

**НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
АЗЕРБАЙДЖАНА
ИНСТИТУТ МАТЕМАТИКИ И МЕХАНИКИ**

На правах рукописи

МЕХМАН ГУЛУ ОГЛЫ АКБЕРОВ

**ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ И ПРАКТИЧЕСКОЕ
ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ
ВАРИАНТОВ УКЛАДКИ НА
БОЛШИЕ ГЛУБИНЫ ПОДВОДНЫХ
ТРУБОПРОВОДОВ**

2002.01-Механика деформируемого твердого тела

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени
доктора философии по механике

Баку – 2014

AZƏRBAYCAN MİLLİ ELMLƏR AKADEMİYASI
RİYAZİYYAT VƏ MEXANİKA İNSTİTUTU

Əlyazması hüququnda

MEHMAN QULU OĞLU ƏKBƏROV

SUALTI BÖRÜ KƏMƏRİNİN BÖYÜK
DƏRİNLİKLƏRƏ SALINMASININ TEXNOLOJİ
VARIANTLARININ NƏZƏRİ
VƏ PRAKTİKİ ƏSASLANDIRILMASI

2002.01-Deformasiya olunan bərk cism mexanikası

mexanika üzrə fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi
almaq üçün təqdim edilmiş dissertasiyanın

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

Bakı – 2014

AZƏRBAYCAN MİLLİ ELMLƏR AKADEMİYASI
RİYAZİYYAT VƏ MEXANİKA İNSTİTUTU

Əlyazması hüququnda

MEHMAN QULU oğlu ƏKBƏROV

SUALTI BÖRÜ KƏMƏRİNİN BÖYÜK
DƏRİNLİKLƏRƏ SALINMASININ TEXNOLOJİ
VARIANTLARININ NƏZƏRİ
VƏ PRAKTİKİ ƏSASLANDIRILMASI

2002.01-Deformasiya olunan bərk cism mexanikası

mexanika üzrə fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi
almaq üçün təqdim edilmiş dissertasiyanın

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

Bakı - 2014

**НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
АЗЕРБАЙДЖАНА
ИНСТИТУТ МАТЕМАТИКИ И МЕХАНИКИ**

На правах рукописи

МЕХМАН ГУЛУ оглы АКБЕРОВ

**ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ И ПРАКТИЧЕСКОЕ
ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ
ВАРИАНТОВ УКЛАДКИ НА
БОЛЬШИЕ ГЛУБИНЫ ПОДВОДНЫХ
ТРУБОПРОВОДОВ**

2002.01-Механика деформируемого твердого тела

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени
доктора философии по механике

Баку – 2014

Dissertasiya işi **Azərbaycan Dövlət Neft Akademiyasının** "Tətbiqi mexanika" kafedrasında yerinə yetirilmişdir.

Elmi rəhbər:

texnika elmləri doktoru, prof.

Ramiz Ə.Həsənov

Rəsmi opponetlər:

fizika-riyaziyyat elmləri doktoru, prof. **Vaqif C. Hacıyev**

(AMEA Riyaziyyat və Mexanika İnstitutu);

texnika elmləri doktoru, prof.

Allahverdi

B.Həsənov

(AMEA Kibernetika İnstitutu).

Aparıcı təşkilat:

Azərbaycan Memarlıq və İnşaat Universiteti

«Nəzəri və inşaat mexanikası» kafedrası.

Dissertasiyanın müdafiəsi 07 noyabr 2014-cü il saat 14⁰⁰-da Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyası Riyaziyyat və Mexanika İnstitutunun nəzdində elmlər doktoru və fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi almaq üçün D 01.111 dissertasiya şurasının iclasında keçiriləcəkdir.

Dissertasiya işi ilə Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyası Riyaziyyat və Mexanika İnstitutunun kitabxanasında tanış olmaq olar.

Ünvan: AZ 1141, Bakı şəhəri, B.Vahabzadə küç. 9.

Avtoreferat göndərilib 03 oktyabr 2014-cü il.

AMEA RMİ-nin D 01.111

Dissertasiya Şurasının

elmi katibi

dosent Tamilla

Həsənova

Работа выполнена на кафедре «Прикладная механика» **Азербайджанской Государственной Нефтяной Академии.**

Научный руководитель:

доктор технических наук, проф.

Рамиз

А.Гасанов

Официальные оппоненты:

доктор физико-математических наук, проф.

Вагиф

Дж.Гаджиев

(Институт Математики и Механики НАНА);

доктор технических наук, проф.

Аллахверди

Б.Гасанов (Институт Кибернетики НАНА).

Ведущая организация:

Азербайджанский Архитектурно-Строительный

Университет

кафедра «Теоретическая и строительная механика».

Защита диссертации состоится 07 ноября 2014 г. в 14⁰⁰ часов на заседании диссертационного совета Д 01.111 по присуждению ученой степени доктора наук и доктора философии при Институте Математики и Механики Национальной Академии Наук Азербайджана.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института Математики и Механики Национальной Академии Наук Азербайджана.

Адрес: AZ 1141, г.Баку, ул.Б.Вагабзаде, 9.

Автореферат разослан 03 октября 2014 года.

Ученый секретарь

Диссертационного Совета

Д 01.111 ИММ НАНА

доцент

Тамилла Гасанова

İŞİN ÜMUMİ XARAKTERİSTİKASI

Mövzunun aktuallığı. Qaz, neft və neft məhsulları çıxarıldıqları yaxud emal olunduqları yerdən istehlak olunduqları yerə əsasən boru kəmərləri vasitəsi ilə nəql olunurlar. Boru kəmərləri çox sayda kiçik və böyük çayları, gölləri və dənizləri keçib gedir.

Nəzərə alsaq ki, sualtı boru kəmərlərinin təmiri onların tikintisindən daha çətindir. Onda aydın olur ki, sualtı boru kəmərlərinin iş şəraiti necə mürəkkəbdir və onların tikintisində aid məsələlərin hesablatları necə düşünülmüş və elmi cəhətdən əsaslandırılmış olmalıdır.

Praktiki olaraq su keçidlərinin layihələndirilməsi və tikilməsində 40-50 il müddətində qəzasız və təmirsiz işləyəcək boru kəmərlərinin yaradılması məsələsi həll edilməlidir. Ancaq bu halda boru tikintisində sərf olunan vəsaitlər özünü doğrultmuş hesab oluna bilər və su hövzələri onların flora və fauna üçün təhlükəli olan zəhərli maddələrdən qorunmuş olar.

Sualtı boru kəmərlərinin tikintisində onların dəniz dibinə salınmasının müxtəlif üsulları mövcuddur. Bu üsulların əksəriyyətində boru kəməri şaquli müstəvidə əyilməklə suyun səthindən onun dibinə yatırılır. Dərinlik müəyyən həddə çatdıqda boru kəmərinə böyük gərginliklər yaranır. Ona görə də salınmanın yol verilən dərinliyini möhkəmlilik şərhindən tapırlar. Bundan başqa böyük dərinliklərə salınmada böyük nisbi yerdəyişmələr yarandığından boru kəmərinin gərginlik–deformasiya vəziyyətini (g.-d.v) təyin edərkən hündəsi qeyri xəttiliyi nəzərə almaq lazımdır. Beləliklə böyük dərinliklərə salınan boru kəmərlərinin g.-d.v-si təyin olunarkən həm fiziki, həm də hündəsi qeyri xəttiliyi nəzərə almaq zərurəti yaranır ki, bu da böyük riyazi çətinliklərlə bağlı olduğundan belə məsələlərin həllinin sadələşdirilməsi üçün müəyyən fərziyyələr qəbul edilir. Lakin dərinlik böyükdürsə bu fərziyyələr özlərini doğrultmur və yeniləri ilə əvəz olunmalıdır.

Xəzər dənizindəki yataqların mənimsənilməsi ilə əlaqədar baxılan problem bizim ölkə üçün də aktualdır.

Baxılan dissertasiya işi hazırkı dövr üçün aktual olan böyük dərinliklərə salınan boru kəmərlərinin g.-d.v-sinin təyin edilməsinə həsr edilmişdir.

İşin məqsədi. Sualtı boru kəmərlərinin öz ağırlığının təsirindən yaranan g.-d.v-nin təyin edilməsi üçün həm fiziki, həm də hündəsi qeyri xətti məsələlərin öyrənilməsi, həmçinin dərinlik təzyiqinin, sualtı axınların, sement özlüyün, pantonların onların salınma dərinliyinə təsirinin araşdırılması.

İşin əsas məsələləri. Qarşıya qoyulan məqsədə nail olmaq üçün aşağıdakı məsələlərin həlli zərurəti yaranmışdır:

1. Böyük dərinliklərə salınan boru kəmərinin g.-d.v-nin təyin edilməsi.
2. Dəniz dibinə salınan boru kəmərinin salınma dərinliyinə su təzyiqinin təsiri.
3. Sualtı axınların boru kəmərinin salınma dərinliyinə təsiri.
4. Sement örtüklərin sualtı boru kəmərlərinin salınma dərinliyinə təsiri.
5. Plastik deformasiyaların sualtı boru kəmərlərinin salınma dərinliyinə təsiri.
6. Sualtı boru kəmərinin verilmiş dərinliyə təhlükəsiz salınması üçün vahid uzunluğun çəkisinin tənzimlənməsi.

Tədqiqatın üsulları. İşdə nəzəri və ədədi üsullardan istifadə edilmişdir. Nəzəri üsullar əsasən xüsusi törəməli diferensial tənliklər və xətti differensial tənliklər sisteminin inteqrallanmasından ibarətdir. Ədədi üsullar kompüter vasitəsi ilə ədədi nəticələrin alınması üçün müxtəlif alqoritmlərin qurulmasından ibarətdir.

İşin elmi yeniliyi.

İşdə aşağıdakı yeni nəticələr alınmışdır:

- İlk dəfə sualtı borularda yaranan deformasiyalarla yerdəyişmələr arasındakı qeyri-xətti həndəsi münasibətlər dəqiqləşdirilmişdir.
- Böyük dərinliklərə salınan boru kəmərlərinin g.-d.v-nin təyin edilməsi məsələsi həm Laqranj, həm də Eyler dəyişmələrində qoyulmuş, onların ekvivalentliyi isbat edilmişdir.
- Dartıcı qüvvənin minimal qiyməti, maksimal gərginlik və asılı hissənin uzunluğu üçün xüsusi çəki, dərinlik təzyiqi, sualtı axınlar, sement örtük və pantonların təsirindən asılı olaraq dəqiq analitik ifadələr alınmışdır.
- Pantonların qaldırıcı qüvvələri və onlar arasındakı maksimal məsafələr təyin edilmişdir.
- Boruda yaranan plastik deformasiyaların onların salınma dərinliyinə təsiri araşdırılmışdır.
- Sübut olunmuşdur ki, gərginliklərin borunun en kəsiyi üzrə müntəzəm paylanan hissəsi özünün maksimal qiymətini borunun yuxarı ucunda, əyilmə hesabına yaranan gərginliklər özünün maksimal qiymətini borunun aşağı ucunda yekun gərginliklər isə özünün maksimal qiymətini borunun aşağı ucunda alır.

İşin praktiki əhəmiyyəti. Deformasiya və yerdəyişmələr arasındakı dəqiqləşdirilmiş qeyri-xətti həndəsi münasibətlər istənilən birölcülü məsələlərin həllində tətbiq oluna bilərlər. Dissertasiyada alınmış nəticələr salınma dərinliyi, dərinlik təzyiqi, sualtı axınlar, sement örtük və

pantonların təsirindən asılı olaraq asılı hissəsinin uzunluğu və dartı qüvvəsini təyin etmək üçün istifadə oluna bilərlər. Bu nəticələrin köməyi ilə salınma dərinliyi məlum olduqda istifadə olunan gəminin təhlükəsiz salınmaya yararlı olub-olmaması təyin edilə bilər, böyük dərinliklərə salınma vaxtı tətbiq olunan stringerlərin optimal forma və uzunluqları təyin oluna bilər.

İşin tətbiqi. Təklif olunan tədqiqat üsulları və onların köməyi ilə alınan nəticələrdən böyük dərinliklərə salınan boru kəmərlərinin möhkəmliyə hesabət parametrlərinin təyin edilməsi metodikasının hazırlanmasında istifadə edilmişdir.

Nəşr. Dissertasiyanın mövzusunə uyğun olan 13 məqalə nəşr etdirilmişdir.

İşin müzakirəsi. Dissertasiya işinin əsas müddəaları aşağıdakı seminar və beynəlxalq elmi konfranslarda müzakirə edilmişdir: ADNA-nın “Tətbiqi mexanika” kafedrasının seminarlarında (2011, 2012, 2013-cü illər); akademik Yəhya Məmmədovun anadan olmasının 80-illik yubileyinə həsr olunmuş “Riyaziyyat və Mexanikanın aktual problemləri” adlı Beynəlxalq konfransda (Bakı, 27 dekabr 2010-cu il); akademik V.İ. Trefilovun anadan olmasının 80-illik yubileyinə həsr olunmuş “Möhkəmliyin aktual problemləri” adlı Beynəlxalq konfransda (Kiyev, 14-18 iyun 2010-cu il); Qazaxstanın neft-qaz kompleksinin müasir problemləri. adlı Beynəlxalq konfransda (Aktau, 22-25 noyabr 2011-ci il); “Qərbi Sibirin neft və qazı” adlı Beynəlxalq konfransda (Tümen, 19-20 oktyabr 2011-ci il); Beynəlxalq boru kəməri nəqliyyatının etibarlılıq və təhlükəsizliyi adlı Beynəlxalq konfransda (Belarus, Novopolsk 22-25 noyabr 2011-ci il).

İşin strukturu və həcmi. Dissertasiya işi girişdən, üç fəsildən, əsas nəticələrdən və istifadə olunmuş ədəbiyyat siyahısından ibarətdir. Dissertasiya 10 bənddən ibarət nəticə və təkliflərlə tamamlanmışdır.

İŞİN MƏZMUNU

Girişdə problemin tarixi, işin aktuallığı, məqsədi, elmi yeniliyi, qoyulan məsələlərin yeniliyi, praktiki əhəmiyyəti, işin məruzə olunduğu seminarların siyasi, işin məzmununa aid çap olunmuş məqalələrin sayı, onun həcmi və quruluşu, həmçinin böyük dərinliklərə salınan boru kəmərlərində yaranan g.-d.v-nin təyin edilməsinə həsr edilmiş elmi

əsərlərin xülasəsi verilmişdir. Dərinliklər böyük olduqda alınan nəticələrdəki nöqsan və çətişməzlilər göstərilmişdir.

Birinci fəsil iki yarımfəsildən ibarətdir. Birinci yarımfəsildə dənizin dibində yatmış yarımsonsuz boru kəmərinin ucu dənizin dərinliyinə bərabər hündürlüyə qaldırılarkən onun ağırlığından və yuxarı uca tətbiq olunmuş dartı qüvvəsindən yaranan g.-d.v.-nin təyin olunması məsələsi qoyulmuşdur. Salınma dərinliyi böyük olduqda g.-d.v.-nin həm fiziki həm də həndəsi qeyri xəttiliyi nəzərə alınmaqla təyin edilməsinin vacibliyi əsaslandırılmışdır. Şaquli müstəvidə əyilmiş boru kəmərinin tarazlıq tənlikləri həm deformasiya olunmamış boru kəmərlə bağlı dəyişənlərdə, yəni Laqranj dəyişənlərində, həm də deformasiya olunmuş boru kəməri ilə bağlı dəyişənlərdə, yəni Eyler dəyişənlərində verilmiş və bu tarazlıq tənliklərinin ekvivalentliyi isbat edilmişdir. İndiyə qədərki ədəbiyyatda mövcud olan və

$$\varepsilon = \frac{1}{2} \left[2 \frac{\partial u}{\partial x} + \left(\frac{\partial u}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial x} \right)^2 \right] \quad (1)$$

düsturu ilə təyin olunan deformasiyanın heç bir fiziki məna daşmadığı və təqribi olduğu göstərilmişdir ki, burada X oxu deformasiya olunmamış boru ilə bağlı üfqi istiqamətdə yönəlmişdir $u - X$ oxu istiqamətində, v isə şaquli istiqamətdəki yerdəyişmələrdir. (1) bərabərliyi əvəzinə

$$\varepsilon = \frac{ds - dx}{dx} = \sqrt{(1 + u')^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial x} \right)^2} - 1 \quad (2)$$

düsturundan istifadə etmək təklif edilmişdir.

(2) ifadəsində ds , uzunluğu deformasiyadan əvvəl dx olan elementin uzunluğudur. (2) düsturundan da görüldüyü kimi ikinci halda ε – nun fiziki mənası var, o nisbi deformasiyanı ifadə edir və daha dəqiqdir.

İkinci fəsildə H dərinliyinə salınan boru kəmərinin oxunun ixtiyari nöqtəsinin yerdəyişmələri üçün aşağıdakı ifadələr alınmışdır

$$\left. \begin{aligned} x + u(x) = \xi &= a \ln \left(\frac{x}{a} + \sqrt{1 + \frac{x^2}{a^2}} \right) \\ v(x) = \eta &= \sqrt{a^2 + x^2} - a \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Sübut edilmişdir ki, boru kəmərinin oxu uzanmaz hesab edilərsə, yeni onun materialının Yunq modulu $E \rightarrow \infty$ olarsa borunun oxu zəncirvari xətt formasını alır. (3)-də

$$a = \frac{\ell^2 - H^2}{2H} \quad (4)$$

ℓ – boru kəmərinin asılı hissəsinin uzunluğu olub

$$\ell = \sqrt{H \left(\frac{2N}{sq_0} - H \right)} \quad (5)$$

düsturu ilə hesablanır. Burada N – dartı qüvvəsi, S – borunun halqavari en kəsik sahəsi, q_0 – vahid uzunluğun çəkisidir.

Boru kəmərinin oxunun əyriliyi üçün aşağıdakı ifadə alınmışdır.

$$\frac{1}{\rho} = \frac{aE}{(a^2 + x^2)(q_0 \sqrt{a^2 + x^2} + E)} \quad (6)$$

Sübut olunmuşdur ki, boru kəmərinin en kəsiyində təsir edən normal gərginlik, T özünün maksimal qiymətini asılı hissənin aşağı ucunda alır və

$$T_{\max} = q_0 a + \frac{E^2 R}{(q_0 a + E)a} \quad (7)$$

düsturu ilə hesablanır. Burada R -borunun xarici radiusudur. N - dartı qüvvəsinin dəyişmə oblastı

$$\begin{aligned} q_0 s \left(\frac{[\sigma] - \sqrt{[\sigma]^2 - 4q_0 ER}}{2q_0} + H \right) &\leq \\ &\leq N \leq q_0 s \left(\frac{[\sigma] + \sqrt{[\sigma]^2 - 4q_0 ER}}{2q_0} + H \right) \end{aligned} \quad (8)$$

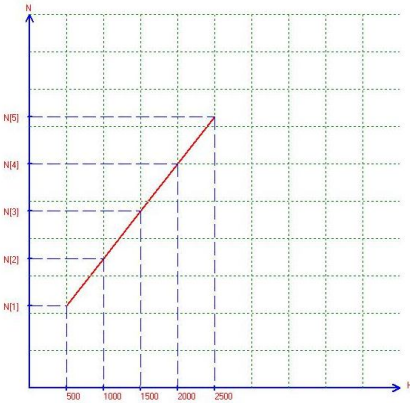
intervalında olmalıdır. Burada $[\sigma]$ – normal gərginliyin yolverilən qiymətidir.

$$N < q_0 s \left(\frac{[\sigma] - \sqrt{[\sigma]^2 - 4q_0 ER}}{2q_0} + H \right)$$

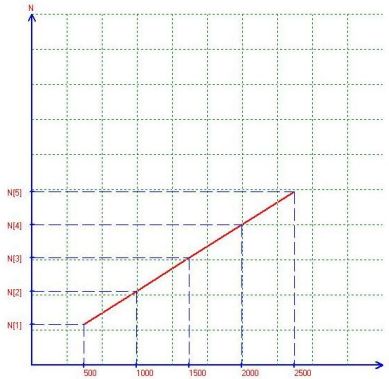
şərti ödənərsə boru kəməri əyilmə hesabına

$$N > q_0 S \left(\frac{[\sigma] + \sqrt{[\sigma]^2 - 4q_0 ER}}{2q_0} + H \right)$$

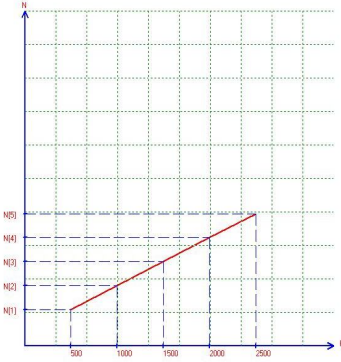
şerti ödəndikdə isə dartılma hesabına plastik deformasiyaya uğraya bilər. Həndəsi və mexaniki xarakteristikaların müəyyən qiymətləri üçün dartı qüvvəsinin minimum qiymətinin salınma dərinliyindən asılılıq qrafikləri qurulmuşdur. Hər üç halda $[\sigma]$ – yol verilən gərginlik $2 \cdot 10^8 \text{ Pa}$, götürülmüşdür. Şəkil 1.a)-da vahid uzunluğun çəkisi $q_0 = 6,7 \cdot 10^3 \text{ N/m}$, en kəsik sahəsi $S = 0,027 \text{ m}^2$, xarici radius $R = 360 \text{ mm}$ götürülmüşdür. Qrafiqdəki $N_1 = 156 \text{ kN}$, $N_2 = 147 \text{ kN}$, $N_3 = 337 \text{ kN}$, $N_4 = 428 \text{ kN}$, $N_5 = 518 \text{ kN}$ -a bərabərdir. Şəkil 1.b)-də vahid uzunluğun çəkisi $q_0 = 1,05 \cdot 10^3 \text{ N/m}$, en kəsik sahəsi $S = 0,009 \text{ m}^2$, xarici radius $R = 109 \text{ mm}$ götürülmüşdür. Qrafiqdəki $N_1 = 5,7 \text{ kN}$, $N_2 = 10,5 \text{ kN}$, $N_3 = 15,2 \text{ kN}$, $N_4 = 19,9 \text{ kN}$, $N_5 = 24,7 \text{ kN}$ -a bərabərdir. Şəkil 1.c)-də vahid uzunluğun çəkisi $q_0 = 4,08 \cdot 10^3 \text{ N/m}$, en kəsik sahəsi $S = 0,025 \text{ m}^2$, xarici radius $R = 254 \text{ mm}$ götürülmüşdür. Qrafiqdəki $N_1 = 77 \text{ kN}$, $N_2 = 128 \text{ kN}$, $N_3 = 179 \text{ kN}$, $N_4 = 230 \text{ kN}$, $N_5 = 281 \text{ kN}$ -a bərabərdir.



Şəkil 1.a).



Şəkil 1.b).



Qrafiklərdən görüldüyü kimi dərinlik və vahid uzunluğun çəkisi artdıqca dartı qüvvəsinin minimal qiyməti artır, gərginliyin yolverilən qiyməti artdıqca azalır və Yunq modulu dəyişdikcə zəif dəyişir.

Şəkil 1.c).

İkinci fəsil dörd yarım fəsildən ibarətdir. Birinci yarım fəsildə sualtı boru kəmərinin dartılma dərinliyinə su təzyiqinin təsiri araşdırılmışdır. Əvvəlcə Ləme məsələsinin həlli kimi su təzyiqi hesabına boruda yaranan gərginlik vəziyyəti təyin edilmişdir. Daha sonra ağırlıq və dartı qüvvələri hesabına yaranan gərginliklər təyin edilmiş və qüvvələrin təsirlərinin asılı olmaması prinsipinə əsasən bu gərginliklərin cəmi kimi yekun gərginliklər təyin edilmişlər. Dərinlik təzyiqinin təsirindən yaranan gərginliklər təyin edilərkən iki hala baxılmışdır. Birinci halda hesab olunur ki, borunun içi boşdur və ancaq xaricdən boruya dərinlik təzyiqi təsir edir. İkinci halda boru kəmərinin içi su ilə doludur və həm daxildən, həm də xaricdən təzyiq vardır. Birinci yarım fəsilin nəticələri aşağıdakılardan ibarətdir.

1. Dənizin H dərinliyinə salınan boru kəmərlərinin gərginlik vəziyyətini təyin etmək üçün məsələ qoyulmuş və həll edilmişdir.

2. Suyun təzyiqinin, ağırlıq qüvvəsinin və yuxarı ucdakı dartı qüvvəsinin birgə təsirindən yaranan gərginlik üçün möhkəmlik şərti verilmişdir.

3. a) ancaq suyun təsiri; b) ancaq ağırlıq qüvvəsi; c) həm su təzyiqi, həm də ağırlıq qüvvəsinin birgə təsiri olduqda möhkəmlik şərtləri alınmışdır.

4. Boru kəmərinin mexaniki parametrlərinin və dərinliyin müəyyən qiymətləri üçün su təzyiqinin salınma dərinliyinə təsiri hesablanmışdır.

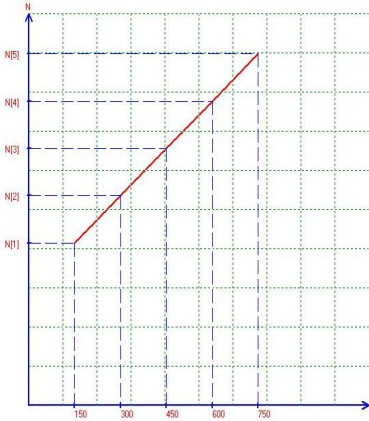
5. Dənizin dərinliyi məlum olduqda dartıcı qüvvə üçün ifadə alınmışdır.

6. Boru kəmərinin asılı hissəsinin uzunluğu təyin edilmişdir.

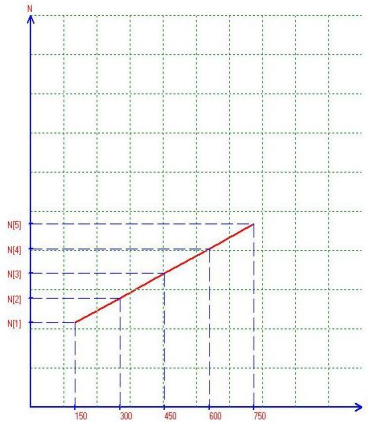
7. Dartıcı qüvvə verildikdə təhlükəsiz salınma dərinliyinin maksimal qiymətini tapmaq üçün ifadə alınmışdır.

8.Həndəsi və mexaniki parametrlərin bəzi qiymətləri üçün dartıcı qüvvənin salınma dərinliyindən aşağıdakı asılılıq qrafikləri qurulmuşdur.

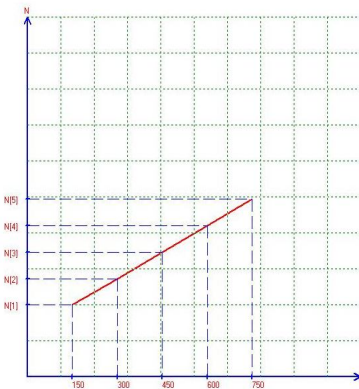
Hər üç halda $p=1,3\text{q/m}^3$, $[\sigma]$ – yol verilən gərginlik $2\cdot 10^8\text{ Pa}$, götürülmüşdür. Şəkil 2.a)-da $r_1=384\text{mm}$, $r_2=360\text{mm}$. Qrafiqdəki $N_1=13,7\text{ MN}$, $N_2=17,8\text{ MN}$, $N_3=21,8\text{ MN}$, $N_4=25,8\text{ MN}$, $N_5=29,9\text{ MN}$ -a bərabərdir. Şəkil 2.b)-də $r_1=95,5\text{mm}$, $r_2=109,5\text{mm}$. Qrafiqdəki $N_1=2,1\text{ MN}$, $N_2=2,8\text{ MN}$, $N_3=3,4\text{ MN}$, $N_4=4\text{ MN}$, $N_5=4,7\text{ MN}$ -abərabərdir. Şəkil 2.c)-də $r_1=238\text{mm}$, $r_2=254\text{mm}$. Qrafiqdəki $N_1=6,6\text{ MN}$, $N_2=9,1\text{ MN}$, $N_3=11,5\text{ MN}$, $N_4=14\text{ MN}$, $N_5=16,4\text{ MN}$ -a bərabərdir.



Şəkil 2.a).



Şəkil 2.b).



Şəkil 2.c).

İkinci yarımfəsil sualtı axınların boru kəmərinin salınma gərinliyinə təsirinin öyrənilməsinə həsr edilmişdir. Hesab edilir ki, boru kəməri iki müstəvidə: ağırlıq qüvvəsinin təsirindən şaquli müstəvidə və sualtı axınların təsirindən üfqi müstəvidə əyilir. Bu halda boru kəməri elementinin tarazlıq tənlikləri aşağıdakı şəkildə olur.

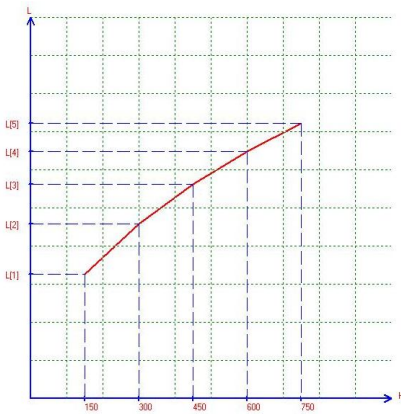
$$d\left(T \frac{d\xi}{ds}\right) = 0; d\left(T \frac{d\eta}{ds}\right) = q_0 dx; d\left(T \frac{d\zeta}{ds}\right) = g_0 dx$$

Burada ς, η, ξ – Eyler dəyişənləri; g_0 – sualtı axınların vahid uzunluğa təsirləridir.

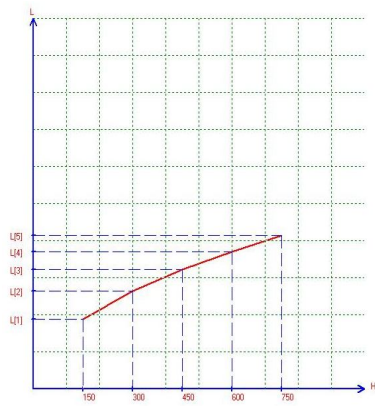
Baxılan hal üçün asılı hissənin uzunluğu üçün alınmış (5) bərabərliyi, borunun oxunun əyrilik radiusu üçün alınmış (6) ifadəsi, dartıcı gərginliyin maksimal qiyməti üçün alınmış (7) bərabərliyi dartı, qüvvəsini qiymətləndirmək üçün alınmış (8) bərabərsizliyi zahiri cəhətdən dəyişməzlər, lakin bütün adı çəkilən münasibətlərdə q_0 parametri

$p_0 = \sqrt{q_0^2 + g_0^2}$ parametri ilə əvəz olunur. Yarımfəslin nəticələri aşağıdakılardan ibarətdirlər.

1. Sualtı axınların asılı hissəyə təsiri modelləşdirilmişdir.
 2. Sualtı axınların təsiri nəzərə alınmaqla yerdəyişmələr üçün ifadələr alınmışdır.
 3. Göstərilmişdir ki, təsiri boru kəmərinin ağırlığının təsirinə bərabər olan sualtı axınlar həndəsi və mexaniki parametrlərin müəyyən qiymətində dartı qüvvəsinin 26% artmasına gətirib çıxarır.
 4. Sübut olunmuşdur ki, sualtı axınların boru kəmərinin asılı hissəsinin uzunluğuna təsiri azdır və cəmi 2-3% təşkil edir.
- Həndəsi və mexaniki parametrlərinin bəzi qiymətləri üçün asılı qalan hissənin uzunluğunun salınma dərinliyindən aşağıdakı asılılıq qrafikləri alınmışdır.

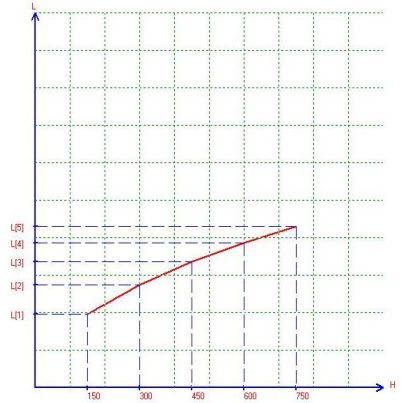


Şəkil 3.a).



Şəkil 3.b).

Hər üç halda $N=3MN, P_0=9,5kN/m^3$ götürülmüşdür. Şəkil 3.a)-da $S=0,009m^2$, qrafikdə $L_1=3241m, L_2=4578m, L_3=5601m, L_4=6461m, L_5=7216m$. Şəkil 3.b)-də $S=0,027m^2$, qrafikdə $L_1=1867m, L_2=2632m, L_3=3213m, L_4=3698m, L_5=4121m$. Şəkil 3.c)-də $S=0,025m^2$, qrafikdə $L_1=1941m, L_2=2737m, L_3=3342m, L_4=3847m, L_5=4288m$.



Şəkil 3.c).

Üçüncü yarımfəsildə dərinlik təzyiqi və sualtı axınların boru kəmərlərinin salınma dərinliyinə birgə təsirinə həsr edilmişdir. Bu yarımfəslin əsas nəticələri aşağıdakılardan ibarətdir.

1.Sübut olunmuşdur ki, sualtı axınlar olan halda həm ölçü, həm də qüvvə parametrləri ancaq dərinlik təzyiqinin olduğundan onunla fərqlənir ki, bütün ifadələrdə q_0 parametri $p_0 = \sqrt{q_0^2 + g_0^2}$ ilə əvəz olunur.

2.Sualtı axınların salınma dərinliyini təsiri böyük dərinliklərin təzyiqinin təsirinə nəzərən zəif olur.

3.Su təzyiqi nəzərə alınan halda həndəsi və mexaniki parametrlərin müəyyən qiymətləri üçün vahid uzunluğun çəkisinə bərabər təsirə malik sualtı axınlar dartı qüvvəsini təxminən 35% artırır.

Dördüncü yarımfəsildə sualtı boru kəmərinin verilmiş dərinliyə təhlükəsiz salınması üçün vahid uzunluğun çəkisinin tənzimlənməsinə baxılmışdır. Sübut olunmuşdur ki, salınma dərinliyi məlum olarsa boru kəmərinin batırılmasının təhlükəsiz olması üçün pantonların vahid uzunluğa düşən, qaldırıcı qüvvəsi aşağıdakı bərabərsizliklə təyin olunmalıdır.

$$q_0 - \frac{b + \sqrt{b^2 + c}}{H} \leq q_1 \leq q_0 - \frac{b - \sqrt{b^2 + c}}{H} \quad (9)$$

Burada

$$b = \frac{N}{3} - \frac{ER}{2H} - \frac{[\sigma]}{2} < 0; c = \frac{N}{3} - \left([\sigma] - \frac{N}{s} \right) \quad (10)$$

Pantonlar tətbiq olunduqdan sonra asılı qalan hissənin uzunluğu

$$l = \sqrt{H \left(\frac{2N}{3(q_0 - q_1)} - H \right)} \quad (11)$$

düsturu ilə hesablanır. Onda pantonların ümumi qaldırıcı qüvvəsi

$$Q_1 = l \cdot q_1$$

Pantonların sayı

$$n = \frac{Q_1}{Q_0}$$

düsturu ilə hesablanır. Burada Q_0 – bir pantonun qaldırıcı qüvvəsidir.

Pantonlar arasındakı məsafə

$$l_0 = \frac{l}{n} = \frac{lQ_0}{Q_1}$$

olur.

Sübut olunmuşdur ki, pantonların sayı n

$$n_1 \leq n \leq n_2$$

bərabərsizliyindən tapılır ki, burada

$$n_1 = \frac{-B - \sqrt{B^2 - 4AC}}{2A}; \quad n_2 = \frac{-B + \sqrt{B^2 - 4AC}}{2A}$$

$$A = \frac{l^2 R}{2J_z} (q_0 - q_1) + (q_0 - q_1)a + \frac{E^2 R}{((q_0 - q_1)a + E)a} - [\sigma]$$

$$B = \frac{l^2 R}{2J_z} (q_0 - 2q_1); \quad C = -\frac{q_0 l^2 R}{8J_z}$$

J_z – borunun halqavari en kəsiyinin onun həndəsi mərkəzindən üfqi keçən z oxuna nəzərən ətalət momentidir. Beləliklə dördüncü yarımfəsildə əsas nəticələr aşağıdakıdan ibarətdir.

1. Verilmiş dərinliyə boru kəmərinin təhlükəsiz salınması ması üçün vahid uzunluğun $q_0 - q_1$ çəkisi təyin edilmişdir;

2. Pantonlar tətbiq edildikdən sonra asılı hissənin l uzunluğu tapılmışdır.

3. Pantonların təsirindən yaranan topa qüvvələrin əmələ gətirdiyi məhəlli əlavə gərginliklərin vahid uzunluğun çəkisindən yaranan gərginliklərlə toplandıqdan sonra yekun gərginliklərin maksimal qiyməti tapılmışdır.

4.Yekun maksimal gərginliyin yolverilən gərginlikdən kiçik olması şərtindən pantonların sayı, bir pantonun qaldırıcı qüvvəsi və onlar arasındakı məsafənin qiyməti təyin edilmişdir.

Üçüncü fəsil iki yarımfəsildən ibarətdir və daxili faktorların sualtı boru kəmərlərinin batırılma dərinliyinə təsirini öyrənir. Daxili faktorlar dedikdə boru kəmərlərinin çoxtəbəqəli quruluşu və batırılma vaxtı onlarda yarana biləcək plastik deformasiyalar nəzərdə tutulur.

Birinci yarımfəsildə sualtı boru kəmərlərinin çoxtəbəqəliliyinin onların salınma dərinliyinə təsiri öyrənilir. Boru kəmərinin sement örtüyə malik olmasının, onun batırılma dərinliyinə təsirini öyrənmək üçün, üçüncü fəslin üçüncü yarımfəsində olduğu kimi, qüvvələin təsirlərinin asılı olmaması prinsipinə görə daxili və xarici təzyiqdən yaranan gərginliklər ayrı- ayrılıqda təyin edilərək, onlar boru kəmərinin öz ağırlığı və yuxarı ucdakı dartılmadan yaranan gərginliklərə əlavə edilmişdir.

Sübut olunmuşdur ki, həm sement örtük, həm də polad boruda yaranan gərginliklərin təyin edilməsi Ləme məsələsinin həlli kimi götürülə bilər. Nəticədə sement örtük və polad boru arasında yaranan kontakt gərginliyi üçün ifadə alınmışdır. Yaranmış gərginliklərin maksimal qiyməti aşağıdakı kimidir.

$$T_{max} = q_0 a + \frac{E_g^2 R_1}{(q_0 a + E_g) a}$$

Burada E_g – gətirilmiş Yunq modulu olub

$$E_g = \frac{E_b S_b + E_s S_s}{S_b + S_s}$$

düsturu ilə təyin edilir, E_b, E_s uyğun olaraq polad boru

və sement örtüyün elastiklik modulları. S_b və S_s onların halqavari en kəsik sahələridir. Sement örtük armirlənmiş olduğundan E_s özü

$$E_s = \frac{F_n S_n + \bar{E}_s \cdot \bar{S}_s}{S_a + \bar{S}_s}$$

düsturu ilə hesablanır. Burada E_a və \bar{E}_s – uyğun olaraq

armatur və xalis sementin Yunq modulları. S_a və \bar{S}_s isə onların en kəsik sahələridir. H batırılma dərinliyi məlum olduqda yuxarı ucdakı dartı qüvvəsi $N = N_1 + N_2$ kimi təyin olunur. Burada N_1 – polad boru, N_2 isə sement örtüyə tətbiq olunmuş dartı qüvvələridir. Bu yarımfəsildə alınan nəticələr aşağıdakılardan ibarətdir.

1.Boru kəmərinin polad hissəsinin armirlənmiş sement örtüyünün gərginlik vəziyyəti təyin edilmişdir.

2. Polad boru ilə sement örtük arasındakı kontakt təzyiqi təyin edilmişdir.

3. Polad boru və sement örtük üçün dartı qüvvələri təyin edilmişlər.

4. Armirlənmiş sement örtük və bütövlükdə boru kəməri üçün gətirilmiş Yunq modulu təyin edilmişdir.

5. Konkret misal üzərində sement örtük hesabına yaranan dartı qüvvəsi artımı faizlə qiymətləndirilmişdir.

İkinci yarım fəsil su altına salınma vaxtı boru kəmərinin asılı qalan hissəsində yaranan plastik deformatsiyaların batırılma dərinliyinə təsirinin öyrənilməsinə həsr edilmişdir. Bu yarım fəsildə aşağıdakı nəticələr alınmışdır. Maksimal gərginliyin yol verilən gərginliyi 10% aşması nəticəsində:

1. ancaq ağırlıq qüvvəsi təsir etdikdə dartı, qüvvəsinin təxminən 8% artmasına.

2. dərinlik təzyiqi nəzərə alınan halda təhlükəsiz maksimal salınma dərinliyinin 60% azalmasına.

3. təsiri ağırlıq qüvvəsinin təsirinə bərabər sualtı axınlar olduğu halda dartıcı qüvvənin 35% artmasına.

4. sement örtük olduğu halda dartı qüvvəsinin 5% artmasına gətirib çıxarır.

Üçüncü yarım fəsil boru kəmərinin stringer üzərində yatan hissəsinin gərginlik vəziyyətinin təyin olunmasına həsr edilmişdir. Bu yarım fəsildə aşağıdakı nəticələr alınmışdır:

1. boru kəmərinin stringer üzərində yatan hissəsinin tarazlıq tənlikləri alınmışdır.

2. düzxətli, qövsvari və parabolik formalı stringerlər üzərindəki boru kəmərləri üçün gərilmə güvvələri və stringerin reaksiyası tapılmışdır.

3. stringerin özünün təhlükəsizliyi baxımından parabolik formanın qövsvari formaya nisbətən üstünlüyü sübut edilmişdir.

ƏSAS NƏTİCƏ VƏ TƏKLİFLƏR

Dissertasiya işində aşağıdakı əsas nəticələr alınmışdır:

1. Həndəsi qeyri xəttlilik nəzərə alınmaqla həm deformatsiya olunmamış boru kəməri ilə bağlı dəyişənlərdə, yəni Laqranj dəyişənlərində, həm də deformatsiya olunmuş boru kəməri ilə bağlı dəyişənlərdə, yəni Eylər dəyişənlərində boru elementinin tarazlıq tənlikləri və həndəsi münasibətlər, yəni deformatsiya komponentləri ilə yerdəyişmə vektoru komponentləri arasında əlaqələr alınmışdır.

2. Laqranj və Eyler dəyişənlərində alınmış münasibətlərin (tarazlıq tənlikləri və həndəsi münasibətlər) ekvivalentliyi sübut olunmuşdur.
3. İlk dəfə həndəsi qeyrixəttilik nəzərə alınarkən həndəsi münasibətlərin yeni və dəqiq forması təbiiq edilməmişdir.
4. Böyük dərinliyə salınan boru kəmərinə dartıcı qüvvənin və ağırlıq qüvvəsinin təsirindən yaranan gərginliklər üçün ifadələr alınmışdır.
5. Sübut olunmuşdur ki, gərginliklərin borunun en kəsiyi üzrə müntəzəmpaylanan hissəsi özünün maksimal qiymətini borunun yuxarı ucunda, əyilmə hesabına yaranan gərginliklər özünün maksimal qiymətini asılı hissənin dibinə toxunan yerində, yekun gərginliklər isə özünün maksimal qiymətini mövcud ədəbiyyatlarda qeyd olunduğu kimi borunun yuxarı ucunda deyil, dənizin dibinə toxunduğu hissədə alır.
6. Ənizin dərinliyi verilərkən borunun təhlükəsiz salınmasını təmin edən dartı qüvvəsi üçün analitik ifadə alınmışdır..
7. Dənizin dərinliyindən, borunun xüsusi çəkisindən, sualtı axınların və dartıcı qüvvənin qiymətindən asılı olaraq borunun asılı hissəsinin uzunluğu üçün analitik ifadə alınmışdır.
8. ualtı axınların təsiri nəzərə alınmaqla yerdəyişmələr üçün ifadələr alınmışdır.
9. Verilmiş dərinliyə boru kəmərinin təhlükəsiz salınması üçün vahid uzunluğun pantonlar vasitəsi tənzimlənməsi üçün onun çəkisi təyin edilmişdir.
10. Pantonlar təbiiq edildikdən sonra boru kəmərinin asılı hissəsinin uzunluğu, pantonların sayı, bir pantonun qaldırıcı qüvvəsi və onlar arasındakı məsafə təyin edilmişdir.

Disertasiyanın əsas elmi nəticələri aşağıdakı çap olunmuş məqalələrdə öz əksini tapmışdır.

1. Həsənov R.Ə., Mehdiyev H.A., Abbasov S.H., Bəkirov Ş.X., Əkbərov M.Q. Sualtı boru kəmərlərinin dənizin dibinə döşənməsi prosesinə dəniz dalğalarının təsiri. Azərbaycan Ali texniki məktəblərinin xəbərləri. №4, 2010, s.5
2. Гасанов Р.А., Гульгазали А.С, Акбаров М.Г., Оруджев Ю.А. К расчёту на прочность изогнутого трубопровода. 49-я Международная конференция «Актуальные проблемы прочности»14-18июня 2010 г, Киев, Украина.

3. Акбаров М.Г. Определение напряженно-деформированного состояния трубопровода, укладываемого на большие глубины. Международная конференция, посвященная 80-летию юбилею академика Я. Дж. Мамедова. «Актуальные проблемы математики в механики», Азербайджан, Баку БГУ, 2010, с.178-179
4. Гасанов Р.А., Гульгазали А.С., Акбаров М.Г. Об уравнениях равновесия трубопровода, укладываемого на большие глубины. Международная конференция, посвященная 80-летию юбилею академика Я.Дж.Мамедова. «Актуальные проблемы математики в механики», Азербайджан, Баку БГУ, 2010, 188-189
5. Гасанов Р.А., Гульгазали А.С., Акбаров М.Г. Влияние подводных течений на глубину укладки подводного трубопровода. Международная конференция. Современные проблемы нефтегазового Комплекса Казахстана. Актау (23-25).02.2011, с.463-467
6. Акбаров М.Г. Влияние многослойности трубопровода на глубину укладки подводного трубопровода. Международная конференция. Современные проблемы нефтегазового Комплекса Казахстана. Актау (23-25).02.2011, с.467-471
7. Акбаров М.Г. Влияние пластичного деформирования провисающего участка на глубину укладки морского трубопровода Международная конференция. Нефть и газ Западной Сибири г.Тюмень. (19-20).10.2011.
8. Гасанов Р.А., Мустафаев М.М., Абышова Р.М., Акбаров М.Г., Байрамова Ф.К. Определение предельно допустимого значения секции трубопровода, погружаемого на большие глубины. XII Международная н/т конференция «Надежность и безопасность магистрального трубопроводного транспорта» Республика Беларусь, г.Новополоцк (22-25).11.2011
9. Гасанов Р.А., Гульгазали А.С., Акбаров М.Г., Байрамова Ф.К. Влияние температуры транспортного продукта на устойчивость подводного трубопровода. XII Международная н/т конференция «Надежность и безопасность магистрального трубопроводного транспорта» Республика Беларусь, г.Новополоцк (22-25).11.2011
10. Акбаров М.Г., Абышова Р.М. Исследование влияние течений на процесс прокладки глубоководных продуктопроводов. XII Международная н/т конференция «Надежность и безопасность магистрального трубопроводного транспорта» Республика Беларусь, г.Новополоцк (22-25).11.2011

11. Акбаров М.Г. О прочности трубопровода, укладываемого на большие глубины с помощью стингера XII Международная н/т конференция «Надежность и безопасность магистрального трубопроводного транспорта» Республика Беларусь, г.Новополоцк (22-25).11.2011

12. Həsənov R.Ə., Gülgəzli G.S., Abbasov S.H., Əkbərov M.Q. Sualtı boru kəmərinin verilmiş dəinliyə təhlükəsiz salınması üçün vahid uzunluğun cəkisinin tənzimlənməsi. Azərbaycan Ali texniki məktəblərinin xəbərləri, № 3,(79) 2012, s. 56-58.

13. Həsənov R.Ə., Ağayev T.Y., Kazımov M.İ., Şirəli İ.Y., Gülgəzli G.S., Əkbərov M.Q. Mobil qurğuların texnoloji bazasının statiki təyin olunmayan oxlu konstuksiyalarının termik yüklənməsi haqqında. Azərbaycan Ali texniki məktəblərinin xəbərləri, №4,(80)2012.s.36-41.

14. Акбаров М.Г. Методика определения подёмной силы понтонов глубоководных трубопроводов. Azərbaycan Ali texniki məktəblərinin xəbərləri, №1, 2014. c.41-43.

Həmmüəlliflərlə yerinə yetirilən işlərdə iddiaçının şəxsi əməyi
[3,4] işlərdə materialın yığılması, birgə analizi, məlumatların təhlili
[7,8,9] ümumiləşdirilməsi müstəqil edilib;
[2,5,6,10] müstəqil edilib;
[11]-ci işdə hesabatın aparılması və alınmış nəticələrin təhlili;
[12,13]-ci işdə tədqiqatın təhlili və nəticələrin ümumiləşdirilməsi;
[1] - təhlili və hesabatın aparılması.

**ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ И ПРАКТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЯ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ВАРИАНТОВ УКЛАДКИ НА БОЛЬШИЕ
ГЛУБИНЫ ПОДВОДНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ**

АННОТАЦИЯ

Диссертационная работа посвящена к изучению напряженно-деформированного состояния подводных трубопроводов, укладываемых на большие глубины. В работе получены следующие результаты:

- составлены уравнения равновесия и геометрические соотношения с учетом геометрической нелинейности в переменных Лагранжа и Эйлера, доказана эквивалентность этих соотношений;
- впервые применено новое и более точное геометрическое соотношение при учете геометрической нелинейности;
- получены выражения для напряжений, возникающих в трубопроводе под действием сил тяжести и натяжения при его укладке на большие глубины;
- доказано, что часть напряжений, равномерно распределённая по поперечному сечению трубопровода получает свое максимальное значение на верхнем конце, напряжения, возникающие за счет изгиба; – на нижнем конце, суммарные напряжения- также на нижнем конце;
- получено аналитическое выражение для силы натяга, обеспечивающей безопасную укладку трубопровода при заданной глубине;
- найдено выражение для длины провисающего участка в зависимости от глубины укладки, силы тяжести, действия подводных течений, давления воды и силы натяжения;
- получены выражения для перемещений с учетом подводных течений;
- определён вес единицы длины трубопровода, регулируемого с помощью понтонов для безопасной укладки на заданную глубину;
- определена длина провисающего участка, число понтонов, подъёмная сила одного понтона и расстояние между ними после применения понтонов;

В работе приведены соответствующие численные расчеты и построены графики.

**THEORETICAL AND PRACTICAL SUBSTANTIATION OF
TECHNOLOGY OPTIONS LAYING ON DEPTH MORE
UNDERWATER PIPELINE**

ABSTRACT

The thesis is devoted to the study of the stress-strain state of subsea pipelines, laying on depth more at depth. We obtain the following results:

-Drawn-equilibrium equations and geometrical ratio with accounts geometric nonlinearity in Lagrangian and Euler proved the equivalence of these sootnoscheny.

-For the first time used a new and more accurate geometric sootnoschenie taking into account the geometric nonlinearity.

-The expressions for the stresses in the pipe under the action of gravity and tension when installing on whichever greater depth.

To prove that some of the stress that is uniformly distributed over the cross section of the pipe gets its maximum value at the top end, the stresses developed for schot bend - at the lower end, the total voltage, also on the lower end.

-Analytical expression for the force-load, to ensure safe pipeline installation EPI given depth.

-Find an expression for the length of sag section, depending on the depth of installation, the gravity of the underwater currents, the water pressure and the tension force.

-Expressions for the displacements with uchotom undercurrents.

-Determine the weight per unit length of the pipeline regulated by pantones for safe installation of a given depth.

-Determined length of sag section, the number of Pantone, lift one Pantone and the distance between them after applying Pantone.

We present the corresponding numerical calculations and the graphs.