nümunəsi üçün

$$f(x) = \frac{1}{8,986} \exp \left[-\frac{(x - 6,32)^2}{25,72} \right] \quad (48)$$

Q+C-3 nümunəsi üçün

$$f(x) = \frac{1}{10,34} \exp \left[-\frac{(x - 5,88)^2}{34,16} \right] \quad (49)$$

K, G və Q+C-3 nümunələri üçün alınmış paylanma qanunları üçün qrafiklər qurulmuşdur (şəkil 8)



Şəkil 8. Ağır piroliz qətranı ilə (iyun-avqust ayları) heliotermiki emal zamanı əlavəli (c-3) betonun daxilində yaranan maksimum temperatur.

Yuxarıda göstərilən qrafiklərin analizi bəzi nəticələrə gəlməyə imkan verir ki, bunlarda dissertasiyada verilmişdir

Şəkil 7-də göstərilən qrafiklər iyun-avqust aylarında betonun daxilində maksimum temperaturun yaranmasını göstərən $f(x)$ funksiyasını ifadə edir. Bu funksiya betonun bərkimə vaxtından asılı olaraq ehtimalın sıxlıq funksiyasının $f(x)$ paylanmasını göstərir. K-1, G və MŞ beton nümunələr üçün qurulmuş qrafiklər bir-birinə çox yaxındır, deməli baxılan variantlar üçün istiliyin beton qarışıqında yayılma ehtimalının sıxlıq funksiyaları çox az fərqlənir.

4-cü yarım fəsildə quru-isti iqlim şəraitində monolit betonun möhkəmlilik həddinin yayılması funksiyasının tərtib olunması məsələsinə baxılır. Empirik verilənlərə əsasən K, Q, MŞ və P beton nümunələri (su-sement nisbəti 0,5) üçün $F^*(x)$ paylanma funksiyaları və qrafiklər qurulmuşdur.

Həmçinin, su-sement nisbəti 0,55 olan beton nümunələr üçün $F^*(x)$ funksiyaları tərtib edilmiş (K1, P1, MŞ1, Q1) və qrafiklər qurulmuşdur.

Qrafiklərin analizi göstərir ki, onların nəticələri bir-birinə yaxındır (müxtəlif beton nümunələr üçün), yəni 28 gün ərzində nümunələrin möhkəmlilik həddinə çatması, demək olar ki, eyni qiymətə malikdir.

Eyni qayda ilə layihə möhkəmliyi B20 (M 250), B22,5 (M300), B25 (M350) və su-sement nisbəti 0,5 və 0,55 olan beton nümunələr üçün də $F^*(x)$ funksiyası və qrafiklər tərtib olunmuşdur.

(39) və (40) ifadələrindən istifadə edərək $F^*(x)$ və $f(x)$ funksiyalarının paylanma qanunları tərtib edilmişdir.

Su-sement nisbəti 0,5 olan beton nümunələr:

K – nümunələri üçün

$$\left. \begin{aligned} F^*(x) &= 1 - e^{-0,223x} \\ f(x) &= 0,223e^{-0,223x} \end{aligned} \right\} (50)$$

Q – nümunələri üçün

$$\left. \begin{aligned} F^*(x) &= 1 - e^{-0,221x} \\ f(x) &= 0,221e^{-0,221x} \end{aligned} \right\} (51)$$

MŞ – nümunələri üçün

$$\left. \begin{aligned} F^*(x) &= 1 - e^{-0,22x} \\ f(x) &= 0,22e^{-0,22x} \end{aligned} \right\} (52)$$

P – nümunələri üçün

$$\left. \begin{aligned} F^*(x) &= 1 - e^{-0,221x} \\ f(x) &= 0,221e^{-0,221x} \end{aligned} \right\} (53)$$

Alınmış nəticələr (51), (52) və (53) bir-birinə çox yaxındır.

Analoji qaydada yuxarıda qeyd olunan beton nümunələr üçün də su-sement nisbəti 0,55 olduqda $F^*(x)$ və $f(x)$ funksiyalarının paylanma qanunları qurulmuşdur. Bu qanunlar müvafiq olaraq (50), (51) və (52) ifadələrinə çox yaxın alınmışdır.

Eyni qayda ilə həmin beton nümunələri üçün layihə sinfi B20 (M250), B22,5 (M300), B25 (M350) olduqda $F^*(x)$ və $f(x)$ funksiyalarının paylanma qanunları və müvafiq qrafiklər qurulmuşdur.

Dördüncü fəsilə inşaat konstruksiyalarının hesablanmasına ehtimal nəzəriyyəsinin tətbiqinin bəzi xüsusiyyətləri araşdırılır.

1-ci yarım fəsilə konstruksiyaların hesablanmasına ehtimal nəzəriyyəsinin tətbiqi ilə konstruksiyanın ehtiyat əmsalı üçün ifadə tərtib edilmişdir.

$$\xi = (1 + \gamma \sqrt{A_R^2 + A_Q^2}) / (1 - \gamma^2 A_R^2) \quad (54)$$

burada: $A_R = D / mR$; $D_Q = mQ$;

Q - konstruksiyanın ümumiləşdirilmiş möhkəmliyi; Q - ümumiləşmiş yüküdür.

γ - təhlükəsizlik əmsalıdır: $\gamma = m_{\tilde{S}} s_{\tilde{S}}$ ($\tilde{S} = R - Q$)

2-ci yarım fəsilə qurğuların və konstruksiyaların uzunömürlü və etibarlı olmasının ehtimalla qiymətləndirilməsi məsələsi araşdırılır.

İN və Q-da 1954-cü ildən həddi-hala görə hesablama metodikası tətbiq edilir.

Etibarlılıq əmsalı K_e -ni nəzərə almaqla həddi-hala görə hesablama belə ifadə ilə yerinə yetirilə bilər:

$$F(\psi \sum_{i=1}^n \frac{Q_i}{A_i} \gamma_i \psi_i) = \sigma_s \leq \gamma_c \frac{1}{K_e} \cdot \frac{1}{\gamma_m} = R_n \quad (55)$$

Bu ifadəyə bir sıra təsadüfi kəmiyyətləri xarakterizə edən əmsalların daxil edilməsi həddi-hal üsulunu yarımehtimal üsulu adlandırmağa imkan verir.

3-cü yarım fəsil konstruksiyada zədələnmələrin toplanmasını nəzərə almaqla materialın uzunmüddətli möhkəmliyinin öyrənilməsinə həsr edilmişdir.

Sərt-plastik elementli deformasiya modeli üçün

$$K\dot{\varepsilon} + E\varepsilon = \sigma(t) \quad (56)$$

ifadəsi qəbul edilərək nisbi deformasiya ε və əvvəlki yükləmə mərhələsinə müvafiq gələn σ_{mo} üçün ifadələr tərtib olunmuşdur:

$$\varepsilon(t) = \frac{1}{k} e^{-\frac{1}{n} t_1} \int_0^{t_1} \sigma(t) e^{-\frac{1}{n} t} dt \quad (57)$$

$$\sigma_{mo} = E\varepsilon(t) = \frac{1}{n} e^{-\frac{1}{n} t_1} \int_0^{t_1} \sigma(t) e^{-\frac{1}{n} t} dt \quad (58)$$

burada: K anı deformasiya modulu; $n = \frac{K}{E}$; t_1 - sərt-plastik elementin işə qoşulma vaxtıdır.

Sərt-plastik element işə cəlb edildikdən sonra modelin deformasiyaya uğrama qanunu belə yazılacaq:

$$\dot{\varepsilon}_0 + P(t)\varepsilon_0 + Q(t) = 0 \quad (59)$$

burada: $P(t) = -\frac{\alpha\sigma_{mo}}{K\tilde{\varepsilon}_0}$; $Q(t) = \frac{1}{K}[A - \sigma(t)]$; $A = \left[1 - \frac{\sum_0 \alpha|\varepsilon_0|}{\tilde{\varepsilon}_0}\right]$ olduqda,

(59) tənliyinin həlli belə alınır:

$$\varepsilon_0 = \exp\left(-\int_{t_1}^t P(t)dt\right) \left\{ C - \int_{t_1}^t Q(t) \left[\exp\left(\int_{t_1}^t p(t)dt\right) dt \right] \right\} \quad (60)$$

burada: $P(t)$ və $Q(t)$ -nin qiymətlərini nəzərə alaraq, bir sıra çevirmələrdən sonra yaza bilərik:

$$\begin{aligned} \varepsilon_0 = \exp\left[\alpha(t) \frac{\sigma_{mo}(t-t_1)}{K\tilde{\varepsilon}_0} - \int_{t_1}^t \frac{\sigma_{mo}}{K\tilde{\varepsilon}_0} \dot{\alpha}(t) dt\right] &\cdot \left\{ C - \int_{x_1}^x \frac{1}{K} \left[\sigma_{mo} \left(1 - \frac{\sum_0 \alpha|\varepsilon_0|}{\tilde{\varepsilon}_0}\right) - \sigma(t) \right] \right. \\ &\cdot \exp\left[-\alpha(t) \cdot \frac{\sigma_{mo}}{K\tilde{\varepsilon}_0} (t-t_1)\right] + \int_{t_1}^t \frac{\sigma_{mo} t}{K\tilde{\varepsilon}_0} \dot{\alpha}(t) dt \left. \right\} dt \quad (61) \end{aligned}$$

Əgər α zamandan asılı olmazsa, o halda alınır:

$$\varepsilon_0 = \exp\left[\frac{\alpha\sigma_{mo}(t-t_1)}{K\tilde{\varepsilon}_0}\right] \cdot \left\{ C - \int_{t_1}^t \frac{1}{K} \left[\sigma_{mo} \left(1 - \frac{\sum_0 \alpha(\varepsilon)}{\tilde{\varepsilon}_0}\right) - \sigma(t) \right] \cdot \exp\left[-\alpha \frac{\sigma_{mo}}{K\tilde{\varepsilon}_0} (t-t_1) dt\right] \right\} \quad (62)$$

Uzunmüddətli möhkəmlik şərti belə olacaq:

$$\sum_0 \alpha|\varepsilon_0| = \tilde{\varepsilon}_0 \quad (63)$$

yəni, əvvəlki yükləmə mərhələlərində toplanmış sərt-plastik deformasiyaların cəmi, baxılan material üçün həddi $\tilde{\varepsilon}_0$ deformasiyasına bərabərdir.

Əgər, $\sigma = const$ və $\varepsilon_0(0) = \varepsilon_0(t) = 0$ olarsa, o halda (62) ifadəsindən alırıq:

$$\varepsilon_0(t) = \frac{\sigma - \sigma_{mo}}{\alpha \sigma_{mo} \cdot \tilde{\varepsilon}_0} \left\{ \exp \left[\frac{\alpha \sigma_{mo}}{n(E\tilde{\varepsilon}_0 - \alpha \sigma_{mo})} \right] - 1 \right\} \quad (64)$$

$$\tilde{t} = \frac{n_0 E \tilde{\varepsilon}_0}{\alpha \sigma_{mo}} \ln \frac{\sigma}{\sigma - \sigma_{mo}} \quad (65)$$

Bu ifadə materialın uzunömürlülüyü ilə gərginlik arasındakı asılılığı əks etdirir. Eksperimental nəticələrə əsaslanaraq α -funksiyasını belə formada yazmaq olar:

$$\alpha = \exp(\beta \sigma / \sigma_{mo}) \quad (66)$$

burada: β -materialın konstantıdır.

(63) şərtindən sərt-plastik deformasiya ε_0 təyin edilir:

$$\varepsilon_0 = \tilde{\varepsilon}_0 \exp \frac{-\beta \sigma}{\sigma_{mo}} \quad (67)$$

Gərginlik azaldıqca $\beta > 0$ olduqda ε_0 - artır, $\beta < 0$ olduqda isə ε_0 azalır.

4-cü yarım fəsildə qurğuların təhlükəsizliyə hesablanmasına baxılır. Konstruksiyanın dağılma şərti belə qəbul edilir:

$$R(x, y, \dots) = (r - q)(x, y, \dots) > 0 \quad (68)$$

burada: x, y, \dots hər hansı paylanma əyrilərinə malik olan hesabı kəmiyyətlərdir; r - möhkəmliyi, q - isə yükü xarakterizə edir.

R - yayılma əyrisi x, y, \dots yayılma əyrilərinə görə təyin olunur. Hesablamanı sadələşdirmək məqsədilə x, y, \dots paylanma əyriləri təqribi olaraq normal paylanma əyriləri kimi qəbul olunur. R -in paylanma əyrisinin mərkəzi və standartı belə təyin olunur:

$$m_R = R(m_x, m_y, \dots) \quad (69)$$

$$R_S^2 = S_x^2 \frac{\partial R}{\partial x}(m_x, m_y, \dots) + S_y^2 \frac{\partial R}{\partial y}(m_x, m_y, \dots) + \dots \quad (70)$$

Dağıdıcı yükün və axtarılan digər parametrlərin qiymətləri hər hansı ehtiyat əmsali nəzərə alınmadan təyin olunur, sonra isə (62) düsturuna görə axtarılan parametr hesablanır və təhlükəsizlik xarakteristikası γ -ya vurularaq əvvəlki hesablama paramaterinə əlavə edilir.

Hesablama qaydası ədədi misallarda göstərilmişdir. Dəmir-beton sütunun qeyri-mərkəzi sıxılmada simmetrik armaturunun en kəşik sahəsi təklif edilən üsul və İN və Q-na görə hesablanmışdır. Qeyd edilmişdir ki, təklif olunan üsulla hesablama zamanı armatura 23,92% qənaət etmək olar.

Digər məsələdə dəmir-beton tavr en kəsikli kranaltı tirin armaturunun sahəsi hesablanmış və İN və Q-na görə hesablama nisbətən 22,62% armatura qənaət əldə edilmişdir.

5-ci yarım fəsilə mərkəzdən xaric sıxılan sütunların hesablanması baxılır.

Başlanğıc eksentrisitet və başlanğıc əyinti f_o olduqda P (boyuna) və T (sürüşdürücü) qüvvələri belə təyin edilir:

$$P = \frac{P_m + (1 + \rho_1 + \rho_2)P_e}{2(1 - c\rho_1)} - \sqrt{\left[\frac{P_m + (1 + \rho_1 + \rho_2)P_e}{2(1 - c\rho_1)} \right]^2 - \frac{P_m P_e}{(1 - \rho_1 c)}} \quad (71)$$

$$T = \frac{\xi}{\nu} \cdot \frac{P}{P_e - P} \left(\frac{4}{\pi} P_e + P_s f_o \right) \quad (72)$$

Bu düsturlar sütun budağının və birləşdirici elementlərin metalının bərabər möhkəmlikli olması şərtini təmin edir.

Bu halda, quraşığı milin möhkəmlilik şərti belə yazılır:

$$R = S - T \geq 0 \quad (73)$$

burada: T - rabitələrin ən çox gərginləşdirilmiş elementi üçün sürüşdürücü qüvvənin maksimal qiymətidir.

R - funksiyasını Teylor sırasına ayırırıq:

$$R = R_o + \frac{\partial R}{\partial \sigma}(\sigma_s - m_\sigma) + \frac{\partial R}{\partial \alpha}(\alpha - m_\alpha) + \frac{\partial R}{\partial \beta}(\beta - m_\beta) \quad (74)$$

burada: $\sigma_s = m_\sigma$, $\alpha = m_\alpha$ və $\beta = m_\beta$ sıranın sabit üzvləridir (paylanma mərkəzləri).

$$\frac{\partial R}{\partial \sigma_s} K_s = \xi \frac{W_G}{\nu} \cdot \frac{P_m}{P_e - P_m} \cdot \frac{\sigma_m}{\bar{\sigma}_s} \sqrt{\frac{(\frac{4}{\pi})^2 S_\alpha^2 + \omega^4 (\frac{P_e}{P_m})^2 S_\beta}{\frac{1}{\gamma^2} - A_\sigma^2}} \quad (75)$$

burada: A_R - milin yükqötürmə qabiliyyətinin variasiyasıdır, S_α , S_β - müvafiq olaraq paylanma ayrılmasının standartlarıdır, W_G - kəsiyin çevrilmiş müqavimət momentidir, σ_m - sütun budaqları metalının axma həddi, $\bar{\sigma}_s$ - rabitələrin ən çox gərginləşdirilmiş elementində möhkəmlilik həddidir.

(75) düsturunun K_s əmsalını rabitənin K_R əmsalı ilə müqayisə etmək lazımdır. Əgər $K_R > K_s$ olarsa dağılma ən çox gərginləşmiş rabitə elementində baş verir. $K_R = K_s$ olduqda budaqların və rabitə elementləri metalının bərabər möhkəmliyi təmin edilir.

6-cı yarımfasildə konstruksiyaların optimallaşdırılmasında etibarlılığın nəzərə alınması məsələlərinə baxılır.

Konstruksiyanın həcmiminin minimum olması şərti dağılma ehtimalı (P) nəzərə alınmaqla tərtib olunur.

$$F = \sum_{i=1}^n \ell_i A_i + \sum_{i=1}^n \lambda p_i \quad (76)$$

burada: λ - Laqranj vuruğudur.

$$\frac{\partial F}{\partial A_i} = 0 \text{ şərtindən alırıq:}$$

$$\ell_i + \lambda \frac{\partial p_i}{\partial A_i} = 0 \quad (77)$$

Hər hansı iki milin (j və k) uzunluqları ilə onlarda yaranan gərginliklər arasında belə əlaqəni yazmaq olar:

$$\frac{\sigma_j}{\ell_j} = \frac{\sigma_k}{\ell_k} \text{ və yaxud, } \frac{\ell_k}{\ell_j} = \frac{\partial P_k}{\partial A_k} / \frac{\partial P_j}{\partial A_j} \quad (78)$$

Dağılma ehtimalı (P) üçün normal paylanma qanununu nəzərə alsaq (78) ifadəsini

$$\frac{\ell_k}{\ell_j} = \frac{\exp(-\gamma_k^2 / 2) \partial \gamma_k / \partial A_k}{\exp(-\gamma_j^2 / 2) \partial \gamma_j / \partial A_j}$$

γ_i və $\partial \gamma_i / \partial A_i$ qiymətlərini nəzərə almaqla belə yazmaq olar:

$$\frac{N_j \ell_k A_k^2 S_{hk}}{N_k \ell_j A_j^2 S_{hj}} = \frac{\exp\left[-\left(\frac{N_k}{A_k S_{hk}} - \frac{1}{A_{rk}}\right)^2\right] \frac{1}{2}}{\exp\left[-\left(\frac{N_j}{A_j S_{hj}} - \frac{1}{A_{rj}}\right)^2\right] \frac{1}{2}} \quad (79)$$

Baxılan halda (74) görə həddi-hala yol verilməməsi şərti xətti olacaq:

$$\psi = R - S_0 = (R_p^f - R_i)A_b + (\sigma_{o2}^f - m_i \sigma_{o2})A_n \geq 0 \quad (80)$$

R_p^f və σ_{o2}^f - parametrlərinin normal paylanma qanununa tabe olduğunu qəbul etsək, etibarlılığın minimum qiyməti üçün yazıla bilər:

$$P_{\min}^* = 0,5 + F(\gamma) \quad (81)$$

Məsələ həllini tapmış və dəmir-beton fermanın aşağı kəmərinin etibarlılığının minimal qiyməti $P_{\min} = 0,9118$ alınmışdır.

Konstruksiyada imtinanın (dağılmanın) başlanmasını aşağıdakı ehtimal-proqnozlaşdırmaqlar

$$P(k) = P\left[Z - \frac{\bar{m}^*}{\bar{m}_h^*} > K\right] \quad (82)$$

burada: $\bar{m}^* = \frac{\bar{m}}{m(\bar{m})}$, $\bar{m}_h^* = \frac{\bar{m}_h}{m_h}$, \bar{m} və \bar{m}_h -in modullaşdırma qiymətləridir;

$$\xi = \frac{m(\bar{m}_h)}{m(\bar{m})} \text{ ehtiyat əmsəlidir.}$$

ξ - ehtiyat əmsəlinin optimal qiyməti, konstruksiyanın riyazi gözləməsi ifadəsinin ξ -yə görə minimumlaşdırılmasından alınır.

$$m(C) = C_o + I\tilde{N} \quad (83)$$

burada: C - konstruksiyanın tikilmə dəyəridir; I konstruksiyanın imtinasından irəli gələn zərərin aradan qaldırılması dəyəridir; \tilde{N} - bütün istismar müddətində imtinaların orta ehtimal sayıdır:

$$\tilde{N} = P_1(\xi)N$$

$m(C)$ (83)-dən ξ - ya görə birinci tərtib törəməsini sıfıra bərabər edərək, bəzi çevirmələr aparıb K_0 - optimal qiymətini tapmaq üçün alırıq:

$$\frac{1 - \theta}{\xi + \xi^\theta \bar{\xi}} = N \frac{f_1(\xi)}{F(\xi)} \quad (84)$$

burada: $\bar{\xi} = \frac{I^*}{C^*}$ - iqtisadi məsuliyyətlik əmsalı; $f_1(\xi^\theta) - Z$ - funksiya-
sının maksimum yayılma sıxlığıdır; $0 \leq \theta < 1$ intervalında dəyişir.

Eksponensial, loqarifmik, normal paylanma və Pirsunun 3-cü tip yayılma qanunlarının hər hansı birindən istifadə etməklə (84) ifadəsinə görə ehtiyat əmsalının (ξ) optimal qiymətini tapmaq olar.

7-ci yarımfəsildə inşaat konstruksiyalarına təsir edən yüklərin zamana görə təsadüfi olmasını nəzərə almaqla təhlükəsizlik əmsalının təyin olunmasından bəhs edilir.

Əgər konstruksiyanın möhkəmliyi zamana görə təsadüfi funksiyasıdırsa, o halda konstruksiyanın imtinası belə ifadə olunur:

$$\tilde{q}(t) > \tilde{r}(t) \quad (85)$$

Möhkəmlik ehtiyatı üçün funksiyayı daxil etməklə yazmaq olar:

$$\tilde{S}(t) = \tilde{r}(t) - \tilde{q}(t) < 0 \quad (86)$$

Qurğunun verilmiş T_0 qulluq müddətində konstruksiyanın etibarlığı verilmiş dağılma ehtimalından az olmamalıdır (1-V). Bu şərtədən Q - yükünün hesabı qiymətini təyin etmək üçün tənlik alırıq:

$$I - V = P_q(Q) \exp \left[- \int_0^{T_0} u(Q) dt \right] \quad (87)$$

Əgər konstruksiyada aşılma müşahidə edilmirsə, o zaman möhkəmlik zamandan asılı olmur.

Belə halda, $u(0)$ - imtinaların sıxlığı təyin edildikdən sonra etibarlıq funksiyası \bar{E} üçün alırıq:

$$\bar{E} = [1 - p_s(0)] \exp \left[- \int_0^t u(0) dt \right] \quad (88)$$

(88) ifadəsindən alırıq:

$$\int_0^T u(0) dt = \ln[1 - p_s(0)] - \ln(1 - V) \quad (89)$$

Əgər yük $\tilde{q}(t)$ və möhkəmlik $\tilde{r}(t)$ stasionar qauss prosesinə tabe olarlarsa, o zaman $\tilde{S}(t)$ -də qauss prosesi olacaq və o baxılan zaman anında normal paylanma qanununa tabe olacaq.

$p_s(0)$ kəmiyyəti (88) ifadəsinə görə təyin oluna bilər:

$$P_s(0) = \frac{1}{\sqrt{2\pi s}} \exp \frac{-s^2}{2s} = \frac{1}{\sqrt{2\pi s}} \exp \frac{-\gamma^2}{2} \quad (90)$$

bu ifadədən təhlükəsizlik əmsalı γ təyin oluna bilər:

$$\gamma = \frac{s}{\sqrt{s}} = \frac{\bar{r} - \bar{q}}{\sqrt{\bar{r} + \bar{q}}} \quad (91)$$

(90) ifadəsinə müvafiq olaraq yazırıq:

$$p_s(0) = 0,5 - \Phi(\gamma) \quad (92)$$

burada:

$$\Phi(\gamma) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^\gamma \exp \frac{-\gamma^2}{2} d\gamma \quad (93)$$

Əgər $\bar{r}(0)$ və $\bar{q}(0)$ zamandan asılı olmazsa, o halda

$$V = 0,5 - \Phi(\gamma); \quad \gamma = \frac{\xi - 1}{\sqrt{A_r \xi^2 + A_q^2}} \quad (94)$$

Bu düstur yük və möhkəmlik normal qanunla paylandıqda onları təsadüfi kəmiyyət kimi xarakterizə edir.

8-ci yarımfəsildə qeyri-mərkəzi sıxılan başlanğıc əyrilikli milin yük götürmə qabiliyyətinin paylanma qanunu araşdırılır. Bu qanunun normal paylanma qrafikinə uyğun olduğunu qəbul edərək milin yük götürmə qabiliyyətinin variyasiyası üçün alırıq:

$$A_R = \frac{1}{1 - \psi} \sqrt{A_{\sigma_{ax}}^2 + A_{\sigma_o}^2 \psi^2 + \frac{d^2 \psi^2}{(d - \lambda^2 \psi)^2} (D_\alpha + \lambda^4 \xi^4 D_\beta)} \quad (95)$$

burada: $d = \frac{\pi^2 E}{\sigma_{ax}}; \quad \xi = \frac{1}{\rho} \sqrt{\frac{I}{A}}; \quad \psi = \frac{\bar{\sigma}_o}{\bar{\sigma}_{ax}}; \quad A_{\sigma_{ax}} = \frac{S_{\sigma_{ax}}}{\bar{\sigma}_{ax}}; \quad A_{\sigma_o} = \frac{S_{\sigma_o}}{\bar{\sigma}_o}$

$$D_\alpha = S_\alpha^2; \quad D_\beta = S_\beta^2$$

Simmetrik kəsiklər üçün paylanma əyrisinin sol yarısında ($-\infty < R < m_R$)

R - kəmiyyətinin riyazi gözləməsi:

$$\bar{R} = m_R - 0,798 S_R \quad (96)$$

$$\int_{-\infty}^0 \rho_R dR \text{ -inteqralının } V \text{ - kəmiyyəti təyin edilərkən } R \text{ oxunun}$$

başlanğıcını \bar{R} kəmiyyətinin mərkəzi ilə üst-üstə salsaq ρ_R - əyrisinin paylanma mərkəzinin absisi $0,798 S_R$ olacaq. Bu halda ordinat oxundan solda yerləşən paylanma əyrisinin sahəsi aşağıdakı kimi olacaq:

$$V = \frac{1}{2} - \Phi(0,798) \quad (97)$$

$\gamma = 0,798$ qəbul edərək ψ -nin qiymətini təyin edirik.

Qeyri-simmetrik kəsiklər üçün $R = \sigma_{ax} - \sigma_{max}$ R -in riyazi gözləməsi \bar{R} :

$$\bar{R} = m_R - 0,399S_R \quad (98)$$

Beləliklə, qeyri-simmetrik en kəsikli sıxılan milin gözlənilən həddi-halı üçün (97) tənliyində $\gamma = 0,399$ yazmaq lazımdır. Bu da simmetrik kəsiyə nisbətən bir qədər artırılmış qiymət verir.

Sıxılan mildə həddi yükün paylanma mərkəzinin təyin olunması boyunca əyilmə sınaqlarının nəticələrinin işlənməsi üçün böyük əhəmiyyət kəsb edir.

Dissertasiyanın beşinci fəsli karkasın əsas yükdaşıyan konstruksiyalarının gücləndirilməsi və onlarda gərginliklərin tənzimlənməsinə həsr olunub və beş yarım fəsildən ibarətdir.

1-ci yarım fəsil yük altında gücləndirilən konstruksiyalarda qabaqcadan gərginləşdirilmiş elementlərin tətbiqinə həsr edilmişdir. Gücləndirici element qabaqcadan gərginləşdirilərək əsas (dartqı) elementə birləşdirilir. Sonra isə gücləndirici element sıxılmadan azad edilir və dartılmağa başlayır və uclarda əsas elementlə birləşdirildiyi üçün onu da dartılmağa məcbur edir.

Dartqının ortasında yaranan R_d reaksiyasının təsiri nəticəsində dartqıda yaranan N_2 qüvvəsi təyin olunmuşdur:

$$N_2 \leq \frac{N_1(f_1 + \rho) - RW}{f_1 E_d A_d / (N_2 + E_d A_d) + \rho} = \frac{[N_1(f_1 + \rho) - RW](N_2 + E_d A_d)}{f_1 E_d A_d + \rho(N_2 + E_d A_d)} \quad (99)$$

N_1 , N_2 , f_1 , f_2 , Q_d qiymətlərindən istifadə edərək gərginləşdirici elementin en kəsiyində yaranan gərginliyi σ belə təyin etmək olar.

$$\sigma = \frac{N_1 + N_2}{A} \left[\sqrt{1 - \frac{4f_1^2}{\ell^2}} + \frac{Af_1}{W} \cdot \frac{1}{1 + N_2 / E_d A_d} \right] \leq R_y$$

Sistemin böhran halı üçün dayanıqlığın xarakteristik tənliyi:

$$|K - \lambda E| = 0 \quad (100)$$

Bir-birindən bərabər məsafələrdə sıx yerləşən elastiki dayaqların təsirini, elastiki mühitin ekvivalent təsiri ilə əvəz etmək olar. Belə mühitin sərtlik əmsalı

$$\gamma_s = \sum \alpha / \ell n \quad (101)$$

Gərginləşdirilən elementin (dartqının) böhran yükü:

$$P_{kr} = \frac{\pi^2 EJ}{\ell^2} \left(K_1^2 + \frac{\gamma_e^4}{K_1^2 \pi^4 EJ} \right) \quad (102)$$

burada: K_1 - yarımdalğaların sayıdır.

Yarımdalğaların $K_1 - 1$ və K_1 saylarında dayanıqlığın itirilməsi eyni dərəcədə mümkündürsə, o halda $P_{kr}^{K_1-1} = P_{kr}^{K_1}$ şərtindən γ_e -ni təyin edirik:

$$\gamma_e = \frac{K_1^2 (K_1 - 1) \pi^4 EJ}{\ell^4} \quad (103)$$

Bu qiyməti nəzərə almaqla P_{kr} üçün alırıq:

$$P_{kr} = \frac{\pi^2 EJ}{\ell^2} (2K_1^2 - 2K_1 + 1) = P_e (2K_1^2 - 2K_1 + 1) \quad (104)$$

2-ci yarımfəsildə yük altında qabaqcadan gərginləşdirilmiş elementlərlə gücləndirilmiş ilkin əyrilikli sıxılan elementlərin iş xüsusiyyətləri araşdırılır.

İlkin əyriliyə malik olan mil sıxılmada iki iş mərhələsinə malik olur: elastiki və elastiki-plastiki. Elastiki ərazinin sərhəddi belə təyin olunur:

$$\sqrt{\frac{\pi^2 E}{\sigma_t}} \leq \lambda \leq \sqrt{\frac{\pi^2 E}{\sigma_N^0 \cdot \gamma_1 + \sigma_N^g (1 - \gamma_1)}} \quad (105)$$

burada: $\gamma_1 = A_0 / (A_g + A_0)$

$$\sigma_N^0 = \sigma_B^0 + \sigma_N \quad (106)$$

σ_B^0 - gücləndirməyə qədər əsas elementdəki gərginlik; σ_N - qabaqcadan gərginləşdirmə qüvvəsinin (N_g) təsiri nəticəsində başlanğıc gərginliyin azalmasıdır; σ_N^0 - əsas elementdə gücləndirmədən sonra yaranan gərginlikdir.

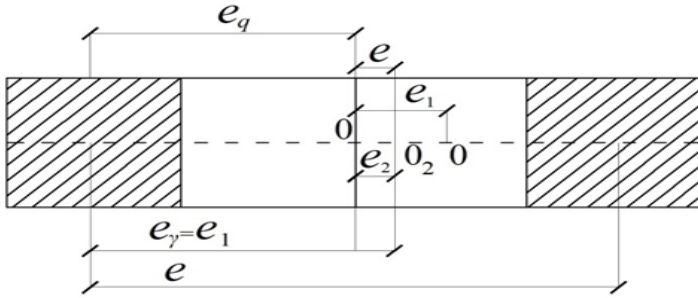
$$N_g = A_g \sigma_N^g$$

İkinci elastiki - plastik iş ərazisinin sərhəddi:

$$0 < \lambda \leq \sqrt{\frac{\pi^2 E}{\sigma_t}} \quad (107)$$

Gücləndirici elementin en kəşik sahəsini və qabaqcadan gərginləşmə qüvvəsini elə təyin etmək olar ki, gücləndirmə anında onda yaranan gərginlik gücləndirilən elementdəki gərginliyə bərabər alınsın. Belə olan halda gücləndirilmiş mil bütöv en kəşikli quraşığı mil kimi işləyəcək.

Kombinasiya üsulu ilə gücləndirilən mərkəzi sıxılan milin işi daha mürəkkəb olacaq. Bu halda milin bir tərəfi qabaqcadan gərginləşdirilmiş, digər tərəfi isə gərginləşdirilməmiş elementlə gücləndirilir (şəkil 9).



Şək. 9. Bir tərəfi qabaqcadan gərginləşdirilmiş, digər tərəfi işə gərginləşdirilməmiş mil

Gərginləşdirilməmiş elementlə birtərəfli gücləndirmədə milin ağırlıq mərkəzi e_1 qədər yerini dəyişəcək. Milin digər tərəfdən qabaqcadan gərginləşdirilmiş elementlə gücləndirilməsi nəticəsində milin ağırlıq mərkəzi e_2 qədər yerini dəyişəcək. Bu halda normal qüvvənin yekun tətbiq nöqtəsi qabaqcadan gərginləşdirilmiş element tərəfə yerini dəyişəcək və belə hesablanacaq:

$$e = e_1 - e_2 \quad (e_1 > e_2 \text{ olmalıdır}) \quad (108)$$

həmçinin,

$$\Delta N \cdot e = N_g e_g \quad (109)$$

bərabərliyi ödənməlidir. Burada ΔN - gücləndirmədən sonra əlavə edilən qüvvədir.

Qabaqcadan gərginləşdirilməmiş gücləndirmə elementinin kənarlarında gərginliyin max və min qiymətləri:

$$\sigma'_{1,2} = \frac{N_g}{A_0 + A'_g} \left(1 \pm \frac{A'_g d}{W'_g} \right) \quad (110)$$

Köhnə elementin en kəsiyində kənar gərginliklər qabaqcadan gərginləşdirilmiş gücləndirici element işə cəlb edildikdən sonra:

$$\sigma_{03} = \left[\frac{N}{A_0 \varphi_0} - \frac{N_g}{(A_0 + A'_g) \varphi_0} \right] \pm \frac{N_g A_0}{(A_0 + A'_g) W_0} d_1 \quad (111)$$

Əsas və əlavə elementlərdə gərginliklər bərabər olduqda, hesabı kəsikdə şərti gərginlikləri belə düsturla hesablamaq olar:

$$\sigma_s = \frac{N_0}{\varphi_s^{qm} [A_0 + A_0 (E_g / E_0)]} \quad (112)$$

E_g / E_o qiymətindən asılı olaraq gücləndirmənin effektivliyini artırmaq olar. Əksər hallarda $E_g / E_o = 0,8 - 1$ qəbul olunur.

Gücləndirmədən sonra mövcud konstruksiyada gərginliyin qiyməti $N_o - N_g$ qüvvəsinə görə təyin edilir:

$$\sigma_s = \frac{N_o - N_g}{A_o \varphi_o^{qm}} \quad (113)$$

(112) və (113) ifadələrinin sağ tərəflərinin bərabərliyindən alınır:

$$N_g = N_o \left(1 - \frac{\varphi_o^{qm}}{\varphi_s^{qm}} \cdot \frac{A_o}{A_o + A_g E_g / E_o} \right) \quad (114)$$

$E_g = E_o = E$ olduqda:

$$N_g = N_o \left(1 - \frac{\varphi_o^{qm}}{\varphi_s^{qm}} \cdot \gamma' \right) \quad (115)$$

burada:

$$\gamma' = \frac{A_o}{A_o + A_g (E_g / E_o)}$$

Momentin təsir müstəvisində

$$N_g = N_o - \frac{A_g}{A_o - A_g} \left[1 + \frac{A_o}{f} a(\ell + f) \right] \quad (116)$$

Momentin təsir müstəvisində iki tərəfli gücləndirmə üçün alırıq:

$$N'_{g1} = N_o A_{g1} \left(\frac{1}{A} + \frac{e+f}{f} d_1 \right) \quad (117)$$

$$N'_{g2} = N_o A_{g2} \left(\frac{1}{A} + \frac{e+f}{f} d_2 \right) \quad (118)$$

3-cü yarım fəsilə gücləndirilmiş sıxılan millərin elastiki-plastiki mərhələdəki işi tədqiq edilir. Milə hər iki tərəfdən gücləndirici elementlər birləşdirilən halda, en kəsiyinin kənarlarında gərginliklərin sıçrayışı baş verir.

Şenli-Enqesser kriteriyasına görə mərkəzi sıxılan milin böhran yükü üçün ifadə tərtib edilmişdir:

$$N_{kr} = \frac{\pi^2 (E_g I_g + E I_o)}{\ell^2} N_b \quad (119)$$

burada: N_b - milə tətbiq edilən sıxıcı qüvvədir.

Gücləndirici elementin ən gərginləşmiş nöqtəsində axmanın başlama şərti belə olacaq:

$$\sigma_0 \left[1 + \frac{\sigma_{cr} \ell}{\rho(\sigma_{cr} - \sigma_0)} \right] \leq \sigma_t - \sigma_0 \quad (120)$$

Xarici və daxili qüvvələrin müvazinət şərtləri düzbucaqlı en kəsiyi üçün belə yazılır :

$$N = 0,5bh_0(\sigma_{\min} + \sigma_t - \Delta\sigma) + bh_t\sigma_t + \frac{1}{2}b(h_0 - h_t) \cdot (\sigma_t + \sigma_t) \quad (121)$$

$$M = bh_1 \frac{2}{3} h_1 \frac{1}{2} \left(\frac{N}{A} - \sigma_{\min} \right) + bh_2 \frac{2}{3} h_2 \frac{1}{2} \left(\sigma_t - \Delta\sigma - \frac{N}{A} \right) + (h_2 + 0,5h_1)bh_t \left(\sigma_t - \Delta\sigma - \frac{N}{A} \right) \quad (122)$$

h_1 və h_2 -ni təyin etməklə neytral oxun vəziyyətini və axma zonasının dərinliyini təyin etmək olar:

$$h_1 = (\sigma_0 - \sigma_{\min})(\rho / E); \quad h_2 = (\sigma_t - \sigma_0 - \Delta\sigma)(\rho / E_k) \quad (123)$$

$$h_t = h - (h_1 + h_2) \quad (124)$$

Müvazinət şərtlərindən və $f = \ell^2 / \pi^2 \cdot \rho$ ifadəsinə görə milin oxunun gərginlik radiusu üçün yazmaq olar:

$$\rho = \frac{EI_0 + E_k I_g - N(\ell^2 / \pi^2)}{N_e \ell} \quad (125)$$

Neytral oxun vəziyyətini təyin etdikdən sonra gücləndirilmiş milin yükötürmə qabiliyyətini təyin etmək olar.

Nəzərə alsaq ki, plastik deformasiyalar zonasında gərginlik σ -dan artıq olmur, o halda ekvivalent milin hesabı kəsiyində gərginlik $\Delta\sigma$ qədər az olmalıdır. Bu isə o deməkdir ki, həmin kəsikdə normal qüvvə ΔN qədər az olacaq:

$$N_1 = N - \Delta N \quad (126)$$

burada: N_1 - ekvivalent mildə normal qüvvədir.

həmçinin,

$$N_1 = A\sigma_o - 2A\sigma(A_0 A_g / A) \quad (127)$$

Kəsiyin qabarıq tərəfində gərginlik epyurunun ordinatı

$$\sigma_1 = \sigma_t - \frac{2h}{h_0}(\sigma_t - \sigma_0) - \Delta\sigma \left(\frac{h_1}{h} - 1 \right) \quad (128)$$

Gücləndirilən milin ayrılığı:

$$\frac{1}{\rho} = \frac{2}{Eh_0} \left[\frac{h}{h_0}(\sigma_t - \sigma_0) + \left(\frac{2h_g}{h} - 1 \right) \Delta\sigma \right] \quad (129)$$

Milin əyilmiş oxunu sinusoid formasında götürsək, en kəsiyi üçün alarıq:

$$\frac{1}{\rho} = y_o'' = -\frac{\pi^2}{\ell^2} y_0 = -\frac{\pi^2}{\ell^2} f \quad (130)$$

burada: (129) ifadəsini nəzərə almaqla yazmaq olar;

$$f = \frac{\ell^2}{\pi^2} \cdot \frac{1}{\rho} = \frac{2\ell^2}{\pi^2} \cdot \frac{1}{Eh_0} \left[\frac{h}{h_0} (\sigma_t - \sigma_0) + \left(\frac{2h_g}{h} - 1 \right) \Delta\sigma \right] \quad (131)$$

Yuxarıda gətirilən düsturlardan görüldüyü kimi başlanğıc gərginlikləri olan mil plastiki mərhələyə daha tez daxil olur və yükqötürmə qabiliyyətini nisbətən kiçik yüklərdə itirir.

Düzbucaqlı en kəsiyi üçün müvazinət şərtindən kəsiyin müvafiq olaraq dartılan və sıxılan hissələrində elastiki zonanın hündürlüyü h'_1 və h'_2 təyin edilir.

h'_1 və h'_2 qiymətlərindən istifadə edərək təyin edirik:

$$\frac{1}{\rho} = \frac{1}{E} \sqrt{\frac{(\sigma_t - \Delta\sigma)^3 + \sigma_t^2 (\sigma_t - \sigma_0)}{3(h\sigma_0 - 2\frac{h_g h_0}{h} \Delta\sigma)(\ell + f)}} \quad (132)$$

Milin əyintisi:

$$f = \frac{\ell^2}{\pi^2 E} \sqrt{\frac{(\sigma_t - \Delta\sigma)^3 + \sigma_t^2 (\sigma_t - \Delta\sigma)}{3(h\sigma_0 - 2\frac{h_g h_0}{h} \Delta\sigma)(\ell + f)}} \quad (133)$$

Analoji olaraq milin ikitərəfli gücləndirilməsinə baxılır. Əvvəldə olduğu kimi hesab edəcəyik ki, axma zonası əlavə edilən kəsik daxilində yaranır. Birtərəfli axma zonası olduqda birinci tarazlıq şərti belə yazılır:

$$bh\sigma_0 - 2b\frac{h_0 h_g}{h} \Delta\sigma = b \left[h\sigma_0 - \frac{\sigma_t + \Delta\sigma - \sigma'_1}{2} (h_1 - h_{2g}) + h_{1g} \Delta\sigma \right] \quad (134)$$

$$h_g = h_{1g} + h_{2g} ; \sigma'_1 = \sigma_1 - \Delta\sigma$$

Milin əyriliyi:

$$\frac{1}{\rho} = \frac{2}{E(h-h_1)^2} (\sigma_t - \sigma_1) + \frac{2}{E(h-h_{2g})} \left[\frac{2h_0 h_g}{h(h-h_{2g})} - 1 \right] \Delta\sigma \quad (135)$$

Milin əyintisi:

$$f = \frac{2h\ell^2}{\pi^2 E(h-h_{2g})} (\sigma_t - \sigma_0) + \frac{2\ell^2}{\pi^2 E(h-h_{2g})} \left[\frac{2h_0 h_g}{h(h-h_{2g})} - 1 \right] \Delta\sigma \quad (136)$$

Eyni qayda ilə ikitərəfli axma halı üçün də əyinti ifadəsini tərtib etmək olar. Beləliklə, elastiki mərhələdə yük altında qabaqcadan gərginləşdirilmiş elementlərlə gücləndirilən və başlanğıc gərginliklər fərqi $\Delta\sigma$ olan mil üçün əyinti ifadələri alınır.

4-cü yarımfəsildə məsələlərin həllinə baxılmışdır.

1-ci məsələdə en kəsiyi 20 №-li enli kəmərlənən ikitavrından olan qabaqcadan gərginləşdirilmiş elementlərlə gücləndirilən mərkəzi sıxılan milə baxılır.

Mil ən böyük sərtlik müstəvisində simmetrik olaraq $\varnothing 114 \times 5$ boru elementlərlə gücləndirilir. Gücləndirmə anında milin yük götürmə qabiliyyəti $N=300$ kN, gücləndirmədən sonra isə 550 kN təşkil edir.

Qabaqcadan gərginləşdirilmiş elementlərlə gücləndirilən milin yüklənmə qabiliyyəti $N=728,05$ kN-dur.

Yalnız qabaqcadan gərginləşdirmə nəticəsində milin yük götürmə qabiliyyəti $(728,05-300) \cdot 100\% / 300 = 142,68\%$ artmış olur.

2-ci məsələdə əyilib-sıxılan simmetrik gücləndirilmiş dirəyə baxılır və tədqiqatlar qabaqcadan gərginləşdirilmiş elementlərlə iki variant üzrə aparılır: iki şveller №12 və iki boru $\varnothing 89 \times 5$ gücləndirilən dirək 50 №-li ikitavrındadır. Gücləndirmə anında dirəyə təsir edən hesabi qüvvələr: $N_0=220$ kN; $M_0=16,5$ kNm. Gücləndirmədən sonra dirəyə təsir edən qüvvələr (gücləndirici elementlərin qabaqcadan gərginləşdirilməsi nəzərə alınmadıqda):

a) birinci variant üzrə $N=500$ kN; $M=20$ kNm;

b) ikinci variant üzrə $N=350$ kN; $M=40$ kNm;

Birinci yük kombinasiyası üçün:

Birinci gücləndirmə variantı üzrə yalnız qabaqcadan gərginləşdirmədən dirəyin yük götürmə qabiliyyəti 20% yüksəlir, boru elementlərlə gücləndirilmiş ikitavr en kəsikli milin yüklənmə qabiliyyəti gücləndirici elementlərin (boruların) qabaqcadan gərginləşdirilməsi nəticəsində 32,36% yüksəlmişdir. İkinci gücləndirmə variantı üzrə isə bu göstərici 23,3% təşkil edir.

İkinci yük kombinasiyası üçün:

Birinci gücləndirmə variantı üçün yalnız qabaqcadan gərginləşdirmə sayəsində dirəyin yük götürmə qabiliyyəti 29,46% artmış olur.

Momentin təsir müstəvisində (minimal sərtlik müstəvisi):

Birinci gücləndirmə variantı üçün, birinci yük kombinasiyasına görə yalnız qabaqcadan gərginləşdirmə sayəsində dirəyin yük götürmə qabiliyyəti 55,68%, ikinci gücləndirmə variantı üçün, ikinci yük kombinasiyasına görə isə 43,54% artmış olur.

Digər bir məsələdə qeyri-mərkəzi sıxılma, qabaqcadan gərginləşdirilmiş elementlə qeyri-simmetrik gücləndirilən çərçivə sütununa baxılmışdır. Gücləndirmə anında sütunun aşağı (özül) və yuxarı kəsiklərində (rigel səviyyəsində) yük kombinasiyaları:

$$M_1 = 150 \text{ kNm}; N_1 = 756 \text{ kN (aşağıda)}.$$

$$M_2 = 252 \text{ kNm}; N_1 = 630 \text{ kN (yuxarıda)}.$$

Sütunun en kəsiyi qaynaq quraşığı ikitavrdan qəbul edilir:

$$b_f \times t_f = 280 \times 12 \text{ mm}, h_w \times t_w = 475 \times 8 \text{ mm}.$$

Rekonstruksiyadan sonra sütunun en kəsiklərində yaranan yük kombinasiyaları:

$$M_1 = 160 \text{ kNm}; N_1 = 1039 \text{ kN}; M_2 = 281 \text{ kNm}; N_1 = 703 \text{ kN}$$

Sütun iki variantda № 24A şveller və teleskopik boru ilə ($\varnothing 108 \times 4$ mm, $\varnothing 89 \times 10$ mm) gücləndirilir. Sütunun yüklənmə qabiliyyəti yalnız qabaqcadan gərginləşdirilmiş elementlərə görə moment müstəvisində yuxarı kəsik səviyyəsində birinci və ikinci gücləndirmə variantları üzrə 57% və 82% təşkil edir. Sütunun minimal sərtlik müstəvisində müvafiq olaraq bu göstəricilər 29% və 128% olur.

5-ci yarımfəsildə simmetrik və qeyri-simmetrik gücləndirilmiş qeyri-mərkəzi sıxılan milin müxtəlif variantları üçün həndəsi xarakteristikaları tərtib edilmiş, gücləndirmədən sonra alınan en kəsiyi və ilkin milin en kəsiyinin həndəsi xarakteristikaları arasında əlaqə müəyyən olunmuşdur. Dörd gücləndirmə sxeminə baxılmışdır.

Modellər üçün alınan nəticələrin müqayisəsi göstərir ki, birinci modeldə gücləndirici elementdə yaranan gərginlik ikinci modeldəki müvafiq gərginlikdən çox aşağıdır. Bu da onunla izah oluna bilər ki, birinci modeldə gücləndirici element əsas elementlə zəif əlaqələndirilib və onun materialının möhkəmliyindən tam istifadə olunmur. Bu səbəbdən σ_1 və σ_2 - gərginlikləri də ikinci model üçün birinci modelə nisbətən yüksəkdir.

Əyintilərə gəldikdə isə qeyd etmək olar ki, ikinci model üçün

$$f_b \text{ və } f_{\text{aks}} \text{ qiymətləri birinci modelə nisbətən çoxdur.}$$

Analoji surətdə 3-cü gücləndirmə sxeminə baxılmış, məsələnin həlli verilmişdir.

Beləliklə qeyd etmək olar ki, başlanğıc əyintinin eksentrisitetin qiymətlərindən asılı olaraq mildə yaranan gərginliklər müxtəlif işarəli ola bilər.

ƏSAS NƏTİCƏLƏR

Dissertasiya işində aşağıdakı nəticələr alınmışdır:

1. Konstruksiyaya təsir göstərən hesabı yükün təyin olunması üçün dəqiqləşdirilmiş ifadə alınmışdır. Pirsonun 3-cü tip əyrisindən istifadə edərək materialın möhkəmliyinin paylanma ehtimalı üçün ifadə tərtib

olunmuşdur. Veybullu asılılıqından istifadə edərək küləyin sürətinin yayılma ehtimalı üçün ifadə alınmışdır. Humbelin paylanma qanununa əsasən qar yükünün sıxlığının paylanma ehtimalı üçün düstur tərtib olunmuşdur.

2. Körpü kranları üçün texniki ədəbiyyatlarda verilmiş məlumatlara əsasən kran yüklərindən kran körpüsündə yaranan qüvvələrin, sütuna verilən yükün və kranaltı tirin aşağı kəməndəki gərginliklərin paylanma qanunları müəyyən edilmişdir. Eksperimental əyriyənin daha çox Veybullu paylanma qanunlarına uyğunluğu müəyyən edilmişdir. Müxtəlif asılılıqlar üçün Veybullu ifadəsindəki m parametri üçün müvafiq qiymətlər qəbul etməklə eksperimental və nəzəri əyriyənin bir-birini daha yaxşı aproksimasiya etməsinə nail olmaq olar. Müvafiq hallar üçün paylanma qanunları Veybullu qanunu əsasında qurulmuşdur.

3. Riyazi statistikanın qanunlarına əsasən materialın etibarlılıq əmsalını daxil etməklə sıxılma və dartılmada deformasiya zirvələri üçün ifadələr tərtib edilmiş və materialın etibarlılıq əmsalını müəyyənləşdirən düstur tərtib olunmuşdur.

4. İnşaat poladları üçün normativ müqavimətin təmin olunmasının ehtimal ifadəsi alınmışdır.

5. Aparılan eksperimental işlərin nəticələri ümumiləşdirilərək müxtəlif sinifli beton nümunələrin müxtəlif bərkimə şəraitlərində prosesin tənzimlənməsi, günəş enerjisindən istifadə etməklə betonun bərkiməsinə sərf olunan enerjiyə qənaət edilməsi məsələləri araşdırılmışdır. Qurulmuş histqramların analitik ifadələri tərtib edilmiş, $F^*(x)$ və $f^*(x)$ - funksiyalarının paylanma qanunları formaləşdirilmişdir.

6. Beton nümunələr daxilində yaranan istiliyin səmərəli sərf edilməsi su/semant nisbətindən asılı olaraq analiz edilmiş və alınmış qrafiklərin normal paylanma qanununa uyğunluğu təsdiqlənərək $f^*(x)$ ifadəsinə daxil olan σ və m parametrləri hesablanmışdır.

7. Ehtimal nəzəriyyəsinin tətbiqi ilə konstruksiyanın ehtiyat əmsalı üçün ifadə tərtib edilmişdir.

8. Zədələnmələri nəzərə almaqla nisbi deformasiya $\varepsilon(t)$ və gərginlik σ_{mo} üçün t zamanından asılı olan düsturlar alınmışdır. Həmçinin, uzunmüddətli \tilde{t} zamanı üçün də düstur tərtib edilmişdir.

9. Qurğuların təhlükəsizliyə hesablanması zamanı təhlükəsizlik xarakteristikası γ nəzərə alınmışdır. Bu xarakteristikanın nəzərə alınması betona 23,92%, armatura isə 22,62% qənaət etməyə imkan verir.

10. Başlanğıc əyintisi olan, mərkəzdən xaric sıxılan sütunun budaqlarının və birləşdirici elementlərin metalının bərabər möhkəmlikli olmasının təmin edilməsi şərtinə görə boyuna P qüvvəsi və T sürüşdürücü qüvvələri üçün ifadələr tərtib edilmişdir. Qeyri-mərkəzi sıxılan sütunda budaqların və birləşdirici elementlərin metalı üçün bərabər möhkəmlik şərti $R=S-T \geq 0$ təmin edildikdə sütunun dağılması daha çox gərginləşdirilmiş rabitə elementinin sıradan çıxması ilə əlaqədar ola bilər.

11. Konstruksiyanın möhkəmlik ehtimalının normal paylanma qanununa tabe olduğunu qəbul edərək milvari sistemin ayrı-ayrı millərinin uzunluqlarının nisbətləri üçün ifadələr alınmışdır. Bu münasibətlərdən istifadə edərək elementlərin sahələrini və təhlükəsizlik əmsalını təyin etmək olar.

12. Təsadüfi parametrləri nəzərə alaraq inşaat konstruksiyaları üçün həddi-hal şərti tərtib edilmişdir. Bu şərtə daxil olan təyinedici parametrlərdən dəmir-beton konstruksiyaların möhkəmliyinin və deformasiyaların hesablanması və ya çatın açılmasına görə statistik məsələlərin həllində istifadə oluna bilər. Məsələlərin həllinə əsasən, dəmir-beton fermanın alt kəmərinin çata davamlılığa və möhkəmliyə hesablanması yerinə yetirilmişdir. Etibarlılıq və ehtimal parametrlərinin qiymətləri təyin edilmiş və müvafiq analizlər aparılmışdır.

13. Konstruksiya üçün optimallaşdırma kriteriyası və şərtləri tərtib olunmuşdur. Bu şərtlərin çoxüzlüsü üçün tənliklər sistemi yazılmışdır. Qeyd olunmuşdur ki, sistemin hər bir elementinin yükötürmə qabiliyyəti həddi qüvvənin X_r^o ilə xarakterizə olunur və tələblərə görə qurğunun tam istismar müddətində müəyyən $q(t)$ ehtimalla dağılması baş verməməlidir. Bütün bu deyilənlər riyazi model kimi matris formasında tərtib olunmuşdur.

14. İnşaat konstruksiyalarına təsir edən yüklərin və onların möhkəmliyinin zamana görə təsadüfi olmasını nəzərə almaqla, konstruksiyanın imtina ehtimalı və onun möhkəmlik ehtimalı arasında münasibətlər tərtib olunmuşdur.

15. Qeyri-simmetrik kəsik üçün möhkəmlik şərti tərtib olunmuş və təyin olunmuşdur ki, qorxulu hal yalnız eksentrisitetlər müsbət işarəli olduqda yarana bilər. Qeyri-simmetrik en kəsikli milin gözlənilən həddi-halı üçün P_R paylanma əyrisinin tənliyindən $\gamma = 0,399$ tapılmışdır.

16. Müəyyən edilmişdir ki, dartıq vasitəsilə gərginləşdirilən və aşırımın ortasında bir diafraqması olan elementin yükötürmə qabiliyyəti, diafraqması olmayan eyni elementə nisbətən n dəfə çox olur ($n = (N_1 + N_2) / N_e$).

Əsas elementlə diafraqmalar vasitəsilə əlaqələndirilmiş dartqının qabaqcadan gərginləşdirmə nəticəsində alınan yerdəyişmələrini təyin etmək üçün ifadə tərtib olunmuşdur. Dayanıqlığın təyin edilməsi üçün kanoenik tənlik çıxarılmış və dartqının dafio əmsalı K_o üçün matris formalaşdırılmışdır.

17. Təyin edilmişdir ki, qabaqcadan gərginləşdirilən elementlərlə gücləndirilən milin yük götürmə qabiliyyəti yalnız qabaqcadan gərginləşdirmə sayəsində 32,36% artır. Qeyri-mərkəzi sıxılan dirəklərdə müxtəlif gücləndirmə variantları üçün bu artım 23,3% və 29,46% təşkil edir. Minimal sərtlik müstəvisində müvafiq olaraq qabaqcadan gərginləşdirmə sayəsində bu artım ayrı-ayrı gücləndirmə variantları üçün 55,68% və 43,54% təşkil etmişdir.

Gərginləşdirilən milin böhran yükünü təyin etmək üçün düstur təyin olunmuş və göstərilmişdir ki, dayanıqlığın itirilməsi iki yanaşı halda forma üzrə baş verə bilər ki, bu da yarımdalğaların K_1 sayından asılı olaraq böhran yükünün qiymətini hesablamaq üçün ifadə tərtib etməyə imkan verir.

18. Kombinasiya üsulu ilə gücləndirilmiş mərkəzi sıxılan milin gərginlik halı araşdırılmış və gücləndirici elementlərin xarici və daxili sərhədlərində yaranan gərginliklər, habelə milin ağırlıq mərkəzinin yekun eksentrisiteti təyin edilmişdir.

Əsas və əlavə elementlərdə gərginliklər bərabər olduqda mil quraşığı en kəsikli mil kimi işləyəcək. Belə hal üçün σ_s (şərti gərginlik) təyin edilmişdir. Müəyyən edilmişdir ki, E_o -ın böyük qiymətində σ_s -nın qiyməti $N_g / A_o \varphi_{qm}$ -ə yaxın olacaq və belə halda qabaqcadan gərginləşdirmənin effekti az olacaq.

19. Elastiki-plastiki mərhələdə işləyən qeyri-mərkəzi sıxılan milin işinin tədqiqi əsasında gücləndirici elementin daha gərgin nöqtəsində axmanın başlama şərti və çevrilmiş elastiklik modulu E_c üçün ifadə çıxarılmışdır.

Milin en kəsiyinin neytral oxunun vəziyyətini və axma zonasının dərinliyini təyin etmək üçün milin birtərəfli və ikitərəfli gücləndirilməsi nəzərə alınmışdır. Müxtəlif gücləndirmə variantları üçün bu məsələ ədədi eksperimentlərlə həll edilmişdir.

Dissertasiya işinin əsas məzmunu aşağıdakı elmi əsərlərdə əks olunmuşdur:

1. Camalov C.Ə., Sərdarov B.S. Sərt və plastik beton qarışığının reolojiyasının təyin edilməsi üsulları, // Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universiteti, Elmi əsərlər, №2. Bakı: 2006, s. 78-80.
2. Camalov C.Ə. İnşaat konstruksiyalarının etibarlılığı və uzunömürlülüyünün bəzi xüsusiyyətləri //Azərbaycan İnşaat və Memarlıq Elmi-Tədqiqat İnstitutu, İnşaat və Memarlıqda elmi yeniliklər. Bakı: 2009, s. 131-139.
3. Camalov C.Ə. Konstruksiyanın həddi-hala çatmasının etibarlılığı və artıq yüklənmə və materialın bircinslilik əmsallarının qarşılıqlı əlaqəsi haqqında // Nəzəri və Tətbiqi Mexanika H.IV №4 (16). Bakı: 2009, s. 22-25.
4. Джамалов Д.А. О применении теории надежности к расчету конструкций // Естественные и технические науки, №2 (46). Москва: 2010, с. 469-474.
5. Джамалов Д.А. О расчете конструкций на надежность // Системные технологии 1¹(66), ISSN 1562-9945. Днепропетровск: 2010, с. 122-126.
6. Camalov C.Ə. Materialın möhkəmlik xüsusiyyətlərinin reoloji modeli haqqında // “Bina və qurğuların dayanıqlığı” Beynəlxalq elmi-praktiki konfransın materialları. Bakı: 2010, s. 33-37.
7. Джамалов Д.А. К определению длительной прочности материалов с учетом накопления повреждений // Проблемы вычислительной механики и прочности конструкций, ISSN 2079-1836, 16 выпуск. Днепропетровск: 2011, с. 113-119.
8. Джамалов Д.А. О случайной характеристике нагрузок, действующих на сооружение // Проблемы вычислительной механики и прочности конструкций, ISSN 2079-1836, 17 выпуск. Днепропетровск: 2011, с. 112-118.
9. Джамалов Д.А. О вероятности изменения модулей деформации в функции от условной деформации // Вестник тульского государственного университета, Серия Актуальные вопросы механики, выпуск 7. Тула: 2011, с. 52-58.
10. Camalov C.Ə. Qurğuya təsir edən yüklərin ehtimallığının paylanma qanunları haqqında // Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyası Elmi İnnovasiyalar Mərkəzi, Azərbaycanın müstəqilliyinin bərpasının 20 illiyinə həsr olunmuş ölkə iqtisadiyyatının inkişafında elmi innova-

- siyaların rolü, Beynəlxalq Elmi-Praktiki Konfrans. Bakı: 2011, s. 201-205.
11. Camalov C.Ə. Küləyin yayılma qanunları və təzyiqinin hesablanması haqqında // Nəzəri və Tətbiqi Mexanika, H.VII, №2 (26). Bakı: 2012, s. 33-38.
 12. Camalov C.Ə. Sıxılan milin yükötürmə qabiliyyətinin riyazi gözləməsi haqqında // Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universiteti, "Müasir İnşaatın Nəzəri və Praktiki Problemləri" Beynəlxalq elmi-praktiki konfrans. Bakı: 2012, s. 8-10.
 13. Camalov C.Ə. Betonun bərkimə prosesinə temperaturun təsirinin tənzimlənməsi haqqında // Nəzəri və Tətbiqi Mexanika, H.VIII, №2 (30). Bakı: 2013, s. 59-61.
 14. Jamalov J.A. On laws of crane loads distribution in industrial buildings // AMEA-nın İntellektual İnkişaf Mərkəzi, Gənc Alimlərin Əsərləri. Bakı: 2013, s. 37-46.
 15. Camalov C.Ə. Poladın normativ müqavimətinin təmin olunma ehtimalının hesablanması // Maşınşunaslıq (İSSN 2227-6912) № 1. Bakı: 2013, s. 60-62.
 16. Джамалов Д.А. О законах распределения скорости ветра и вычислении давления на здания и сооружения // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. Москва: 2013, с. 90-96.
 17. Jamalov J.A. Safety analysis of constructions // Türkiyə Nevşehir Universiteti Bilim ve Teknoloji Dergisi Cilt 2(2)146-152. Ankara. 2013. p. 146-151.
 18. Camalov C.Ə. Ehtimal nəzəriyyəsinin tətbiqi ilə betonun bərkimə prosesinin tədqiqi haqqında /Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti Xəbərləri, №3. Bakı:2014, s. 36-41.
 19. Camalov C.Ə. Monolit betonun etibarlılığının və uzunömürlülüyünün tədqiqi // İnşaat və Memarlıqda Elmi-Texniki Tərəqqi mövzusunda beynəlxalq konfrans, Bakı: 2014, s. 56-63.
 20. Camalov C.Ə. Monolit betonun möhkəmlik həddinin yayılma funksiyasının formalaşdırılması // AR-nın Gənclər və İdman Nazirliyi, Proceedings of young scientists, Gənc alimlərin əsərləri №10, Bakı: 2014, s. 84-91.
 21. Джамалов Д.А. Исследование надежности и долговечности железобетонной конструкций // Science and world. International scientific journal. ISSN 2308-4804 Impact factor of the journal -0.325 (Global Impact Factor, Australia) №2 (18), Vol. I. Volgograd: 2015, p. 64-70.

22. Jamalov J.A. Research on solidity and longevity of monolithic concrete // Structural engineering international. International Association for Bridge and Structural Engineering (IABSE), Volume 22, Number 8, July 2015 ISSN 1016-8664, E-ISSN 1683-0350 Impactor Factor – 0.622, Switzerland: 2015, p. 112-123.
23. Camalov C.Ə. Betonun bərkimə prosesinin tənzimlənməsi yollarının tədqiqi // Azərbaycanca İnşaat və Memarlıq, Elmi-praktiki jurnal, №2. Bakı: 2015, s. 24-32.
24. Jamalov J.A. (Dzhamalov D.A.) Study of reliability and durability of frame elements of buildings // Science and world. International scientific journal. ISSN 2308-4804 Impact factor of the journal -0.325 (Global Impact Factor, Australia) №10 (26), Vol. I. Volgograd: 2015, p. 66-70.
25. Jamalov J.A. Methods of measurement of an internally compressed and symmetrically reinforced rod (pillar) // Gənc alimlərin əsərləri. AR-nın Gənclər və İdman Nazirliyi, Proceedings of young scientists, Труды молодых ученых. ISSN 2410-2040, №13. Bakı: 2016, p. 29-34.
26. Camalov C.Ə. Qabaqcadan gərginləşdirilmiş elementlərlə gücləndirilən mərkəzi sıxılan milin (dirəyin) hesablanması yolları // Nəzəri və Tətbiqi Mexanika, H.IX, №2 (42). Bakı: 2016, s. 58-63.
27. Camalov C.Ə. Qabaqcadan gərginləşdirilmiş elementlərlə gücləndirilmiş sıxılan elementlərinin tədqiqi // Azərbaycan İnşaat və Memarlıq Elmi-Tədqiqat İnstitutu, Elmi - praktiki jurnal, №3(10). Bakı: 2016, s. 13-21.
28. Camalov C.Ə. Qeyri-mərkəzi sıxılan, qabaqcadan gərginləşdirilmiş elementlə qeyri-simmetrik gücləndirilən çərçivə sütununun hesablanması yolları // Azərbaycan İnşaat və Memarlıq Elmi-Tədqiqat İnstitutu, Elmi - praktiki jurnal, №1(12). Bakı: 2017, s. 2-8.
29. Jamalov J.A. Ways of increasing of reliability and longevity of production buildings by application of theory of probability // Mechanical Engineering. United States, ASME Foundation. ME Indexing-Impact Factor: 2.03, ISSN: 0025-6501 E ISSN: 1943-5649. Thomson reuters. New York. Vol.139, No.3, March, 2017, p. 271-279.
30. Jamalov J.A. Reinforcement of main load-bearing structures and characteristics of regulation of their tensions // Civil Engineering. (ASCE). ISSN: 2381-0688 United States, University of Texas at Arlington, Thomson reuters. Vol. 87, Issul 7, July 2017, p. 104-122.

Исследование путей повышения надежности и долговечности элементов каркаса производственных зданий и сооружений

РЕЗЮМЕ

В диссертационной работе рассматриваются задачи вероятностей несущих элементов каркасов зданий исследуется их долговечность, с учетом случайных характеров действующих нагрузок и свойств материалов.

На основании проведенных исследований установлены законы распределения вероятностей ветровых и снеговых нагрузок. Указано, что вероятность распределения ветровых нагрузок лучше описывается законом Вейбулла, а вероятность распределения снеговой нагрузки законом Гумбеля.

Используя экспериментальные данные, известные из технической литературы сделан анализ вероятности распределения вертикальных и горизонтальных нагрузок в каркасных элементах. Для их описания лучше всего подходит закон распределения Вейбулла и кривая Пирсона 3-го типа.

Многочисленные эксперименты, проведенные автором над бетонными образцами, дали возможность сделать анализ процесса твердения бетона и построить соответствующие графики распределения вероятностей. Соответствующие графики, гистограммы построены для различных бетонных образцов. Вероятность распределения энергии внутри бетонного образца соответствует нормальному закону.

Исследован вопрос о долговечности прочности с учетом накопления повреждений. Составлено выражение для модуля жестко-пластического элемента, а также с учетом случайных параметров условие предельного состояния для строительных конструкций.

Составлено условие прочности для несимметричного сечения и отмечено, что опасное положение возникает в том случае, когда эксцентриситет имеет положительное значение.

Отмечается, что для элемента усиленного затяжкой и имеющего в середине пролета одну диафрагму, несущая способность в «п» раз больше, чем для элемента, не имеющего затяжку ($n=(N_1+N_g)/N_g$).

Investigation of ways to increase the reliability and longevity of carcass elements of industrial buildings and structures

SUMMARY

The dissertation deals with the study of issues of probability regarding frame elements of buildings. Durability of these frame elements are investigated with taking into account the accidental character of loadings and features of used materials.

The laws of probability of distribution of wind- and snow loadings are identified on the basis of carried out researches. It is shown that the probability of distribution of wind loadings is much better describable in accordance with Weibull's law, whereas the probability of distribution of snow loading can be depicted according to Gumbel's law.

With using the experimental data known from the technical literature, the probability of distribution of vertical and horizontal loadings in frame elements is analyzed. Their description is much better describable in accordance with Weibull's law and Pearson's curve of third type.

The numerous experiments implemented by the author over concrete samples allowed him to analyse the process of tempering of concrete and compile a schedule of corresponding distribution of probability. The corresponding schedules and histograms are compiled by various concrete samples. The probability of distribution of energy inside a concrete sample corresponds to the normal law.

The question of durability with considering the increase of damages is investigated. The expression of module of rigid and plastic component is given, while the term of limiting condition regarding building constructions is indicated with taking into account casual parameters.

The condition of durability for asymmetrical section is indicated. It is remarked that the dangerous circumstance can be experienced in case of availability of positive eccentricities.

It is remarked that by the element strengthened due to the inhaling which have one diaphragm in the middle of span, the carrying ability is «n» times as much compared to an element that does not have inhaling ($n = (N_1 + N_g) / N_g$).

**МИНСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ
РЕСПУБЛИКИ
АЗЕРБАЙДЖАНСКИЙ АРХИТЕКТУРНО - СТРОИТЕЛЬНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

На правах рукописи

Джамалов Джасарат Аладдин оглы

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПУТЕЙ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ И
ДОЛГОВЕЧНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ КАРКАСА
ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ**

3305.03 – Строительные конструкции, здания и сооружение

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
доктора технических наук

Баку – 2018