

Əlyazması hüququnda

MAARİF ZABİT OĞLU YUSİFOV

**ZƏDƏLƏNMƏ PROSESİ NƏZƏRƏ ALINMAQLA
KONSTRUKSIYA ELEMENTLƏRİNİN DAYANIQLIĞI**

İxtisas: 3305.02 - İnşaat mexanikası

Texnika üzrə fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi almaq üçün təqdim
edilmiş dissertasiyanın

AVTOREFERATI

BAKİ – 2016

полной энергии системы получены уравнения для определения критических напряжений. Построены различные кривые зависимости критического напряжения от различных физических и геометрических параметров рассмотренной системы. Во всех рассмотренных случаях получены найдены значение критических напряжений. Решена задача выбора оптимального варианта рассмотренной конструкции.

Kağız formatı 60x84 1/16,

Çap vərəqi: 8.6

Sifariş № 08. Tiraj 100.

AzMIU

“Nəşriyyat – Poliqrafiya Mərkəzi”

tel.: (012) 539 07 17

E-mail: azmiu-npm@mail.ru

На правах рукописи

МААРИФ ЗАБИТ ОГЛЫ ЮСИФОВ

**УСТОЙЧИВОСТЬ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИИ С
УЧЕТОМ ПРОЦЕССА ПОВРЕЖДЕНИЯ**

Специальность: 3305.02 - Строительная механика

АВТОРЕФЕРАТ

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

БАКУ – 2016

М.З. ЮСИФОВ

**УСТОЙЧИВОСТЬ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИЙ
С УЧЕТОМ ПОВРЕЖДАЕМОСТИ**

Представленная диссертационная работа посвящена задачам устойчивости и колебаний стержня и ортотропной, подкрепленной цилиндрической оболочки, контактирующих с агрессивных сред и с учетом повреждаемости материала конструкций. Разработан подход к изучению процесса потери несущей способности внецентренно сжатого стержня, контактирующего с внешней агрессивной средой. С учётом явления повреждаемости материала стержня получено и проанализировано уравнение движения фронта разрушения, а также уравнение, описывающее нарастание его прогиба. Отмечено что потеря несущей способности стержня определяется приоритетностью одного из этих двух процессов. На основе концепции повреждаемости материалов при нагружении, а также разупрочняющегося действия внешней среды предложен подход к определению предельного состояния потери устойчивости прямолинейного стержня круглого или прямоугольного поперечного сечения. Получены формулы, определяющие критическое время потери устойчивости при заданной сжимающей силе, являющееся возможным вследствие снижения деформационных и прочностных свойств материала стержня.

В случае цилиндрической ортотропной оболочки рассмотрены три варианты креплений: 1) с регулярно распределенными продольными стержнями; 2) с регулярно распределенными кольцевыми стержнями; 3) с регулярно распределенными продольными и кольцевыми стержнями. Из условий минимизации

4. Юсифов М.З. Влияние внешней агрессивной окружающей среды на устойчивость упругого стержня // Теоретическая и прикладная механика, Азербайджанский Архитектурно-Строительный Университет, Баку, 2013, №3-4, стр. 85-92

5. Юсифов М.З., Латифов Ф.С. Выпучивания внецентренно сжатого повреждающегося стержня, контактирующего с агрессивной внешней средой // Международный научно-технический журнал, Механика машин, механизмов и материалов, Объединенный институт машиностроения НАН Белоруси, г. Минск, 2014, № 4, стр. 60 - 63.

6. Юсифов М.З. Параметрические колебания продольно подкрепленной, ортотропной, повреждающейся цилиндрической оболочки, контактирующей с вязкоупругой средой // Теоретическая и прикладная механика, Азербайджанский Архитектурно-Строительный Университет, Баку, 2014, №3-4, стр. 82-89

7. Юсифов М.З. Параметрические колебания подкрепленной кольцевыми ребрами ортотропной, повреждающейся цилиндрической оболочки, контактирующей с вязкоупругой средой // Journal of Qafqaz University, Mechanical and industrial engineering, Bakı, 2014, Volume 2, Number 1, səh. 48-55.

8. Латифов Ф.С., Юсифов М.З. Параметрические колебания подкрепленной перекрестными системами ребер ортотропной, повреждающейся цилиндрической оболочки, контактирующей с вязкоупругим грунтом // Bakı Dövlət Universitetinin xəbərləri, fizika-riyaziyyat elmləri seriyası, 2015, №1, səh. 83-92.

İŞİN ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI

Mövzunun aktuallığı. Silindirik formalı konstruksiyaların və ya konstruksiya elementlərinin məşinqayırmada, ötürmə sistemlərində, mülki tikinti sahəsində geniş yayıldığından onların dinamik sərtlik xüsusiyyətlərinin tədqiqi və belə konstruksiyaların optimal variantının seçilməsi ilə bağlı məsələlər öz aktuallıqlarını indi də saxlamaqdadır. Müxtəlif səbəblər texnikada, sənaye sahələrində istifadə olunan silindrik formalı konstruksiyaları və ya konstruksiya elementlərini çubuqlar vasitəsilə möhkəmləndirməyə vadar edir. Konstruksiyaya tətbiq olunmuş qüvvə ədədi qiymətə statik böhran qüvvəsindən böyük olub, monoton artan əyinti yarada bilər. Odur ki, baxılan məsələlərin həllində dinamik dayanıqlığın itirilməsi meyarının qəbulunun zərurəti meydana çıxır. Adi halda belə meyarlar başlanğıc sarpmaları olan qeyri-ideal sistem üçün verilir. Xarici mühitin təsirini nəzərə almaqla dinamik böhran qüvvəsinin tapılması üçün belə tipli məsələlərin həllinə baxılmamışdır. Qeyd edək ki, konstruksiyaların çoxu iş şəraitində mühitlə təmasda olurlar. Belə konstruksiyaların hesabı xarici mühitin təsirinin nəzərə alınmasını zəruri edir və məsələnin həlli kontakt məsələsinin həllinə gətirilir ki, bu da tədqiqat prosesində müəyyən çətinliklər yaradır. Məlumdur ki, konstruksiyanın fiziki və riyazi modelini qurduqda onun istismar şəraitini nəzərə almaq lazımdır. Xarici mühit dämpfer rolunu oynadıqda dinamik qüvvənin təsirindən konstruksiyada zədələr əmələ gəlir. Dinamik effektlərin nəzərə alınması təhlükələrin tipini dəyişir, odur ki, hesabat üçün xüsusi üsullar tətbiq etmək lazımdır. Belə xüsusi üsullardan biri variasiya üsuludur. Bu üsulun effektivliyi ondan ibarətdir ki, onun köməyi ilə örtük və çubuqların dinamik təhlükələrini almaq olar.

Konstruksiyanın optimal variantının seçilməsi probleminin həlli materialların xassələrinin tam nəzərə alınması, xarici mühitin təsirinin hesaba alınması vacib şərtlərdən biridir.

Beləliklə, statik və ya dinamik yükün təsirinə məruz qalan, özlü-elastiki mühitlə təmasda olan, çubuqlarla möhkəmləndirilmiş, zədələnmələri nəzərə alınan konstruksiya elementlərinin dayanıqlığının tədqiqi və konstruksiyanın parametrlərinin rəasional variantının seçilməsi aktual məsələdir.

İşin məqsədi. Özlü-elastiki mühitlə dinamik təmasda olan, dinamik qüvvənin təsirinə məruz qalan, qabırğalarla möhkəmləndirilmiş, zədələnmiş silindrik qabığın böhran gərginliklərini tapmaqdan, konstruksiyanın optimal variantını seçməkdən, aşınma törədən aqressiv mühitlə təmasda olan zədələnmiş milin mərkəzdən kənar sıxılmada qabarması və dayanıqlığının itirilməsinə uyğun böhran qüvvəsini tədqiq etməkdən ibarətdir.

Dissertasiyada aşağıdakı nəticələr alınmışdır:

1. Aşınma törədən aqressiv mühitlə təmasda olan zədələnmiş milin mərkəzdən kənar sıxılmada qabarması və dayanıqlığının itirilməsinə uyğun böhran qüvvəsinin qiyməti təyin edilmişdir;

2. Dinamik qüvvənin təsirinə məruz qalan, səthində diskret paylanmış qabırğalarla möhkəmləndirilmiş, zədələnmiş silindrik qabıq – bərk mühit sisteminin parametrik rəqslərini tədqiq etmək və silindrik qabığın parametrlərinin optimal variantını tapmaq üçün məsələnin fiziki və riyazi modeli qurulmuşdur;

3. Hamilton-Ostrogradski variasiya prinsipinin köməyi ilə tədqiq olunan konstruksiyanın parametrik rəqsləri, bunun əsasında optimallaşdırma parametrini tapmaq üçün tənlik qurulmuşdur;

4. Tədqiq olunan konstruksiyanın dayanıqlığına uyğun böhran gərginliklərini və optimallaşdırma parametrini hesablamaq üçün analitik ifadələr alınmış və bu kəmiyyətlərə sistemi xarakterizə edən fiziki, mexaniki və həndəsi parametrlərin təsiri öyrənilmişdir;

5. Optimallaşdırma parametrinin köməyi ilə silindrik qabığı möhkəmləndirmək üçün qabırğaların sayı və örtüyün həndəsi ölçülərinin optimal variantı tapılmış, bu kəmiyyətə sistemi xarakterizə edən fiziki, mexaniki və həndəsi parametrlərin təsiri tədqiq olunmuşdur.

Elmi yeniliklər. Dissertasiyada ilk dəfə olaraq aşınma törədən aqressiv mühitlə təmasda olan zədələnmiş milin mərkəzdən kənar sıxılmada qabarması və dayanıqlığının itirilməsinə uyğun böhran qüvvəsinin qiyməti təyin edilmiş, səthində diskret paylanmış qabırğalarla möhkəmləndirilmiş və mühitlə kontaktda olan silindrik qabığın parametrik rəqsləri öyrənilərək və bunun əsasında silindrik qabığın parametrlərinin optimal variantını tapmaq üçün məsələnin

10. Optimallaşdırma parametrinin böyük qiymətlərini almaq üçün boyuna qabırğaların sayını dairəvi qabırğaların sayı ilə müqayisədə artıq götürmək lazımdır;

11. Silindrik qabığın ortotopluq xassəsi gücləndikcə, böhran gərginliklərinin qiyməti artır;

12. Boyuna istiqamətdəki dalğaların sayı artdıqca, böhran qüvvəsi artaraq maksimum qiymət alıb, yenidən azalır və onun qiyməti möhkəmləndirilməmiş silindrik qabığa uyğun qüvvənin böhran qiymətinə yaxınlaşır;

13. Konstruksiyanın optimal variantını seçmək üçün daxil edilən optimallaşdırma parametrinə analitik ifadə tapılmışdır;

14. Bütün qabırğaların çəkisi təqribən silindrik qabığın çəkisinə bərabər olduqda, örtüyün möhkəmləndirilməsi əlverişlidir;

15. Təsir edən xarici qüvvənin qiyməti artdıqca onun sistemin məxsusi rəqs tezliklərinə təsiri zəif olur, müəyyən qiymətdən sonra isə sistemin məxsusi rəqs tezlikləri kəskin azalmasına səbəb olur.

Dissertasiyanın əsas məzmunu aşağıdakı elmi əsərlərdə öz əksini tapmışdır:

1. Yusifov M.Z. Dəyişən xarici qüvvənin təsirinə məruz qalan, doğurarı boyu qabırğalarla möhkəmləndirilmiş, zədələnmiş, maye ilə təmasda olan ortotrop silindrik qabığın parametrik rəqsləri // Journal of Qafqaz University, Mechanical and industrial engineering, Bakı, 2015, s.36-41 Volume 3, Number 1.

2. Yusifov M.Z. Halqalarla möhkəmləndirilmiş, zədələnmiş, maye ilə təmasda olan ortotrop silindrik qabığın parametrik rəqsləri / Doktorantların və gənc tədqiqatçıların XIX Respublika Elmi Konfransının Tezisləri. Bakı, 2015.

3. Yusifov M.Z. Maye ilə təmasda olan, qüvvənin təsirinə məruz qalan, möhkəmləndirilmiş, zədələnmiş, ortotrop silindrik qabığın parametrik rəqsləri / AZƏRSU ASC “Azərbaycanda sudan istifadənin müasir problemləri və onun idarə olunması” mövzusunda Elmi-Praktiki Konfransın Materialları. Bakı, 2015, 18-19 fevral s. 55 - 56.

asililiği göstərir ki, μ parametri maksimum qiymətini $\varphi_2' > 1$ olduqda alır və baxdığımız misalda $\varphi_2' = 1,23$ -ə bərabərdir.

ƏSAS NƏTİCƏLƏR

Dissertasiya işində aşağıdakı nəticələr alınmışdır:

1. Aşınma törədən aqressiv mühitlə təmasda olan zədələnmiş milin mərkəzdən kənar sıxılmada qabarması və dayanıqlığının itirilməsinə uyğun böhran qüvvəsinin qiymətini hesablamaq üçün analitik ifadə alınmışdır;

2. Aşınma törədən aqressiv mühitlə təmasda olan zədələnmiş milin mərkəzdən kənar sıxılmada qabarması və dayanıqlığının itirilməsinin böhran zamanını tapmaq üçün analitik ifadə alınmışdır;

3. Xarici aqressiv mühitin təsirindən səpələnmiş dağılmanın inkubasiya müddəti azalır;

4. zədələnmələrin yaranması böhran qüvvəsinin qiymətini azaldır və milin dayanıqlığının itirməsini zədələr olmayan halla müqayisədə sürətləndirir;

5. dinamik qüvvənin təsirinə məruz qalan, səthində diskret paylanmış qabırğalarla möhkəmləndirilmiş, zədələnmiş silindrik qabıq – bərk mühit sisteminin parametrik rəqslərini və silindrik qabığın parametrlərinin optimal variantını tapmaq üçün məsələnin fiziki və riyazi modeli qurulmuşdur;

6. Hamilton-Ostrogradski variasiya prinsipinin köməyi ilə tədqiq olunan konstruksiyanın parametrik rəqslərini, bunun əsasında optimallaşdırma parametrini tapmaq üçün tənlik qurulmuşdur;

7. Konstruksiyanın dayanıqlığına uyğun böhran gərginliklərini hesablamaq üçün analitik ifadələr alınmışdır;

8. Qabırğaların sayı artdıqca böhran gərginliklərinin qiyməti əvvəlcə artır, maksimum qiymət alaraq, yenidən azalır;

9. Mühitin ətalət təsirini nəzərə aldıqda optimallaşdırma parametri maksimum qiymətini daha tez alır;

fiziki və riyazi modeli qurulmuşdur. Məsələnin həlli qeyd olunan konstruksiyanın parametrik rəqslərinin tədqiqinə gətirilmişdir.

Dissertasiyada silindrik qabığın möhkəmləndirilməsinin üç halına baxılmışdır: 1) doğuranı boyu yerləşdirilmiş millərlə; 2) oxuna perpendikulyar müstəvidə yerləşən halqalarla; 3) ortoqonal şəbəkə əmələ gətirən millər və halqalarla. Hər üç halda tədqiq olunan sistemin böhran gərginliklərini tapmaq üçün tənlik qurulmuş və kökləri tapılmışdır. Bu gərginliklərə və optimallaşdırma parametrinə sistemi xarakterizə edən həndəsi, fiziki və mexaniki xüsusiyyətlərin təsiri öyrənilmişdir.

İşin praktiki əhəmiyyəti. Dissertasiyada alınmış nəticələrdən dinamik qüvvənin təsirinə məruz qalan, möhkəmləndirilmiş neft və qaz kəmərlərinin, sənaye və mülki tikintidə istifadə olunan konstruksiyaların və konstruksiya elementlərinin dayanıqlığının tədqiqində, konstruksiyanın optimal variantının seçilməsində istifadə etmək olar.

Nəticələrin dəqiqliyi Məsələnin korrekt qoyuluşuna, elastiki məsələnin dəqiq həllərindən istifadə edilməsinə, alınmış tənliklərin və tənliklər sisteminin həll sxeminin dəqiqliyinin yoxlanılmasına əsaslanır. Alınmış ifadələr özlərində məlum fiziki və riyazi qanunauyğunluqları birləşdirirlər.

İşin aprobasiyası. Dissertasiya işinin əsas elmi nəticələri mü-təmadi olaraq AzMİU-nun “Nəzəri və inşaat mexanikası”, “Bina və qurğuların istismarı və rekonstruksiyası”, “Materiallar müqaviməti”, “İnşaat konstruksiyaları”, “Ali riyaziyyat” kafedralarının (2013-2015), BDU-nun «Nəzəri və bütöv mühit mexanikası» kaferasının (2014), AMEA RMİ-nin «Elastiklik nəzəriyyəsi», «Dalğa dinami-kası» şöbələrinin (2014), ATU-nun «Riyaziyyat» kaferasının (2013-2014) seminarlarında müzakirə edilmiş və bəyənilmişdir.

Nəşr edilmə. Dissertasiya işinin əsas məzmunu Respublikada və xarici ölkələrdə nəşr olunmuş 6 (altı) elmi məqalədə əks olunmuşdur.

İşin strukturu və həcmi. Dissertasiya işi giriş, üç fəsil, əsas nəticələr və 105 adda isitifadə olunmuş ədəbiyyat siyahısından ibarətdir. İşin ümumi həcmi 134 səhifədir, o cümlədən 27 şəkil verilmişdir.

İŞİN ƏSAS MƏZMUNU

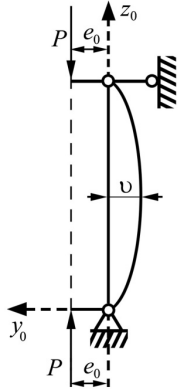
Girişdə dissertasiya mövzusunun aktuallığı əsaslandırılır, işin məqsədi, elmi yenilikləri, praktiki əhəmiyyəti, alınmış nəticələrin etibarlılığı, müdafiəyə çıxarılan məsələlər, işin aprobeasiyası, strukturu və həcmi haqqında məlumatlar verilir.

I fəsildə mühitlə dinamik təmasda olan, zədələnməmiş millərin, qabırğalarla möhkəmləndirilmiş, zədələnməmiş silindrik qabıqların dayanıqlığının hesabatına aid işlərin qısa xülasəsi verilmişdir.

II fəsil aqressiv mühitlə təmasda olan zədələnməmiş milin mərkəzdən kənar sıxılmada qabarması və dayanıqlığının tədqiqinə həsr olunmuşdur.

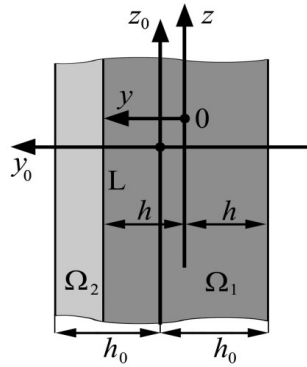
Fəsil iki yarım fəsildən ibarətdir. Birinci yarım fəsildə aqressiv mühitlə təmasda olan zədələnməmiş milin mərkəzdən kənar sıxılmada qabarmasını tədqiq etmək yolları araşdırılmışdır (Şək.1).

Materialında zədələnmələri nəzərə alınmaqla dağılma cəbhəsinin hərəkət tənliyi alınmış, təhlil olunmuş və eyni zamanda milin əyintisinin artmasını təyin edən tənlik qurulmuşdur. İkinci yarım fəsildə aşınma törədən aqressiv mühitlə təmasda olan elastiki milin dayanıqlığına mühitin təsiri öyrənilmişdir (Şək.2).



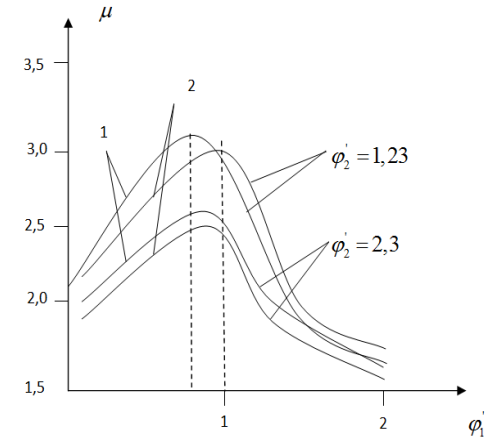
Şəkil 1. Sıxılan milin qabarma sxemi

Ω_1 - sıxılma oblastı, Ω_2 - dağılma oblastı, L - dağılma cəbhəsi.



Şəkil 2. Dağılma zonasının yerləşmə sxemi.

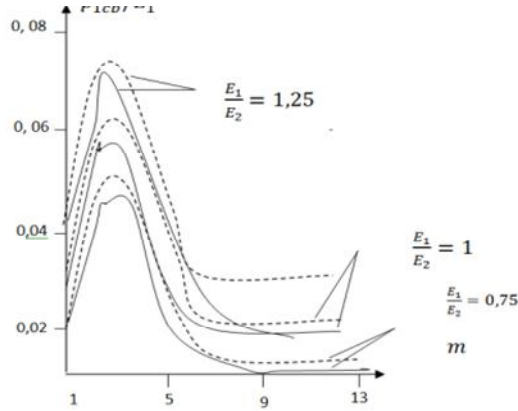
vahiddən çox az fərqlənir. Bu isə onu göstərir ki, qabırğaların çəkisi təqribən silindrik qabığın çəkisinə bərabər olduqda örtüyün möhkəmləndirilməsi əlverişlidir. Hesablamalara əsasən bu nəticə kifayət qədər sıx şəbəkə əmələ gətirən qabırğalarla möhkəmləndirmə üçün doğrudur. ϕ_1' -in kiçik qiymətlərində μ əmsalı minimum qiymət alır ki, bu da silindrik qabığın olduqca zəif qabırğalarla möhkəmləndirilməsinin səmərəli olmadığını göstərir. Şəkil 6- da 1 ayrılmasına zədələnmələrin təsiri nəzərə alınmadığı, 2 ayrılmasına isə zədələnmələrin təsiri nəzərə alındığı hallar uyğundur.



Şəkil 6. Nisbi effektivlik əmsalı μ -nün qabırğaların nisbi çəkisi ϕ_1' -dən asılılığı.

Şəkildən göründüyü kimi zədələnmələr nəzərə alındıqda μ parametri maksimum qiymətini daha tez alır və ϕ_1' -in qiyməti mühit olmadığı hala uyğun qiymətindən az olur. μ parametrinin ϕ_2' -dən

Şəkil. 4. Böhran qüvvəsinin boyuna qabırğaların sayından



Şəkil. 5. Böhran qüvvəsinin boyuna istiqamətdəki dalğaların sayı m -dən asılılığı.

Üçüncü yarımfəsildə ikinci yarımfəsildə baxılan məsələ xarici qüvvənin təsirinə məruz qalan, halqavari qabırğaların köməyi ilə möhkəmləndirilmiş ortotrop silindrik qabığın özlü-elastiki mühitlə birgə parametrik rəqsləri üçün, dördüncü yarımfəsildə isə xarici qüvvənin təsirinə məruz qalan, ortoqonal şəbəkə əmələ gətirən qabırğalar sistemi ilə möhkəmləndirilmiş və mühitlə təmasda olan silindrik qabığın rəqsləri üçün həll edilmişdir. Hər iki halda sistemin tezlik tənliyi qurulmuş və bu tənliklərdən rəqs tezlikləri üçün analitik ifadələr alınmışdır.

Beşinci yarımfəsildə silindrik qabığın həndəsi ölçülərinin və qabırğaların sayının optimal variantını tapmaq üçün optimallaşdırma parametri daxil edilmiş və qabırğaların sayından asılı olaraq onun dəyişməsi öyrənilmişdir.

Şəkil 6 - dan göründüyü kimi qabırğaların nisbi çəkisi φ_1 artdıqca nisbi effektivlik əmsalı μ artaraq maksimum qiymət olaraq yenidən azalır və bu parametrin maksimumuna uyğun gələn φ_1

Uclarından oynaqla bərkidilmiş mil sıxıcı P qüvvəsinin təsirinə məruz qalır. Hesab olunur ki, qüvvənin təsir nöqtəsi milin en kəsiyinin ağırlıq mərkəzindən e_0 məsafədə yerləşir və milin en kəsiyi düzbucaqlı formasındadır. Milin əyilmiş oxunun diferensial tənliyini yazaq:

$$EJ \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} = -P(v - e_0) \quad (1)$$

Burada: E - elastiklik modulu; J - milin en kəsiyinin ətalət momenti, v - milin əyintisidir. Əgər a - milin qalınlığı, $2h_0$ -

milin en kəsiyinin y oxu istiqamətində eni olarsa, onda $J = \frac{2ah_0^3}{3}$.

Qəbul edək ki, yükləmənin davam etdiyi oblastda, başqa sözlə, səpələnmiş dağılma prosesini təyin edən qabarmanın sıxılma hissəsində zədələrin yaranması və toplanması prosesi gedir. Bu prosesi öyrənmək üçün zədələnmənin irsiyyət nəzəriyyəsindən istifadə edəcəyik:

$$E\varepsilon = (1 + M^*)\sigma \quad (2)$$

Burada ε - deformasiya, M^* - zədələnməni nəzərə alan irsiyyət tipli integral operatorudur:

$$M^*\sigma = \sum_{k=1}^n \Phi_k(t_k^+) \cdot \int_{t_k^-}^{t_k^+} M(t_k^+ - \tau) \sigma(\tau) d\tau + \int_{t_{n+1}^-}^t M(t - \tau) \sigma(\tau) d\tau \quad (3)$$

Burada $M(t - \tau)$ - zədələnmənin nüvəsi; $\Phi_k(t_k^+)$ - defektlərin bərpası funksiyası, (t_k^-, t_k^+) - aktiv yükləmə, zaman intervalıdır.

Dağılma meyarını aşağıdakı şəkildə qəbul edəcəyik:

$$\sigma + M^*\sigma = \sigma_{c\sigma c} \quad (4)$$

Burada $\sigma_{c\sigma c}$ - ani sıxıcı yükləmədə möhkəmlik həddidir.

Fərz edək ki, milin qabarıq hissəsi xarici aqressiv mühitlə təmasdadır və diffuziya prosesi nəticəsində mühitin komponentləri milin daxilinə nüfuz edir. Xarici mühitin cisimdə iştirakının kəmiyyət dərəcəsi

cəsi bu mühitin mildə olan komponentlərinin konsentrasiyası ilə müəyyənləşdirilir və mildə paylanması diffuziyanın parabolik tənliyi ilə təyin olunur. Bu tənlik baxdığımız məsələnin kvazistasionar qoyuluşunda mühitin komponentlərinin nöqtədəki konsentrasiyasının milin sərhəddəki qiymətinə olan nisbəti $c(y;t)$ –yə nəzərən Laplas tənliyidir.

Stasionar halda aqressiv mühitin mildə konsentrasiyasının paylanmasını aşağıdakı şəkildə qəbul edəcəyik:

$$c(y) = \frac{1}{2} \left(1 + \frac{y_0}{h_0} \right) \quad (5)$$

Hesab edək ki, xarici aqressiv mühitin təsiri yalnız sıxılmada möhkəmlilik həddinin azalması ilə nəticələnir və aşağıdakı münasibətlə təyin olunur:

$$\sigma_{c\kappa} = \sigma_{c\kappa;0} (1 - \gamma c) \quad (6)$$

Burada γ -emprik sabitdir və $0 < \gamma < 1$

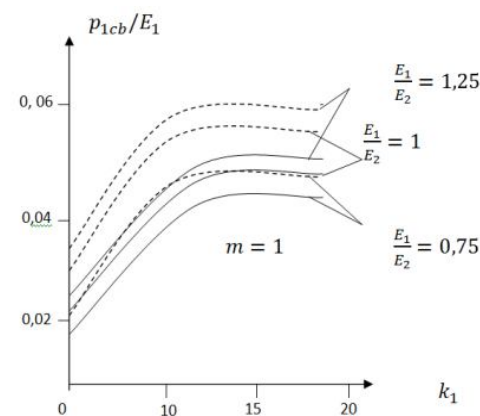
Onda (4) dağılma meyarı aşağıdakı şəkllə düşər:

$$\sigma + M^* \sigma = \sigma_{c\kappa;0} (1 - \gamma c) \quad (7)$$

Zaman keçdikcə materialın ayrı-ayrı elementlərinin dağılması dağılmayan hissədə gərginliyin artmasına və qeyri-bircins paylanmasına səbəb olur. Eyni zamanda (6) münasibəti ilə təyin olunan sıxılmada möhkəmlilik həddi $\sigma_{c\kappa}$ eninə koordinatın funksiyası olur. (7) münasibətinin birinci ödəndiyi hər hansı t_0 anında dağılma məkanı yaranır. Başlanğıc anından t_0 -a qədər zaman müddəti inkubasiya müddəti adlanır. Bundan sonra milin dağılmayan hissəsini dağılan hissədən ayıran və dağılma cəbhəsi adlanan səth yaranaraq hərəkətə başlayır. Tam dağılma ya dağılma cəbhəsinin hərəkət sürətinin sonsuzluğa çevrilməsi və ya dağılmayan hissənin tamamilə yox olması zamanı ilə təyin olunur.

Ostrogradski-Hamilton təsirinin qərarlaşma şərtindən istifadə etməklə, p_{1cb} böhran qüvvəsi və sistemin məxsusi rəqs tezlikləri ədədi üsulla hesablanmışdır. Hesablamaların nəticələri Şəkil 4 və Şəkil 5, uyğun olaraq, p_1/E_1 – in qabırğaların sayı k_1 – dən, boyuna istiqamətdəki dalğaların sayı m –dən asılılığı şəkildə, $\frac{E_1}{E_2}$ nisbətinin müxtəlif qiymətləri və mühitin ətalət təsiri zəif olan hal üçün verilmişdir. Hər iki şəkildəki qırıq xətlərə oxu boyu qabırğalarla möhkəmləndirilmiş, zədələnməmiş silindrik qabıqın, bütöv xətlərə isə oxu boyu qabırğalarla möhkəmləndirilmiş, zədələnməmiş silindrik qabıqın böhran qüvvələrinin qiymətlərinə uyğundur. Şəkildən göründüyü kimi qabırğaların sayı k_1 artdıqca, böhran qüvvəsi əvvəlcə artır və müəyyən qiymətdən sonra azalmağa başlayır. Bu onunla izah olunur ki, qabırğaların sayı artdıqca, onların kütlələri də artır və son nəticədə rəqs prosesinə ətalət təsirləri güclənir. Eyni zamanda, qabıqın materialının ortotrop luq xassəsi gücləndikcə, böhran qüvvəsinin qiyməti artır.

Şəkil 5 göstərir ki, boyuna istiqamətdəki dalğaların sayı artdıqca, böhran qüvvəsi artaraq, maksimum qiymət alıb, yenidən azalır və onun qiyməti möhkəmləndirilməmiş silindirik qabığa uyğun böhran qiymətinə yaxınlaşır.



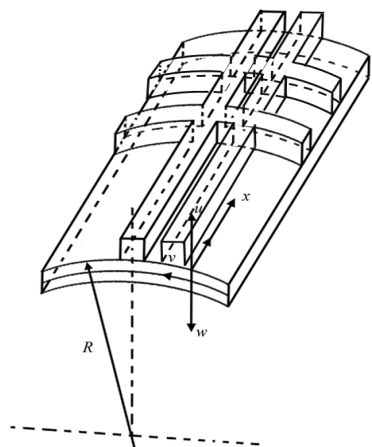
həndəsi parametrlərdən asılı olaraq öyrənilmişdir. Optimallaşdırma parametri daxil edilərək, qabırğalar sayının optimal variantı tapılmışdır (Şək.3).

Fəsil beş yarımfəsildən ibarətdir. Birinci yarımfəsildə xarici qüvvənin təsirinə məruz qalan, qabırğalarla möhkəmləndirilmiş və özlü-elastiki mühitlə təmasda olan ortotrop silindrik qabığının parametrik rəqsləri haqqında məsələnin qoyuluşu verilmişdir.

Məsələnin həllində Hamilton-Ostrogradski variasiya prinsipindən istifadə edilmişdir:

$$\delta \Pi = \delta (U + A_0 + A_1 + A_2 + \sum_{i=1}^{k_1} A_i + \sum_{j=1}^{k_2} A_j) = 0$$

Burada, A_0, A_1, A_2 – mühitin silindrik qabığa göstərdiyi təsiri qüvvələrini, qabığının kənarlarına tətbiq olunmuş sərhəd qüvvələrinin və qabığının səthində təsir edən p qüvvəsinin qabığının nöqtələrinin yerdəyişmələrində gördüyü işlər, $\sum_{i=1}^{k_1} A_i, \sum_{j=1}^{k_2} A_j$ – qabırğaların tam enerjisidir.



Şəkil 3. Qabırğalarla möhkəmləndirilmiş, özlü-elsastiki mühitlə təmasda olan və xarici qüvvənin təsirinə məruz qalan silindrik qabıq.

İkinci yarımfəsildə xarici qüvvənin təsirinə məruz qalan, doğurarı boyu qabırğalarla möhkəmləndirilmiş ortotrop silindrik qabığının özlü-elastiki mühitlə birgə parametrik rəqsləri haqqında məsələ həll edilmişdir.

İşdə zədələnmə nüvəsi olaraq zəif sinqulyar Abel nüvəsi $M(t) = \lambda t^{-\alpha} \quad 0 < \alpha < 1$ qəbul edilərək, alınmışdır:

$$t_0 = \left\{ \frac{1-\alpha}{\lambda} \left[\frac{2ah_0 \sigma_{c\kappa;0}}{\left(1 + \frac{3e_0}{h_0}\right) \cdot P} (1-\gamma) - 1 \right] \right\}^{\frac{1}{1-\alpha}} \quad (8)$$

(8) -dən xarici aqressiv mühitin təsirindən səpələnmiş dağılmanın inkubasiya müddətinin azaldığı alınır. Eyni zamanda, inkubasiya müddətinin, başqa sözlə, səpələnmiş dağılma prosesinin gizli inkişaf müddətinin varlığı ilk parametrlərin ədədi qiymətləri üzərinə müəyyən məhdudiyyətlər qoyur. Bu halda sıxıcı qüvvə müəyyən qiyməti aşmamalıdır:

$$P < P_* = \frac{2ah_0 \sigma_{c\kappa;0}}{1 + \frac{3e_0}{h_0}} (1-\gamma) \quad (9)$$

Bu şərt pozulduqda tətbiq olunan qüvvə hesabına ani olaraq dağılma baş verir. Səthin təbəqəsi dağıldıqdan sonra milin qabarıq hissəsinə doğru hərəkət edən dalğa cəbhəsi yaranır. Müəyyən müddətdən sonra milin dağılan və dağılmayan hissələrinin yerləşmə mənzərəsi şəkil 2-də verilmişdir. Hesab edəcəyik ki, dağılan hissə möhkəmlik ehtiyatını tamamilə itirir və deformasiyaya müqavimət göstərə bilmir. Bu isə faktiki olaraq milin en kəsiyinin, eninin azalması deməkdir. Bu azalma aşağıdakı dağılma cəbhəsinin hərəkət tənliyindən təyin olunur:

$$\frac{1}{h(t)} \left[1 + \frac{3(e_0 + h_0 - h(t))}{h(t)} \right] + \int_0^t M(t-\tau) \frac{1}{h(\tau)} \left[1 + \frac{3(e_0 + h_0 - h(\tau))(2h(t) - h(\tau))}{h^2(\tau)} \right] d\tau = \frac{2a\sigma_{\text{сжс0}}}{P} \cdot \left(1 - \gamma \frac{h(t)}{h_0} \right) \quad (10)$$

(10) tənliyinə milin zədələnmələri və en kəsiyin dəyişən qalınlığını nəzərə almaqla əyilmiş oxun diferensial tənliyi əlavə edilir:

$$\frac{2}{3} ah^3(t) \frac{\partial^2 v(z;t)}{\partial z^2} + P v(z;t) + P \cdot \int_0^t M(t-\tau) v(z;\tau) d\tau = \quad (11)$$

$$= P \cdot \left[(e_0 + h_0) \left(1 + \int_0^t M(\tau) d\tau \right) - h(t) - \int_0^t M(t-\tau) h(\tau) d\tau \right]$$

(10) və (11) tənliklər sistemi mildə paralel baş verən səpələnmiş dağılma və qabarma proseslərini əks etdirir. Bu proseslərdən birinin digərini qabaqlaması milin işlək qabiliyyətinin hansı tipdə itirilməsini müəyyən edir. Başqa sözlə, əgər sıxıcı qüvvə kiçilən en kəsik halında böhran qiymətinə çatana kimi dağılma cəbhəsinin hərəkət sürəti sonsuzluğa çevrilərsə, onda milin işlək qabiliyyətinin itirilməsi mildə yaranan zədələnmələrin yaranması hesabına baş verir. Dayanıqlığın böhran qüvvəsinin qiymətini təyin etmək üçün ifadə alınmışdır:

$$P_{kp} = P_0 \frac{\xi^2(\theta)}{1 + \eta\theta} \quad (12)$$

Bu düstur zədələnmələrin böhran qüvvəsinin qiymətinə təsirini ifadə edir. Göründüyü kimi zədələnmələrin yaranması böhran qüvvəsinin qiymətini azaldır. Dağılma cəbhəsinin sürəti sonsuzluğa çevrilən (12) düsturu milin dayanıqlığının itirilməsinə uyğun klassik Eyler qüvvəsinin zədələnmələri nəzərə alınan milin dayanıqlığının itirilməsinə uyğun böhran qüvvəsi ilə əlaqəni ifadə edir.

İkinci yarımfasildə nazikdivarlı konstruksiya elementlərinin dayanıqlığı aqressiv mühitin konstruksiyanın möhkəmliyinə zəiflədici xüsusiyyətini nəzərə almaqla tədqiq olunmuşdur. Hesab edilir ki, mühitin təsirindən metalda aşınma prosesi gedir və bu da

milin həndəsi ölçülərinin dəyişməsinə səbəb olur. Əgər nəzərdə tutsaq ki, aşınma prosesi müntəzəm baş verir, onda milin en kəsiyi formasını dəyişmir, yalnız bu kəsiyin radiusu dəyişir: $R = R(t)$.

Aşınma prosesinin tənliyi aşağıdakı şəkildə götürülmüşdür:

$$\frac{dR}{dt} = -v - k\varepsilon \quad (13)$$

Təsir edən P qüvvəsinin verilmiş qiymətində milin dayanıqlığının itirilməsinə uyğun böhran zamanını təyin etmək üçün ifadə alınmışdır:

$$t_{kp} = \frac{1}{v} \left\{ \left(R_0 - \sqrt{\frac{4l^2 P}{\pi^3 E}} \right) + \sqrt{\frac{kP}{\pi v E}} \left[\arctg \sqrt{\frac{4l^2 v^2 E}{\pi k^2}} \cdot \frac{1}{P} - \arctg \left(\sqrt{\frac{\pi v E}{kP}} R_0 \right) \right] \right\} \quad (14)$$

Beləliklə, əgər təsir edən sıxıcı qüvvənin qiyməti Eylerin böhran qüvvəsinin qiymətindən az, yəni, $P < P_0$ olduqda belə aşınma prosesi hesabına (14) zaman müddətindən sonra dayanıqlığın itirilməsi baş verəcəkdir. Məhz bununlada xarici aqressiv mühitin zəiflədici təsiri özünü göstərir.

III fəsildə xarici $p = p_0 + p_1 \sin \omega_1 t$ (burada, p_0 - opta və ya əsas qüvvə, $p = p_0 + p_1 \sin \omega_1 t$ qüvvənin dəyişmə amplitudu, - qüvvənin dəyişən hissəsinin dəyişmə tezliyidir) təsirinə məruz qalan, qabırğalarla möhkəmləndirilmiş və özlü-elastiki mühitlə təmasda olan silindrik qabığın parametrik rəqsləri haqqında məsələyə baxılmışdır. Qabırğaların silindrik qabığın səthində yerləşməsinin üç halı nəzərdən keçirilmişdir: 1) qabırğalar silindrik qabığın səthində onun doğurarı boyu yerləşdirilmişdir; 2) silindrik qabıq halqavari qabırğaların köməyi ilə möhkəmləndirilmişdir;

3) qabırğalar silindrik qabığın səthində ortoqonal şəbəkə əmələ gətirir.

Silindrik qabıq ortotrop qəbul edilmişdir. Mühit özlü-elastiki formada modelləşdirilərək, elastiki təsir yerdəyişmələrdə Lamé tənlikləri sisteminin köməyi ilə tədqiq olunmuşdur. Kontakt şərtlərinin köməyi ilə sistemin parametrik rəqs tezliklərini tapmaq üçün tezlik tənliyi qurulmuş sistemi xarakterizə edən mexaniki və