

***AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI TƏHSİL NAZİRLİYİ
AZƏRBAYCAN MEMARLIQ VƏ İNŞAAT UNIVERSİTETİ***

Əlyazması hüququnda

NOBƏXT BƏXTİYARİ ƏKBƏR OĞLU

***"İSTEHSALAT BİNALARININ İSTİSMAR YÜKÜ
ALTINDA OLAN POLAD KONSTRUKSİYALARIN
GÜCLƏNDİRİLMƏSİ"***

İxtisas : 3305.03 "İnşaat konstruksiyaları, bina və qurğular"

***Texnika üzrə fəlsəfə doktoru, alimlik dərəcəsi almaq üçün
təqdim edilmiş dissertasiyanın***

AVTOREFERATI

BAKİ – 2014

İş Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universitetində yerinə yetirilmişdir.

Elmi rəhbər:

Texnika elmləri doktoru, professor

N.H.Ağayev

Rəsmi opponentlər:

Texnika elmləri doktoru, professor

İ.N.Şirinzadə

Texnika üzrə fəlsəfə doktoru

R.A.Rzayev

Aparıcı təşkilat: Neft – Qaz Elmi Tədqiqat Layihə İnstitutu

Müdafiə « 05 » 04 ____ 2014 -cü il saat ____ -da Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universitetində fəaliyyət göstərən D 02.042 dissertasiya şurasının iclasında keçiriləcəkdir.

Ünvan: Az 1073/1, Bakı ş., A.Sultanova küç. 5, Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universiteti, I tədris korpusu, otaq 327, iclas salonu.

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

Dissertasiya işinin avtoreferatına rəyi 2 (iki) nüsxədə təsdiq olunmuş imzalarla elmi katibin adına yuxarıda göstərilən ünvana göndərməyinizi xahiş edirik.

Avtoreferat « » 2014- cü ildə göndərilmişdir.

**D 02. 042 dissertasiya şurasının
elmi katibi, f – r. üzrə fəlsəfə
doktoru, dosent:**

İsayev A.M.

İŞİN ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI

Mövzunun aktuallığı: İstismarda olan istehsalat binalarının səmərəliyinin artırılması onların rekonstruksiyası və yeni texniki təchizatı ilə çox sıx bağlıdır. Belə olan təqdirdə istehsal olunan malın vahid həcminə düşən kapital qoyuluşu və tikinti müddəti yeni tikilən obyektlərə nisbətən xeyli azalmış olur.

Istehsalat binalarının karkaslarında metal konstruksiyaların həcmi, əhəmiyyətli dərəcədə yüksək olduğu üçün, istismar olunan binalarda onların istismar müddətindən asılı olaraq müxtəlif dərəcədə aşınmaya məruz qalması, mənəvi köhnəlməsi möhkəmlik xarakteristikalarının itirilməsi faktları öyrənilməli və aradan qaldırılmalıdır.

Bu məqsədlə karkasın yük daşıyan metal konstruksiyalarının gücləndirilməsi tələb olunur, qeyd olunmalıdır ki, metal konstruksiyaların gücləndirilməsi digər konstruksiyalara nisbətən daha asandır və onlarda etibarlıq yüksək olur.

Istehsalatın müasir inkişaf sürəti və səviyyəsi konstruksiyanın yükdən azad etməklə gücləndirilməsi variantı ilə ziddiyyət təşkil edir. Beləliklə qeyd etmək olar ki, istismar yükü altında olan konstruksiyaların gücləndirilməsinin əsaslı surətdə tədqiqi mühüm əhəmiyyət kəsb edir və ona görə də dissertasiyanın mövzusu aktual hesab oluna bilər.

İşin məqsədi: İstehsalat binalarının yükdaşıyan konstruksiyalarının gücləndirmə yollarının araşdırılması, konstruksiyaların möhkəmlik ehtiyatlarının və effektiv gücləndirmə üsullarının aşkar edilməsindən ibarətdir.

Elmi yenilik:

1. Rabitələrlə gücləndirilmiş örtük sistemlərini hesablamaq üçün xüsusi törəməli differensial tənlik tərtib edilmiş və bu tənlik, iki adi differensial tənliklər sistemə gətirilmişdir. Çarpaz fermaların kəsişmə düyünlərində fiziki və həndəsi parametrləri təyin etmək üçün, ifadələr tərtib edilmişdir.

2. Elastiki və elastiki-plastiki mərhələlərdə işləyən və elastiki rabitələrlə gücləndirilmiş nazik divarlı konstruksiyaların mustəvi formasının dayanıqlığını təyin etmək üçün, dayanıqlıq tənlikləri tərtib olunmuşdur. Hər iki mərhələdə, əyici momentlərin və sərtliklərin nisbəti müəyyənləşdirilmişdir.

3. Müxtəlif üsullarla gücləndirilmiş qeyri-mərkəzi sıxılan millərdə yaranan normal və sürüşdürücü güvvələrin təyin olunması üçün ifadələr, həmçinin quraşq en kəsikli sütunun mökəmliyinin itirilməsi şərti tərtib olunmuşdur. Pirsonun III tip əyrisindən istifadə edərək artıq yükləmə - γ_f , materialın bircinslilik γ_m və ehtiyat ξ əmsallarını təyin etmək üçün ifadələr tərtib olunmuşdur.

4. Kranaltı tirin, ayrı-ayrı elementlərinin hesablanması üçün, xüsusi törəməli diffensial tənlik tərtib olunmuş və bu tənlik əyinti funksiyasından istifadə etməklə, adi differensial tənliklər sisteminə gətirilmişdir.

Tədqiqat metodikası: tədqiqat metodikası kimi analitik ifadələrin və differensial tənliklərin tərtib olunması, bu tənliklərin dəqiq və təqribi üsullarla, həmçinin *sonlu elementlər* üsulu üçün yazılan kompüter proqramları ilə həlli qəbul edilmişdir.

Alınmış nəticələrin etibarlılığı: Dissertasiya işində alınmış nəticələrin etibarlılığı, gücləndirilən konstruksiyaların hesablanması üçün dəqiqləşdirilmiş riyazi ifadələrin tətbiqi və alınmış bir sıra nəticələrin məlum nəticələrə çox yaxın olması ilə sübut edilir.

Müdafiəyə çıxarılır:

- müxtəlif səviyyədə yerləşdirilən rabitələrlə gücləndirilən örtük sistemlərinin gərginlik deformasiya hallarının tədqiqi;

- elastiki və elastiki-plastiki mərhələdə işləyən və elastiki rabitələrlə möhkəmləndirilmiş nazik divarlı konstruksiyaların müstəvi formasının dayanıqlıq məsələsi;

- quraşq en kəsikli qeyri-mərkəzi sıxılan müxtəlif üsullarla gücləndirilmiş milin gərginlik-deformasiya halının tədqiq olunması;

İşin aprobasiyası: Dissertasiya işinin əsas müddəaları Azərbaycan Respublikası Aspirantların və gənc tədqiqatçıların XIII Respublika Konfransının (Bakı 6-7 mart 2009-cu il) və Elmi – praktiki konfransının materiallarında (24 dekabr 2009- cu il) (Bakı 24 dekabr 2010–cu il) və (Bakı noyabr 2012–ci il) dərc olunmuşdur.

İşin həcmi: Dissertasiya işi, girişdən, 4 fəsildən, alınmış nəticələrdən və istifadə olunmuş ədəbiyyatın siyahısından ibarətdir.

İŞİN ƏSAS MƏZMUNU

Dissertasiya işinin **birinci fəsilində**, istehsalat binaları karkasının əsas yükdaşıyıcı konstruksiyalarının gücləndirilməsi xüsusiyyətləri araşdırılır. Bu fəsil üç yarım fəsildən ibarətdir.

Birinci fəsilin birinci yarım fəsilində, karkasın polad elemen-tlərində yaranan qüsurlar və zədələnmələrin xüsusiyyətləri araşdırılır.

birinci fəsilin ikinci yarım fəsilində, metal konstruksiyalarında gərginliklərin tənzimlənməsi problemlərinin müasir vəziyyətləri şərh olunmuş və təhlil edilmişdir.

birinci fəsilin üçüncü yarım fəsilində, konstruksiya elemen-tlərində gərginliklərin tənzimlənməsinin əsas istiqamətləri, araşdırılmışdır.

Dissertasiyanın **ikinci fəsl**i gücləndirilən konstruksiyalarda gərginliklərin tənzimlənməsi məsələlərinə həsr olunub.

Bu fəsil iki yarım fəsildən təşkil olunub. **Birinci yarım fəsildə** konstruktiv sxemin dəyişdirilməsi ilə əlaqədar gərginliklərin tənzimlənməsinə baxılmışdır.

Əsas yük daşıyan fermalarla rabitə fermalarının qarşılıqlı təsiri aşağıdakı tənliklə ifadə edilir:

$$EJ_j \frac{d^4 Z_j}{dx^4} = q(x) - KZ_j \quad (1)$$

Burada $q(x) = \frac{\beta}{\alpha} \frac{Q(x)}{a}$; $K = \frac{EJ_j}{\alpha a l^3}$; α və β yük xarakterindən asılı olan əmsallardır, onların qiyməti əvvəlcədən təyin edilə bilər.

Əsas (baş) fermanın əyintisi Z_i , reaksiyası R_j , aşırımı ℓ , addımları a yükü Q və rabitə fermasının aşırımı L , addımları b ilə işarə olunub.

(1) tənliyi elastiki əsas üzərində oturan tirin differensial tənliyidir; k əsasın elastiklik əmsalıdır; tir şəbəkəsində hər iki istiqamətdə tirlərin sayı çox olarsa, o halda çarpaz tirlərin baş tirlərlə kəsişmə nöqtəsinin əyintisi üçün, aşağıdakı differensial tənliklər sistemi yazıla bilər:

$$Z_i = \beta_i Q \frac{l^3}{EJ} - \frac{\alpha l^3}{EJ} \sum_{j=1}^m \alpha_j EJ_j \frac{d^4 Z_j}{dx^4} \quad (2)$$

Bu tənliklər sistemi dördüncü tərtibli xüsusi törəməli tənliklə əvəz edilir:

$$aEJ_x \frac{\partial^4 \omega}{\partial x^4} + bEJ_y \frac{\partial^4 \omega}{\partial y^4} = q(x, y)ab \quad (3)$$

Burada $\omega = \sum X_n(x)Y_n(y)$ qəbul edərək, $X_n(x)$ – funksiyasının ortoqonallıq xassəsindən istifadə edərək $X_n(x)$ üçün sərhəd şərtlərini də nəzərə alaraq, hiperbolik – triqonometrik funksiyalarla ifadə edilən düstur alırıq. Eyni qayda ilə $Y_n(y)$ üçün də ifadə tərtib edilmişdir.

$X_n(x)$ və $Y_n(y)$ üçün alınmış ifadələri ω – nın düsturunda nəzərə almaqla bir sıra çevirmələrdən sonra alırıq:

$$\omega = \sum_{n=1} \sin \frac{n\pi \cdot x}{l} \cdot \left(\frac{aq}{n\pi^4 \cdot \beta_n^4 \cdot EJ_y} + \bar{A}_{0n} chc\beta_n y + \bar{B}_{0n} chs\beta_n y + \bar{C}_{0n} shc\beta_n y \right) \quad (4)$$

Bu ifadəni iki və üç dəfə differensiallayıb M_x , M_y və Q_x , Q_y üçün düsturlar alırıq. Fermaların kəsişmə düyünlərində reaksiya quvvəlləri:

$$R_x = \frac{M_{x(i-1,j)} - 2M_{x(i,j)} + M_{x(i+1,j)}}{a} \quad R_x = \frac{M_{y(i-1,j)} - 2M_{y(i,j)} + M_{y(i+1,j)}}{b} \quad (5)$$

Məsələ həlli: Aşırımı $l = 24m$ olan tirlər (fermalar) eyni səviyyədə perpendikulyar istiqamətdə tirlərlə (fermalarla) ($l_1 = 30m$) mökəmləndirilmişdir. Bütün tirlər (fermalar) eyni əyilmə sərtliliyinə malikdir ($i_x = i_y = i$). Tir (ferma) meydançasına intensivliyi $q = 5kN/m^2$ olan müntəzəm yayılmış yük təsir edir. Aşırımı $l = 24m$ olan tirlər (fermalar) y oxuna paralel istiqamətdə $a = 5m$ addımla, aşırımı $l = 30m$ olan tirlər (fermalar) isə x oxuna paralel istiqamətdə $b = 3m$ addımla yerləşdirilib (verilən nəticələr, ən səmərəli kompüter proqramı, SAP2000 ilə qrafiki formada göstərilib). Hesablama nəticələri cədvəldə verilib (cədv. 1):

Cədvəl 1-də düyünlərin əyintiləri üç üsulla hesablanıb, alınan nəticələr göstərir ki: tərtib olunan differensial tənliyin nəticəsi, kompüter proqramı, SAP2000–dən alınan nəticələrinə yaxındır.

Şəbəkənin deformasiyası və düyünlərin əyintisi SAP2000 kompüter proqramı ilə hesablanmış və şəkl. 1-də verilib. Orta düyünün əyintisi: 5,8 (sm) (SAP 2000), 5,82 sm (EXEL), 6,1 sm (analitik üsul) təşkil edir. Bu halda çarpaz tirlə bərkidilməmiş tirdə bu qiymət: $\omega = \frac{5q l^4}{384 E I_y} = 11.42 \text{ cm}$ təşkil edir.

düyunların əyintiləri(sm) və müqayisəsi - cədvəl 1

$\begin{matrix} x \\ y \end{matrix}$	1	2	3	hesabat yolu
1	1.25	2.10	2.4	analitik
	1.19	2.0	2.28	Exel programı
	1.19	2.0	2.28	SAP programı
2	2.2	3.85	4.4	analitik
	2.16	3.65	4.18	Exel programı
	2.16	3.65	4.17	SAP programı
3	2.94	4.99	5.71	analitik
	2.78	4.73	5.42	Exel programı
	2.78	4.71	5.45	SAP programı
4	3.13	5.32	6.1	analitik
	3.0	5.10	5.85	Exel programı
	3.00	5.08	5.82	SAP programı

Aparılmış tədqiqat göstərir ki, ən böyük əyici moment $M_{3,4}=824$ KN-m bağlanmamış sistemdə isə $M_{\max}=1687.5$ KN-m –dir. Deməli, rabitə ilə (çarpaz ferma) bərkidilməmiş fermanın əyintisi bərkidilmiş fermanın əyintisindən əhəmiyyətli dərəcədə çoxdur. Bu işdə rabitələrin müxtəlif addımlarında və müxtəlif sərtliliklərində gərginliklərin tənzimlənməsinə də baxılmışdır.

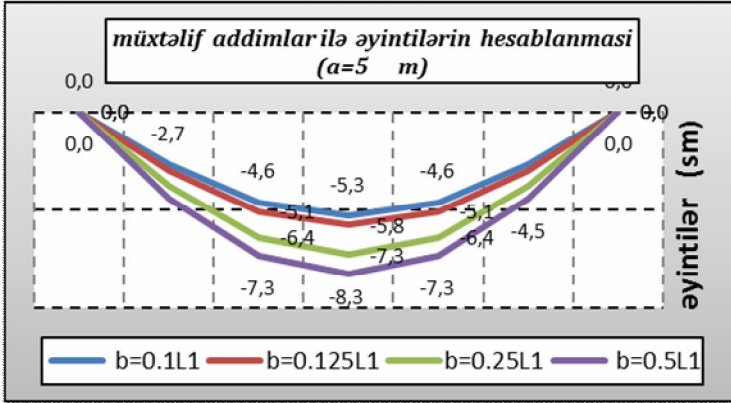
Baş və çarpaz tirlərin (fermaların) müxtəlif nisbi sərtliyindən asılı olaraq əyintilər üçün qrafiklər qurulmuşdur (şəkl.1).

İkinci fəslin ikinci yarım fəslində elastiki və elastiki-plastiki mərhələdə işləyən və diskret elastiki rabitələri olan tirlərdə (fermalarda) böhran gərginliyin tənzimlənməsi məsələlərinə baxılır.

Dayanıqlıq tənzimlərini tərtib etmək üçün elastik mərhələdə işləyən sistemin tam enerji ifadəsindən istifadə etmək olar:

$$\mathfrak{E} = P + P_r - T \quad (6)$$

Burulma və yük müstəvisindən qabarmada potensial enerji ifadəsi:



Şək.1. *X oxuna paralel istiqamətdə addımların əyintilərdə təsiri*

$$P = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \int_{S_{i-1}}^{S_i} \left[\int_{A_i} \frac{\Delta \sigma_i^2}{E} dA_i + C \theta_i'^2 \right] dx_i, \quad (7)$$

burada n - tirdəki məntəqələrin sayıdır; S_i -bir məntəqənin (rabitələr arası məsafə) uzunluğudur.

Vahid həcmə düşən forma dəyişmə enerjisi:

$$P_f = \frac{1}{2G} \tau^2 \quad (8)$$

burada τ – toxunan gərginliklərin intensivliyidir. Bir oxlu gərginlik halında

$$\tau = \frac{1}{\sqrt{3}} \sqrt{\sigma_x^2 + 3\tau_{xy}^2} \quad (9)$$

(8) ifadəsinidə τ – nin qiymətinə görə çevirmələr aparsaq, alırıq:

$$P_f = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \int_{S_{i-1}}^{S_i} \left(\overline{EJ} z_i y_i'^2 + \overline{EJ} \omega_i \theta_i'^2 + C \theta_i'^2 \right) dx_i \quad (10)$$

P_f – in qiymətini nəzərə alaraq, yuxarıdakı qayda ilə, tam enerji ifadəsini tərtib edirik və bəzi çevirmələr yerinə yetirərək, aşağıdakı diferensial tənliyi alırıq:

$$\begin{aligned}
& CEJ_z (y_i^m - y_{i-1}^m) - CK_{\eta_i} y_i - EJ_{\omega} EJ_z (y_i^v - y_{i-1}^v) + \\
& + EJ_{\omega} \pi_{\eta_i} y_i^m - \left(M_{y_i} + k_{\eta_i} h_i S_i \left(\sum_1^i M_{y_i} y_i^1 - \sum_1^i k_{\eta_i} h_i y_i \right) \right) - \\
& - \left[\sum_1^i (k_{\eta_i} h_i^2 + K_{\theta_i} - P_i h_i) \right] \left[k_{\eta_i} y_i - EJ_z (y_i^m - y_{i-1}^m) \right] S_i = 0
\end{aligned} \quad (11)$$

Məsələ həllinə baxılmış və yuxarı kəməri səviyyəsində iki elastik rabitəsi olan və ikitəvər en kəsikli, müntəzəm yayılmış yük təsir edən tirin dayanıqlığına baxılmışdır.

Dissertasiya işinin **üçüncü fəslində** gərginliklərin tənzimlənməsi və konstruksiyaların gücləndirilməsi variantları işlənmişdir.

Bu fəsil üç yarım fəsildən ibarətdir. **Birinci yarım fəsildə** quraşığı en kəsikli sıxılıb əyilən millərin gücləndirilməsi və onlarda gərginliklərin tənzimlənməsinə baxılır.

Birləşdirici lövhələrlə gücləndirilmiş və “e” eksentrisiteti ilə təsir edən P qüvvəsindən sütunun en kəsiyində yaranan normal gərginlik :

$$\begin{aligned}
\sigma &= \frac{\xi_b \pi^2 / \sum J_b + \xi_1 \lambda^2 / J_o}{\pi^2 + \lambda^2 l^2} M_o = \frac{M_o}{W_3} \\
\lambda^2 &= \varepsilon \left(\frac{2}{A_b E} + \frac{\xi_o^2}{\sum EJ_b} \right); \quad \varepsilon = \frac{24E}{b \xi_o^2 \left(\frac{2\xi_o}{J_l} + \frac{b}{J_b} \right)}
\end{aligned} \quad (12)$$

A_o – sütun budağının en kəsik sahəsidir; b – birləşdirici lövhələrin addımıdır; J_l – lövhənin ətalət momentidir.

Milin kənar lifində axma deformasiyası yarandıqda P qüvvəsi belə təyin olunur:

$$P = \frac{P_m + (1+k)P_e}{2(1-k_1)} - \sqrt{\left[\frac{P_m + (1+k)P_e}{2(1-k_1)} \right]^2 \frac{P_m P_e}{1-k_1}} \quad (13)$$

Burada P_e - Eyler böhran yükü; $k = eA_s / W_3$; $k_1 = \left(\frac{4}{\pi} - 1 \right) k$ $P_m = A_s \sigma_m$

$e = 0$ olduqda $P = P_m$ və $e \rightarrow \infty$ olduqda $P \rightarrow 0$ olacaq.

Lövhlər və ya şəbəkə milləri ilə möhkəmlənirilmiş quraşığı en kəsikli boşluqlu sütun budaqları arasındakı ən böyük sürüşdürücü T_1 qüvvələri üçün ifadələr tərtib edilmişdir.

$$\text{Həmin ifadələrdə } v_1 = \sin \frac{\pi}{n} \quad \text{və } v = \sin \frac{3\pi}{n} - \sin \frac{\pi}{n}$$

və $P_b = 0$ qəbul etsək alarıq:

$$T_1 = \frac{W_3}{\pi \xi_o A_s} \cdot \frac{P_m^2}{2 \xi_o (P_e - P)}, \quad (14)$$

Bu tənliyi P –yə görə həll etsək, alarıq:

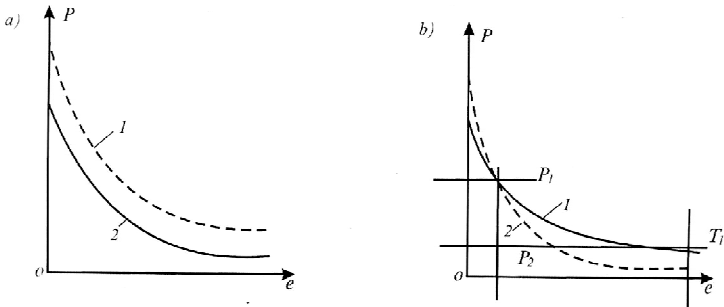
$$P = -\frac{1}{2\eta} + \sqrt{\left(\frac{1}{2\eta}\right)^2 + \frac{1}{\eta} P_e} \quad (15)$$

$$\text{Burada } \eta = \frac{2vl}{\pi \xi_o T_1}$$

T_1 – in müxtəlif qiymətləri üçün P – e asılılığı qurulmuşdur.

(15) və (13) tənliklərinin birgə həlli P qüvvəsi üçün P_1 və P_2 qiymətlərini verir (şək. 2, a).

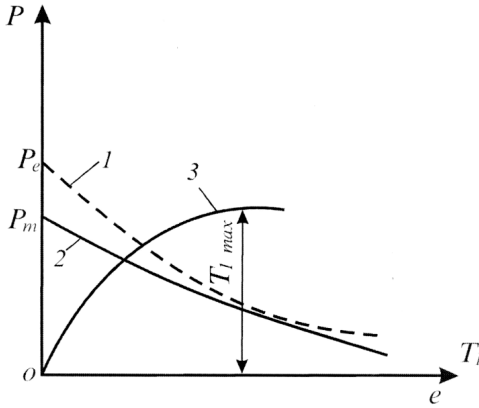
T_1 və P –nin qiymətlərini təyin etmək üçün yazılmış tənliklərin birgə həlli P_1 və P_2 qiymətlərini verir (Şək. 2, b).



Şək. 2. P – e asılılıq qrafikləri
1 – rabitəelementləri üzrə
2 – milin əsas metalı üzrə

Şək.3-də göstərilən qrafikdə 1 və 2 əyrilərinin kəsişmə nöqtəsi T_l qüvvəsinin maksimum qiymətinə uyğun gəlir. Bu qrafikdə həmçinin (13) ifadəsinə görə qurulmuş 3-qrafiki göstərilmişdir.

Beləliklə, həddi-hal əyrilərinin üst-üstə düşməsinə nail olmaq üçün T_l qiymətini elə seçmək lazımdır ki, rabitələrin həddi-hal əyrisi 1 əsas milin həddi-hal əyrisi 2-yə toxunsun. 1 və 2 əyrilərinin toxunma nöqtəsinə uyğun gələn T_{max} parametrinin maksimum qiyməti (13) düsturu ilə hesablanan qiymətə müvafiq gəlir (3-cü əyri).



Şək. 3. 1 və 2 əyrilərinin toxunma qrafiki

Sıxılan mildə başlanğıc ekseptisitetin və başlanğıc əyriliyin eyni zamanda olması praktikada ən çox rast gəlinən haldır. Belə olan halda:

$$P = \frac{P_e(1 + \rho_1 + \rho_2) + P_m - \sqrt{[P_e(1 + \rho_1 + \rho_2) + P_m]^2 - 4P_m P_e(1 - \rho_1 S)}}{2(1 - \bar{\rho} S)} \quad (16)$$

burada

$$\rho_1 = \frac{eA_s}{W_3} ; \quad \rho_2 = f_o \frac{A_s}{W_3}$$

$$T_l = \frac{v}{\xi_o} \cdot \frac{P}{P_e - P} \left(\frac{4}{\pi} P_e + P_e f_o \right) \quad (17)$$

(16) və (17)-ci ifadələr sütunda ən çox gərginləşdirilmiş kəsiyi təyin etməyə və sütun budaqlarının metalı ilə birləşdirici elementlərin metalının bərabər möhkəmlikli olmasını müəyyən etməyə imkan verir.

Beləliklə qeyd etmək olar ki, quraşq en kəsikli sütunun işdən çıxması ən çox gərginləşmiş rabitə elementinin işdən çıxması nəticəsində olacaq.

Belə olan halda quraşq milin möhkəmlilik şərti belə yazıla bilər:

$$R = S - T_1 \geq 0; \quad (18)$$

burada $S = \sigma_s K_s$ ən çox gərginləşmiş rabitə elementində yaranan dağıdıcı sürüşdürücü qüvvədir.

(18) ifadəsindən S və T_1 –in qiymətlərini nəzərə alaraq, bir sıra çevirmələr aparsaq, R –i təyin etmək olar.

R – funksiyası üçün ehtimalın paylanma qanununu qəbul edib, onu *Taylor* sırasına ayıraraq birinci tərtibli hədlərlə kifayətlənsək, R üçün ifadələr təyin edirik və bir sıra çevirmələrdən sonra alırıq.

$$K_s = \sqrt{\frac{(\partial R / \partial \alpha)^2 \alpha^2 + (\partial R / \partial \beta)^2 \beta^2}{\sigma_s^2 (1 / \gamma^2 - A_\sigma^2)}} \quad (19)$$

Verilən ifadələrə görə $\frac{\partial R}{\partial \alpha}$ və $\frac{\partial R}{\partial \beta}$ təyin edib, (19) düsturunda nəzərə alınsa, K_s əmsalı üçün yazmaq olar:

$$K_s = \frac{P_m}{P_e - P_m} \cdot \frac{\nu \rho_o}{\xi_o} \sqrt{\frac{16 \mathcal{E}^2 \cdot P_m^2 + P_e^2 \nu^4 \beta^2}{[\sigma_s^2 (1 / \gamma^2) - A_\sigma^2] \pi^2}} \quad (20)$$

Burada

σ_m - əsas milin metalının axma həddi;

σ_s - rabitənin ən çox gərginləşdirilmiş elementinin möhkəmlilik həddi;

A_σ - σ_s həddi möhkəmlilik əyrisinin dəyişənliyi (variasiya əmsalı);

γ - milin yük götürmə qabiliyyətinin təhlükəsizlik xarakteristikasıdır;

$\mathcal{E}$, β başlanğıc eksentrisitet və başlanğıc əyintilərin paylanma əyrilərinin standartlarıdır.

Bu parametrlərin qiymətləri materialların mexaniki xassələrinin sınaq nəticələri əsasında müəyyən edilməlidir.

Digər kəmiyyətlər, γ , W_ϕ , P_e , P_m milin həndəsi xarakteristikaları əsasında təyin olunur.

Üçüncü fəslin ikinci yarım fəslində qeyd olunur ki, gücləndirilən konstruksiyalarda bircinslilik və artıq yükləmə əmsallarının düzgün nəzərə

alınması, çox əhəmiyyətlidir. Bu əmsalların ehtimalının paylanma əyrisinə, Pirsonun III tip əyrisi çox uyğundur.

$$y(x) = \frac{1}{[m(\xi)]^\gamma \cdot b \cdot a^{1/b}} \frac{\gamma^\gamma}{\Gamma(\gamma)} e^{-\frac{\gamma}{m(\xi)} \left(\frac{\xi}{m(\xi)}\right)^{\gamma-1}} \quad (21)$$

Bu əyrinin $k=1, 2, 3$ tərtibli başlanğıc və mərkəzi momentlərini ($m_k(x)$ və $\mu_k(x)$) hesablayırıq:

$$m_k(x) = \frac{\Gamma(\gamma + kb)}{\Gamma(\gamma) \gamma^{kb}} m^{kb}(\xi) a^k \quad (22)$$

Bu momentlərə görə hesablayırıq:

$$\left. \begin{aligned} \mu_1(x) &= m^b(\xi) \frac{\Gamma(\gamma + b)a}{\Gamma(\gamma) \gamma^b} \\ \mu_2(x) &= m^{2b}(\xi) \left[\frac{\Gamma(\gamma + 2b)a^2}{\Gamma(\gamma) \gamma^{2b}} - \left(\frac{\Gamma(\gamma + b)a}{\Gamma(\gamma) \gamma^b} \right)^2 \right] \\ \mu_3(x) &= m^{3b}(\xi) \left[\frac{\Gamma(\gamma + 3b)a^3}{\Gamma(\gamma) \gamma^{3b}} - \frac{3\Gamma(\gamma + 2b)a^2}{\Gamma(\gamma) \gamma^{2b}} \frac{\Gamma(\gamma + b)a}{\Gamma(\gamma) \gamma^b} + 2 \frac{\Gamma^3(\gamma + b)a^3}{[\Gamma(\gamma)]^3 \gamma^{3b}} \right] \end{aligned} \right\} \quad (23)$$

Bu tənliklərə dörd məchul γ, a, b və $m(\xi)$ daxildir. Artıq məchulu $m(\xi)=1$ qəbul etsək, sistemin birinci tənliyindən a -ni təyin edib, (23) sisteminin ikinci və üçüncü tənliyini belə yazı bilərik:

$$\left. \begin{aligned} \mu_2(x) &= A_v^2(x) = \frac{\Gamma(\gamma) \Gamma(\gamma + 2b)}{[\Gamma(\gamma + b)]^2} - 1 \\ \mu_3(x) &= \frac{[\Gamma(\gamma)]^2 \Gamma(\gamma + 3b)}{[\Gamma(\gamma + b)]^3} - 3 \frac{\Gamma(\gamma) \Gamma(\gamma + 2b)}{[\Gamma(\gamma + b)]^2} + 2 \end{aligned} \right\} \quad (24)$$

Bu tənliklər sistemindən, γ və b məchullarını təyin edib (21) düsturunda onların və a -nın qiymətlərini yerinə yazsaq γ_m və γ_f əmsallarının paylanma qanunu üçün belə bir ifadə yazmaq olar:

$$y(x) = \frac{1}{m(x)} \left[\frac{\Gamma(\gamma + b)^{\gamma/b} 1}{\Gamma(\gamma) (\gamma)^b} e^{-\left[\frac{\Gamma(\gamma + b)}{\Gamma(\gamma)} \right]^{\frac{x}{m(x)}}} \right]^{1/b} \left(\frac{x}{m(x)} \right)^{\frac{\gamma}{b}-1} \quad (25)$$

Məsələ həllinə baxılmış, statistik nəticələrdən istifadə edilərək γ və b parametrlərini təyin etmək üçün, (24) sistemi əsasında alırıq:

$$A_v^2 = 0,275^2 = \frac{\Gamma(\gamma)\Gamma(\gamma+2b)}{[\Gamma(\gamma+b)]^2} - 1$$

$$\frac{\mu_3(x)}{m^{3b}(\xi)} = 0,01487 = \frac{[\Gamma(\gamma)]^2 \Gamma(\gamma+3b)}{\Gamma(\gamma+b)} - \frac{3\Gamma(\gamma)\Gamma(\gamma+2b)}{[\Gamma(\gamma+b)]^2} + 2$$

Buradan $\gamma \approx 53$, $b \approx 2$ alırıq və (25) ifadəsi belə formada alınır:

$$y = 297(2862)^{26,5} \cdot \frac{1}{2 \cdot 52} e^{-(2862, \xi)^{1/2}} \cdot \xi^{25,5} \quad (26)$$

Dissertasiyanın dördüncü fəsli, istehsalat binalarının yükdaşıyan konstruksiyalarının gücləndirilməsi məsələlərinə həsr olunur. Bu fəsil dörd yarım fəsildən təşkil olunub.

Birinci yarım fəsildə, sənaye binalarının yükdaşıyan konstruksiyalarının gücləndirilməsi haqqında, bir sıra mülahizələr nəzərdən keçirilib.

Gücləndirmə variantı seçilərkən texnoloji, istehsalat və iqtisadi tələbatlar nəzərə alınmalıdır. Fəaliyyətdə olan sexlərdə, vacib faktor ondan ibarətdir ki, istehsalatı dayandırmadan konstruksiyanı gücləndirmək mümkün olsun.

İkinci yarım fəsildə, qüsurlu fermaların gücləndirilməsi probleminə baxılmışdır.

Ferma elementlərinin gücləndirilməsi müxtəlif üsullarla yerinə yetirilə bilər. Bunlardan ən geniş yayılanı, millərin en kəsiyinin artırılmasıdır. Belə halda düyünlərdə elementlərin birləşmə mərkəzinin saxlanması diqqət verilməlidir.

Üçüncü yarım fəsildə, kranaltı tirlərin gücləndirilməsi və onlarda gərginliklərin tənzimlənməsinə baxılır.

Kranaltı tirin kran relsi ilə birlikdə, gərginlik deformasiya halını əks etdirən differensial tənliklər sistemi tərtib olunmuşdur:

$$EJy^{IV} - 2ty'' + ky = q(x) \quad (27)$$

burada $q(x)$, elastik əsasın (tirin yuxarı kəməri) reaktiv təzyiqidir; $y(x)$, tirin əyintisidir; t , tir kəmərinin qalınlığı, k , yataq əmsəlidir.

(27) tənliyindən, koordinat başlangıcını krandan verilən yükün tətbiq nöqtəsində yerləşdirərək, differensiallamayı, yerinə yetirsək, alırıq:

$$\frac{d^4 y}{d\eta^4} - 2r^2 \frac{d^2 y}{d\eta^2} + S^4 y = 0 \quad (28)$$

Bu tənliyin ümumi həlli belədir:

$$y(\eta) = C_1 e^{-\beta\eta} \sin(\beta\eta) + C_2 e^{-\beta\eta} \cos(\beta\eta) \quad (29)$$

C_1 və C_2 – sabitlərini sərhəd şərtlərindən təyin etsək, alarıq:

$$\left. \begin{aligned} y_1 &= \frac{P_1}{8\beta^2 EJ_r} e^{-\beta\eta_1} [\sin(\beta\eta_1) + \cos(\beta\eta_1)] \\ y_2 &= \frac{P_2}{8\beta^2 EJ_r} e^{-\beta\eta_2} [\sin(\beta\eta_2) + \cos(\beta\eta_2)] \end{aligned} \right\} \quad (30)$$

burada J_r – kran relsinin ətalət momentidir

$$\eta_i = |x - \xi|, \quad \eta_2 = |x - r - \xi|, \quad (31)$$

r – körpü kranının təkərləri arasında olan məsafədir:

$$\beta = \sqrt{\frac{K}{4EJ_r}} \quad (32)$$

Relsdən kranaltı tirə verilən burucu momenti:

$$M = \frac{Q_b \cdot h_r}{4\beta \cdot b} e^{-\beta\eta} [\cos(\beta\eta) - \sin(\beta\eta)] \quad (33)$$

burada h_r – relsin hündürlüyüdür; b – rels qabarının enidir;

Kranaltı tirin hesablanması asanlaşdırmaq üçün, enerji üsulunun tətbiq olunması, məqsədə uyğundur.

Hesablama modeli kimi, tirin yuxarı kəməri üçün, sərt elastiki bərkidilmiş lövhə qəbul edilir. Kran relsindən, tirin yuxarı kəmərinə q yükü tətbiq edilir, hesabi sxem isə sərtlik qabırğası olan lövhə kimi qəbul edilir, belə sxem üçün burulmada divarın yuxarı zonasının və kəmərin deformasiyaları bərabər qəbul olunur.

Deformasiyaya uğramış lövhənin potensial enerjisi:

$$P = V - A \quad (34)$$

burada V – elastiki deformasiyaların enerjisi:

$$V = \frac{D}{2} \left(\iint \left(\frac{\partial^2 \omega}{\partial x^2} \right)^2 + 2\nu \frac{\partial^2 \omega}{\partial x^2} \cdot \frac{\partial^2 \omega}{\partial y^2} + \left(\frac{\partial^2 \omega}{\partial y^2} \right)^2 + 2(1-\nu) \left(\frac{\partial^2 \omega}{\partial x \partial y} \right) dx dy \right) \quad (35)$$

xarici qüvvələrin işi

$$A = \iint q \omega dx dy \quad (36)$$

tirin ixtiyari kəsiyində ω_i təyin etmək üçün, *sonlu-fərqlər* tənliyini tərtib edirik:

$$\frac{\partial V}{\partial \omega_i} = \frac{\partial A}{\partial \omega_i} \quad (37)$$

Bu ifadəni differensiallayıb kranaltı tirdə əyintinin yayılma asılılığını alırıq:

$$\frac{\partial A}{\partial \omega_i} = \left[\begin{array}{l} -4(\varphi + \nu)\omega_n - 4(\varphi + \nu)\omega_k + 8(\varphi + \bar{\varphi} + 2\nu)\omega_i \\ -4(\varphi + \nu)\omega_i - 4(\varphi + \nu)\omega_i \end{array} \right] \quad (38)$$

$$\text{Burada } \varphi = \frac{A_{xy}^2}{A_{xx}^2} \quad ; \quad \bar{\varphi} = \frac{A_{xy}^2}{A_{yy}^2}$$

(38) tənliyindən istifadə edərək kranaltı tirin gərginlik–deformasiya halını tədqiq etmək olar.

Dördüncü fəslin dördüncü yarım fəslində, burucu momentlərin və yerli gərginliklərin qiymətlərinə, kranaltı tirin aşırımı üzrə, sərtlik qabırğalarının düzülüşü, mühüm təsir göstərməsindən bəhs olunur.

İstismar faktorlarını nəzərə alaraq qeyd etmək olar ki, üfuqi və şaquli kran yüklərindən burucu momentlərin istiqamətləri eyni və ya müxtəlif ola bilər.

Divarın yuxarı zonasında lokal gərginliklər aşağıdakı şərtə görə yoxlanır:

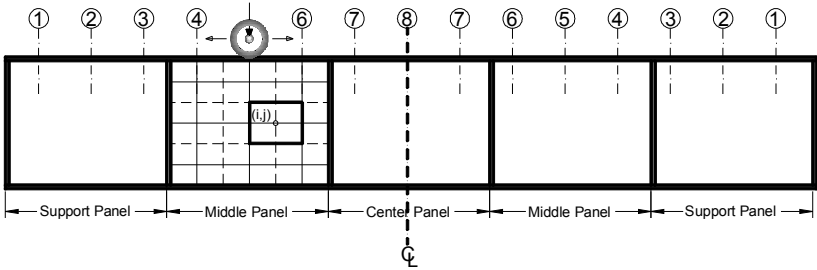
$$\sigma_{locy} + \sigma_{fy} + \sigma_{sy} \leq R_y \quad (39)$$

burada σ_{sy} – qalıq qaynaq gərginlikdir.

$$0,5\sqrt{\sigma_x^2 + 0,36\tau_{xy}^2} + 0,4\sigma_{locy} + 0,5\sigma_{fy} \leq R_y \quad (40)$$

Təklif olunan hesablama metodikası ilə məsələ həllinə baxılmış və alınan nəticələr cədvəllərdə verilmişdir.

Kranaltı tirin müxtəlif panellərində bir sıra yükləmə halları üçün, hər panelin üç yaxud altı kəsiyində gərginliklər hesablanıb və nəticələr verilmişdir (3×6=18 nöqtə) (şək. 4). Nəticələrin analizi, bir sıra mülahizələrə irəli sürməyə imkan verir:



Şək.4. Divarın yuxarı zonasının kəmərilə birlikdə hesabı sxemi (model)

-hər yükləmə halı üçün, tirin orta, dayaq və aralıq panelinin baxılan bütün kəsiklərində $\sigma_{\text{lo}kx}=\text{const}$; $\sigma_{xy}=\text{const}$; $\sigma_{\text{lo}ky}=\text{const}$; $\tau_{fxy}=\text{const}$. Tirin $e=0$ və $e=40\text{mm}$ eksentistətlə yükləmə halında topa yükün $F=\text{const}$. qiymətində $\sigma_{\text{lo}kx}=\text{const}$; $\sigma_{\text{lo}ky}=\text{const}$; $\tau_{fxy}=\text{const}$.

- σ_x gərginliyi orta paneldə maksimum qiymətə, dayaq panelində isə minimum qiymətə malik olur; τ_{xy} -gərginliyi isə əksinə -dayaq panelində maksimal, orta paneldə isə minimum qiymət alır. Deməli, tirin dayağına yaxınlaşdıqca σ_x -in qiyməti azalır, τ_{xy} -isə artır. Bu nəticələr kompüter proqramı, SAP2000 ilə alınan nəticələr formasında göstərilib və təsdiq edilib.

Əsas nəticələr

1. Çarpaz tir şəbəkəsi üçün, xüsusi törəməli dördüncü tərtibli differensial tənlik tərtib edilmişdir. Hesablamanı sadələşdirmək üçün, bu tənlik əyinti funksiyasına daxil edilən parametrlərin ortoqonallıq xassəsinə əsaslanaraq, iki adi differensial tənliklər sisteminə gətirilmişdir.

2. Elastik və elastik-plastik mərhələdə işləyən diskret elastiki rabitələrlə gücləndirilmiş nazik divarlı konstruksiyaların müstəvi formasının dayanıqlıq tənlikləri tərtib edilmişdir.

3. Başlangıç f_0 əyintisi olan, həmçinin mərkəzi sıxılan sütuna sinusoida qanunu ilə dəyişən yük təsir etdikdə boyuna P və sürüşdürücü T_1 qüvvələri üçün ifadələr tərtib edilmişdir.

4. Müəyyən edilmişdir ki, sütun mili və birləşdirici elementlər bərabər möhkəmlikli olarsa, quraşığı en kəsikli sütunun işdən çıxması

ən çox gərginləşdirilmiş rabitə elementinin işdən çıxması nəticəsində baş verir.

5. Bircinslilik (γ_m) və artıq yükləmə (γ_f) əmsallarının statistik və eksperimental nəticələrə əsasən təyin edilməsi üçün Pirsonun 3-cü tip paylanma qanunundan istifadə olunmuşdur. Bu paylama qanunu əsasında γ_m və γ_f əmsallarının paylanma əyriləri tərtib edilmişdir.

6. Kranaltı tirdə gərginliklərin tənzimlənməsinə baxılmışdır. Tirin kran relsi ilə birgə işini əks etdirən differensial tənliklər sistemi tərtib edilmişdir və bu tənliklər sisteminin həllinə baxılmışdır.

7. Qeyd olunub ki, kranaltı tirin gərginlik halına tirin və körpü kranının gediş hissəsinin istismar vəziyyətləri ilə əlaqədar olan burucu momentlər əhəmiyyətli təsir göstərir; gərginliyin yayılma qanununa və xarakterinə sərtlik qabırğalarının yerləşdirilməsi təsir edir.

Dissertasiya işinin əsas məzmunu aşağıdakı məqalələrdə çap olunmuşdur:

1- Bəxtiyari Nobəxt. Yük altında gücləndirilən kəsilməz tirlərdə gərginliklərin tənzimlənməsi haqqında // Nəzəri və Tətbiqi Mexanika. Bakı, 2008, № 2, səh. 42-45.

2- Bəxtiyari Nobəxt. Elastiki-plastiki mərhələdə işləyən rabitələrlə gücləndirilmiş nazikdivarlı konstruksiyaların dayanıqlığı // Nəzəri və Tətbiqi Mexanika. Bakı № 4, 2008, səh. 21-26.

3- Bəxtiyari Nobəxt. Tirlərin müstəvi formasının elastiki-plastiki mərhələdə dayanıqlığı haqqında // İnşaatin müasir problemləri və həll yolları, Elmi-praktiki Konfransın Materialları. Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universiteti. Bakı 24 dekabr 2009, səh. 88-92.

4- Bəxtiyari Nobəxt. Dartqılarla gücləndirilmiş tirlərdə gərginliklərin tənzimlənməsinə dair // Aspirantların və gənc tədqiqatçıların XIII Respublika Konfransının Materialları. Bakı, 2009. səh. 349-351.

5- Bəxtiyari Nobəxt. Böhran gərginliklərin tənzimlənməsində rabitələrin rolu // Nəzəri və Tətbiqi Mexanika. Bakı, 2009, № 1, səh. 6-10.

6- Но Бахт Бахтияр. Устойчивост плоской формы изгиба балок за пределом упругости // Аспирант и Соискатель. Журнал Актуальной Научной информации. Москва, 2010, №1(55), стр. 67-73.

7- Bəxtiyari Nəbəxt. Quraşığı en kəsikli millərdə gərginliklərin tənzimlənməsi haqqında // Elmi Əsərlər, Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universiteti. Bakı, 2010, № 2. səh. 178-183.

8- Bakhtiyari Nobakht. The effect of crams in rehabilitation and increase of bending stability // Journal of Civil Engineering Maragheh, Iran, Autumn 2010, №7, p.15-23.

9- Bəxtiyari Nəbəxt. Başlanğıc qüsurlu konstruksiyalarda gərginliklərin tənzimlənməsi // Bina və qurğuların dayanıqlığı, Beynəlxəliq Elmi–Praktiki Konfransın Materialları (İnşaat bölməsi), Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universiteti. Bakı, 24 dekabr, 2010. səh 144-148.

10- Но Бахт Бахтияр. К исследованию условия прочности сжатого стержня составного сечения с начальным искривлением // Казакстан Республикасы. Научный Журнал Министерства Образования и Науки №1, 2012 , стр. 240-246.

11- Bakhtiyari Nobakht. Regulating the stresses in the linear elastic behavior of structural changes to space structural // First Congress of Applied Science in Mechanical Engineering. Applied Science University Miandoab, Iran. 20 February 2012. p. 3-9.

12- Но Бахт Бахтияр. К исследованию условия прочности сжатого стержня составного сечения с начальным искривлением. // Актуальные проблемы, гуманитарных и естественных наук. Москва, октябрь 2012, №1(45), стр. 60-65.

13- Bakhtiyari Nobakht & M. H. Mosavi Asl. The reverse design of beams and networks to provide strength and deformation of the simultaneously // Journal of Structural Engineering Maragheh, Iran, spring 2013, №11, p. 65-73.

14- Bəxtiyari Nəbəxt. Kranaltı tirin divarının yuxarı zonasının gərginlik-deformasiya halının tədqiq olunması // Müasir İnşaatın Nəzəri və Tətbiqi problemləri, Beynəlxəliq Elmi – Praktiki Konfransın Materialları . Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universiteti, İnşaat Fakültəsi, Bakı 29-30, Noyabr 2012, p. 33-37.

15- Bəxtiyari Nəbəxt. Kranaltı tirin divarının yuxarı zonasının gərginlik vəziyyətinin tədqiqinə dair // Nəzəri və Tətbiqi Mexanika. Bakı, 2013, № 2, p. 56-59.

16- Bakhtiyari Nobakht. The effect of transverse beams and girder trusses with large roof systems the regulation of stress. //International Conference on Civil Engineering, Architecture & Urban Sustainable Development, 18 & 19 December 2013, Islamic Azad University, Tabriz Branch.

Нобахт Бахтияри

«Усиление стальных конструкций производственных зданий находящихся под эксплуатационной нагрузкой»

В диссертационной работе рассматривается усиление конструкций путем изменения конструктивной схемы. В таком случае рассматривается подкрепление основных ферм со связевыми фермами. Для решения поставленной задачи во второй главе составлено дифференциальное уравнение в частных производных и с помощью аппроксимирующей функции оно приведено к двум обыкновенным дифференциальным уравнениям.

В третьей главе диссертации рассматривается усиление внецентренно сжатых колонн и колонн с первоначальной кривизной. Для учета случайного характера некоторых параметров применяется закон распределения Пирсона 3–го типа. Получены уточненные формулы для определения коэффициента перегрузки и коэффициента надежности материала. Составлено условие равнопрочности металла основного и дополнительного элементов колонны.

В четвертой главе приведен анализ напряженно деформированного состояния верхней зоны подкрановой балки.

Решены примеры соответственно по каждой главе, составлены программы для этой цели.

Nobakht Bakhtyari
**Rehabilitation of Industrial Steel Structures
 Under the Exist Loadings**

SUMMARY

In the presented dissertation about the resistance of the girder and trusses in the roof, floor and columns used for industrial process has been investigated.

Braced enhanced roof and floor systems designed to calculate the partial derivatives of the differential equation and the equation has two ordinary differential equations system.

Elastic and elasto-plastic stages of thin-walled structures in the elastic brace enhanced stability equations have been developed to determine the stability of the plane forms. For non-axial isotropic columns enhanced in various ways, from the expressions have been developed for the determination of normal and shear forces. Type III Pirson curves using for download γ_f material homogeneity γ_m reserve ratios have been developed to determine.

The girder cranes have been comprehensively investigated the effect of hardening pressure in the cross girder, the stress distribution in the principal directions of stress in different directions, and local has been studied.

The results show the different behavior of the girder crane in the middle of the side panels. During the research of solving differential equations with degree 4, which have been extracted and compared the results with existing data, the accuracy of the method has been confirmed.

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

На правах рукописи

**Усиление стальных конструкций производственных зданий, на-
ходящихся под эксплуатационной нагрузкой**

Специальность: 3305.03- «Строительные
конструкции, здания и сооружения»

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

**Диссертации на соискание ученой
степени доктора философии по технике**

БАКУ–2014