

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Satbayev University

Энергетика және машинажасау институты

ӘОЖ 622.242(043)

Қолжазба құқығында

**Сейдахметова Ақерке Нұржанқызы**

Техникалық ғылымдардың магистрі академиялық дәрежесін алу үшін дайындалған

### МАГИСТРЛІК ДИССЕРТАЦИЯ

Диссертация атауы

Ұзақ жұмыс істеу үшін бұрғылау сорабының гидравликалық бөлігінің манжетті тығыздағышының параметрлерін зерттеу

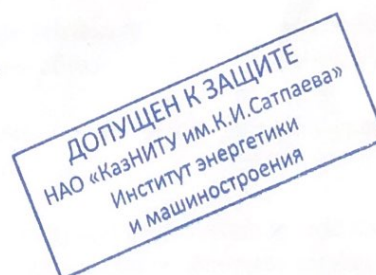
Дайындау бағыты

7M07111 – Машиналар мен жабдықтардың сандық инженериясы

Ғылыми жетекші,  
Техника ғылымдарының кандидаты,  
Энергетика және машинажасау  
институтының директоры

Елемесов К.К.

“ ” 20 ж.



Пікір беруші

Коммерциялық директор,  
МБА АО «АЗТМ» магистрі  
Канатбаев М.А.

“ ” 2022ж.



Норма бақылаушы,

Магистр, тех.наук, лектор  
Балгаев Д.Е.

“ 30 ” 05 2022ж.

**ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ**  
ТМЖК кафедрасының  
меңгерушісі,  
Техника ғылымдарының  
кандидаты, асс. профессор

“ ”

Бөртебаев С.А.

“ 03 ” 06 2022ж.

Алматы 2022

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Satbayev University

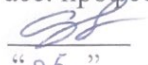
Энергетика және машина жасау институты

“Технологиялық машиналар және көлік” кафедрасы

7М07111 – Машиналар мен жабдықтардың сандық инженериясы мамандығы

**БЕКІТЕМІН**

ТМжК кафедрасының меңгерушісі,  
Техника ғылымдарының кандидаты,  
асс. профессор

 Бөртебаев С.А.  
“05” 11 2020ж.

**Магистрлік диссертация орындауға  
ТАПСЫРМА**

Магистрант Сейдахметова Ақерке Нұржанқызы

Тақырыбы Ұзақ жұмыс істеу үшін бұрғылау сорабының гидравликалық бөлігінің манжетті тығыздағышының параметрлерін зерттеу

Университет ректорының №2026-М “03”. 11. 2020ж. бұйрығымен бекітілген. Аяқталған жобаны тапсыру мерзімі 2022ж.

Дипломдық жобада қарастырылатын мәселелер тізімі:

а) Поршеньді бұрғылау сорабының гидравликалық бөлігіндегі манжетті тығыздағыштың негізгі ақаулықтарына тоқталып, оның шешу жолдарын қарастыру;

б) поршеньдердің монолитті резеңке массасын арнайы М-тәрізді манжеттер негізінде жинау-бөлшектеу пакеттік тығыздауға ауыстыру арқылы негүрлым жетілдірілген және ұзақ мерзімді конструкцияны әзірлеу;

в) резеңкенің диффузиялық беткі модификациясы есебінен тозуға төзімділігін арттыру, үйкеліс күшінің және резеңке металды поршеньдердің жылу кернеулігінің төмендеуі;

г) Аталған техникалық ұсыныстардың экономикалық тиімділігін саралау;

д) Тығыздағыш конструкцияларын жақсарту бойынша ұсыныстар әзірлеу;

Презентациялық материалдар тізімі:

а) Бұрғылау сораптарының конструкциялары түрлері, жұмыс принципі;

б) Сораптың гидравликалық бөлігінің суреті;

в) М-типті универсалды манжеттер пакетінің сұлбасы;

Ұсынылатын негізгі материалдар тізімі 15 атау

Магистрлік диссертация дайындау  
**КЕСТЕСІ**

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекші мен кеңесшілерге көрсету мерзұмдері	Ескерту
1. Бұрғылау сораптарының конструкциясына шолу жасау	20.11.2020	
2. Сораптың гидравликалық бөлігінің негізгі мәселелері мен маңыздылығы	13.02.2021	
3. Бұрғылау сорабының манжетті тығыздағыштарының өмір ұзақтығын арттыру жолдары	25.01.2022	
4. Өзіндік зерттеу жұмыстарының нәтижесі	01.04.2022	
5 Тығыздағыштарды жетілдірудің техникалық-экономикалық тиімділігі	19.04.2022	

Аяқталған магистрлік диссертация бөлімдеріне кеңесшілер мен норма бақылаушының қойған **қолтаңбалары**

Бөлімдер атауы	Кеңесшілер, аты, әкесінің аты, тегі(ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
1 Бұрғылау сораптарының конструкциясына шолу жасау	Тех.ғыл. канд., «ЭжМ» институт директоры Елемесов К.К.	20.11.2020	
2 Сораптың гидравликалық бөлігінің негізгі мәселелері мен маңыздылығы	Тех.ғыл. канд., «ЭжМ» институт директоры Елемесов К.К.	13.02.2021	
3 Бұрғылау сорабының манжетті тығыздағыштарының өмір ұзақтығын арттыру жолдары	Тех.ғыл. канд., «ЭжМ» институт директоры Елемесов К.К.	25.01.2022	
4 Өзіндік зерттеу жұмыстарының нәтижесі	Тех.ғыл. канд., «ЭжМ» институт директоры Елемесов К.К.	01.04.2022	
5 Тығыздағыштарды жетілдірудің техникалық-экономикалық тиімділігі	Тех.ғыл. канд., «ЭжМ» институт директоры Елемесов К.К.	19.04.2022	
6 Норма бақылаушы	Тех.ғыл. магистрі, лектор Балгаев Д.Е	30.05.2022	

Ғылыми жетекші

Елемесов К.К.

Тапсырманы орындауға алған білім алушы

Сейдахметова А.Н.

Күні

“30” 05 2022ж.

## АНДАТПА

Диссертациялық жұмыста поршеньді бұрғылау сорабының гидравликалық бөлігіндегі манжетті тығыздағышының жұмыс жасау ұзақтығын арттыру үшін зерттеу жұмыстары жүргізілді. Прототип ретінде НБТ-600 сорабы таңдалды. Сораптың манжетті тығыздағышының ақаулықтары қарастырылып, негізгі мәселелерін шешу жолдары ұсынылды.

Қолданыстағы қарапайым тығыздағышты М-типті универсалды, беттік қабаты диффузиялық модификацияланған манжеттер пакетіне ауыстыру экономикалық жағынан тиімді екені дәлелденді.

Зерттеу нәтижелері бұрғылау сораптарының тығыздағыштарына жаңа жобалар даярлауға ғылыми қызығушылық туғызуы мүмкін.

*Түйін сөздер: бұрғылау сорабы, манжет, мұнай, сорап, тығыздағыш.*

## АННОТАЦИЯ

В диссертационной работе проведены исследования для увеличения продолжительности работы манжетного уплотнения в гидравлической части насоса бурения поршня. В качестве прототипа выбран НБТ-600 насос. Были рассмотрены неисправности манжетного уплотнения насоса и предложены пути решения основных проблем.

Доказано, что экономически выгодна замена существующего простого уплотнителя на универсальный, поверхностный слой диффузионно модифицированных манжетов М-типа.

Результаты исследования могут представлять научный интерес для подготовки новых проектов к уплотнениям буровых насосов.

*Ключевые слова: буровой насос, манжета, масло, насос, прокладка.*

## ANNOTATION

In the dissertation work, studies were carried out to increase the duration of the collar seal in the hydraulic part of the piston drilling pump. A NBT-600 pump was chosen as the prototype. Pump seal malfunctions have been considered and proposed solutions to major problems.

It has been shown that it is economically advantageous to replace the existing simple seal with a universal, surface layer of diffusion-modified M-type cuffs.

The results of the study may be of scientific interest for preparing new projects for seals of drilling pumps.

*Keywords: drilling pump, cuff, oil, pump, gasket.*

## Қысқартулар мен анықтамалар

1 Бұрғылау сорабы – бұрғылау қондырғысының айналым жүйесінің бөлігі болып табылатын агрегат. Оның көмегімен бұрғылау ерітіндісін айдау қамтамасыз етіледі, соның арқасында бұрғыланған жынысты шығару, ұңғыма оқпанын нығайту және қашауды салқындату жүргізіледі.

2 Манжетті тығыздағыш – бұл тығыздалатын ортаның қысымымен немесе манжет материалының серпімділік күшімен немесе білезік серіппесімен біліктің тегіс цилиндрлік (немесе жалпақ) бетіне қысылатын корпуста (немесе білікке) орнатылған икемді манжет жұмыс принципі болып табылады.

3 Диффузиялық модификация – Модификациялау әдісі резеңке бетінде қатты және беріктіктің белгілі бір тереңдігін жасау арқылы резеңке техникалық бөлшектердің - үйкеліс жұптарының тозуға төзімділігін ұлғайтуға арналған. Бұл үшін резеңке массасына берілген тереңдікке вулканизациялаушы агенттің молекулаларын енгізу және тігу үшін жағдай жасау қажет.

4 «ВЗБТ» ЖШҚ – Волгоград бұрғылау техникасы зауыты - мұнай және газ кешендері нарығының қажеттіліктерін қанағаттандыру үшін бұрғылау, шығаруға қарсы және басқа да мұнай-газ жабдықтарын жобалаумен, әзірлеумен және дайындаумен айналысатын ірі машина жасау кәсіпорны.

5 НБТ-600 – үш поршенді бұрғылау сорабы, қуаты 600 кВт.

## МАЗМҰНЫ

	Кіріспе	7
1	Бұрғылау сораптарының конструкциясына шолу жасау	10
1.1	Бұрғылау сорабының тағайындалуы	10
1.2	Бұрғылау сораптарының конструкциясы	12
1.3	НБТ-600 бұрғылау сорабының құрылымы мен жұмыс принципі	15
1.4	Сораптың гидравликалық бөлігі және оның негізгі элементтері	18
1.4.1	Сораптың поршені	19
	Бөлім бойынша қорытынды	21
2	Сораптың гидравликалық бөлігінің негізгі мәселелері мен маңыздылығы	22
2.1	Манжетті тығыздағыш	22
	Бөлім бойынша қорытынды	26
3	Бұрғылау сорабының манжетті тығыздағыштарының өмір ұзақтығын арттыру жолдары	27
3.1	Поршенді бұрғылау сорабының манжетті тығыздағышын М-типті универсалды манжеттер пакетіне ауыстыру	27
3.2	Ұсынылып отырған М-тәрізді манжетті тығыздағышты беттік диффузиялық модификация әдісімен беріктендіру	29
3.3	Цилиндр-поршень торабына майлау-салқындату сұйықтығын беру арқылы жұмысын оңтайландыру.	33
	Бөлім бойынша қорытынды	33
4	Өзіндік зерттеу жұмыстарының нәтижесі	34
4.1	Тығыздағыш геометриясын аналитикалық зерттеу және оңтайландыру нәтижелері	38
	Бөлім бойынша қорытынды	43
5	Тығыздағыштарды жетілдірудің техникалық-экономикалық тиімділігі	44
	Бөлім бойынша қорытынды	47
	Қорытынды	48
	Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	49
	Қосымшалар	51

## КІРІСПЕ

*Зерттеу тақырыбы:* Ұзақ жұмыс істеу үшін бұрғылау сорабының гидравликалық бөлігінің манжетті тығыздағышының параметрлерін зерттеу.

*Ғылыми жетекші:* Техника ғылымдарының кандидаты, Энергетика және машина жасау институтының директоры *Елемесов Касым Контлеуович*.

*Өзектілігі:* Бұрғылау поршеньді сораптардың жұмыс қабілеттілігі негізінен сораптың гидравликалық бөлігінің ауыстырмалы бөлшектері анықтайды. Оларға: поршеньдер, цилиндрлік төлкелер, клапандар, тығыздағыштар. Жоғары қысымда құрамында абразиві бар және агрессивті жұмыс ортасын пайдалану сораптардың гидравликалық бөлігі бөлшектерінің онсыз да өте төмен техникалық ресурсын төмендетеді. Пайдаланудың төтенше жағдайларында гидравликалық бөлім бөлшектерінің қызмет ету мерзімі кейде ондаған сағатты құрайды. Тез тозатын бөлшектерді ауыстыру экологиялық қолайсыз жағдайларда ауыр қол еңбегін қолдана отырып, резервтік сораптың, едәуір материалдық және еңбек шығындарының болуын талап ететін жұмыс. Гидравликалық бөліктің тораптары мен бөлшектерінің талап етілетін ұзақтығын қамтамасыз ету сораптарды жобалау кезіндегі негізгі міндеттердің бірі болып табылады.

Бұрғылау сорабының гидравликалық бөлігінің негізгі элементінің бірі – тығыздағыш болып табылады. Гидравликалық бөлігінде қызмет ететін тығыздағыш элемент – штоктың гидроблоктан шығатын жерін герметизациялау үшін қызмет етеді. Сораптың цилиндр төлкесімен өзара әрекеттесу кезінде резеңкеден жасалған тығыздағыш манжеттің үйкелісі бұрғылау сорабының поршенінің үйкелетін және түйісетін бөлшектерін айтарлықтай қыздырады. Үйкеліс күштері және агрессивті ортада жұмыс жасауы, сондай-ақ бұрғылау сұйықтығының жоғары температурасы тығыздағыш элементтің қарқынды тозуы мен бұзылуына әкеледі.

Осыған байланысты бұрғылау сорабының манжетті тығыздағышының істен шықпай ұзақ жұмыс жасауы үшін, оның параметрлерін зерттеу талап етіледі.

*Ғылыми жаңалығы мен күтілетін болжамы:* Қарапайым қолданыстағы шеврон типтегі манжетті тығыздағышты М-типті универсалды манжет пакетіне ауыстыру. Яғни, манжет конструкциясына өзгертулер енгізуді ұсыну. Манжетке әсер ететін үйкеліс коэффициентін беттік диффузиялық модификация әдісімен 2мм берік қабат түзу арқылы азайту. Тығыздағыш элементтің параментрелін егжей-тегжейлі зерттеу жұмыстары, сонымен қатар, есептеулер жүргізу арқылы тығыздағыштың ұзақмерзімділігі едәуір артатын болады. Зерттеулер нәтижесінде үйкеліс күштерін азайту, манжетті пакеттің ұзақ жұмыс жасауын арттыру жатады.

Тығыздағышы бар поршеньдерді және ауыр жағдайларда жұмыс істейтін көлемді гидроагрегаттардың әмбебап нығыздауларын жетілдіру тұжырымдамасы ұсынылды. Серпімділіктің сызықтық теориясының теңдеулеріне кернеу функциясын енгізе отырып, поршеньдердің кернеулік-

деформацияланған жай-күйінің математикалық моделі әзірленді. Арнайы М-үлгідегі манжеттері бар әмбебап тығыздаулардың ұзақтығын арттыру қағидаттары негізделген. Генетикалық алгоритмдер әдістерімен үйлестіре отырып, серпімділіктің сызықтық теориясының әдістері резеңке тығыздағыштардағы кернеулерді бөлу заңдылықтарын зерттеуге және оларды оңтайландыру міндеттерін шешуге мүмкіндік беретіні анықталды

*Практикалық маңыздылығы:* Мұнай-газ салаларында өндірістік объектілердің жұмыс қабілеттілігі, сенімділігі, өрт және экологиялық қауіпсіздігі өзара іс-қимыл жасайтын көлемді гидроагрегаттардың жұмыс істеу ресурсына және жетілуіне байланысты, оларда тығыздау элементтері осал болып табылады.

Техникалық ресурсы көлемді гидроагрегаттардың құрамында сериялық аналогтардың тиісті параметрлерінен едәуір асатын нығыздағыштары бар резеңке металды поршеньдердің және әмбебап тығыздағыштардың ұзақтығы көрсеткіштері жетілдірілді және негізделді. Үйкеліс күшін төмендетуге және поршеньдердің тозуға төзімділігін арттыруға ықпал ететін резеңке тығыздағыштардың диффузиялық беттік модификациясының қарапайым және сенімді әдісі пысықталды. Тығыздағыштарды түрлендіру бұрғылау сораптарының поршеньдерінің ресурсын 5,6 еседен астам арттырады, ал әмбебап тығыздаулар жоғары және аса жоғары қысымды қайтару-үдемелі әрекет ететін гидропневматикалық құрылғылардың тиімділігін, оның ішінде бұрғылау сораптарының поршеньдерінің ресурсын бірнеше есе арттырады деп күтіледі.

Манжетті тығыздағыш – дизайн бойынша ол сорап білігіне киілетін серпімді манжетті білдіреді, оның тығыздағышы орнатылған серіппелі сақина мен сорап корпусындағы сұйықтық қысымына байланысты білікті тығыздайды. Әдетте, поршеньдер ең қолайсыз жағдайларда жұмыс істейтін жабдық элементтерінің бірі болып табылады.

Жоғары механикалық жүктемелер, бұрғылау ерітіндісіндегі қозғалыс, жоғары қысым жағдайында, ауыр температура жағдайында поршеньнің тез тозуына әкеледі. Нәтижесінде жабдық істен шыққан жағдайда бұрғылау сорабының дұрыс жұмыс істеуін қалпына келтіру үшін әрдайым қосалқы жиынтықтың болуы қажет.

Бұрғылау сораптары бұрғылау құбырларының бағанасы арқылы ұңғыманың түбіне бұрғылау ерітіндісін беру үшін қолданылады. Сорылатын бұрғылау ерітіндісі абразивті сұйықтық болып табылады.

Бұрғылау сорабы – бұрғылау қондырғысының айналым жүйесінің бөлігі болып табылатын агрегат. Оның көмегімен бұрғылау ерітіндісін айдау қамтамасыз етіледі, соның арқасында бұрғыланған жыныстар алынып тасталады, ұңғыма оқпанын нығайтады және қашауды салқындатады.

Бұрғылау сорабының дизайны шартты түрде гидравликалық және жетек бөлігіне бөлінеді. Гидравликалық бөлігінде поршеньдерден алынған механикалық энергия сұйықтықтың гидравликалық энергиясына айналады.

Көбінесе манжеттік тығыздағыштар гидравликалық цилиндрлердің



өзектерін (өзара қозғалыс) және машиналардың айналмалы біліктерін (айналмалы қозғалыс) тығыздау үшін қолданылады. Манжетті тығыздағыштардың міндеті-ортаны бөлу, машиналар мен жабдықтардың ішкі бөліктерін ластанудан қорғау, жылжымалы элементтерді тозудан қорғау.

*Зерттеу объектісі мен мәні:* Көлемді гидроагрегаттардың резеңке металл және құрама поршеньдері, әмбебап тығыздаулар, олардың ұзаққа жарамдылығын арттыру әдістері. Беткі модификациясы бар поршеньдердің кернеулі-деформацияланған күйі, оны шешу және нығыздағыштарды оңтайландыра отырып, серпімділік теориясы әдістерімен түсіндіру

# 1 Бұрғылау сораптарының конструкциясына шолу жасау

## 1.1 Бұрғылау сорабының тағайындалуы

Қазақстандағы мұнай-газ өнеркәсібі дәстүрлі түрде жетекші қызмет түрі болып саналады, ол елдегі экономиканың дамуы мен өсуінің негізгі трендтерін айқындайды және қазақстандықтардың әл-ауқатына барынша ықпал етеді. Мұндай жағдай Қазақстанда мұнай мен газдың үлкен қорларының болуымен, елде осы шикізат түрлерін өндірудің жоғары деңгейімен және экспорттың тиісті көлемдерімен түсіндіріледі. Қазақстандағы мұнай-газ саласы қызметтің басқа түрлері арасында өндірістің ең жоғары рентабельділігіне ие бола отырып, елге тартылатын тікелей шетелдік инвестициялардың басым бөлігін шоғырландырады. Жоғарыда айтылғандардың барлығын ескере отырып, Қазақстанда мұнай және газ өндіру саласының рөлі бүгінгі күнге дейін даусыз маңызды және жоғары болып қалуда. Демек, осы сапалы өнімді алу үшін және ел экономикасын жетілдіру үшін бұрғылау қондырғыларының сенімділігі мен ұзақ жұмыс жасауы қажет.

Ұңғыманың кенжарын бұрғыланған жыныстардан тазарту үшін бұрғылау қондырғысы гидравликалық жүйемен жабдықталған. Бұл жүйенің құрамына бұрғылау сораптары, айдау құбыры, бұрғылау ерітіндісін тазалауға және жинауға арналған жабдық кіреді.

Бұл сораптарға қойылатын талаптар оларды пайдалану шарттарымен, бұрғыланатын жыныстардың физикалық-механикалық қасиеттерімен, ұңғыманың тереңдігімен, диаметрімен және мақсатымен, жынысты бұзатын құралдың түрімен анықталады.

Бұрғылау сораптары – бұрғылау алаңындағы энергияның басты тұтынушылары. Бұрғылау кезіндегі гидравликалық энергия шығындары өте үлкен және ұңғымалар тереңдігінің жоғарылауымен олар артады [1,3].

Бұрғылау қондырғысы кешенінде негізгі элементтердің бірі жетек қуатының шамамен 60% тұтынатын бұрғылау сораптары болып табылады.

Бұрғылау сораптарының сипаттамалары талаптардың нақты тізбесіне жауап беруі тиіс, оның ішінде:

1) Құрамында химиялық және механикалық қоспалары бар сұйықтықтарды пайдалану кезінде жұмыстың үздіксіздігін сақтау, сондай-ақ әртүрлі жағдайларда пайдаланудың қарапайымдылығы мен қауіпсіздігін және жөндеу жүргізудің тиімділігін қамтамасыз ету;

2) Айдау желісінің қысым көрсеткіштерінің өзгеруіне қарамастан жууға арналған сұйықтықтың үздіксіз және біркелкі берілуін қамтамасыз ету;

3) Бұрғылаудың технологиялық процесінің нақты талаптары ауқымында жуу сұйықтығын беруді түзетуді жүзеге асыру;

4) Өздігінен жүретін бұрғылау қондырғысымен жұмыс істеген жағдайда бұрғылау сорабы сұйықтықты оның деңгейі сораптың өзінен 4 метрге дейін төмендеген жағдайда да сыйымдылықтан алуға қабілетті болуы тиіс;

5) Аз массаға және жеткілікті ықшамдылыққа ие болуы (бұрғылау сорабының әрбір қуат көрсеткішіне қатысты бағаланады).

Барлық типтегі бұрғылау сораптарының артықшылықтарына тұтқырлығы жоғары және қоспалары бар заттармен жұмыс істеу қабілетін, сондай-ақ пульсациялаусыз және салмақты араластырусыз заттың біркелкі ағынын жасауды жатқызуға болады. Соңғысы құрылатын қысымның жоғары деңгейі кезінде сұйықтық қозғалысының жоғары емес жылдамдығының арқасында мүмкін болады. Бұл сораптар, бұдан басқа, жоғары сору қуатына және конструкцияның аз салмағына ие, бұл олардың алыс кен орындарында тасымалдануы мен орнатылуын Төлкеілдетеді. Сенімділік деңгейі жоғары болған жағдайда жинақтаушы бұрғылау сораптарының құны жоғары емес.

Бұрғылау сораптары (1-сурет) мұнай өндіру саласында мынадай мақсаттарда пайдаланылады:

- шламнан тазарту мақсатында жуу сұйықтығын ұңғымаға жеткізу;
- жыныстың әсерінен бұзылуға ұшырайтын аспаптарды салқындату;
- гидравликалық қозғалтқыштарды іске қосу;
- бұрғылау ерітіндісін ұңғымаға айдау;
- жынысты суспензия түрінде ұстау.



1 Сурет – Бұрғылау сорабы

Бұрғылау сораптары ұңғымаға кенжар мен оқпанды бұрғыланған жыныстан (шламнан) тазарту және күндізгі бетке шығару, жынысты бұзатын құралды салқындату және гидравликалық кенжар қозғалтқыштарын іске қосу мақсатында бұрғылау ерітіндісін беруге арналған. Геологиялық барлау

ұңғымаларын бұрғылау кезінде бір әрекетті үш плунжерлік сораптар және цилиндрлердің көлденең орналасуы бар қос цилиндрлі поршеньді сораптар қолданылды. Ұңғымаларды сұйық және газ тәрізді пайдалы қазбаларға бұрғылау кезінде поршеньді бұрғылау сораптары кеңінен қолданылады.

Бұрғылау сорабы цилиндрдегі поршень жоғары қысыммен сұйықтықтарды айдау үшін пайдаланылатын қайтару-түсіру сорабысы болып табылады. Бұрғылау сорабы қалыпты жұмыс кезінде 52000 кПа дейін генерациялай алады. Бұрғылау сораптарының көлемді конструкциясы болады [2,5].

## 1.2 Бұрғылау сораптарының конструкциясы

Сораптың құрылымы гидравликалық және механикалық екі негізгі бөліктен тұрады.

Сораптың гидравликалық бөлігі оның жұмысының қажетті параметрлерін – қысымын және жуу сұйықтығын беруді қамтамасыз ету үшін қызмет етеді. Механикалық бөлім сораптың жетек қозғалтқышының айналма қозғалысын плунжердің (поршеньнің) үдемелі қозғалысына түрлендіру үшін қызмет етеді.

Гидравликалық бөліктің басты тораптары: клапандары бар гидроблок, сальникті стакандары бар плунжер немесе цилиндр төсеніші бар поршень және тығыздалған поршеньді шток болып табылады.

Механикалық бөлікке муфтастар, белдік беру арқылы қозғалтқыш білігімен қосылған кривошипті-шатунды механизмнің жетек білігі кіреді; иінді (эксцентрікті) білік, шатун, ползун және т.б.

Сораптың гидравликалық және механикалық бөліктерінің тораптары дайындалған конструкциясы, материалдары өзара байланыстырылуы және есептелуі тиіс.

Қазіргі уақытта сораптарды жобалау кезінде тораптар мен бөлшектерді пайдалануды барынша біріздендіру көзделеді [4,1,7].

Сораптың гидравликалық бөлігінің тозуға төзімділігі мен сенімділігіне қойылатын талаптар абразивті сұйықтықтардағы жұмыс ерекшелігіне байланысты.

Қазіргі уақытта бұрғылау қондырғылары екі типтегі сораптармен жабдықталған: екі цилиндрлі қос әрекет немесе үш цилиндрлі қарапайым (бір жақты) әрекет. Бірдей типтегі сораптардың принципті схемаларда айырмашылығы жоқ. Олар техникалық сипаттамалардың параметрлерімен және жеке түйіндердің дизайнымен ерекшеленеді.

Бұрғылау сораптары әртүрлі конфигурациялар мен өлшемдерде қол жетімді. Алайда бұрғылау сораптары әдетте екі негізгі түрі болады:

- 1) Дуплекстік – екі жақты әрекет;
- 2) Триплекстік – бір жақты әрекет.

Бұрғылау тереңдігінің ұлғаюына қарай бұрғылау сораптарының қуаты

да айтарлықтай ұлғаяды. Бұрғылау сораптарының жұмыс органдары негізінен плунжерлер мен поршеньдер түрінде орындалады. Әсіресе, екі жақты екі поршеньді сораптар (дуплекс) таралған, олардың орнына бір жақты үш поршеньді сораптар (триплекс) келеді (1а, б-сурет).

Дуплекстік бұрғылау сорабы сұйықтықты үнемі жылжытатын екі поршеньмен (немесе плунжермен) жабдықталған.

Триплекстік бұрғылау сорабы іс жүзінде көптеген қосымшаларда дуплекстік нұсқаны ауыстырды, бірақ әлі де кейбір шағын елдерде пайдалануда соңғысы қолданыс тапты. Триплекстік бұрғылау сорабының дуплекстік конструкцияға қарағанда неғұрлым тиімді үш поршеньді (плунжерлік) конструкциясы болады [6,8,9].



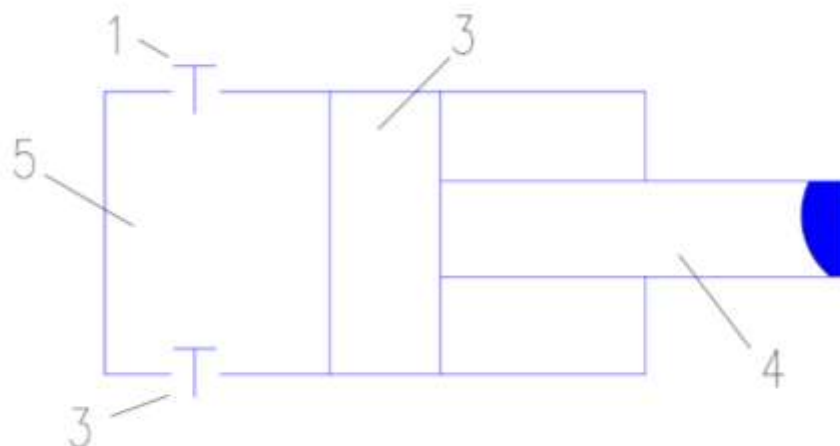
а) біржақты (триплекс);



б) екіжақты (дуплекс)

1.2 Сурет – Поршеньді сораптар.

Екі жақты әсер ететін сораптарда сұйықтық поршеньді және штоқты қуыстарда жылжытылады және поршеннің бір жүрісі үшін сору мен айдаудың екі циклі жасалады. Қуыстан айдау манифольдына берілетін сұйықтықтың көлемі екінші қуыстан поршен штогының көлеміне ( $V_1 > V_2$ ) кем, осының салдарынан сұйықтықтың берілуінің біркелкі еместігі байқалады, оның ішінара өтемін сораптың айдау коллекторында орнатылатын пневмокомпенсаторлар қамтамасыз етеді [3]. Дуплекс сораптарында әрбір цилиндр жұбына 4 клапан орнатылады, оның екеуі сорғыш және екеуі айдағыш болады. Триплекс сораптарында поршеннің бір жүрісі үшін қабылдау коллекторынан сору немесе сұйықтықты айдау коллекторына айдау 1.2.1-суретте көрсетілгендей жүргізіледі.



1 - айдау клапандары; 2 - сорғыш клапан; 3 - поршень; 4 - шток; 5 - жұмыс камерасы.

### 1.2.1 Сурет – Триплекс сорабы жұмысының принципті схемасы

Дуплекс сораптарынан басты айырмашылығы – триплекс сораптары сұйықтықты манифольдқа тек бір 5 жұмыс камерасынан жібереді және әр цилиндрлік жұпта бір айдау 1 және сору 2 клапандары болады. Поршень 3-тің дизайны дуплекс сораптарының поршеньдерінен де ерекшеленеді, 4-штокта тығыздағыш қондырғы жоқ, сондықтан триплекс сораптарының шыбықтары дуплекс сораптарына қарағанда аз тозады [4].

Триплекс сораптарының жоғары жылдамдығының нәтижесінде тірек сораптарын қолдану, жетек (механикалық) бөлігіне қызмет көрсету сапасын жақсарту, оның ішінде поршень - цилиндр төлкесінің және негізгі клапан түйіндерінің дизайнын жақсарту қажет, олардың тозуы поршеньдердің қозғалыс жылдамдығының жоғарылауымен байланысты емес, салыстырмалы түрде аз өсті (сораптармен салыстырғанда - дуплекс), сонымен қатар үдеудің артуы болып табылады.

Триплекс сораптары дуплекс сораптарымен салыстырғанда бірқатар артықшылықтарға ие, сондықтан сорапта – триплекс дуплекстегі сияқты бірдей қуатта азаяды [5]:

- массасы мен жалпы өлшемдері 1,4 - 1,5 есе;
- 2 есе берудің әркелкілігі, қысым 5-6 есе;
- ауыстырылатын бөлшектердің саны 1,3-1,4, ал массасы 1,5-2,5 есе;
- бас тартудың орташа жұмысы 1,7 есе.

Осы себептер бойынша соңғы жылдары триплекс сорғыларын қолдана отырып, біртіндеп бұрғылауға көшу қарастырылуда.

### 1.3 НБТ-600 бұрғылау сорабының құрылымы мен жұмыс принципі

Жоғары қысымды айдау және үлкен гидравликалық қуаты кезінде біржақты әрекет ететін үш цилиндрлі бұрғылау сорабы өлшемдері мен салмағы жағынан салыстырмалы түрде аз, өйткені оның поршені жүру жиілігі екі жақты әрекет ететін екі цилиндрлі сораптан 2,5 есе жоғары болады [9].

Бұрғылау сорабының жұмысы:

1 кезең – қозғалтқыштың трансмиссиясы арқылы білікке айналмалы қозғалыс беріледі;

2 кезең – жанама механизмдер (шатундар, крейцкопф, кривошипті құрылғы және т.б.) біліктің айналмалы қозғалысын қайтарымды-түсімдік қозғалысқа түрлендіреді;

3 кезең – цилиндрдегі қозғалыс кезінде поршень бұрғылау сұйықтығы сорылатын қысым аймағын құрайды (бұдан әрі құбырдағы қысым жоғарылаған кезде, бұған дейін жабық сору клапаны ашылып, ерітінді шығады) [10].

НБТ-600 бұрғылау сорабының артықшылықтарына мыналар жатады:

- бұрғылаудың үдемелі режимін ұйымдастыру мүмкіндігі;
- неғұрлым жоғары техникалық-пайдалану көрсеткіштері (2 поршеньді қондырғымен салыстырғанда), олардың негізгілері шығыстағы қысымның біркелкі еместігі, шағын өлшемдері мен салмағы;
- аралас майлау әдісін (мәжбүрлі және өздігінен ағатын майлау) қолдану арқылы майлау жүйесін тиімді ұйымдастыру;
- құрылғыны пайдаланудағы сенімділік пен ұзақ мерзімділік - иондық азоттау арқылы олардың жұмыс беттерін нығайтумен алынған ең көп жүктелген бөлшектердің тозуға төзімділігінен;
- құрылғының үнемділігі - пайдалануға жұмсалатын шығыстарды азайту және жоғары жөндеуге жарамдылық есебінен;
- қызмет көрсетудегі қарапайымдылық - гидравликалық және жетекті модульдің ұтымды конструкциясының арқасында.

1 Кесте – НБТ-600 бұрғылау сорабының техникалық характеристикасы

Параметрі	НБТ 600
Қуаты, кВт	600
Пайдалы қуаты, кВт	475
Цилиндрлер саны, шт.	3
Сорапқа кіреберістегі ең аз қысым, Мпа	0,2
Минутына поршеннің ең көп жүріс жиілігі	160

1-кестенің жалғасы

Поршень жүрісі, мм	225
Сорап берілісі (max), дм <sup>3</sup> /с	50,9
Сорап шығысындағы қысым (max), Мпа	35
Сорғыдан шығудағы қысымның біркелкі болмау дәрежесі, % артық емес	5
Кіру коллекторының шартты өтуі , мм	200
Шығу коллекторының шартты өтуі , мм	100
Ең үлкен мінсіз беру, л/с	45
Минутына поршеньдер жүрісінің саны	150
Редуктордың беріліс қатынасы (i=)	3,125
Кіру және шығу кезіндегі пневмокомпенсатор түрі	сфералық, диафрагмалық
Қауіпсіздік клапанының түрі	шегелі немесе диафрагмалы
Іске қосу құрылғысының түрі	ДЗУ-250
МЕМСТ 1284.1-80 бойынша сына белдікті берілістің түрі	Е(Д)
Шкивтің диаметрі, мм	1120
Белбеу саны	12
Габариттері, мм: 1. ұзындығы 2. ені 3. биіктігі	1. 4842 2. 2408 3. 2009
Массасы (кран мен шкивсіз), кг	14972

Қазіргі уақытта бұрғылау қондырғыларының құрамында негізінен НБ (Н - сорап, Б - бұрғылау) типті екі жақты әрекет ететін екі поршеньді сораптар және НБТ немесе УНБТ (Н - сорап, Б - бұрғылау, Т - үш поршеньді, У- «Уралмашзавод» дайындаушы-зауыт) типті бір жақты әрекет ететін үш поршеньді сораптар пайдаланылады [3,11].

Бұрғылау сораптарының негізгі пайдалану параметрлеріне мыналарды жатқызуға болады:

- 1) сорап жетегінің қуаты;
- 2) цилиндрлер немесе плунжерлер саны;
- 3) поршеннің немесе плунжердің қос жүрісінің номиналды жиілігі;
- 4) максималды беру;
- 5) ең жоғары дамитын қысым;
- 6) поршеннің жүріс ұзындығы.

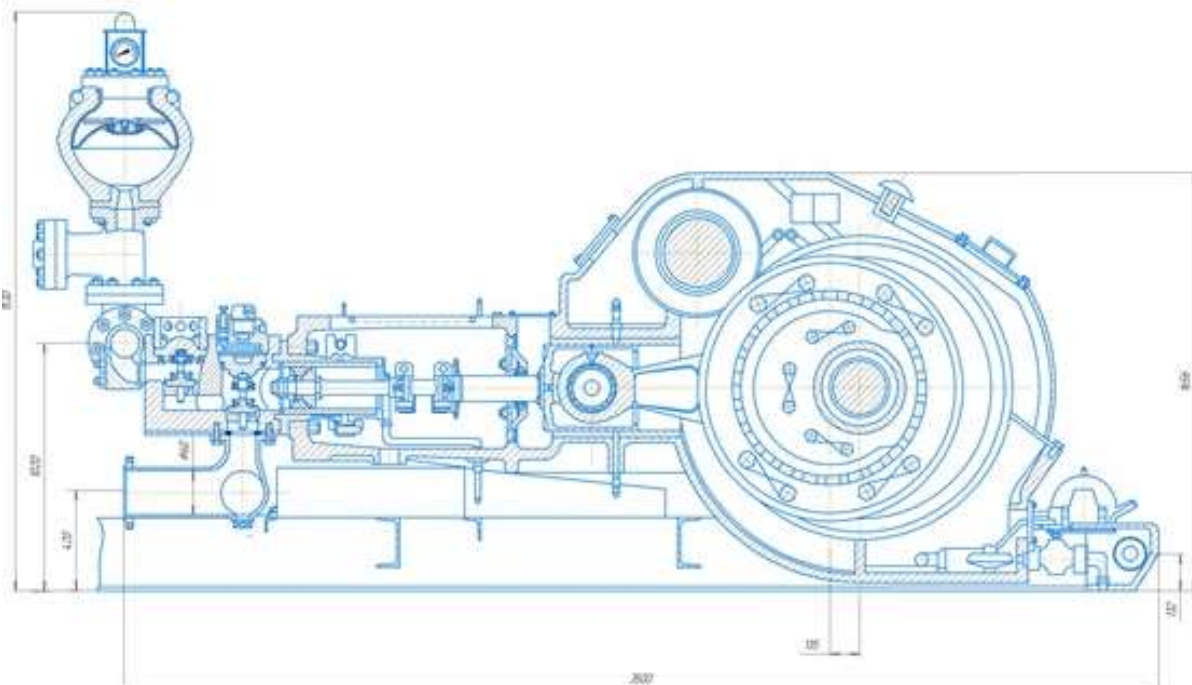
Барлық бұрғылау сораптарының жалпы рама-салазкаларға орнатылған гидравликалық және жетек бөліктері болады. Поршеньді сораптың гидравликалық бөлігі екі немесе үш параллель көлденең жазықтықта



орналасқан цилиндрлері бар құйылған немесе қақталған гидрокоробкадан тұрады. Екі цилиндрлік қосарлы әсер ететін сораптардың төрт сору және төрт айдау клапандары болады. Біржақты әрекет ететін үш цилиндрлі сораптарда үш сорғыш және үш айдағыш клапан орнатылған.

Үш цилиндрлік біржақты әрекет ететін сорапта шток жағынан тығыздағыш сальник жоқ, бұл конструкцияны жеңілдетіп қана қоймай, пайдалануды айтарлықтай жеңілдетеді. Сальникті мезгіл-мезгіл тарту және тозған штокты өзгерту қажеттілігі болмайды. Бұл конструкцияның маңызды ерекшелігі – шток жағынан цилиндр айнасы ашылған және бұл оны қарқынды салқындатуға және бұрғылау ерітіндісінің абразивті бөлшектерін одан жууға мүмкіндік береді [12].

Төменде триплекс НБТ-600 бұрғылау сорабының кескін түріндегі бейнесі келтірілді.



1.3 Сурет – НБТ-600 бұрғылау сорабының кескіні

Жоғары қысымды айдау және үлкен гидравликалық қуаты кезінде біржақты әсер ететін үш цилиндрлі бұрғылау сорабы өлшемдері мен салмағы жағынан салыстырмалы түрде аз, өйткені оның поршені жүру жиілігі екі жақты әсер ететін екі цилиндрлі сорғыдан 2,5 есе жоғары. Поршенің қосарланған жүрістерінің саны  $n = 150$  мин.

Екі жақты әрекет ететін екі цилиндрлі бар бұрғылау сорабымен салыстырғанда, габариттері мен салмағының аз болуының арқасында тасымалдау арзандайды.

Бір қатарда орналасқан үш цилиндр бар тік ағынды сорап камерасы бар

сораптың гидравликалық бөлігі жинақы, сұйықтықты келте құбырлар қысқа, ал ондағы гидравликалық және инерциялық кедергілер екі жақты әсер ететін екі цилиндрлі сорапқа қарағанда аз. Бұрыштық білікке орнатылған үш эксцентрик айналу бағыты бойынша 120-ға бір-біріне қатысты бұрыштық ығысуы бар статикалық өзара теңестірілген. Бөлшектердің қолданылатын өлшемдері мен айналу жылдамдығы кезінде қарама-қарсы салмақтарды динамикалық теңестіру және орнату қажеттілігі болмайды.

Берудің біркелкі болмау дәрежесі екі жақты әсер ететін үш цилиндрлі сорғымен бірдей [15].

#### **1.4 Сораптың гидравликалық бөлігі және оның негізгі элементтері**

Бұрғылау сорабының гидравликалық бөлігінің (1.4-сурет) бөлшектері энергияны поршеньді сұйықтықтан тікелей беру функциясын орындайды. Гидравликалық бөліктің негізгі бөлшектері – гидравликалық қорап, цилиндрлік төлкелер, клапандар мен сальниктер.

Бұрғылау сораптары гидравликалық және механикалық құрамдас бөліктерден тұрады. Бөліктер жалпы рамаға орнатылған.

Бұрғылау сорабының гидравликалық бөлігі:

- 1) кіру және шығу клапандары бар гидравликалық блок;
- 2) цилиндрпоршеньді бөлік;
- 3) салқындату блогы;
- 4) пневмокомпенсатор;
- 5) сақтандыру клапаны.

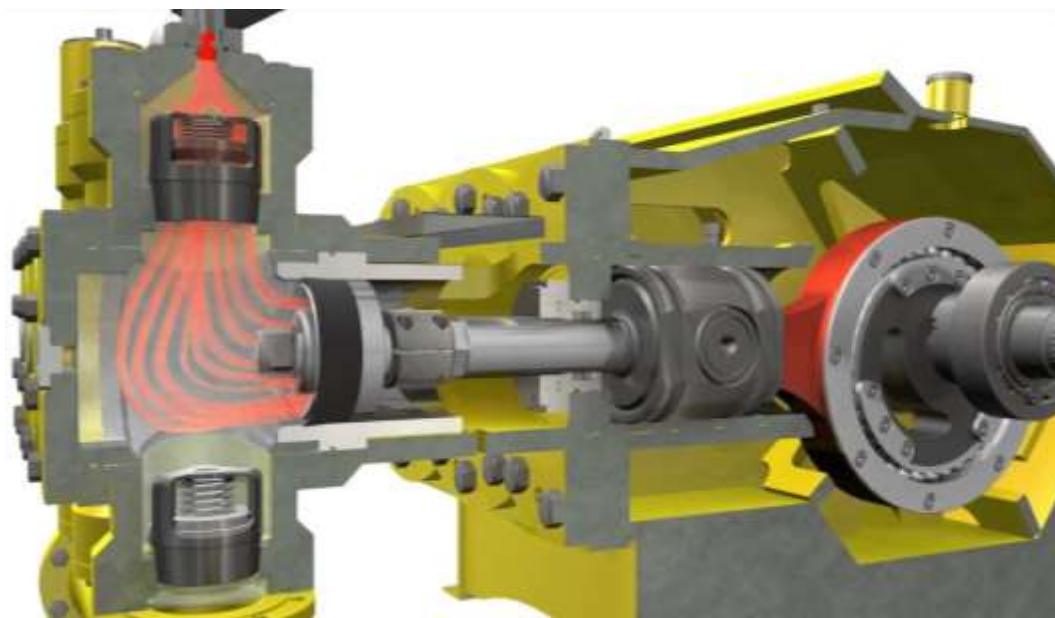
Бұрғылау сорабының механикалық бөлігі:

- 6) тарату блогы;
- 7) редуктор;
- 8) трансмиссиялық білік;
- 9) жетек шкиві;
- 10) ползунды механизм;
- 11) майлау жүйесінің тораптары бар корпус.

Гидравликалық бөліктің негізгі элементтері гидравликалық қорап, цилиндрлік төлкелер, поршеньдер, штоктар, клапандар, сальниктер және т.б. болып табылады.

Екі жақты әрекет ететін сорабының гидравликалық бөлігінде ерітінді поршеннің бір жағына да, екінші жағына да жіберіледі. Сондықтан бір жақты әрекет ететін сораптардан айырмашылығы, поршеннің екі жақты тығыздауға арналған манжеттері болады және тығыздағыштардың бірінің істен шығуы ерітіндінің бір қуыстан екіншісіне ағуына әкеледі, бұл бірден байқалмайды. Бұдан басқа, абразивті бөлшектер екі тығыздау арасында жинақталады, бұл цилиндр тозуын арттырады [13,14].

Гидравликалық бөліктің компоненттері клапандардан, поршеньдерден (немесе плунжерлерден) және гильзалардан тұрады. Гидравликалық бөлік айналатын материалмен тұрақты байланыста болғандықтан, қазіргі заманғы конструкциялардың көпшілігі қажетіне қарай тозған компоненттерді тез ауыстыруға жол береді. Бұл сорабыны толық ауыстырмай агрегаттың қызмет ету мерзімін едәуір ұзартады.

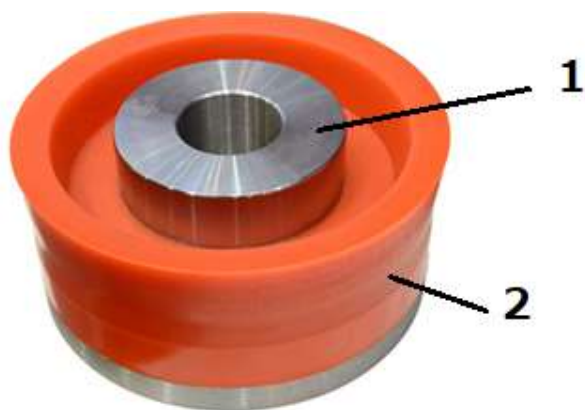


1.4 Сурет – Поршеньді бұрғылау сорабының гидравликалық бөлігі

#### 1.4.1 Сораптың поршені

Поршеньді сораптарда көбінесе манжет типті өздігінен тығыздаушы резеңке поршеньдер қолданылады. Сораптың поршені жақсы тығыздауды және ұзақ мерзімді қызметті қамтамасыз етіп қана қоймай, сондай-ақ төсеніштің басқа диаметріне ауысқан кезде немесе тозған кезде оның тез ауысуына жол беруі тиіс.

Поршень цилиндр төсенішінің тесігін тығыз жабады және оның осінің бағыты бойынша қозғалады, айналатын сұйықтыққа артық қысымды хабарлайды [16]. Триплекстің бұрғылау сораптарының поршенінде 1.4.1-суретте көрсетілгендей резеңке металл конструкциясы болады.



1 – өзекше (сердечник); 2 – резеңке тығыздағыш.  
1.4.1 Сурет – Бұрғылау сорабының поршені

Поршень болат өзекшеден 1 және резеңке өздігінен тығыздалатын манжеттен тұрады 2.

Тығыздауды, поршеньді штокпен біріктірудің жылдам ауысымын бөлшектеудің ыңғайлылығын қамтамасыз ету үшін конустылығы 1:12, 1:15 немесе 1:24 болатын конусты конусты отырғызуда немесе манжетті тығыздауы бар цилиндрлік отырғызуда жүзеге асырылады [17].

Поршеньдік еріннің диаметрін төлкенің ашылу диаметріне қатысты ұлғайту бастапқы қысуды тудырады, бұл кез-келген өзін-өзі тығыздайтын манжеттің дұрыс әрекет етуінің қажетті шарты. Бастапқы қысу резеңке төлкенің жұмыс бетіне мықтап және біркелкі жабысып, оған жеткілікті бастапқы қысым жасалып, қатпарлар пайда болмайтындай етіп таңдалады. Сұйық қысыммен поршеньдік манжеттің резеңке төлкенің жұмыс бетіне мықтап басылып, сенімді тығыздағыш жасайды. Сораптардың поршеньдерінде еркін күйдегі манжеттің сыртқы диаметрі төлкенің ішкі диаметрінен 2-3 мм үлкен, ал әр манжеттің конустық бөлігінің ұзындығы 25-27 мм, поршеньнің жалпы ұзындығы 135-150 мм.

Резеңке манжет жүрекшеге (сердечник) бейімделген жағдайда соңғысы аз көміртекті болаттан жасалады, беті гальваникалық тәсілмен жабылады немесе резеңкенің металмен ілінісу күшін ұлғайту үшін арнайы желіммен жабылады. Резеңкенің металмен ілінісу күші 6-8 МПа құрайды. Поршень манжеттерін 80-90 Шор бойынша қаттылығы бар синтетикалық майға төзімді резеңкеден жасайды.

Поршеньді тез және жеңіл ауыстыру үшін ол тозған немесе цилиндр төсенішінің ішкі диаметрі өзгерген кезде поршень штокпен конустық беті бойынша гайка мен контргайканы сығу арқылы жалғанады. Егер поршеньді штоққа отырғызу цилиндр беті бойынша жүргізілсе, өздігінен тығыздалатын манжетті орнату қажет [19,21].

## **Бөлім бойынша қорытынды**

Бірінші бөлімде жалпылама бұрғылау сораптарының не екенін, оның бұрғылау жұмысындағы орнын айқындап, тағайындалуын қарастырдық. Сондай-ақ, бұрғылау сораптарының конструкциялық ерекшеліктеріне және оның түрлеріне тоқталып, прототип ретінде НБТ-600 бұрғылау сорабын таңдап алдық. НБТ-600 бұрғылау сорабының техникалық характеристикасына қарастырып, сораптың гидравликалық бөліктеріне, оның негізгі бөлшектеріне тоқталдық.

## **2 Сораптың гидравликалық бөлігінің негізгі мәселелері мен маңыздылығы**

### **2.1 Манжетті тығыздағыш**

Орташа есеппен бұрғылау қондырғысының істен шығуының басым бөлігі бұрғылау сораптарының үлесіне тиесілі. Бұрғылау поршеньді сораптардың жұмыс қабілеттілігі негізінен гидравликалық бөліктің ауыстырмалы бөлшектерін анықтайды: поршеньдер, цилиндрлік төлкелер, клапандар, тығыздағыштар [6]. Отандық бұрғылау сораптарының жөндеу циклінің ұзақтығы әдетте 6000 сағатқа дейін, ал жөндеу аралық кезеңнің ұзақтығы - 600 сағатты құрайды. Бұрғылау сораптарының жұмыс элементтерінің (клапандар, поршеньдер, цилиндрлік төсеніштер) нормативтік жұмыс уақыты өз кезегінде 200-400 сағатты құрайды [18]. Осыған қарамастан, пайдаланудың төтенше жағдайларында гидравликалық бөлік бөлшектерінің қызмет ету мерзімі кейде ондаған сағаттарды ғана құрайды. Тез тозатын бөлшектерді ауыстыру резервтік сораптың ауыр қол еңбегін қолдана отырып, едәуір материалдық және еңбек шығындарының болуын талап етеді. Демек, гидравликалық бөліктің тораптары мен бөлшектерінің талап етілетін ұзақтығын қамтамасыз ету сораптарды жобалау кезіндегі негізгі міндеттердің бірі болып табылады [20].

Нормативтік талаптарға сәйкес бұрғылау сораптарының конструкциясын жетілдіру және жұмыс істеу тиімділігі негізінен сораптағы механикалық және гидравликалық ысыраптарды шектеуге әкеледі, олар бірқатар факторларға байланысты болуы мүмкін [22]. Зерттеу міндеттерін қою мақсатында жұмыс элементтеріне әсер етудің физикалық табиғаты бойынша факторларды жіктеу және оларды оқшаулаудың немесе алдын алудың қолданыстағы тәсілдерін талдау туралы шешім қабылданды. Ақпараттық көздерді талдау бұрғылау сораптарының жұмыс элементтерінің істен шығуына себеп болатын мынадай факторларды анықтауға мүмкіндік берді: механикалық; жылу; гидравликалық; химиялық.

Механикалық факторлар бұрғылау сорабының жұмыс органдарына әсер ететін соққы, фрикциялық және діріл жүктемелерінің жиынтығы болып табылады: цилиндр төсеніштері, клапандар, поршеньдер және т.б. [15,17]. Соққы және діріл жүктемелерінің алдын алу сораптың жұмыс режимін реттеу және оның бөлшектерінің габариттік өлшемдерінің оңтайлы арақатынасын іріктеу есебінен іске асырылады.

Поршеннің бүйір бетін цилиндр қабырғасына үйкелісі нәтижесінде жүктеме астында қозғалған кезде жылудың көп мөлшері бөлінеді, оның шамасы өзгеріссіз жүктеме кезінде поршеннің жылдамдығына байланысты болады.

Үйкеліс жұптарын бірден қыздырғаннан кейін қарқынды салқындату жүргізіледі. Циклдік қайталанатын жылу соққылары поршень және цилиндр

төсеніші материалдарында қайтымсыз құрылымдық өзгерістерге, тозу және гидроабразивті төзімділіктен нашарлауға әкеледі [23].

Гидравликалық факторлар бұрғылау сораптарының поршиналары мен клапандарына, яғни тұмшалау резеңке тығыздаулар есебінен қамтамасыз етілетін жұмыс элементтеріне барынша әсер етеді. Поршеньдердің резеңке металл конструкциясы болады және қарама-қарсы жаққа бағытталған жағалары бар болат өздігінен тығыздалатын манжеттерден тұрады. Поршеньдердің манжеттері гидравликалық жүктемелер позициясынан бұрғылау сорабының ең осал элементтерінің бірі болып табылады, олар жоғары қысым түрінде көрінеді, олар жұмыс істеуге тура келеді [24]. Абразивті бөлшектерге қаныққан бұрғылау ерітіндісімен жасалатын жоғары гидравликалық жүктемелердің циклдік әсері кезінде «төлке-поршень» жұбының герметикалығы сапасының төмендеуі және соның салдарынан поршеньді жуу орын алады. Мұндай құбылыстар бұрғылау сораптарының клапанды механизмдерінің жұмысы кезінде байқалады. Аралық сипаттағы жоғары гидравликалық жүктемелерге бұрғылау сораптарының пневмокомпенсаторларының мембраналары да ұшырайды.

Бұл жағдайлардың алдын алу жоғарыда көрсетілген бөлшектер дайындалатын материалдардың тозуға төзімділігін арттыру есебінен қамтамасыз етілуі мүмкін. Бұрғылау ерітіндісін газдан сапасыз тазалау кезінде немесе айдау сызығының тым үлкен ұзындығында кавитация құбылысы пайда болуы мүмкін. Бұрғылау ерітіндісіндегі газ көпіршіктерінің жарылуы және одан кейінгі гидравликалық соққы бұрғылау сорабының жұмыс элементтеріне қатты деструктивті әсерге әкеп соғады.

Химиялық факторлар ерітіндінің сұйық негізінде еріген (сазды-сулы, көмірсутекті, сазды-полимерлі-сулы) химиялық реагенттердің әртүрлі қасиеттері бар қоспасын білдіретін бұрғылау ерітіндісінің тікелей жанасуының себебі болып табылады. Бұрғылау сорабының резеңке техникалық бөлшектері - пневмокомпенсаторлардың мембраналары, клапандардың тығыздау элементтері, поршеньдердің манжеттері және т.б. химиялық тозу позициясынан ең қорғалмағандар болып табылады. Бұрғылау ерітіндісімен тікелей жанасу нәтижесінде резеңкелердің беріктігі өзгереді, олардың ісінуі немесе құрғауы болады.

Бұрғылау сораптары өте ауыр жағдайларда пайдаланылады, саз-су қоспалары негізінде дайындалған және гематит немесе барит қоспаларымен ауырлатылған тұтқыр ерітінділерді айдайды. Ерітінділерде 2% -ға дейін абразивті бөлшектер болады. Бұл Сораптың гидравликалық бөлігінің тораптары мен бөлшектерінің тозуға төзімділігіне жоғары талаптар қояды. Сорап элементтерінің абразивті тозуын болдырмау мүмкін емес, сондықтан тез тозатын бөлшектерді жедел ауыстыру мүмкіндігін қамтамасыз ету қажет.

Бұрғылау сорабында маңызды тораптардың бірі гидропоршеньді топ болып табылады. Бұл торап сұйықтықты айдауға арналған қысымды қамтамасыз етеді. Поршень және цилиндрлік төсеніш аз агрессивті және жоғары абразивті сұйықтық ортасында жұмыс істейді. Поршеньдік манжеттер

0,16-дан 0,32 мкм-ге дейін *Ra* кедір-бұдыры бар төлкенің бетімен жұптасып жұмыс істейді. Төлкелер цилиндрлік пішінде осьтік қозғалыстардан бекіту үшін тіреуішпен жасалады. Төлке арнайы бекіту құрылғыларымен бекітіледі. Сораптың дизайн ерекшеліктерін ескере отырып, төлкенің ұзындығы бойынша әр түрлі бөліктерде, сәйкесінше, тірек жасалады. Технологияға сәйкес төлкенің ішкі жұмыс беті жылтыратылған және өңделген. Поршеньді сораптардың артықшылықтары, ең алдымен, жоғары дамыған айдау қысымын қамтиды.

Сонымен қатар, поршеньдік манжеттер материалының термодеструкциясы, олардың қалдық деформациясы немесе ісінуі көрінеді. Сорылатын сұйықтықтағы абразивті концентрацияның төмендеуі бөлшектердің абразивті тозуын азайтады. Сұйықтық температурасының жоғарылауы поршеньдік манжеттердің термодеструкциясын күшейтеді.

«ВЗБТ» ЖШҚ шығарған НБТ-600-I және НБТ-600-II сораптарының поршеньдері «классикалық» дизайнға ие (2 – сурет а,б): Болат сатылы өзекшеге астарланған манжеті бар резинометалды (а) және әртүрлі қаттылықтағы резеңкеден жасалған монолитті тығыздағышы бар құрастырмалы - манжеттің тірек бөлігінде анағұрлым қатаң резеңке (б). Жоспардың айқын қисындылығы мен қарапайымдылығына қарамастан, поршеньдердің екі модификациясының да кемшіліктері бар, олардың бастысы тозуға төзімділігі өте төмен.

Манжетті тығыздағыштар сальникті тығыздағышқа балама болып табылады және резеңке ойлап тапқаннан кейін пайда болды.

Дизайн сорап білігіне тағылған серпімді манжетті білдіреді, ол орнатылған серіппелі сақина мен сорап корпусындағы сұйықтық қысымына байланысты білікті тығыздайды [25,26,27] .

Әдетте, сораптарда орнатылған кезде, сорылатын сұйықтықтың температурасы +70...90°C аспайды.

Түрлі маркалы резеңкеден жасалады:

- этилен-пропилен каучук - тамақ өнеркәсібі және сілтілі сұйықтықтар үшін,
- нитрилді резеңке – Жанар-жағармай материалдарын айдау кезінде,
- құрамында қышқыл бар сұйықтықтарды айдау кезінде фторкаучук резеңке.

Манжеттер МЕМСТ 8752-79 сәйкес 4 нұсқада жасалуы мүмкін.

Белгілеу мысалы: 1.2-dxD

мұнда, 1.2 – манжеттің дизайны;

d – біліктің диаметрі;

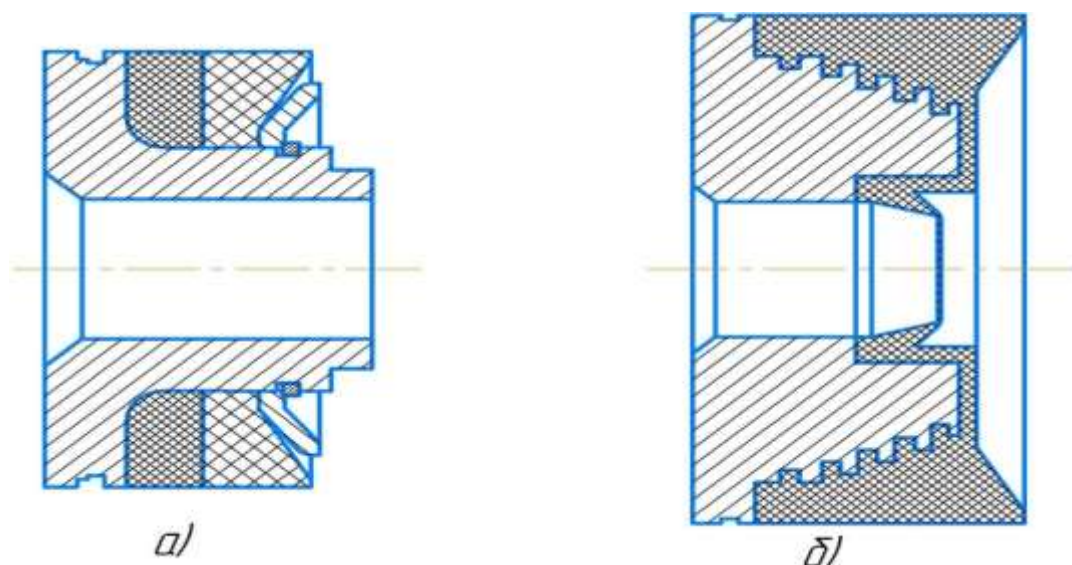
D – сорғы корпусындағы орынның диаметрі.

Ерекшеленеді:

- манжеттің түрі бойынша( бірінші сан): 1 – тозаңсыз, 2 – тозаңды
- манжеттің орындалуы бойынша (екінші сан): 1 – механикалық өңдеу арқылы алынған жұмыс жиегімен, 2 – қалыпталған жұмыс жиегімен.



Оларды жеке-жеке де, дәйекті түрде де бірнеше бөлікке орнатуға болады.



2 Сурет – НБТ-600 үлгісіндегі бір жақты әрекет ететін бұрғылау сорғысының резинOMETалдық (а) және құрама (б) поршеньдері

Салыстырмалы түрде үлкен салмақ пен габариттер, сондай-ақ поршень мен цилиндрлік төлкені ауыстырудың күрделі процедурасы, сонымен қатар поршеньнің тығыздалу жағдайына тікелей бақылаудың болмауы сораптың кемшілігі болып табылады [28].

Бұрғылау сорабы өте қиын жағдайда жұмыс істейді. Сораптың манжетті тығыздағышына көптеген факторлар әсер етеді. Оларға: жоғары температура, қысым, абразивті жұмыс сұйықтығы, агрессивті орта. Аталған себептер кесірінен манжетті тығыздағыш тез тозуға ұшырап, істен шығып қалады.

Келесі 2.1 – суретте манжетті тығыздағыштың бұзылулары келтірілген.



2.1 Сурет – Манжетті тығыздағыш ақаулары

Бұрғылау сораптары өздігінен тығыздалатын және жалпы жағдайда болат өзекшеден және резеңке манжеттерден тұрады. Әдетте манжеттің сыртқы диаметрі еркін күйінде цилиндр төсенішінің ішкі диаметрінен 2-3 мм артық болады. Ұзындығы 25-27 мм манжеттер конустармен орындалады. Бұл цилиндрде поршеньді алдын ала тығыздауды жасайды. Бұрғылау ерітіндісінің қысымымен өздігінен тығыздалатын манжеттер цилиндр төсенішінің тегістелген бетіне тығыз қысылып, сенімді тығыздалады.

Манжетті тығыздағыштар 5-тен 40 МПа дейін және одан да көп қысымдардың кең ауқымында жұмыс істеуге қабілетті. Сериялық күштік гидроцилиндрлерде поршеньді тығыздау, әдетте, орта әрекетінің әрбір бағытында бір манжетпен қамтамасыз етіледі; штокты тығыздау үшін манжетті цилиндрде (корпуста) құрастырады. Конструкторлар, өнертапқыштар және рационализаторлар қысымның әрбір бағытын бір манжетпен герметизациялауды қамтамасыз етуге ұмтылады [29].

Бірақ резеңкенің құрылымдық біркелкі еместігі белгілі, ортаның циклдік белгісіз қысымы кезінде «жапырақтардың» неғұрлым жүктелген өткір жиектерін бояу мүмкін. Бұл ең аз дегенде гидравликалық сұйықтықтың ағып кетуіне (ағып кетуіне) және ең көп дегенде жүйенің герметикалығының жоғалуына әкеледі. Бұл күрделі жағдайларда, мысалы, теңізде және су астында жұмыс істейтін жабдықтар үшін жол берілмейді.

Резеңке матадан немесе полимерлік материалдардан жасалған манжеттерді сериялық жетектер мен агрегаттарда қолдану мүмкін емес, себебі «қатты» манжеттерді отырғызу орындарына орнатудың қиындығы проблема болады. Оның үстіне әр түрлі манжетті дәстүрлі емес материалдардан жасауға болмайды. Ерекше жағдайлар үшін, біздің ойымызша, міндет тығыздау құрылғыларының элементтерін ақылға қонымды қайталау есебінен шешілуі тиіс, бірақ сериялық манжеттердің көпшілігі бұл үшін бейімделмеген.

Бұл проблеманы шешудің басқа және кең таралған бағыты манжеттік тығыздағыштардың конструкциясы мен конфигурациясын жетілдіру немесе тығыздау құрылғысының құрамына қосымша икемді элементтерді енгізу болып табылады.

## **Бөлім бойынша қорытынды**

Екінші бөлімде поршеньді бұрғылау сорабының гидравликалық бөлігіндегі манжетті тығыздағыштарға тоқталдық. Манжетті тығыздағыштың эксплуатация барысындағы ақаулықтарын қарастырдық. Аталған мәселелерді шешу үшін тапсырмалар қойдық.

### **3 Бұрғылау сорабының манжетті тығыздағыштарының өмір ұзақтығын арттыру жолдары**

#### **3.1 Поршенді бұрғылау сорабының манжетті тығыздағышын М-типті универсалды манжеттер пакетіне ауыстыру**

Бұрғылау сораптарының поршеньдерінің беріктігін жетілдіру және арттыру келесі бағыттар бойынша жүргізілді:

1) поршеньдердің монолитті резеңке массасын шеврон түріндегі манжет негізінде арнайы М-тәрізді жиналмалы пакеттік тығыздағышқа ауыстыру арқылы неғұрлым жетілдірілген және берік құрылымды әзірлеу;

2) резеңке-металл поршеньдерді майлау-салқындату сұйықтығын олардың ішкі қуыстарына және цилиндрге беру арқылы жетілдіру және осыны жылу кернеулігінің есебінен төмендету;

3) резеңкенің диффузиялық беттік модификациясы есебінен резеңке металл поршеньдердің тозуға төзімділігін арттыру, үйкеліс күшін және жылу кернеуін төмендету;

4) тығыздағыштардың кернеулі күйін аналитикалық зерттеу және осы негізде поршеньдердің конструкцияларын жақсарту бойынша ұсыныстар әзірлеу;

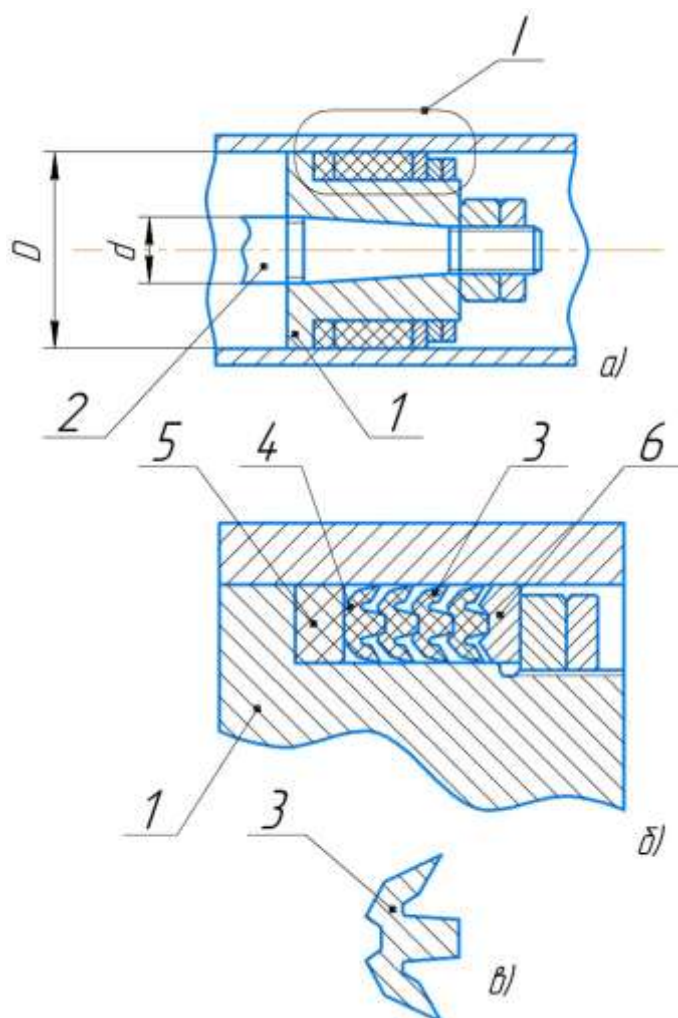
5) тығыздаудың құрылымы мен сыртқы бетін оңтайландыру, поршеньді резеңке тығыздағыштың түйіспелі және ішкі кернеулерін аналитикалық әдістермен азайту және туралау;

6) поршеньдерді эксперименттік зерттеу және сынау және алынған деректерді цилиндр поршень буы мен сорғыларды пайдалану шарттарын жетілдіру үшін пайдалану.

Құрама поршеньге 2-данамен ажыратылмалы қосылған болат тірек саты 1 (3-сурет) кіреді. Манжеттік тығыздау құрамына (3-сурет, а.б): арнайы М-тәрізді жұмыс манжеті 3, бітеу (басу) манжеті 4, басу 5 және тірек 6 сақина кіреді. Манжеттер мен басу сақинасы резеңке матадан, ал тірек сақинасы көбінесе қоладан жасалады. Жинау поршені әртүрлі класты бұрғылау сораптарының құрамында ғана емес (қысым 40 МПа дейін), сонымен қатар поршеньді цементтеу және басқа да ауыр жүктемелі сораптардың құрамында пайдаланылуы мүмкін. 3-суретте біржақты әрекеттің поршені көрсетілген; осы қағидатта екіжақты іс-қимылдың поршеньдерін әзірлеу және әзірлеу мүмкін.

Жұмыс манжеттерінің саны жұмыс ортасының қысымына байланысты. 40 МПа дейінгі қысым үшін үш манжеттен артық болмау жеткілікті. Тығыздағыштар әртүрлі жұмыс орталарында жұмыс істейді, соның ішінде: бұрғылау және цемент ерітінділері, минералды майлар, арнайы гидросұйықтықтар, сығылған ауа, су, абразивті қоспалары бар ластанған Сұйықтықтар мен газдар және т.б. жаңа тығыздау үшін жұмыс істейтін қысым

диапазоны: 0...70 МПа (сынақ қысымы 105 МПа) -40 °С-тан +100 °С-қа дейінгі температурада.



1-тірек; 2-шток; 3-манжет; 4-саңлаусыз манжет; 5-қысым сақинасы; 6-тірек сақинасы;

3 Сурет – М-тәрізді манжеттері бар бұрғылау сораптарына арналған бір жақты жұмыс істейтін құрама поршень

Жұмыс манжетінің (3-сурет, в) орталық шығыңқы және екі серіппелі тілдері бар, тілдердің сыртқы жиегі тығыздаушы және тіректі беттермен түзілген, манжеттің артқы жағында паз көзделген. Басу манжетінің конструкциясы ұқсас, бірақ пазасы жоқ. Қысымның кең ауқымында манжеттік тығыздаудың тиімділігі мынадай факторлармен қамтамасыз етіледі:

- орталық шығыңқы тілдер мен серіппелі тілдердің арасындағы «әлсіз» перемычкалардың салдарынан манжеттерге үлкен төзімділік;
- бүйірінде төзімділікті сақтаған кезде жүктемені беретін орталық шығыңқы жерлердің осі бойынша пакеттің қатты болуы;
- серіппелі тілдерде екі жұмыс бетінің болуымен, бұл тек сенімді тығыздауды ғана емес, сонымен қатар цилиндрдің тығыздалатын беттерінің

ластануынан тазартуды қамтамасыз етеді;

– еркін (3-сурет, в) және деформацияланған (3-сурет, а,б) күйдегі манжет өлшемдері арасындағы оңтайлы арақатынас.

Пакеттегі жұмыс манжеттерінің саны қысымға ғана емес, манжеттің гайкалармен алдын ала қысылу шамасына да байланысты. 70 МПа қысымда сығылу 0,5... 1,5 мм, бұл ретте пакет 5... 6 манжеттен тұрады. 16... 20 МПа қысымда бір екі жұмыс манжеті болуы жеткілікті, ал пакетті алдын ала сығу талап етілмейді.

М-тәрізді манжеттермен тығыздаудың ерекшелігі – манжеттер мен цилиндрдің тығыздалған беттері арасындағы тұрақты және аз үйкеліс күші, оның ішінде бос жүру кезінде. Бұл манжеттердің аздап қысылуымен, сыртқы жүктемелерге жоғары бейімделуімен, көлденең бағытта бастапқы деформациямен шектеледі. Аталған жағдайлар, сондай-ақ цилиндрдің абразивтен өзін-өзі тазартуы, резеңке матада графитті сіндірудің болуы, манжеттердің жұмыс жиектерінің өзін-өзі тазалауы тығыздаудың сенімділігі мен беріктігін арттыруға, сораптың жұмысында энергия шығыны мен жылу шығынын азайтуға көмектеседі. Манжеттердің біреуі кездейсоқ зақымдалған жағдайда, тығыздағыштың тығыздығы бұзылмайды. Барлық пакеттің жарамсыз тозуы кезінде поршеньді емес, тек манжетті ауыстыру жүзеге асырылады.

### **3.2 Ұсынылып отырған М-тәрізді манжетті тығыздағышты беттік диффузиялық модификация әдісімен беріктендіру**

Резеңке тығыздағыштардың беріктігін арттырудың келесі перспективалы бағыты – резеңке диффузиялық беттік модификация. Модификацияның әсері, ең алдымен, резеңке тығыздағыштарда көрінеді. Олар, әрине, бұрғылау сораптарының резеңке-металл поршеньдерін қамтиды. Диффузиялық беттік модификация бір жақты және екі жақты әрекеттегі бұрғылау сораптарының әдеттегі резеңке-металл поршеньдеріне ұшырады. Поршеньдік тығыздағыштар мұнай жабдықтары үшін жалпы қабылданған ИРП-1293-1 және ИРП -1294-1 типті бензинге төзімді резеңке маркаларынан жасалған.

Модификациялау әдісі резеңке бетінде қатты және беріктіктің белгілі бір тереңдігін жасау арқылы резеңке техникалық бөлшектердің – үйкеліс жұптарының тозуға төзімділігін ұлғайтуға арналған. Бұл үшін резеңке массасына берілген тереңдікке вулканизациялаушы агенттің молекулаларын енгізу және тігу үшін жағдай жасау қажет. Егер резеңке қасиеттерін пайдаланып органикалық еріткіштерде ісініп, кейін кептіру процесінде оңай жойылатын болса, оны іске асыруға болады. Тігу реакциясы берілген уақыт бойы вулканизация температурасында өтеді.

Ең маңызды сәт – модификацияланған ерітіндіні таңдау және дайындау, өйткені резеңке - резеңке мен еріткіштің қасиеттеріне байланысты әртүрлі

ісіну қабілетіне ие. Сонымен қатар, вулканизациялық агенттің осы еріткішіндегі ерігіштік жағдайларын сақтау қажет. Сондықтан модификацияланған ерітінді үш негізгі шартты қанағаттандыруы керек:

- 1) резеңке еріткіште жақсы ісінуі керек;
- 2) Вулканизациялық зат еріткіште еруі керек;
- 3) бұл зат резеңке түріне сәйкес келуі керек.

Мұнай жабдығының майға төзімді бөлшектерін дайындау үшін пайдаланылатын нитрильді каучуктардың бутадиеналары негізінде резеңке үлгілерімен жұмыс істедік. Резеңке қоспада каучук және басқа да ингредиенттер. Олар төмендегі 3 – кестеде берілген.

3 Кесте – Резеңке қоспалары

Компоненттері мен құрамы	массалық бөлігі, %
СКН-40 М бутадиен нитрильді каучук	80
СКН-18 М бутадиен нитрильді каучук	20
Тиурам	2,5
Альтакс	4
Мырыш тотығы	5
Кумаронинден шайыры	2
Неозон Д	2
ПН-6 майы	4
Техникалық көміртек ПМ-15	20
Техникалық көміртек ПМ-75	55

Мұндай қоспаның қаттылығы (вулканизациядан кейін) жалпы қабылданған әдістерге сәйкес 59 шартты бірлікті құрайды. Абразивті тозу мен қаттылықты сынауға арналған стандартты үлгілер әдеттегідей 150°C температурада 40 минут бойы вулканизацияланды. Резеңке бетін модификациялау үшін қолданылатын диффузиялық (модификациялайтын) ерітінділердің құрамы (А, Б және В үш нұсқасы) 3.1-кестеде келтірілген [30].

3.1 Кесте – Модификациялайтын ерітінді құрамы

Қоспалар	Қоспа құрамы, массасы %		
	А, меншікті белсенділік 2,5 мк Ки/мл	Б, меншікті белсенділік 5 мк Ки/мл	В, меншікті белсенділік 10 мк Ки/мл
Тиомочевина C <sup>14</sup>	0,001	-	-
Гуанидин C <sup>14</sup>	-	0,004	0,007
Каптакс	4,761	-	-
Дифенилгуанидин	-	4,736	4,763
Этил спирті	19,048	-	-
Диоксан	76,190	-	-
Хлороформ	-	95,260	95,230

А нұсқасына сәйкес 2,5 мкКи/мл нақты белсенділік алу үшін этил спирті мен каптакс қосылған тиомочевина ерітінділері бөлек дайындалады, содан кейін бұл ерітінділер араласады. Алынған ерітіндімен резеңкенің бетін түйіспелі температурада 11...24 сағат бойы өңдейді. Осыдан кейін ерітінді жойылғанға дейін (үлгінің бастапқы салмағына дейін) 60°C ауа термостатында кептіруді жүргізеді. Одан әрі 140...150°C кезінде 1...2 сағат ішінде термоөңдеуді (термофиксациялауды) жүргізеді.

Содан кейін резеңкенің қаттылығын, оның тозуын (тозудың салмақтық қарқындылығы  $J_h = h_m/A_k \cdot l$  анықтайды, мұнда  $h_m$  – үлгінің массасының жоғалуы;  $A_k$  – байланыс аймағы;  $l$  – үйкеліс жолы); сонымен қатар модификацияның тереңдігін арнайы құралмен анықтайды.

Б және В нұсқаларында ерітінділер органикалық еріткіште – хлороформда дайындалады. Резинаның диффузиялық беттік модификациясының нәтижелері 3.2 – кестеде келтірілген.

### 3.2 Кесте – Модификациялау нәтижесі

Қасиеті	Ерітіндімен өңдеу уақыты, сағат					
	А варианты		Б варианты		В варианты	
	11	24	11	24	11	24
Қаттылығы, шартты бірлік	76	83	78	84	81	87
Тозуы, г/см <sup>3</sup>	22	15	8	13	17	13
Модификациялау тереңдігі, мм	1,0	2,0	1,3	2,5	1,4	2,5

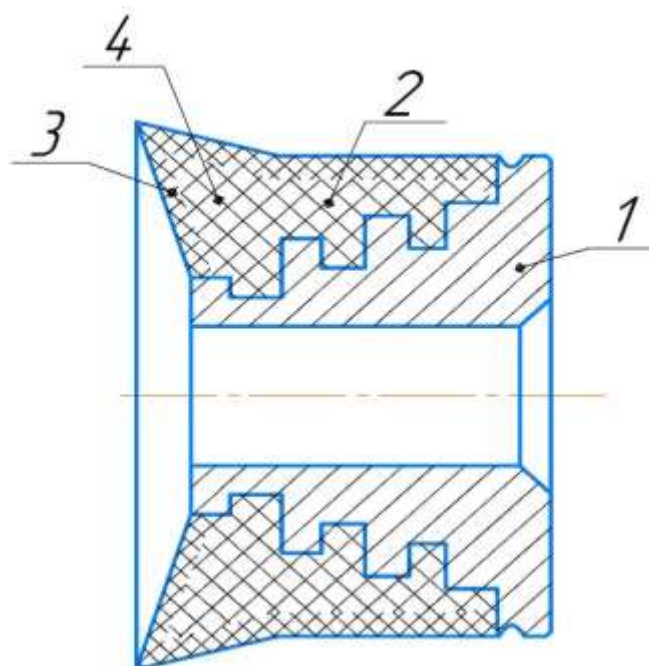
Осылайша, қасиеттер жиынтығы бойынша резеңкенің беткі модификациясының ең үлкен әсері Б және В нұсқаларына сәйкес ингредиенттердің құрамында 24 сағатқа дейін ерітіндіде қартаю жағдайында қол жеткізіледі [32]: түпнұсқамен салыстырғанда (59 шарт. бірлік) бетіндегі қаттылық 1,4...1,5-ке артады және минималды тозу және модификацияның ең үлкен тереңдігі 2,5 мм-ге дейін ұлғаяды.

Бұл көрсеткіштер 4,736-дан 4,763 мас.б.%-қа дейінгі тар диапазондағы дифенилгуанидин концентрациясына сәйкес келеді.

Беттік қатаңдығы жоғарылаған кезде резеңке неғұрлым жоғары түйісу кернеулеріне төтеп беретіні анық, демек, тығыздағыштың көлемі бойынша икемді тығыздау қасиеттерін сақтаған кезде оның көтергіш қабілеті артады.

Бір жақты бұрғылау сораптарының резеңке-металл поршенінде, әдеттегідей, сыртқы бетінде әртүрлі диаметрлі ойықтары бар болат өзегі 1 бар (3.2 – сурет). Тығыздау 2 тек цилиндрлік бөлігінде ғана емес, сонымен қатар жұмыс ортасының қысымын қабылдайтын ұшында дамыған резеңке бетті қалыптастыру үшін өзектің сыртқы бетіне оралған. Диффузиялық беттік модификациядан кейін тығыздағыштың сыртында және соңында тереңдігі 2 мм-ге дейін жоғары қаттылықтың беткі қабаты 3 пайда болады [33]. Бұдан кейін өтпелі аймақ, ал тығыздағыштың өзегі 4 өзінің қасиеттерін сақтайды.

Міндет осы маңызды көрсеткішті нақты жағдайда - цилиндрмен өзара іс-қимыл кезінде және майлау болған кезде айқындау және нәтижесінде модификацияланған поршеннің тозуға төзімділігінің жоғарылығын анықтау болып табылады.



1 – өзекше(сердечник); 2 – манжетті тығыздағыш; 3 – модификациялық қабат; 4 – жүрекше (сердцевина)

3.2 Сурет – Модификациялық қабаты бар манжетті тығыздағыш

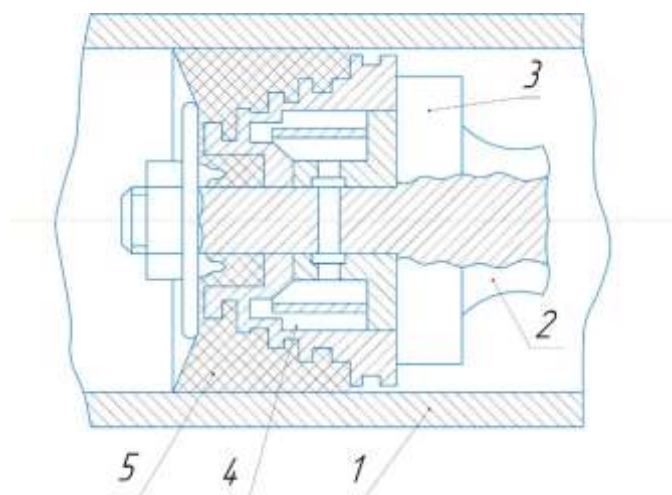


### 3.3 Цилиндр-поршень торабына майлау-салқындату сұйықтығын беру арқылы жұмысын оңтайландыру.

Келесі қарастыратын техникалық ұсынысымыз – сораптың цилиндр-поршеньді торабына майлау-салқындату жүйесі болып табылады.

Сораптың цилиндрлік поршеньдік құрылғысына цилиндр 1 және жартылай жиналмалы бір жақты поршень кіреді (3.3 – сурет). Оның құрамында сыртқы бетінде әртүрлі диаметрлі сақиналы тесіктері бар қуыс өзек 4 және ядроның сыртқы және соңғы беттерінде вулканизацияланбаған арнайы тығыздағыш 5 бар.

Сұйықтықтың тұрақты айналымы жылу кернеуінің төмендеуіне ықпал етеді-цилиндрлік поршеньдік будың жылу режимін тұрақтандырады және сайып келгенде поршень мен цилиндрдің беріктігін арттырады.



1-Цилиндр; 2-Шток; 3-Тірек; 4-Сердечник, 5-тығыздағыш; 6-Канал; 7-Канал.  
3.3 Сурет – Модификациялық қабаты бар манжетті тығыздағыш

#### Бөлім бойынша қорытынды

Диссертацияның үшінші бөлімінде сораптың гидравликалық бөлігіндегі манжетті тығыздағыштың жұмыс жасау ұзақтырын арттыру бойынша техникалық ұсыныстар жасадық. Атап айтқанда, манжетті тығыздағыштың формасын М-типті манжеттер пакетіне ауыстыру және осы тығыздағыш элементті беттік диффузиялық модификациялау әдісінің көмегімен үйкеліс күшін азайту.

#### 4 Өзіндік зерттеу жұмыстарының нәтижесі

Талдамалық зерттеулер, оның ішінде майлау таспасының параметрлерін және тығыздағыштардағы ағып кетулерді, кернеулі қалыптасқан жағдайды, бұрғылау сораптарының поршеньдерінің тығыздалуымен салыстырылатын арнайы жазық үлгілерді майлау және үйкеліс механизмін теориялық анықтау, оның ішінде алғашқыларын Я.С. Мкртычан жүргізді. Гидравликалық көлемді құрылғылардың қарапайым тығыздағыштарын аналитикалық зерттеу кезінде бөлшектердің өзара қозғалысы негізінен байланыс қысымын, цилиндр мен тығыздағыш арасындағы үйкеліс пен ағып кетуді анықтайды, кейде тығыздағыштардың деформациясы мен тығыздалған саңылауға сығылуын ескереді.

Көлемді гидромашинадағы поршеннің 1 қайтарымды-үдемелі қозғалысы кезінде  $P$  күшінің әсерінен оның жұмыс барысын қарастырамыз (4, а-суреттер). Поршеньді 2 тығыздағышы цилиндрдің 4 ішкі бетіндегі саңылауға жұмыс сұйықтығының 3 енуіне кедергі келтіреді. Бұл ретте тығыздағышқа сұйықтықтың  $p$  гидростатикалық қысымы және тығыздағыш-цилиндр түйісу беті бойынша үйкеліс күші әсер етеді. Зерттеу объектісі резеңке металды поршень болып табылады деп есептейміз, оның тығыздағышы («манжета») вулканизация әдісімен болат жүрекшемен тіркеледі, ал оның цилиндрмен өзара әрекеттесуі сұйықтық үйкеліс негізінде жүзеге асырылады [34].

Алдын ала жүктемені жасау және байланыс кернеулерін басқару үшін тығыздағыштың созылмалы (алдыңғы) бөлігіндегі түйіспе беті формаланбаған күйде цилиндрдің ішкі бетімен сәйкес келмейді. Поршеньді цилиндрге қою кезінде тығыздағыш деформацияланады. Тығыздағыш материалы (резеңке) цилиндрмен жанасу аумағынан басқа, барлық көлемде біртекті және изотропты болып табылады. Мұнда 5 материалдың үстіңгі қабаты модификацияланған – салыстырмалы жіңішке беттік қабатта серпімділік модулі тығыздағыштың негізгі көлемінің серпімділік модулінен едәуір жоғары (жалпы жағдай қарастырылады, жеке жағдайда модификацияланған қабат жоқ).

Поршень мен цилиндрдің болат өзекшесінің деформациясы есепке алынбайды, өйткені тығыздағыш материалының серпімділік модулі жүйенің қалған компоненттерінен бірнеше ретке төмен. Тығыздағыш материалының және оның модификацияланған қабатының белгілі физикомеханикалық сипаттамалары болжанады.

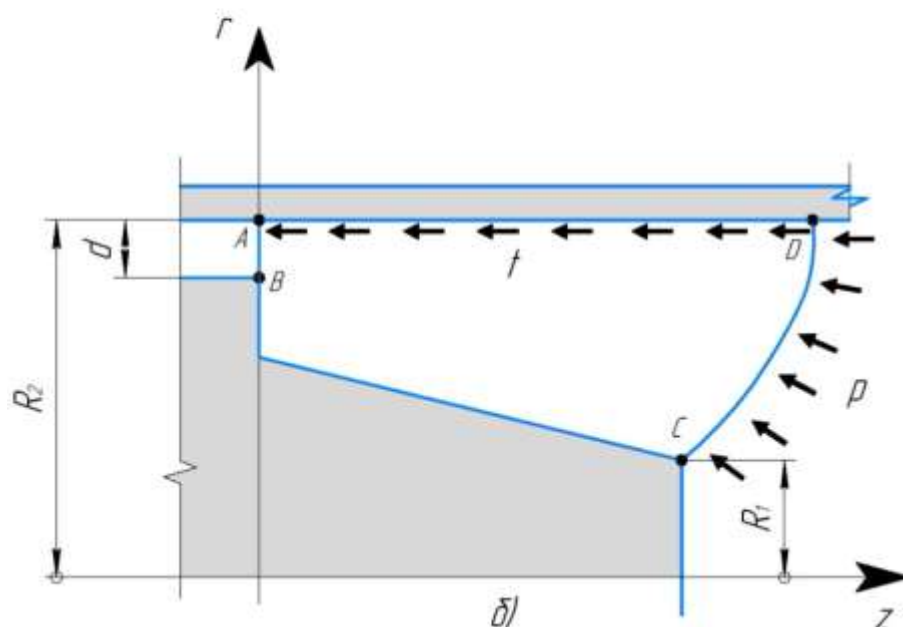
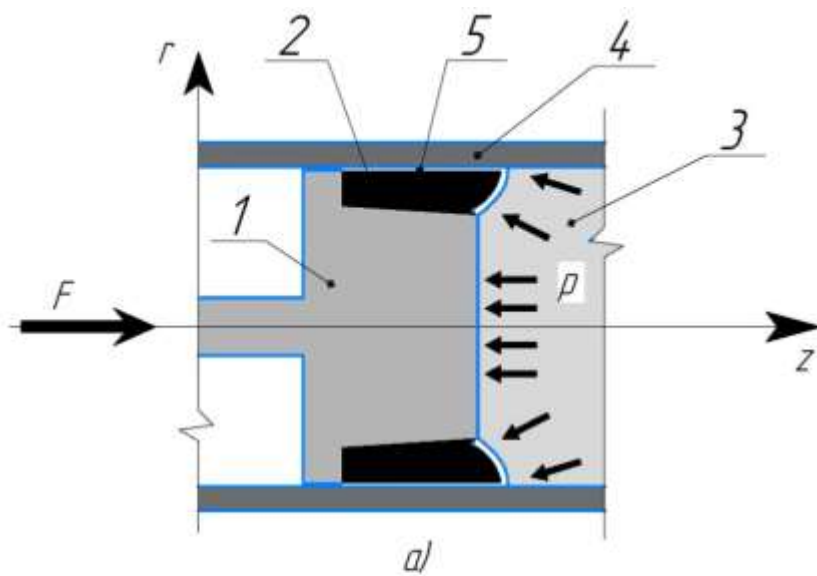
Тығыздағыштың кернеулі деформацияланған күйін және тығыздағыштың еркін бастапқы геометриясына және сұйықтықтың жұмыс қысымына берілген тығыздағыш-цилиндр түйісу кернеулерін анықтау қажет.

Талдамалық зерттеу объектісі сондай-ақ тығыздағыштың бастапқы оңтайлы геометриясы болып табылады.

Тығыздағыш  $z$  осіне қатысты осесимметриялы (4-сурет, а) кернеулі күйде болады. Бұл ретте кернеулер мен деформациялар  $z$  және  $r$  екі координаттық осьтердің бойымен ғана өзгереді (тығыздағыш 4, б-суретте көрсетілгендей қимада қаралады). Тығыздағыштың деформациясы аз ( $\varepsilon <$

10%), осының салдарынан кернеулер мен деформациялар арасындағы байланыс сызықтық тәуелділікпен сипатталуы мүмкін (Гук заңы) [35].

Қойылған міндет үшін математикалық аппаратты және серпімділіктің сызықтық теориясының әдістерін қолдану мүмкін болады. Алға қойылған осесимметриялық міндет басқа да әдістермен, атап айтқанда, соңғы элементтердің айтылған әмбебап әдісі арқылы шешілуі мүмкін. Бұл әдісті көптеген міндеттерде қолдану зерттелетін аумақты бірқатар дискретті элементтерге бөлу кезінде сандық шешім алуға мүмкіндік береді.



4 Сурет – Бұрғылау сораптың цилиндр-поршень торабына түсетін жүктемелер

Тығыздағыштың кернеулі-деформацияланған күйін анықтау үшін кернеу функциясы әдісі қолданылады. Поршеньді тығыздағышқа қатысты белгілі бір түсіндіру кезінде, [36] сәйкес аксиметриялық есеп үшін бізде:

$$2GU = -\varphi_{rz}, \quad (1)$$

$$2GW = 2(1 - \nu) \cdot \nabla^2 \cdot \varphi - \varphi_{zz}, \quad (2)$$

$$\sigma_\theta = \partial/\partial z(\nu \cdot \nabla^2 \cdot \varphi - \varphi_r / r), \quad (3)$$

$$\sigma_r = \partial/\partial z(\nu \cdot \nabla^2 \cdot \varphi - \varphi_{rr}), \quad (4)$$

$$\sigma_z = \partial/\partial z[(2 - \nu)\nabla^2 \cdot \varphi - \varphi_{zz}], \quad (5)$$

$$\tau_{rz} = \partial/\partial r[(1 - \nu)\nabla^2 \cdot \varphi - \varphi_{zz}], \quad (6)$$

мұндағы,  $\varphi$  – кернеудің белгісіз функциясы;

$\nu$  – Пуассон коэффициенті;

$G = E/[2(1 + \nu)]$  – ығысу модулі;

$E$  – серпімділік модулі;

$U, W$  – сәйкесінше  $r$  осі мен  $z$  осі;

$\sigma_\theta, \sigma_z, \sigma_r$  – қалыпты кернеулер сәйкесінше сақиналы, радиалды және  $z$  осі бойымен бағытталған (барлық қысу кернеулері);

$\tau$  – жанама кернеуі.

Оссиметриялық есепте - жалпы жағдайда — деформацияның төрт компонентін —  $z$  және  $r$  координаталарының осьтері бойынша, элементтің  $z$  осіне ( $\theta$  координатасына) қатысты виртуалды айналуы кезінде, сондай - ақ кеңістіктік айналу кезінде-бір уақытта  $r$  және  $z$  осьтеріне ( $\nu$  координатасына) қатысты қарастыру қажет деп саналады. Содан кейін деформациялардың жалпыланған жазбасы келесідей ұсынылуы мүмкін:

$$\{\varepsilon\} = \begin{Bmatrix} \varepsilon_z \\ \varepsilon_r \\ \varepsilon_\theta \\ \gamma_{rz} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \partial v / \partial z \\ \partial u / \partial r \\ u / r \\ \partial u / \partial z + \partial v / \partial r \end{Bmatrix}. \quad (7)$$

Манжет пакетінің деформациясын анықтау кезінде, орын ауыстыру функциялары  $u, w, v$  және гидростатикалық қысым функциясы  $s$  координаталарының функциялары болып табылады; көлемді түзілімдерді есепке алу кезінде  $r$  және  $z$  координатасы қосылады, манжеттердегі деформацияға байланысты әлеуетті энергияның функционалы:

$$W = \frac{1}{2} \iiint (\sigma_r \varepsilon_r + \sigma_\theta \varepsilon_\theta + \sigma_z \varepsilon_z + \tau_{rz} \gamma_{rz}) r dr dz d\theta, \quad (8)$$

Гидростатикалық қысым функциясы бар жалпыланған Гук заңынан деформациялар:

$$\varepsilon_r = \frac{1}{2} \left( \frac{3\sigma_r}{E} - S \right); \quad \varepsilon_\theta = \frac{1}{2} \left( \frac{3\sigma_\theta}{E} - S \right); \quad \varepsilon_z = \frac{1}{2} \left( \frac{3\sigma_z}{E} - S \right). \quad (9)$$

Е бойлық серпімділік модулі мен жылжыту кезіндегі серпімділік модулі арасында  $G$  белгілі тәуелділік бар:

$$G = \frac{E}{2(1+\mu)}, \quad (10)$$

мұндағы,  $\mu$  – материалдың серпімді тұрақты болуы; манжет дайындауға арналған резеңке мата да жататын сығылмайтын материалдар үшін:  $\mu = 0,5$ . Сонда

$$G = \frac{1}{3} E. \quad (11)$$

Кернеулер мен тығыздаудың бұрыштық деформациялары арасындағы сызықтық тәуелділік:

$$\tau_{rz} = G\gamma_{rz}. \quad (12)$$

Деформацияларды қозғалыс арқылы білдіруге болады (мәні бойынша - микро ауысулар арқылы):

$$\varepsilon_r = \frac{\partial u}{\partial r}; \quad \varepsilon_\theta = \frac{u}{r}; \quad \varepsilon_z = \frac{\partial \omega}{\partial z}; \quad \gamma_{rz} = \frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial \omega}{\partial r}. \quad (13)$$

$z$  осі бойымен әрекет ететін жұмыс ортасының  $P$  қысымын тығыздау шетіндегі  $q$  үлестірілген жүктеме ретінде түсіндіруге болады:

$$q = \frac{P}{2\pi R(R_2 - R_1)}. \quad (14)$$

мұнда,  $R$  — пакеттің орташа радиусы (бүйірден көрініс);

$R_1, R_2$  – арасында пакет орнатылған поршень мен цилиндрдің ең аз және ең жоғары радиустары.

Поршеннің цилиндрге қатысты қайтарымды-үдемелі қозғалысы кезінде (тығыздаумен бірге) үйкеліс күші пайда болады, ол белгілі тәуелділіктер бойынша, мынадай түрде ұсынылуы мүмкін:

$$F_{тр} = \pi D l f (P_o + P_{cp}), \quad (15)$$

мұнда,  $D$  – цилиндр диаметрі;

$l$  – тығыздаудың түйісетін бетінің ұзындығы;

$f$  – тығыздау мен цилиндр арасындағы үйкеліс коэффициенті;

$P_o$  – пакеттің алдын ала тартылуының салдары ретінде сырғанау бетіндегі радиалды қысым;

$P_{cp}$  – жұмыс ортасының қысымына байланысты сырғанау бетіндегі орташа радиалдық қысым [38].

#### 4.1 Тығыздағыш геометриясын аналитикалық зерттеу және оңтайландыру нәтижелері

Әзірленген математикалық модельді шешу және түсіндіру және байланыс аймағындағы тығыздағыштың конфигурациясын (геометриясын) оңтайландыру үшін модификацияланған үстіңгі қабаты болған және болмаған жағдайда «PUMP» (қосымшада берілген) бірегей бағдарламасы әзірленді. Бұл бағдарламаның ерекшелігі осесимметриялық міндеттің алынған талдамалық шешімінің сандық алгоритмін іске асыру болып табылады. Бағдарламаға сәйкес шешімнің кешенді сипаты бар, табылған кернеулер мен деформациялар генетикалық алгоритмдердің жаңа әдісімен тығыздағыштың геометриясын оңтайландыру үшін пайдаланылады.

$\tau, \sigma_{\theta}, \sigma_z, \sigma_r$  және деформациялар кернеулерін анықтау үшін бастапқы деректер:

1) 5... 25 МПа (5 МПа кейін) диапазонындағы цилиндрдегі Р сұйықтық қысымы; шешімді сондай-ақ Р = 21,6 МПа кезінде орындады, бұл жылдам жүретін үш бұрышты сорап үшін 130 мм поршеньнің диаметріне сәйкес келеді;

2) В.М. Литвинов бойынша қабылданған тығыздағыш цилиндр жұбындағы  $f$  үйкеліс коэффициенті [37], - кәдімгі (сәйкестендірілмеген) тығыздағыш  $f = 0,04$  үшін; модификацияланған тығыздағыш үшін  $f = 0,015$  (бұрғылау ерітіндісіндегі жұмыс);

3) түрлендірілген қабаттың тереңдігі  $t = 2; 3$  мм;

4) модификацияланған қабаттың бетіндегі  $E_1$  серпімділік модулінің  $k = E_1/E_0 = 10$  негізгі көлемінің  $E_0$  модуліне қатынасы.

5) резеңкенің негізгі көлемінің серпімділік модулі (тығыздағыштың жүрекшесінде)  $E_0 = 15$  МПа (резеңке ИРП 1294-1);

6) тығыздағыштың бастапқы (модификациялауға дейін) геометриясы диаметрі 130 мм сериялық резеңке металды поршеннің сызбасына сәйкес келеді.

Міндеттерді шешу нұсқаларының бірінде тығыздағыштың қалыңдығы бойынша электрондық-есептеу машинасында, оның ұзындығы бойынша белгілі бір қашықтықта 4 қима жүргізілді, олардың әрқайсысында қималардың әртүрлі тереңдігіне қарамастан, 8 тең қашықтықтағы нүкте, барлығы 32 нүкте орындалды (4.1 және 4.2-суреттер). Әрбір нүктеде, оның ішінде тығыздағыш бетінде қималар бойынша эпюрлерді құра отырып  $\tau, \sigma_{\theta}, \sigma_z, \sigma_r$  кернеулері анықталды. Электронды есептеу машинасы ондаған эпюрлерді берді - Р қысымының әртүрлі мәндері және жоғарыда көрсетілген түрлендірілетін параметрлер кезінде.

4.1 және 4.2 суреттер, мысал ретінде, Р=21,6 МПа кезіндегі кернеулердің диаграммалары сәйкесінше өзгертілмеген ( $k=1; f=0,04; t=0$ ) және модификацияланған ( $k=60; f=0,015; t=2$  мм) тығыздағыштар. Бұл орындау және жүктеу нұсқаларының тән ерекшелігі-олардың эксперименттік зерттеулерден өткен поршень үлгілеріне максималды жақындығы.

Әр суреттегі диаграммалар әр түрлі масштабта және бір суретте салынғанын ескере отырып,  $\tau$  жанама кернеулерінің диаграммасы бірнеше есе артады, келесілерді атап өтуге болады:

1)  $\tau$  кернеулері өз белгісін қима тереңдігі бойынша өзгертеді, барлық қималар бойынша шамалы шамаға ие және,  $k=1$  т кезінде 3 және одан да көп есе жоғары болса да, олардың абсолюттік шамасы шамамен 1 МПа, ал  $k=60$  кезінде - барлығы 0,3 МПа;

2)  $k=1$  кезінде кернеу  $\sigma_\theta, \sigma_z, \sigma_r$ , тығыздағыштың тіреуіш бөлігінен тіреуішке қарай пропорционалды ұлғаю үрдісі болады, кернеу қимасының тереңдігі бойынша шамалы өзгереді;

3)  $k=60$  кезінде бұл үрдіс бұзылады, кернеудің ең жоғары мәні қима тереңдігі бойынша параболикалық тәуелділігі бар және ішінара тірек бөлігінде сақталады, бірақ олардың шамасы  $k=1$  кезіндегі кернеулермен салыстырғанда айтарлықтай төмен, бұл ретте а радиалды кернеулері кернеу бөлігіне қарай біршама өседі;

4) кернеудің басым түрлері-қысу-минус белгісімен.

Модификацияланбаған ( $k=1$ ) модификацияланған ( $k=60$ ) тығыздағышқа ауысу кезінде  $\sigma_r$  радиалды кернеулерінің өзгеруі үлкен қызығушылық тудырады. Тығыздағыштың бетіндегі  $\sigma_r$  кернеулері – бұл резеңке тығыздағыш-цилиндр жұбындағы байланыс кернеулері.

$k=1$  кезінде  $\sigma_r$  максималды мәні 27 МПа құрайды және тығыздағыштың тірек бөлігіне түседі,  $\sigma_r$  22,8 МПа-ға жетіп, қоңырау бөлігіне (раструбная часть) қарай тікелей пропорционалды түрде төмендейді. Әлбетте, мұндай кернеу кезінде тірек бөлігінің тығыздағышы деформацияның жоғарылауына ие болады, резеңке поршеньнің жұмыс кезінде тығыздалған саңылауға басып, дем алады.

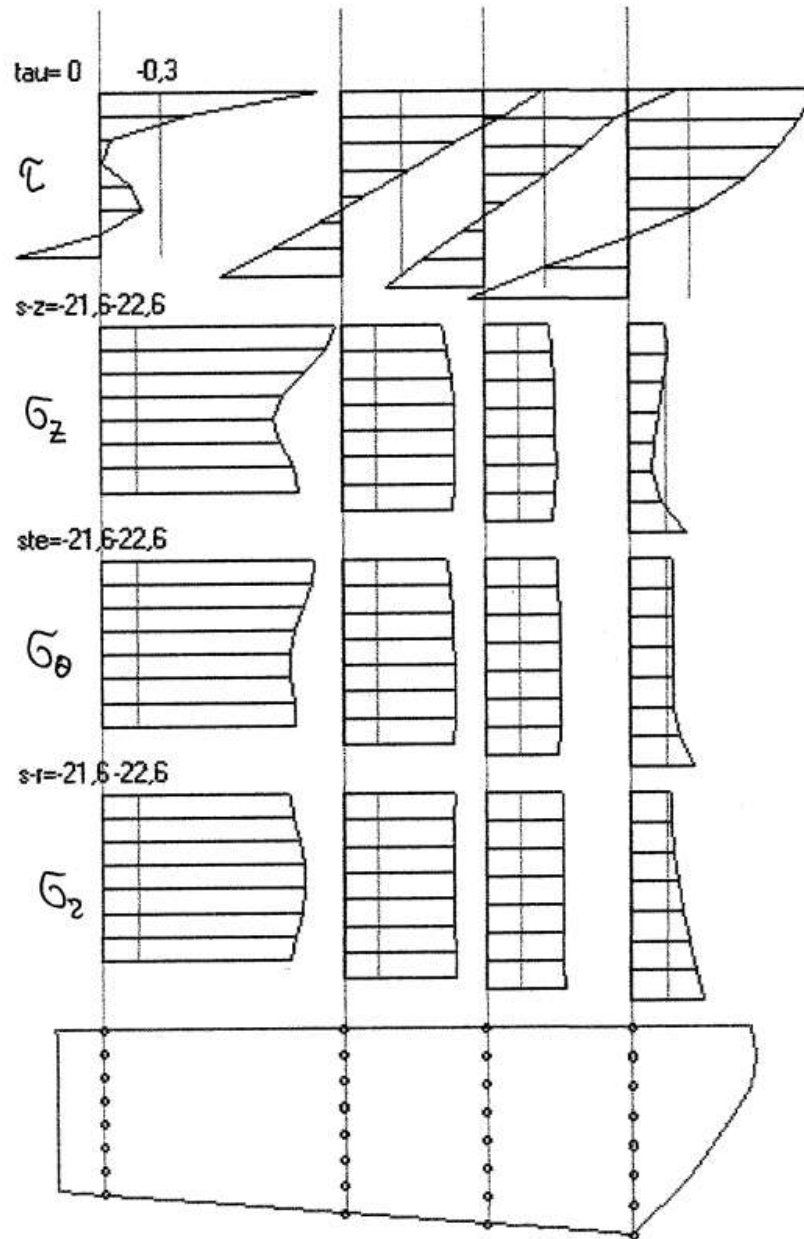
Тығыздағышты өзгерткеннен кейін тығыздағыштың бетіндегі  $\sigma_r$  кернеулерінің мөлшері мен таралу сипаты үйлесімді түрде өзгереді. Қолдау бөлігінің максималды кернеуі төмендейді және 23,1 МПа құрайды (4.3 – сурет, а). Тығыздағыштың ұзындығы бойынша  $\sigma_r$  таралуы қоңырау бөлігіндегі кернеу қисығының кейбір "иілуімен" біркелкі. Бұл байланыс жұпындағы F үйкеліс коэффициентінің екі еседен астам төмендеуімен бірге тірек бөлігіне деструктивті жүктемені болдырмауға, ұзындығы бойынша біркелкі тозуға және сайып келгенде тығыздағыштың беріктігін арттыруға көмектеседі.

4.3,б-суретте гипотетикалық жағдайлар үшін  $p = 20$  МПа кезінде  $\sigma_r$  кернеу қисықтары көрсетілген: оны цилиндрге қою кезінде тығыздағыштың деформациясы 2,5 мм құрайды (4.3, а-суреттегідей нақты 1,25 мм);  $t=3$  мм болғанда  $k=100$  қатынасының ең жоғары мәні; модификацияланбаған тығыздағышта ( $k=1$ ) коэффициенті  $f=0,015$ , бұл ықтимал емес (4.3-суретке, ал бұл жағдай үшін  $f = 0,04$ ).

4.3,б-суретте гипотетикалық жағдайлар үшін  $p = 20$  МПа кезінде  $\sigma_r$  кернеу қисықтары көрсетілген: оны цилиндрге қою кезінде тығыздағыштың деформациясы 2,5 мм құрайды (4.3, а-суреттегідей нақты 1,25 мм);  $t=3$  мм болғанда  $k=100$  қатынасының ең жоғары мәні; модификацияланбаған

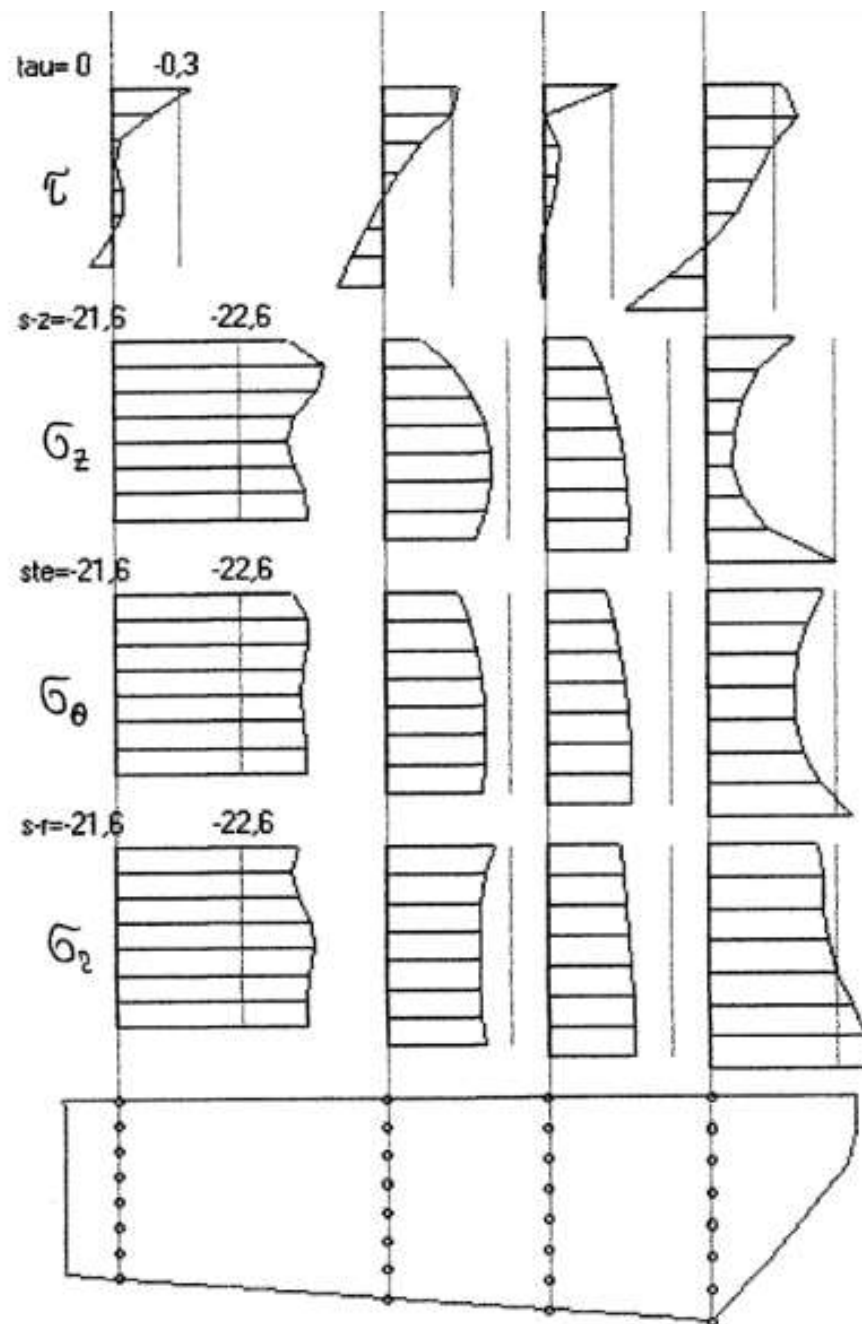
нығыздағышта ( $k=1$ ) коэффициенті  $f=0,015$ , бұл ықтимал емес (4.3-суретке, ал бұл жағдай үшін  $f=0,04$ ).

Осыны ескере отырып, аномалия анықталды (4.3,б-сурет):  $k=1$  және  $f=0,015$  кезінде байланыстық кернеулер  $\sigma_r$  модификациялаудан кейін аз ( $k=100$ ;  $f=0,015$ ). Бірақ  $k=1$  және  $f=0,04$  кезінде негізінен 2.10-суреттегідей заңдылық сақталады, ал  $\sigma_r$  аздап төмендеуін  $p=1,6$  МПа азаюымен және тығыздағыштың алдын ала тартылуының 2 есе ұлғаюымен түсіндіруге болады, бұл оның тығыздалатын саңылауға қысылуын шектейді.



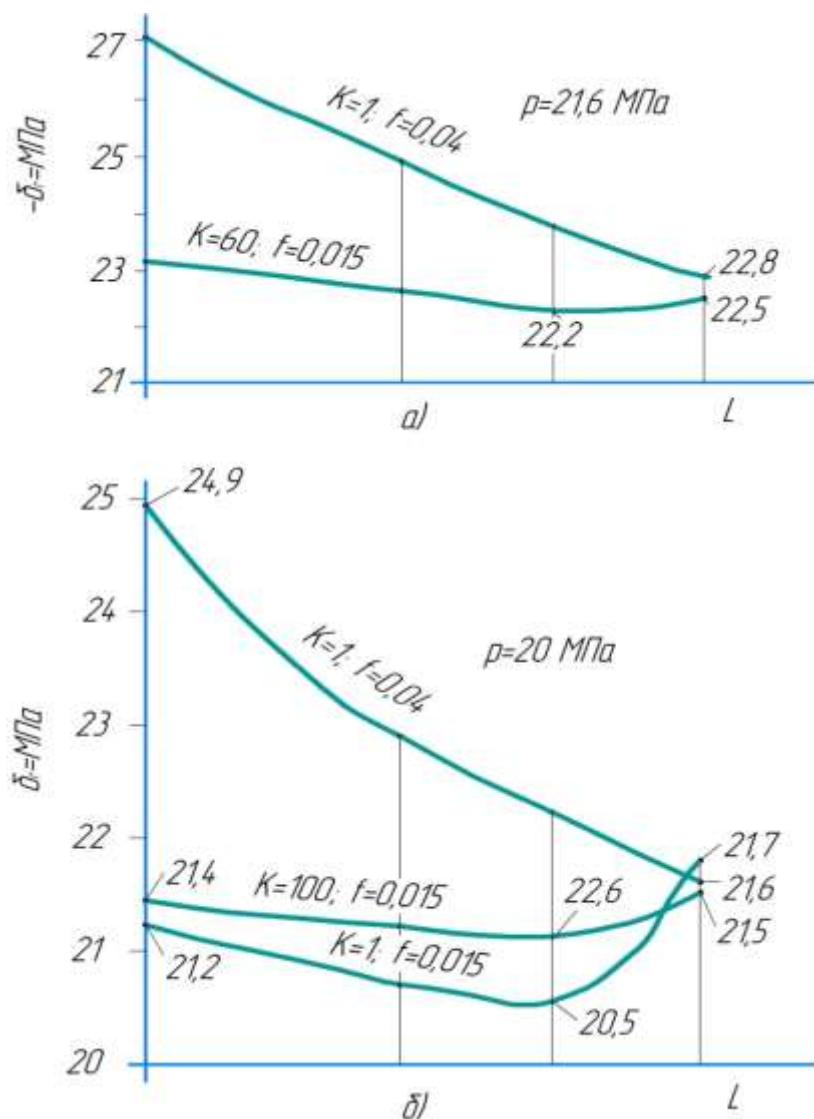
4.1 Сурет –  $P = 21,6$  МПа,  $k = 1$ ,  $f = 0,04$  кезінде тығыздағыштың ұзындығы бойынша кернеу эпюрлері





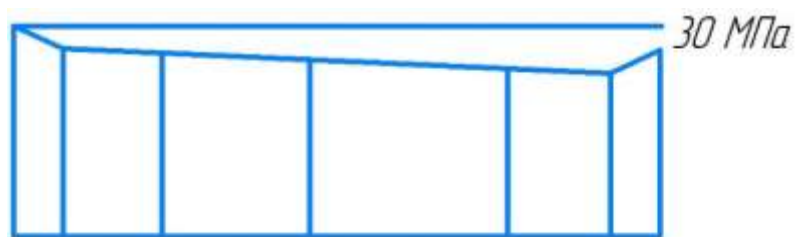
4.2 Сурет –  $P = 21,6\text{МПа}$ ,  $k = 60$ ,  $f = 0,015$  кезінде тығыздағыштың ұзындығы бойынша кернеу эпюрлері

Бұл аномалия, оның шарттылығына қарамастан, түйіспелі жұптағы үйкелісі коэффициентінің түйісу кернеулерінің өзгеруінің шамасы мен сипатына әсері басым екендігін көрсетеді.  $k=1$  кезінде  $f=0,04$  (кемінде 0,015) - бұл ең аз ықтимал коэффициент екенін байқаған жөн. Нақты бұрғылау ерітінділері кезінде (сазды емес) ол жоғары болуы мүмкін. Бұл сериялық (кодификацияланбаған) резеңке металды поршеньдердің өте төмен ұзақтығын шешудің кілті болуы мүмкін.



4.3 Сурет – Тығыздағыштың бетіндегі  $\sigma_r$  кернеулерінің мөлшері мен таралу сипаты

Тығыздағыштың барлық ұзындығы бойынша таралуын көрсететін шешімдердің бөлігі мысал ретінде 4.4-суретте көрсетілген.



4.4 Сурет – Әр түрлі Р және К кезіндегі тығыздағыштың барлық ұзындығы бойынша байланыс қысымы

#### **Бөлім бойынша қорытынды**

Төртінші бөлімде аталған техникалық ұсыныстарды толық қарастырып, есептеу, зерттеу жұмыстарын жүргіздік. Зерттеу нәтижелерін эпюра, графа түрінде келтірдік.

## 5 Тығыздағыштарды жетілдірудің техникалық-экономикалық тиімділігі

Резеңке-металл поршеньдік тығыздағыштардың диффузиялық беттік модификациясының техникалық-экономикалық тиімділігі 600 кВт қуаттылығы бар бір жақты жұмыс істейтін, 135 мин-дегі қос жүріс саны бар заманауи жоғары жылдамдықты бұрғылау сораптарының мысалын қолдана отырып шығарамыз.

Тиімділікті жан-жақты көрсету үшін біз модификациялар бұрғылау кезінде қолданылатын поршеньдердің барлық өлшемдеріне ұшырайды деп санаймыз. Бірақ есептеулер модификацияланған және зерттелген диаметрі 130 мм болатын бір «орташа» (беріктік тұрғысынан) поршеньді жүргіземіз.

Бұл өнімді шағын партияларда шығаратын және оны делдалдық ұйымдарға жеткізетін «көп салалы ғылыми-өндірістік эксперименттік кешен» ЖШҚ (Волгоград) деректері бойынша диаметрі 130 мм (сурет нөмірі сб 01-16-06) бір модификацияланбаған резеңке-металл поршеньдің көтерме (сату) бағасы 2020 жылғы 01 қаңтардағы жағдай бойынша 3000 тг ( $C_1 = 3000$  тг). МЕМСТ 16293-82 бойынша 4 сыныпты бұрғылау қондырғысы қуаттылығы 600 кВт - типті НБТ 600-1 және НБТ-600-11 екі бұрғылау сорабын қамтиды. Қазіргі заманғы бұрғылау қондырғыларының көпшілігі реттелетін тұрақты тиристорлы электр жетегімен жасалады. Осыған байланысты, есептелген бұрғылау тереңдігі 2500 м болатын цилиндр-поршень жұптарының мөлшерін үшке дейін азайтуға болады:  $n_t = 3$  (Тереңдігі 2000 м дейін Ұңғымаларды бұрғылау кезінде жұп санын екіге дейін азайтуға болады, бірақ біз 3 қабылдаймыз).

Әр сорапта бір өлшемдегі үш цилиндрлі жұп болады ( $n_n = 6$ ). Бір қондырғыға кем дегенде 18 поршень қажет ( $n = n_t, n_t = 18$ ). Сондықтан өзгертілмеген поршеньдер жиынтығының құны:

$$C_{к1} = n \cdot k \cdot C_1 = 18 \cdot 1,4 \cdot 3000 = 75600 \text{ тг}, \quad (1)$$

мұндағы,  $k=1,4$  – поршеньдердің дайындаушы кәсіпорыннан тұтынушыға дейін «өтуі» кезінде мүмкін болатын ең аз қымбаттау коэффициенті.

Поршеньдерді модификациялау кезінде олардың кәсіпорындағы көтерме бағасы артады. Сериялық өндіріс пен модификацияның тұрақты технологиясының болмауына байланысты біз жаңа көтерме бағаны химиялық заттардың құнына, модификацияланған ерітіндіні алуға, диффузиялық беттік модификацияның технологиялық процесіне байланысты қосымша материалдық, еңбек және энергия шығындарын ескеретін  $k_m = 1,3$  коэффициентін енгізу арқылы сараптамалық бағалау әдісімен анықтаймыз, оның ішінде ерітіндідегі бұзылулардың 20 сағатқа дейін сақталуы, 60 °С кезінде, 140 және 150 °С кезінде термиялық өңдеу, тығыздағыштың бетіндегі қаттылықты анықтау және т. б. Сонымен қатар, өндіріс құнын төмендету үшін

поршеньдердің барлық жиынтығы бір уақытта өңделеді деп саналады - 18 шт.

Осылайша, модификацияланған поршеньді кәсіпорындағы көтерме баға:

$$Ц_2 = 1,3 \cdot 3000 = 5\,400 \text{ тг}, \quad (2)$$

ал 18 поршеньден тұратын жиынтықтың құны:

$$C_{к2} = n \cdot k \cdot Ц_2 = 18 \cdot 1,4 \cdot 5400 = 136080 \text{ тг}, \quad (3)$$

Модификацияланған поршеньдердің ұзақтығының ұлғаюына байланысты олардың қажеттілігі азаяды. Поршеньдердің ұзақтығын арттыруды бұрғылау ерітіндісіндегі пайдалану нәтижелерін ескере отырып, ең нашар нұсқа бойынша қабылдаймыз, ол кезде жетілдірілген бұйымдардың ресурсы 5,6... 5,7 есеге артады. «Сенімділік» үшін  $k_d$  ұзақтығын арттыру коэффициенті үшін ең жақын аз санды қабылдаймыз, яғни  $k_d = 5$ .

Ұңғымаларды өткізу ұзақтығының шарттары бойынша негізінен 4-класты бұрғылау қондырғыларының көмегімен (монтаждау-бөлшектеу және көліктік операцияларды шегергенде) бұрғылау сорғыларында 20...24 жиынтық кәдімгі (модификацияланбаған) поршеньдерді ауыстырады ( $n_k = 20$  қабылдаймыз), ал поршеньдерді модификациялаудан кейін 5 есе аз болуы мүмкін ( $n_{km} = 4$ ). Үлкен диаметрлі поршеньдер ұзақ мерзім жұмыс істейді, бірақ оларды пайдаланудың технологиялық уақыты да көп. Сондықтан реттелетін жетегі бар қондырғылар үшін ұңғыманы өткізу үшін поршеньдердің барлық үш типтік өлшемінің бірдей саны қажет деп есептейміз.

Осыған байланысты тұтынушыда бір бұрғылау қондырғысына арналған өзгертілмеген поршеньдердің жылдық жиынтығының құны:

$$C_{г1} = n_k \cdot C_{к1} = 20 \cdot 75600 = 1512000 \text{ тг}, \quad (4)$$

модификациядан кейін поршеньдер

$$C_{г2} = n_{km} \cdot C_{к2} = 4 \cdot 136080 = 544320 \text{ тг}, \quad (5)$$

Бұл шамалардың айырмашылығы өндірістегі күрделі шығындарды және бұрғылау қондырғысындағы поршеньдерді ауыстыру шығындарын есепке алмағанда  $\mathcal{E}_1$  экономикалық тиімділігін құрайды:

$$\mathcal{E}_1 = C_{г1} - C_{г2} = 1512000 - 544320 = 967680 \text{ тг}, \quad (6)$$

Поршеньдерді модификациялауды дайындау кезінде күрделі шығындар негізінен ерітіндіде поршеньдерді ұстап тұру үшін болат ваннаны дайындаудан және пайдаланылған поршеньдерді кептіру және оларды кейіннен термоөңдеуге арналған шкафты сатып алудан (басқа температуралық диапазонда) тұрады. Бұл жабдықтың құны, мамандардың бағалауы бойынша,

$C_k = 210000$  тг. Бұл шығыстар жарты мөлшерде модификацияланған поршеньдерді шығарудың жылдық бағдарламасына «салынады» (бұрғылау қондырғыларын шығарудың шектеулі көлеміне байланысты екі жыл ішінде жаңа технологияның өзін-өзі ақтауы есебінен).

2010 жылы ВЗБТ ЖШҚ -да бұрғылау қондырғыларын нақты шығару  $n_r = 8$  жиынтықты құрады. Осылайша, бір қондырғыға жұмсалатын күрделі шығындар шамалы:

$$C_{кб} = 0,5 \cdot C_k / n_r = 0,5 \cdot 210000 / 8 = 13125 \text{ тг,} \quad (7)$$

Пайдалану орындарындағы поршеньдерді ауыстыру жөніндегі шығындар модификацияланбаған және модификацияланған поршеньдер үшін бірдей деп есептейміз. Ұңғымаларды бұрғылауға арналған сметалар бойынша олардың орташа мәні  $C_n = 8000$  рубльді құрауы мүмкін. Бірақ модификацияланбаған поршеньдер үшін мұндай ауыстыру жылына 20, модификацияланғандар үшін - 4. Демек,

$$C_{п1} = n_k \cdot C_n = 20 \cdot 8000 = 160000 \text{ тг,} \quad (8)$$

$$C_{п2} = n_{km} \cdot C_n = 4 \cdot 8000 = 32000 \text{ тг,} \quad (9)$$

Нәтижесінде модификацияланбаған поршеньдерді дайындауға және ауыстыруға арналған жылдық шығындар:

$$C_1 = C_{г1} + C_{п1} = 1512000 + 160000 = 1672000 \text{ тг,} \quad (10)$$

модификацияланған поршеньдер (күрделі салымдарды ескере отырып):

$$C_2 = C_{г2} + C_{п2} = 544320 + 32000 = 576320 \text{ тг,} \quad (11)$$

Жылына 4-сыныпты бір бұрғылау қондырғысына күтілетін экономикалық тиімділік түпкілікті түрде (2020 жылғы 1 қаңтарға):

$$\mathcal{E} = C_1 - C_2 = 1672000 - 576320 = 1095680 \text{ тг.} \quad (12)$$

яғни, 1000000 тг-ден астам.

Әрине, алынған тиімділік белгілі бір жорамалдар мен шарттылықтарды қамтиды. Дегенмен, бұл деректер теңгедегі айтарлықтай үнемдеуді ғана емес, сонымен қатар техникалық, әлеуметтік және экологиялық маңыздылығын, сондай-ақ қарапайым өндірістің – поршеньдердің түрлендірілуінің болмауынан жоғалған пайданы білдіреді.

## **Бөлім бойынша қорытынды**

Соңғы бесінші бөлімде ұсынылған манжетті тығыздағыш пен қазір қолданыстары қарапайым тығыздағышты салыстырып есептеулер жүргіздік және экономикалық, экологиялық тиімділіктеріне тоқталдық. Есептеулер нәтижесі бойынша жаңа ұсынылып отырған тығыздағыштың экономикалық тиімді екенін, осы манжетті қолдану арқылы үлкен көлемде қаржы үнемдейтініміз байқалды.

## ҚОРЫТЫНДЫ

Диссертациялық жұмыстың бастапқы бірінші және екінші бөлімдерінде бұрғылау сораптарына тоқталдым. Атап айтқанда, поршеньді бұрғылау сораптардың түрлері, техникалық характеристикасы, конструкциялық ерекшеліктері, жұмыс принципі, негізгі бөлімдері, гидравликалық бөліктегі манжетті тығыздауыш элементтердің эксплуатация барысында кездесетін ақаулықтары мен істен шығулары қарастырылды. Аталған мәселелерді шешу жолдарын қарастырып, М-типті манжетті ұсындық және осы манжеттерді модификациялау әдісін де қарастырдық. Талдамалық зерттеулермен модификацияланбаған тығыздағышта ең жоғары кернеулер тірек бөлігінде шоғырланғаны расталды, соның салдарынан поршендердің уақытынан бұрын бұзылуы болып табылады. Кернеуді модификациялағаннан кейін тығыздағыштың ұзындығына қарай оның қоңырау (раструбная часть) бөлігін соза отырып, біркелкі бөлінеді. Кернеулерді бөлу шамасы мен сипатына түйіспелі будағы үйкеліс коэффициенті басым әсер етеді.

Өзара әрекеттесетін көлемді гидравликалық машиналардың поршеньдерінің ресурсын ұлғайту поршеньдің беткі қабатының қаттылығын жоғарылату арқылы (мысалы, резеңкенің диффузиялық беттік модификациясы арқылы) және тығыздағыштардың жаңа түрлерін (мысалы, М-тәрізді манжеттер) дамыту арқылы кең қысым диапазонындағы үйкеліс коэффициентін төмендету арқылы мүмкін болады.

Резеңке тығыздағыштарды модификациялау технологиясы пысықталды. Модификациялайтын ерітінді құрамында дифенилгуанидин және хлороформ бар; 140... 150 °С температурада кейіннен кептіру және термофиксациялаумен 11... 24 сағ ерітіндіде ұстау уақыты.

Кернеу функциясын серпімділіктің сызықтық теориясының теңдеуіне енгізе отырып, поршеньді тығыздағыштардың кернеулі деформацияланған жағдайының математикалық моделі ұсынылды.

Пакеттің құрамын және М-үлгідегі манжеттердің мөлшерін негіздей отырып, көлемді агрегаттардың техникалық деңгейін арттырудың алғышарттары әзірленді.

Соңғы бөлімде ұсынылып отырған манжет пен қарапайым қолданыстағы манжетті салыстырып, есептеулер жүргіздік. Есептеу нәтижесі бойынша экономикалық жағынан М-типтегі манжетті қолдану тиімді екендігі айқындалды.



## ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Буровые комплексы. Современные технологии и оборудование под ред. А.М. Гусмана и К.П. Порожского. – Екатеринбург, 2002г, 502с.
- 2 Баграмов Р.А. Буровые машины и комплексы. - М.: Недра, 1988.
- 3 Ивановский В. И. Оборудование для добычи нефти и газа. Ч. 1. - М.: Нефть и газ, 2002. - 768 с.
- 4 Ильский А.Л., Миронов Ю.В., Чернобыльский А.Г. Расчет и конструирование бурового оборудования. Учеб. пособие для вузов. - М.: Недра, 1985.- 452 с.
- 5 Николич А.С. Новые буровые насосы. –М.:, ГОСИНТИ, 2009.
- 6 Николич А.С. Уплотнение поршневого бурового насоса. –М.: ГОСИНТИ, 2009.
- 7 Николач А.С. Поршневые буровые насосы.- М.: Недра, 1973.- 224с.
- 8 Караев М.А. Гидравлика буровых насосов. - М.: Недра, 1983.
- 9 Гукасов А. Практическая гидравлика в бурении. Справочник. - М.: Недра, 1983.
- 10 Ильский А. Л., Миронов Ю.В. Расчет конструирование бурового оборудования. - М.: недра,1985.
- 11 Аваков В.А. Расчеты бурового оборудования. -М.: Недра,1973.
- 12 Вахитов Р.Н., Николич А.С., Яблокова Н.В. Компенсация изнашивания цилиндрично-поршневой группы бурового насоса. –Химическое и нефтяное машиностроение. 1997, №11.
- 13 Верзилин О.И. Современные буровые насосы. М., Машиностроение, 1971.
- 14 Денни Д. Исследования гидравлических уплотнений. Сб. "Машиностроение за рубежом". М. 1964,№4, с.53
- 15 Смородин М.В. Металлические манжеты. "Химическое и нефтяное машиностроение", 1974, №8, с.43
- 16 Макаров Г.В. Уплотнительные устройства. "Машиностроение", М. 1965., 200с.
- 17 Горелик Б.М. Некоторые принципы конструирования формовых резиновых деталей машин. "Каучук и резина", 1962, №10, с. 7-14.
- 18 Добрушкин Д.Б., Бичевская Л.И., Хомякова Н.И., Пустобаева Г.П. О некоторых факторах, влияющих на выносливость резиновых манжетных уплотнений гидропривода. "Каучук и резина", 1967,
- 19 Мкртычан Я.С., Чижиков Ю.Н. Исследование напряженного состояния манжеты резинометаллического поршня бурового насоса. "Химическое и нефтяное машиностроение" ,1974,ВД,с.9-10.
- 20 Орлов З.Д., Орлова Г.С., Попов Г.А. Исследование условий продавливания резиноканевого материала через щель.
- 21 Загорянский Г.Н. Исследование влияния технологических факторов на работу манжетных уплотнений. Автореферат, Днепропетровск, ДМЕТИ, 1973.

- 22 Соколов Е.П. Повышение долговечности резиновых уплотнений узлов гидравлики. "Каучук и резина", №10,1968, с.43-46
- 23 Бартенев Г.М Лаврентьев В.В. О законе трения при упругом контакте поверхности. ДАН СССР, том 141,№2,1961 •
- 24 Каргин В.А., Слонимский Г.Л. Краткие очерки по физико - химии полимеров. Химия м. 1967
- 25 Кирсанов В.Г., Федоренко В.И., Попов Н.Ф. Корнеев В.Д. Исследование деформации уплотнительной манжеты в области перекрываемого радиального зазора . ВИНТИ "Депонированные рукописи", 1980, с. 107.
- 26 Мехтиев Е.Х. Абдулаев М.А., Гаджиев В. .Кондратенко П. И. Хаиме Ф.Г. Исследование упругих свойств резины, применяемой в буровых скважинах . "Машины и нефтяное оборудование", №5,1972,с.15.
- 27 Банковская Т.П. .Аврущенко Б.Х. Никифоров В.П. ,Акопян Л.А. О процессах релаксации напряжения в резинах из бутадиен-нитрильных каучуков в воде. Каучук и резина,1976,с.26.
- 28 Сб. "Проблемы современной уплотнительной техники", И£Д. "Мир", М. 1967, с. 117-147
- 29 Лепетов В.А., Лепетова Н.В. К расчету проектных конструкций технических резиновых изделий. Труды ШТХТ им. М.В.Ломоносова, вып. 3, 1052 , 103 с.
- 30 Горелик Б.М. К вопросу о выборе и назначении допускаемых напряжений и деформаций для резиновых деталей машин.
- 31 "Каучук и резина", Щ, 1967, с. 27-31
- 32 Блоу С.М. Разработка и испытание эластомерных материалов для гидравлических уплотнений. Сб. "Проблемы современной уплотнительной техники." изд."Мир", М. 1967,с.61-89
- 33 Добрушкин Д.5., Бичевская Л.И., Хомякова Н.И. Влияние физико-механических характеристик резин на работоспособность манжет, герметизирующих высокие давления. "Каучук и резина", W7, 1963
- 34 Лепетов В. Резиновые технические изделия. "Химия", 1976, с. 249 - 254
- 35 Краснобрыжая Р.А., Тархов Г.В., Блох Г.А., Онищенко З.В., Кирсанов В.Г. Разработка долговечных резиноканевых уплотнительных манжет. "Производство шин, РТИ и АТИ" , 1ЩШВНеф- техим , М. № 5, 1973, с.27- 28
- 36 Пономарев С.Д., Лихарев К.К., Макушин В.М., Машнин Н.Н., Феодосьев В.И. Расчеты на прочность в машиностроении. Машгиз М. 1958, 759 с.
- 37 Кирсанов В.Г., Федоренко З.И. Проектирование манжетных уплотнителей больших зазоров. "Производство шин, РТИ и АТИ", М., 1978, с. 24 - 26
- 38 Потураев В.Н. Резиновые и резино-металлические детали машин. "Машиностроение", М. 1966, с.42

## А Қосымшасы

```
Attribute VB_Name = "Ini_pump"
DefDbl A-H
DefDbl O-Z
DefInt I-N
Public Const csum As Byte = 10 'к-во членов ряда,
cm1+cm2+cm3+cm4=2*csum+1
Public Const csum1 As Byte = 1 'к-во членов доп.ряда
Public Const cmod As Byte = 1 'модиф.слой=0/1-нет/есть
Public Const csigAB As Byte = 1 'последняя точка АВ =1/0-нет/есть
Public Const cm1 As Byte = 1 'область АВ,к-во точек, max=255
Public Const cm2 As Byte = csigAB + 9 'область ВС,к-во точек
Public Const cm3 As Byte = 4 'область CD,к-во точек
Public Const cm4 As Byte = 7 'область DA,к-во точек

Public ncross As Byte 'к-во верт.сечений для эпюр
Public nicross As Byte 'к-во точек на эпюре
Public coresult() As Single 'координаты эпюр
Public strresult() As Single 'эпюры

Public Const cshape As Byte = 4 'к-т формы выступа

Public Const cm5 As Byte = 2 'область DA,к-во точек-модиф.слой

Public nn_num(0 To 1, 0 To 8) As Integer 'позиции столбцов в матрице
Public mm_num(0 To 1, 1 To 5) As Integer 'позиции строк в матрице

Public coab(1 To cm1, 1 To 2) As Single 'гр.АВ-координаты,1/2=r/z
Public cobc(1 To cm2, 1 To 2) As Single 'гр.ВС-координаты,1/2=r/z
Public cocd(1 To cm3, 1 To 2) As Single 'гр.СD-координаты,1/2=r/z
Public coda(1 To cm4, 1 To 2) As Single 'гр.DA-координаты,1/2=r/z

Public gau() As Double 'матрица к-тов уравнений
Public cohinge() As Single

Public selast As Single 'модуль упругости
Public snu As Single 'к-т Пуассона
Public sqe As Single 'модуль сдвига

Public selast1 As Single 'модуль упругости поверхности
Public thickness As Single 'толщина слоя

Public syield As Single 'предел текучести
Public spropor As Single 'предел пропорциональности
Public pi As Single 'число пи

Public srad2 As Single 'внешний радиус
Public srad1 As Single 'внутренний радиус
Public shmain As Single 'высота области
Public sheight As Single 'высота вала
Public sfit As Single 'зазор
Public sstair As Single 'ступенька-d1 при z=0

Public sheight1 As Single 'высота h1-выступ
Public sheight2 As Single 'высота h2-зуб
Public sdel2 As Single 'ширина d2-выступ
```

## А Қосымшаның жалғасы

```

Public sdel3 As Single 'ширина d3-зуб

Public sfrict As Single 'к-т трения
Public sprress As Single 'давление жидкости
Public sprress1 As Single 'давление жидкости

Public ssig0 As Single 'sigma0-база напряжения
Public sleng0 As Single 'l0-база длины

Public Sub ini_num() 'позиции столбцов и строк в матрице
mm_num(0, 1) = 1: mm_num(1, 1) = cm1
mm_num(0, 2) = mm_num(1, 1) + 1 - csigAB: mm_num(1, 2) = mm_num(0, 2) +
cm2 - 1
mm_num(0, 3) = mm_num(1, 2) + 1: mm_num(1, 3) = mm_num(0, 3) + cm3 - 1
mm_num(0, 4) = mm_num(1, 3) + 1: mm_num(1, 4) = mm_num(0, 4) + cm4 - 1

ii = 1: If cm0d = 0 Then ii = 0
mm_num(0, 5) = 2 * mm_num(1, 4) + ii * 1: mm_num(1, 5) = mm_num(0, 5) +
(cm5 - 1) * ii

isum = csum
nn_num(0, 1) = 1: nn_num(1, 1) = isum
nn_num(0, 2) = nn_num(1, 1) + 1: nn_num(1, 2) = nn_num(0, 2) + isum - 1
nn_num(0, 3) = nn_num(1, 2) + 1: nn_num(1, 3) = nn_num(0, 3) + isum - 1
nn_num(0, 4) = nn_num(1, 3) + 1: nn_num(1, 4) = nn_num(0, 4) + isum - 1
nn_num(0, 5) = nn_num(1, 4) + 1: nn_num(1, 5) = nn_num(1, 4) + 1
nn_num(0, 6) = nn_num(1, 5) + 1: nn_num(1, 6) = nn_num(1, 5) + 1

ii = 1: If cm0d = 0 Then ii = 0
nn_num(0, 7) = nn_num(1, 6) + ii * 1: nn_num(1, 7) = nn_num(0, 7) + (cm5
- 1) * ii
nn_num(0, 0) = nn_num(1, 7) + 1: nn_num(1, 0) = nn_num(1, 7) + 1
m142 = mm_num(1, 5): n06 = nn_num(1, 7): If n06 <> m142 Then Stop
ReDim gau(1 To m142 + 1, 1 To m142 + 1)
End Sub

Public Sub cons() 'задание свойств и размеров
'N,m-система СИ
selast = 1.3E+07! 'модуль упругости
snu = 0.5 'к-т Пуассона
sge = selast / 2 / (1 + snu) 'модуль сдвига

selast1 = selast * 60 'модуль упругости поверхности
thickness = 2 / 1000 'толщина слоя
pi = 3.14159265

srad2 = 130 / 2 / 1000 'внешний радиус
srad1 = 90 / 2 / 1000 'внутренний радиус
sheight = 58 / 1000 'высота вала
sfit = 0.5 / 1000 'зазор

sstair = 30 / 2 / 1000 'ступенька при z=0
sheight1 = 12 / 1000 'высота h1-выступ
sdel2 = 4 / 1000 'ширина d2-выступ
sheight2 = 50 / 1000 'высота h2-зуб
sdel3 = 1.25 / 1000 'ширина d3-зуб

shmain = sheight + sheight1 'высота области
'Stop
sfrict = 0.015 'к-т трения
sprress = 2.16E+07! 'давление жидкости

```

## А Қосымшаның жалғасы

```
spress1 = 0

ssig0 = selast 'база напряжения
sleng0 = pi * shmain / 2 'база длины
End Sub

Public Sub ini_co() 'отн.координаты границ-r0,z0
'гр.АВ-координаты,1/2=z/r
Dim dr() As Single
d = sfit / (cm1 + 1): For i = 1 To cm1
coab(i, 2) = (srad2 - d * i) / sleng0: coab(i, 1) = 0: Next i

'гр.BC-координаты,1/2=z/r
Call co_g3(r, z)

'гр.CD-координаты,1/2=z/r

a = 1
Call order_n(a, 0, cm3 + 1, dr)
For i = 1 To cm3
d = dr(i) * (srad2 + sdel3 * 0 - srad1)
r = srad1 + d
Call co_g2(r, z, z1)
cocd(i, 2) = r / sleng0: cocd(i, 1) = z / sleng0: Next i

'гр.DA-координаты,1/2=z/r
Call co_g2(srad2 + 0 * sdel3, zd, z1)
a = 1
Call order_b(a, 1, cm4, dr)

For i = 1 To cm4
d = dr(i) * zd: z = zd - d: If i = cm4 Then z = 0
coda(i, 2) = srad2 / sleng0: coda(i, 1) = z / sleng0: Next i
End Sub

Public Sub co_g1(dr, z) 'функция контура DA,dr=выступ
dr = sdel3
s = cshape: a = (z / (sheight + sheight1)) ^ s '1 ' 2 ' 4 ' 8
dr = a * dr
End Sub

Public Sub co_g2(r, z, z1) 'функция контура CD
rd = srad2 + sdel3
rs = srad2 - sdel2
rc = srad1
zc = sheight
zd = zc + sheight1
zs = zd

If r > 1 * rs Then
z = zd: z1 = 0
Else
z1 = (zs - zc) / (rs - rc)
z = (r - rc) * z1 + zc
End If

End Sub

Public Sub co_g3(r, z) 'функция контура BC,r=
Dim dr() As Single
rb = srad2 - sfit: zb = 0: rs = rb - sstair: zs = 0
```

## А Қосымшаның жалғасы

```

rc = srad1: zc = sheight
al = ((rs - rc) ^ 2 + (zc - zs) ^ 2) ^ 0.5
all = al + sstair: d = all / (cm2 - 1)

ns = sstair / d + 1 + 1
If ns = 1 And sstair <> 0 Then ns = 2
If ns = 1 Then ns = 0
If ns > 1 Then ds = sstair / (ns - 1)

For i = 1 To ns
r = rb - (i - 1) * ds: z = 0
cobc(i, 2) = r / sleng0: cobc(i, 1) = z / sleng0: Next i

nc = cm2 - ns
ncross = nc
kk = 0: If ns = 0 Then kk = 1
dc = (zc - zs) / (nc - kk)
a = 1
Call order_b(a, kk, nc, dr)

For i = 1 To nc
d = dr(i) * (zc - zs)
z = zs + d
g3 = (zs - z) / (zc - zs) * (rc - rs) 'прямая S-C
r = rs - g3

cobc(i + ns, 2) = r / sleng0: cobc(i + ns, 1) = z / sleng0:
Next i
End Sub

Public Sub co_uni() 'все координаты контура действительные
ic = 5 '1/2-z/r; =3/4-w/u; =5-sr
cxskel = mm_num(1, 4)
cyskel = 1
ReDim cohinge(0 To cxskel + 1, 0 To cyskel + 1, 1 To ic, 0 To 1, 1 To 1,
0 To 0)

For k = 1 To 2
For i = 1 To cm1: il = mm_num(0, 1) + i - 1
cohinge(il, 1, k, 1, 1, 0) = coab(i, k) * sleng0: Next i
For i = 1 To cm2: il = mm_num(0, 2) + i - 1
cohinge(il, 1, k, 1, 1, 0) = cobc(i, k) * sleng0: Next i
For i = 1 To cm3: il = mm_num(0, 3) + i - 1
cohinge(il, 1, k, 1, 1, 0) = cocd(i, k) * sleng0: Next i
For i = 1 To cm4: il = mm_num(0, 4) + i - 1
z0 = coda(i, 1)

dr = 0: If k = 2 Then z0 = coda(i, 1): Call co_g1(dr, z0 * sleng0)

cohinge(il, 1, k, 1, 1, 0) = coda(i, k) * sleng0 + dr: Next i
Next k

azma = cohinge(1, 1, 1, 1, 1, 0): arma = cohinge(1, 1, 2, 1, 1, 0)
armi = arma: azmi = azma: For i = 2 To cxskel
r = cohinge(i, 1, 2, 1, 1, 0): z = cohinge(i, 1, 1, 1, 1, 0)
If r > arma Then arma = r
If z > azma Then azma = z
If r < armi Then armi = r
If z < azmi Then azmi = z
Next i
r = arma - armi: z = azma - azmi

```

## А Қосымшаның жалғасы

```
c = 5: dr = r / c: dz = z / c
cohinge(cxskel + 1, cyskel + 1, 1, 1, 1, 0) = z + 2 * dz
cohinge(cxskel + 1, cyskel + 1, 2, 1, 1, 0) = r + 2 * dr
cohinge(0, 0, 1, 1, 1, 0) = 0: cohinge(0, 0, 2, 1, 1, 0) = 0
For i = 1 To cxskel
cohinge(i, 1, 1, 1, 1, 0) = cohinge(i, 1, 1, 1, 1, 0) - azmi + dz / 3
cohinge(i, 1, 2, 1, 1, 0) = cohinge(i, 1, 2, 1, 1, 0) - armi + dr * 1
Next i
Call rectangle4(Form1.Picture8, cohinge, 1, 1, 0)
Form2.Show: Form2.Cls
Call rectangle4(Form2.Picture1, cohinge, 1, 1, 0)
End Sub

Public Sub disp_uni() 'запись перемещений и напряжений
ak = 1 'масштаб
For i = 1 To cm1: il = mm_num(0, 1) + i - 1
z0 = coab(i, 1): r0 = coab(i, 2)
Call result(z0, r0, u, w, sr, ste, sz, trz)
a = cohinge(il, 1, 1, 1, 1, 0): b = cohinge(il, 1, 2, 1, 1, 0)
cohinge(il, 1, 3, 1, 1, 0) = a + w * ak: cohinge(il, 1, 4, 1, 1, 0) = b +
u * ak
Next i
For i = 1 To cm2: il = mm_num(0, 2) + i - 1
z0 = cobc(i, 1): r0 = cobc(i, 2)
Call result(z0, r0, u, w, sr, ste, sz, trz)
a = cohinge(il, 1, 1, 1, 1, 0): b = cohinge(il, 1, 2, 1, 1, 0)
cohinge(il, 1, 3, 1, 1, 0) = a + w * ak: cohinge(il, 1, 4, 1, 1, 0) = b +
u * ak
Next i
For i = 1 To cm3: il = mm_num(0, 3) + i - 1
z0 = cocd(i, 1): r0 = cocd(i, 2)
Call result(z0, r0, u, w, sr, ste, sz, trz)
a = cohinge(il, 1, 1, 1, 1, 0): b = cohinge(il, 1, 2, 1, 1, 0)
cohinge(il, 1, 3, 1, 1, 0) = a + w * ak: cohinge(il, 1, 4, 1, 1, 0) = b +
u * ak
Next i
For i = 1 To cm4: il = mm_num(0, 4) + i - 1
z0 = coda(i, 1): r0 = coda(i, 2)
Call result(z0, r0, u, w, sr, ste, sz, trz)
a = cohinge(il, 1, 1, 1, 1, 0): b = cohinge(il, 1, 2, 1, 1, 0):
Call co_gl(dr, z0 * sleng0)
cohinge(il, 1, 3, 1, 1, 0) = a + w * ak: cohinge(il, 1, 4, 1, 1, 0) = b +
u * ak
cohinge(il, 1, 5, 1, 1, 0) = sr
Next i

ii1 = mm_num(0, 4): ii2 = mm_num(1, 4)
srma = cohinge(ii1, 1, 5, 1, 1, 0): srmi = srma
For i = ii1 To ii2: sr = cohinge(i, 1, 5, 1, 1, 0)
If sr > srma Then srma = sr
If sr < srmi Then srmi = sr
Next i

cohinge(cxskel + 1, 1, 5, 1, 1, 0) = srma
cohinge(0, 1, 5, 1, 1, 0) = srmi
Call rectangle5(Form1.Picture8, cohinge, 1, 1, 0)
Call rectangle5(Form2.Picture1, cohinge, 1, 1, 0)
End Sub

Public Sub order_p(ar, il, i2, r() As Single)
ReDim r(il To i2)
```

## А Қосымшаның жалғасы

```
s = 0: a = 1: For i = i1 To i2
If ar <= 0 And i = i1 Then
a = 0
Else
a = (i - i1) ^ ar
End If
s = s + a: r(i) = s: Next i
For i = i1 To i2: r(i) = r(i) / s: Next i
End Sub

Public Sub order_n(ar, i1, i2, r() As Single)
ReDim r(i1 To i2)
isw = 1: If i1 = 0 Then isw = 0: i1 = 1
s = 0: a = 1: For i = i1 To i2
If ar <= 0 And i = i1 Then
If isw = 1 Then a = 0
Else
a = (i2 + 1 - i + i1) ^ ar
If i = i1 And i1 <> 0 And isw = 1 Then a = 0
End If
s = s + a: r(i) = s:
Next i
For i = i1 To i2: r(i) = r(i) / s: Next i
End Sub

Public Sub order_b(ar, i1, i2, r() As Single)
ReDim r(i1 To i2)
isw = 0: If i1 = 0 Then isw = 1
s = 0: a = 1: For i = i1 To i2
If i <= i2 / 2 Then
If ar <= 0 And i = i1 Then
a = 0
Else
a = (i - i1) ^ (ar + 0)
End If
Else
a = (i2 + isw - i + i1) ^ (ar + 0)
End If
s = s + a: r(i) = s:
Next i
For i = i1 To i2: r(i) = r(i) / s: Next i
End Sub

Attribute VB_Name = "D_equtions"
DefInt I-N
DefDbl A-H
DefDbl O-Z

Public Sub hiper(zn, n, sh, ch)
hn = n * pi * shmain / sleng0
sh = (Exp(zn - hn) - Exp(-zn - hn)) / 2
ch = (Exp(zn - hn) + Exp(-zn - hn)) / 2
End Sub

Public Sub gauss(n) 'gauss_max
l = 0: n1 = n + 1
i: l = l + 1: amax = 0
For k = 1 To n: For j = 1 To n:
If Abs(amax) < Abs(gau(k, j)) Then amax = gau(k, j): im = k: jm = j
Next j: Next k
```



## А Қосымшаның жалғасы

```
If im = 1 Then GoTo 2
For m = 1 To n1: t = gau(1, m): gau(1, m) = gau(im, m): gau(im, m) = t:
Next m
If jm = 1 Then GoTo 3
2
For m = 1 To n: t = gau(m, 1): gau(m, 1) = gau(m, jm): gau(m, jm) = t:
Next m
3
For j = n1 To 1 Step -1: gau(1, j) = gau(1, j) / amax: Next j
For i = 1 + 1 To n: t = gau(i, 1)
For j = 1 + 1 To n1: gau(i, j) = gau(i, j) - gau(1, j) * t
Next j: Next i
For i = 1 To n: If i = 1 Then gau(i, 1) = i: GoTo 4
gau(1, 1) = gau(i, 1 - 1)
4
Next i
'4:
t = gau(1, 1): gau(1, 1) = gau(jm, 1): gau(jm, 1) = t
If l <> n Then GoTo 1
r = 1
For i = n To 1 Step -1
For k = i - 1 To 1 Step -1
For j = n To k Step -1
If gau(j, k) = gau(i, i) Then ir = j: Exit For
Next j
gau(k, n1) = gau(k, n1) - gau(k, ir) * gau(i, n1)
Next k: Next i
For i = 1 To n: gau(n1, i) = gau(i, n1): Next i
For i = 1 To n: ir = gau(i, i): gau(ir, n1) = gau(n1, i): Next i
End Sub
Public Sub bessel(rn, n, a0, a1) 'Бессель 1-го рода-аппроксимация
t = rn / 3
If rn <= 3 Then
t2 = t * t: t4 = t2 * t2:
t6 = t2 * t4: t8 = t4 * t4: t10 = t6 * t4: t12 = t6 * t6
a0 = 1 - 2.2499997 * t2 + 1.2656208 * t4 - 0.3163866 * t6 + 0.0444479 *
t8 - 0.0039444 * t10 + 0.00021 * t12
a1 = 0.5 - 0.56249985 * t2 + 0.21093573 * t4 - 0.03954289 * t6 +
0.00443319 * t8 - 0.00031761 * t10 + 0.00001109 * t12
a1 = a1 * rn
Else
t1 = 1 / t: t2 = t1 / t: t3 = t2 / t: t4 = t3 / t: t5 = t4 / t: t6 = t5 /
t
f0 = 0.79788456 - 0.00000077 * t1 - 0.0055274 * t2 - 0.00009512 * t3 +
0.00137237 * t4 - 0.00072805 * t5 + 0.00014476 * t6
te0 = rn - 0.78539816 - 0.04166397 * t1 - 0.00003954 * t2 + 0.00262573 *
t3 - 0.00054125 * t4 - 0.00029333 * t5 + 0.00013558 * t6
f1 = 0.79788456 + 0.00000156 * t1 + 0.01659667 * t2 + 0.00017105 * t3 -
0.00249511 * t4 + 0.00113653 * t5 - 0.00020033 * t6
tel = rn - 2.35619449 + 0.12499612 * t1 + 0.0000565 * t2 - 0.00637879 *
t3 + 0.00074348 * t4 + 0.00079824 * t5 - 0.00029166 * t6
a = 1 / Sqr(rn): a0 = a * f0 * Cos(te0): a1 = a * f1 * Cos(tel)
End If
End Sub
Public Sub borders() 'матрица по гр.условиям
m14 = mm_num(1, 4)
```

## А Қосымшаның жалғасы

```

'гр. АВ-координаты, 1/2=z/r
If csigAB = 1 Then GoTo 1
For i = 1 To cm1: i1 = mm_num(0, 1) + i - 1: i2 = m14 + i1
z0 = coab(i, 1): r0 = coab(i, 2)
For n = 1 To csun
na1 = nn_num(0, 1) + n - 1: na2 = nn_num(0, 2) + n - 1
nb1 = nn_num(0, 3) + n - 1: nb2 = nn_num(0, 4) + n - 1
Call rnz_n_calc(z0, r0, n, zn, rn, ap2, ap3)
Call bessel(rn, n, ai0, ai): Call hiper(zn, n, sh, ch)

gau(i1, na1) = -ai0 * ch: gau(i1, na2) = -ai0 * sh
a = 2 * (2 - snu) * ai0 - rn * ai1
gau(i1, nb1) = a * ch: gau(i1, nb2) = a * sh
gau(i2, na1) = ai1 * sh: gau(i2, na2) = ai1 * ch
a = -2 * (1 - snu) * ai1 - rn * ai0
gau(i2, nb1) = a * sh: gau(i2, nb2) = a * ch
gau(i1, na1) = gau(i1, na1) * ap3: gau(i1, na2) = gau(i1, na2) * ap3
gau(i1, nb1) = gau(i1, nb1) * ap3: gau(i1, nb2) = gau(i1, nb2) * ap3
gau(i2, na1) = gau(i2, na1) * ap3: gau(i2, na2) = gau(i2, na2) * ap3
gau(i2, nb1) = gau(i2, nb1) * ap3: gau(i2, nb2) = gau(i2, nb2) * ap3
Next n
n = nn_num(0, 5): gau(i1, n) = 0: gau(i2, n) = 0
n = nn_num(0, 6): gau(i1, n) = 2 * (7 - 5 * snu): gau(i2, n) = 0
n = nn_num(0, 0): gau(i1, n) = 0: gau(i2, n) = 0
Next i
1
'гр. ВС-координаты, 1/2=z/r
For i = 1 To cm2: i1 = mm_num(0, 2) + i - 1: i2 = m14 + i1
z0 = cobc(i, 1): r0 = cobc(i, 2)
For n = 1 To csun
na1 = nn_num(0, 1) + n - 1: na2 = nn_num(0, 2) + n - 1
nb1 = nn_num(0, 3) + n - 1: nb2 = nn_num(0, 4) + n - 1
Call rnz_n_calc(z0, r0, n, zn, rn, ap2, ap3)
Call bessel(rn, n, ai0, ai1): Call hiper(zn, n, sh, ch)

gau(i1, na1) = ai1 * ch: gau(i1, na2) = ai1 * sh
gau(i1, nb1) = -rn * ai0 * ch: gau(i1, nb2) = -rn * ai0 * sh

gau(i2, na1) = -ai0 * sh: gau(i2, na2) = -ai0 * ch
a = 4 * (1 - snu) * ai0 - rn * ai1
gau(i2, nb1) = a * sh: gau(i2, nb2) = a * ch

gau(i1, na1) = gau(i1, na1) * ap2: gau(i1, na2) = gau(i1, na2) * ap2
gau(i1, nb1) = gau(i1, nb1) * ap2: gau(i1, nb2) = gau(i1, nb2) * ap2
gau(i2, na1) = gau(i2, na1) * ap2: gau(i2, na2) = gau(i2, na2) * ap2
gau(i2, nb1) = gau(i2, nb1) * ap2: gau(i2, nb2) = gau(i2, nb2) * ap2
Next n
n = nn_num(0, 5): gau(i1, n) = 0: gau(i2, n) = 2 * (5 - 6 * snu)
n = nn_num(0, 6)
gau(i1, n) = -2 * r0: gau(i2, n) = 2 * (7 - 10 * snu) * z0
n = nn_num(0, 0): gau(i1, n) = 0: gau(i2, n) = 0
Next i

'гр. CD-координаты, 1/2=z/r
For i = 1 To cm3: i1 = mm_num(0, 3) + i - 1: i2 = m14 + i1
z0 = cocd(i, 1): r0 = cocd(i, 2)
r = r0 * sleng0
Call co_g2(r, a, z1)
a = (1 + z1 ^ 2) ^ 0.5: ai = 1 / a: am = -z1 / a

For n = 1 To csun

```

## А Қосымшаның жалғасы

```

nal = nn_num(0, 1) + n - 1: na2 = nn_num(0, 2) + n - 1
nbl = nn_num(0, 3) + n - 1: nb2 = nn_num(0, 4) + n - 1
Call rzn_calc(z0, r0, n, zn, rn, ap2, ap3)
Call bessel(rn, n, ai0, ail): Call hiper(zn, n, sh, ch)

szal = -ai0 * ch: sza2 = -ai0 * sh
a = 2 * (2 - snu) * ai0 - rn * ail
szbl = a * ch: szb2 = a * sh

tal = ail * sh: ta2 = ail * ch
a = -2 * (1 - snu) * ail - rn * ai0
tbl = a * sh: tb2 = a * ch

a = -ail / rn + ai0: sral = a * ch: sra2 = a * sh
a = (2 * snu - 1) * ai0 + rn * ail
srbl = a * ch: srb2 = a * sh

gau(i1, nal) = sral * am + tal * al
gau(i1, na2) = sra2 * am + ta2 * al
gau(i1, nbl) = srbl * am + tbl * al
gau(i1, nb2) = srb2 * am + tb2 * al

gau(i2, nal) = szal * al + tal * am
gau(i2, na2) = sza2 * al + ta2 * am
gau(i2, nbl) = szbl * al + tbl * am
gau(i2, nb2) = szb2 * al + tb2 * am

gau(i1, nal) = gau(i1, nal) * ap3: gau(i1, na2) = gau(i1, na2) * ap3
gau(i1, nbl) = gau(i1, nbl) * ap3: gau(i1, nb2) = gau(i1, nb2) * ap3
gau(i2, nal) = gau(i2, nal) * ap3: gau(i2, na2) = gau(i2, na2) * ap3
gau(i2, nbl) = gau(i2, nbl) * ap3: gau(i2, nb2) = gau(i2, nb2) * ap3
Next n
sral = 0: sra2 = 2 * (5 * snu - 1)
szal = 0: sza2 = 2 * (7 - 5 * snu)
tzal = 0: tza2 = 0
n = nn_num(0, 5): gau(i1, n) = 0: gau(i2, n) = 0
n = nn_num(0, 6):
gau(i1, n) = sra2 * am: gau(i2, n) = sza2 * al

n = nn_num(0, 0): a = -spress / ssig0
gau(i1, n) = a * am: gau(i2, n) = a * al
Next i

'rp.DA -трение - координаты, 1 / 2 = z / r
For i = 1 To cm4: i1 = mm_num(0, 4) + i - 1: i2 = ml4 + i1
z0 = coda(i, 1): r0 = coda(i, 2)
For n = 1 To csun
nal = nn_num(0, 1) + n - 1: na2 = nn_num(0, 2) + n - 1
nbl = nn_num(0, 3) + n - 1: nb2 = nn_num(0, 4) + n - 1
Call rzn_calc(z0, r0, n, zn, rn, ap2, ap3)
Call bessel(rn, n, ai0, ail): Call hiper(zn, n, sh, ch)

tal = ail * sh: ta2 = ail * ch
a = -2 * (1 - snu) * ail - rn * ai0
tbl = a * sh: tb2 = a * ch

a = -ail / rn + ai0: sral = a * ch: sra2 = a * sh
a = (2 * snu - 1) * ai0 + rn * ail
srbl = a * ch: srb2 = a * sh

gau(i1, nal) = sral * sfrict - tal

```

## А Қосымшаның жалғасы

```

gau(i1, na2) = sra2 * sfrict - ta2
gau(i1, nb1) = srb1 * sfrict - tb1
gau(i1, nb2) = srb2 * sfrict - tb2

gau(i1, na1) = gau(i1, na1) * ap3: gau(i1, na2) = gau(i1, na2) * ap3
gau(i1, nb1) = gau(i1, nb1) * ap3: gau(i1, nb2) = gau(i1, nb2) * ap3
Next n
sra1 = 0: sra2 = 2 * (5 * snu - 1)
tza1 = 0: tza2 = 0
n = nn_num(0, 5): gau(i1, n) = 0
n = nn_num(0, 6): gau(i1, n) = sra2 * sfrict : gau(i2, n) = ua2
n = nn_num(0, 0): gau(i1, n) = 0:
Next i

If cmod = 1 Then
z0d = coda(1, 1)
For i = 1 To cm4: i1 = mm_num(0, 4) + i - 1: z0 = coda(i, 1)
For n = 1 To cm5 - 1: n1 = nn_num(0, 7) + n
gau(i1, n1) = (z0d ^ n / (n + 1) - z0 ^ n) * sr(n, 1) * sfrict - trz(n, 1)
Next n: Next i

For i = 1 To cm5:
j = i: If i = cm5 Then j = cm4
i1 = mm_num(0, 4) + j - 1
z0 = coda(j, 1)

i3 = mm_num(0, 5): i4 = i3 + i - 1
n2 = nn_num(0, 7)
gau(i4, n2) = -1 'W-A
Call mod_calc(e1)
a1 = e1 / selast
h0 = thickness / sleng0
For n = 1 To cm5 - 1
n1 = n2 + n: an = 1
gau(i4, n1) = -z0 ^ 2 / (n + 1) * (z0d ^ n - z0 ^ n / (n + 2)) / (1 +
snu) / a1 / h0
Next n

If i < cm5 Then 'W-A=0
For n = 1 To csum
na1 = nn_num(0, 1) + n - 1: na2 = nn_num(0, 2) + n - 1
nb1 = nn_num(0, 3) + n - 1: nb2 = nn_num(0, 4) + n - 1
Call rnzr_calc(z0, r0, n, zn, rn, ap2, ap3)
Call bessel(rn, n, ai0, ail): Call hiper(zn, n, sh, ch)

gau(i4, na1) = -ai0 * sh: gau(i4, na2) = -ai0 * ch
a = 4 * (1 - snu) * ai0 - rn * ail
gau(i4, nb1) = a * sh: gau(i4, nb2) = a * ch

gau(i4, na1) = gau(i4, na1) * ap2: gau(i4, na2) = gau(i4, na2) * ap2
gau(i4, nb1) = gau(i4, nb1) * ap2: gau(i4, nb2) = gau(i4, nb2) * ap2
Next n
n = nn_num(0, 5): gau(i4, n) = 2 * (5 - 6 * snu)
n = nn_num(0, 6)
gau(i4, n) = 2 * (7 - 10 * snu) * z0
n = nn_num(0, 0): gau(i4, n) = 0
End If
Next i
End If

'гр.DA1-перемещения-координаты, l/2=z/r

```

## А Қосымшаның жалғасы

```

For i = 1 To cm4: i1 = mn_num(0, 4) + i - 1: i2 = m14 + i1
z0 = coda(i, 1): r0 = coda(i, 2)

For n = 1 To csum
na1 = nn_num(0, 1) + n - 1: na2 = nn_num(0, 2) + n - 1
nb1 = nn_num(0, 3) + n - 1: nb2 = nn_num(0, 4) + n - 1
'zn = n * pi * z0: rn = n * pi * r0
Call rzn_calc(z0, r0, n, zn, rn, ap2, ap3)
Call bessel(rn, n, ai0, ail): Call hiper(zn, n, sh, ch)

gau(i2, na1) = ail * ch: gau(i2, na2) = ail * sh
gau(i2, nb1) = -rn * ai0 * ch: gau(i2, nb2) = -rn * ai0 * sh

gau(i2, na1) = gau(i2, na1) * ap2: gau(i2, na2) = gau(i2, na2) * ap2
gau(i2, nb1) = gau(i2, nb1) * ap2: gau(i2, nb2) = gau(i2, nb2) * ap2
Next n
ua1 = 0: ua2 = -2 * r0

n = nn_num(0, 5): gau(i2, n) = 0
n = nn_num(0, 6): gau(i2, n) = ua2
n = nn_num(0, 0): z = z0 * sleng0: Call co_g1(dr, z)
gau(i2, n) = -2 * sge / ssg0 / sleng0 * dr
End Sub

Public Sub rzn_calc(z0, r0, n, zn, rn, ap2, ap3)
an = n
zn = an * pi * z0: rn = an * pi * r0
ap2 = (an * pi) ^ 2: ap3 = (an * pi) ^ 3
End Sub

Attribute VB_Name = "Calc_pump"
DefDb1 A-H
DefDb1 O-Z

DefInt I-N

Public Sub calc()
n = mn_num(1, 5):
Call gauss(n)
End Sub

Public Sub result(z0, r0, u, w, sr, ste, sz, trz)
'вычленение напр.и перем. по координатам
nn1 = mn_num(1, 5) + 1
u = 0: w = 0: sr = 0: ste = 0: sz = 0: trz = 0
For n = 1 To csum
na1 = nn_num(0, 1) + n - 1: na2 = nn_num(0, 2) + n - 1
nb1 = nn_num(0, 3) + n - 1: nb2 = nn_num(0, 4) + n - 1
Call rzn_calc(z0, r0, n, zn, rn, ap2, ap3)
Call bessel(rn, n, ai0, ail): Call hiper(zn, n, sh, ch)

fla = gau(na1, nn1) * sh + gau(na2, nn1) * ch
flb = gau(nb1, nn1) * sh + gau(nb2, nn1) * ch
f2a = gau(na1, nn1) * ch + gau(na2, nn1) * sh
f2b = gau(nb1, nn1) * ch + gau(nb2, nn1) * sh

u = u + (ail * f2a - rn * ai0 * f2b) * ap2
w = w + (-ai0 * fla + (4 * (1 - snu) * ai0 - rn * ail) * flb) * ap2
sr = sr + ((-ail / rn + ai0) * f2a + ((2 * snu - 1) * ai0 + rn * ail) *
f2b) * ap3
ste = ste + (ail / rn * f2a + (2 * snu - 1) * ai0 * f2b) * ap3

```

## А Қосымшаның жалғасы

```
sz = sz + (-ai0 * f2a + (2 * (2 - snu) * ai0 - rn * ail) * f2b) * ap3
trz = trz + (ail * fla + (-2 * (1 - snu) * ail - rn * ai0) * flb) * ap3
Next n
n = nn_num(0, 5): a1 = gau(n, nn1): n = nn_num(0, 6): a2 = gau(n, nn1)
u = u - 2 * a2 * r0
w = w + 2 * a1 * (5 - 6 * snu) + 2 * a2 * (7 - 10 * snu) * z0
sr = sr + 2 * a2 * (5 * snu - 1)
ste = ste + 2 * a2 * (5 * snu - 1)
sz = sz + 2 * a2 * (7 - 5 * snu)
a = 2 * sge / ssig0 / sleng0
u = u / a: w = w / a: sr = sr * ssig0
ste = ste * ssig0: sz = sz * ssig0: trz = trz * ssig0
End Sub

Public Sub test_result()
'гр.АВ-координаты,1/2=z/r
For i = 1 To cm1:
z0 = coab(i, 1): r0 = coab(i, 2)
Call result(z0, r0, u, w, sr, ste, sz, trz)
Debug.Print i, u, w, sr, sz, trz
Next i

'гр.BC-координаты,1/2=z/r
For i = 1 To cm2:
z0 = cobc(i, 1): r0 = cobc(i, 2)
Call result(z0, r0, u, w, sr, ste, sz, trz)
Debug.Print i, u, w, sr, sz, trz
Next i

'гр.CD-координаты,1/2=z/r
For i = 1 To cm3:
z0 = cocd(i, 1): r0 = cocd(i, 2)
Call result(z0, r0, u, w, sr, ste, sz, trz)
Debug.Print i, u, w, sr, sz, trz
Next i

'гр.DA-координаты,1/2=z/r
For i = 1 To cm4:
z0 = coda(i, 1): r0 = coda(i, 2)
Call result(z0, r0, u, w, sr, ste, sz, trz)
Debug.Print i, u, w, sr, sz, trz
Next i
End Sub

Public Sub mod_calc(e1)
'модифиц.слой-напр.и деформ.
ak = selast1 / selast
t = thickness / sleng0
al = Log(ak) / t
e11 = ((ak - 1) / Log(ak) - 1)
End Sub

Public Sub result_calc()
nicross = 8
ReDim coresult(1 To ncross, 1 To nicross, 1 To 2) '1/2=z/r
ReDim strresult(1 To ncross, 1 To nicross, 1 To 4)
'1/2/3/4= sr, ste, sz, trz

For i = 1 To ncross:
ii = cm2 - ncross + i - 1:
coresult(i, 1, 1) = cobc(ii, 1)
```

## А Қосымшаның жалғасы

```
coresult(i, 1, 2) = cobc(ii, 2)

coresult(i, nicross, 1) = coresult(i, 1, 1)
coresult(i, nicross, 2) = srad2 / sleng0

a = srad2 / sleng0 - coresult(i, 1, 2)
aa = a / (nicross - 1)

For j = 2 To nicross - 1
coresult(i, j, 1) = coresult(i, 1, 1)
coresult(i, j, 2) = coresult(i, 1, 2) + aa * (j - 1)
Next j: Next i

For i = 1 To ncross: For j = 1 To nicross
z0 = coresult(i, j, 1)
r0 = coresult(i, j, 2)
Call result(z0, r0, u, w, sr, ste, sz, trz)
strresult(i, j, 1) = sr: strresult(i, j, 2) = ste
strresult(i, j, 3) = sz: strresult(i, j, 4) = trz

If j = nicross Then
strresult(i, j, 4) = sr * sfrict
End If

Next j: Next i

Form5.Show: Form5.Cls
Call rectangle51(Form5.Picture1, cohinge, 1, 1, 0)
Form6.Show: Form6.Cls: Call rectangle51(Form6.Picture1, cohinge, 1, 1, 0)
End Sub

Attribute VB_Name = "GraphModule1"
DefSng A-H
DefSng O-Z
DefInt I-N
Public Sub rectangle4(ob As Object, coh() As Single, ipop, ioo, iii)
'ob-объект печати-#рисунка,использует Sub dot3(x, y, r)
r = coh(cxskel + 1, cyskel + 1, 1, ipop, ioo, iii) - coh(0, 0, 1, ipop,
ioo, iii)
z = coh(cxskel + 1, cyskel + 1, 2, ipop, ioo, iii) - coh(0, 0, 2, ipop,
ioo, iii)
dx = 100 / r
dy = 100 / z
If dy >= dx Then dy = dx
If dx > dy Then dx = dy
rad = 2 / cxskel * 2
If rad < 0.5 Then rad = 0.3
c1 = RGB(0, 255, 0): c2 = RGB(255, 0, 0): c3 = RGB(0, 0, 0): c4 = RGB(0,
0, 255)
c5 = RGB(255, 255, 255)
cc = c3
ob.DrawWidth = 1
For i = 1 To cxskel: For j = 1 To cyskel
il = i + 1: If i = cxskel Then il = 1
ax = coh(i, j, 1, ipop, ioo, iii) * dx: ay = coh(i, j, 2, ipop, ioo, iii)
* dy
x = coh(il, j, 1, ipop, ioo, iii) * dx: y = coh(il, j, 2, ipop, ioo, iii)
* dy
y = 100 - y
ay = 100 - ay
ob.Line (x, y)-(ax, ay), cc
```

## А Қосымшаның жалғасы

```
Call dot3(ob, x, y, rad, ac)
Next j: Next i
End Sub

Public Sub dot3(ob As Object, x, y, r, ac)
c = RGB(0, 0, 255): ob.DrawWidth = 1
ob.Circle (x, y), r, ac
End Sub

Public Sub rectangle5(ob As Object, coh() As Single, ipop, ioo, iii)
'ob-объект печати-#рисунка,использует Sub dot3(x, y, r)
r = coh(cxskel + 1, cyskel + 1, 1, ipop, ioo, iii) - coh(0, 0, 1, ipop,
ioo, iii)
z = coh(cxskel + 1, cyskel + 1, 2, ipop, ioo, iii) - coh(0, 0, 2, ipop,
ioo, iii)
dx = 100 / r
dy = 100 / z
If dy >= dx Then dy = dx
If dx > dy Then dx = dy
rad = 2 / cxskel * 2
If rad < 0.5 Then rad = 0.3
c1 = RGB(0, 255, 0): c2 = RGB(255, 0, 0): c3 = RGB(0, 0, 0): c4 = RGB(0,
0, 255)
c5 = RGB(255, 255, 255)
cc = c2
For i = 1 To cxskel: For j = 1 To cyskel
il = i + 1: If i = cxskel Then il = 1
ax = coh(i, j, 3, ipop, ioo, iii) * dx: ay = coh(i, j, 4, ipop, ioo, iii)
* dy
x = coh(il, j, 3, ipop, ioo, iii) * dx: y = coh(il, j, 4, ipop, ioo, iii)
* dy
y = 100 - y
ay = 100 - ay
ob.DrawWidth = 1
ob.Line (x, y)-(ax, ay), cc
ac = c4
Call dot3(ob, x, y, rad, ac)
1: Next j: Next i
Call draw_sr(ob, coh, dx, dy)
End Sub

Public Sub draw_sr(ob As Object, coh() As Single, dx, dy)
k = 3
c1 = RGB(0, 255, 0): c2 = RGB(255, 0, 0): c3 = RGB(0, 0, 0): c4 = RGB(0,
0, 255)
c5 = RGB(255, 255, 255)
srma = cohinge(cxskel + 1, 1, 5, 1, 1, 0): srmi = cohinge(0, 1, 5, 1, 1,
0)

a = Abs(srma): b = Abs(srmi): If b > a Then a = b
c = 1
1: If a > 10 Then a = a / 10: c = c * 10: GoTo 1
ia = Int(a)
scal = ia * c

a = spress * 2
If spress = 0 Then a = Abs(srma) + Abs(srmi)
If a = 0 Then Exit Sub
ds = 100 / a
scall = scal * ds / k
ii1 = mm_num(0, 4): ii2 = mm_num(1, 4)
For i = ii1 To ii2: sr = cohinge(i, 1, 5, 1, 1, 0)
```



## А Қосымшаның жалғасы

```
x = coh(i, 1, 1, 1, 1, 0) * dx: y = 100 - coh(iil, 1, 2, 1, 1, 0) * dy
sr = coh(i, 1, 5, 1, 1, 0) * ds / k

y = y - 20: ax = x: ay = y + sr
cc = c1: If sr > 0 Then cc = c2
ob.Line (x, y)-(ax, ay), cc
If i < ii2 Then
xx = coh(i + 1, 1, 1, 1, 1, 0) * dx
ob.Line (x, y)-(xx, y), c3
ob.Line (x, y - scall)-(xx, y - scall), c1
srl = coh(i + 1, 1, 5, 1, 1, 0) * ds / k
ayl = y + srl
ob.Line (x, ay)-(xx, ayl), c4
End If
Next i
a = 1000000
xx = coh(iil, 1, 1, 1, 1, 0) * dx
ob.CurrentX = xx: ob.CurrentY = y - scall
ob.Print scal / a: " MPa"

srma = cohinge(cxskel + 1, 1, 5, 1, 1, 0): srmi = cohinge(0, 1, 5, 1, 1,
0)
srmal = srma / a: srmil = srmi / a
x = 1: ob.CurrentX = x: ob.CurrentY = x
ob.Print "max = "; srmal: " MPa", "min = "; srmil: " MPa",

ob.Print "p = "; spress / a: " MPa", "f = "; sfrict

x = 1: ob.CurrentX = x
ob.Print "mod = "; cmod,
a = selast1 / selast: If cmod = 0 Then a = 1
ob.Print "E1/E = "; a: " (t = "; thickness * 1000; ")", "shape = ";
cshape;
ob.Print " tooth = "; sdel3 * 1000
End Sub

Attribute VB_Name = "GraphModule2"
DefSng A-H
DefSng O-Z
DefInt I-N

Public Sub dot31(ob As Object, x, y, r, ac)
c = RGB(0, 0, 255): ob.DrawWidth = 1
ob.Circle (x, y), r, ac
End Sub

Public Sub rectangle51(ob As Object, coh() As Single, ipop, ioo, iii)
'ob-объект печати-#рисунка,использует Sub dot3(x, y, r)
akx = 0.8
aky = 0.8 'масштаб по осям

r = coh(cxskel + 1, cyskel + 1, 1, ipop, ioo, iii) - coh(0, 0, 1, ipop,
ioo, iii)
z = coh(cxskel + 1, cyskel + 1, 2, ipop, ioo, iii) - coh(0, 0, 2, ipop,
ioo, iii)
dx = 100 / r
dy = 100 / z
If dy >= dx Then dy = dx
If dx > dy Then dx = dy

dx = dx * akx
dy = dy * aky
```

## А Қосымшаның жалғасы

```
rad = 2 / cxskel * 2
If rad < 0.5 Then rad = 0.3
c1 = RGB(0, 255, 0): c2 = RGB(255, 0, 0): c3 = RGB(0, 0, 0): c4 = RGB(0,
0, 255)
c5 = RGB(255, 255, 255)
cc = c2
For i = 1 To cxskel: For j = 1 To cyskel
il = i + 1: If i = cxskel Then il = 1

ax = coh(i, j, 3, ipop, ioo, iii) * dx: ay = coh(i, j, 4, ipop, ioo, iii)
* dy
x = coh(il, j, 3, ipop, ioo, iii) * dx: y = coh(il, j, 4, ipop, ioo, iii)
* dy
y = 100 - y
ay = 100 - ay
ob.DrawWidth = 1
ob.Line (x, y)-(ax, ay), cc
ac = c4
Next j: Next i
Call draw_srl(ob, coh, dx, dy, akx, aky)
End Sub

Public Sub draw_srl(ob As Object, coh() As Single, dx, dy, akx, aky)
k = 3
c1 = RGB(0, 255, 0): c2 = RGB(255, 0, 0): c3 = RGB(0, 0, 0): c4 = RGB(0,
0, 255)
c5 = RGB(255, 255, 255)

ii = mm_num(1, 4)
rad2 = coh(ii, 1, 2, 1, 1, 0)
For i = 1 To ncross:
ii = cm2 - ncross + i - 1:

z = coh(ii, 1, 1, 1, 1, 0): r = coh(ii, 1, 2, 1, 1, 0)
coresult(i, 1, 1) = z
coresult(i, 1, 2) = r

coresult(i, nicross, 1) = coresult(i, 1, 1)
coresult(i, nicross, 2) = rad2

a = rad2 - coresult(i, 1, 2)
aa = a / (nicross - 1)

For j = 2 To nicross - 1
coresult(i, j, 1) = coresult(i, 1, 1)
coresult(i, j, 2) = coresult(i, 1, 2) + aa * (j - 1)
Next j: Next i

For i = 1 To ncross
If i = ncross - 1 Then GoTo 1
If i = 2 Then GoTo 1
x = coresult(i, 1, 1) * dx
y = 100 - coresult(i, 1, 2) * dy
ax = x: ay = 0
cc = c1
ob.Line (x, y)-(ax, ay), cc

For k = 1 To 4
ax = coresult(i, nicross, 1) * dx
ay = 100 - coresult(i, nicross, 2) * dy
```

## А Қосымшаның жалғасы

```
a = 23 * k * аky

'масштабы
a1 = -spress
asd = 1 / 10000 / 6 'к-т уменьшения
adsp = 100000 * 3 'второе число
a2 = 0
If k <> 4 Then
asd = 1 / 100000 / 1.1 'f=0.015
adsp = 1000000
a2 = a1
End If

aax = x - 7: aay = ay - a - 3: ob.CurrentX = aax: ob.CurrentY = aay
If i = 1 Then
If k = 4 Then
ob.Print "tau= 0"
Else

If k = 1 Then ob.Print "s-r=";
If k = 2 Then ob.Print "ste=";
If k = 3 Then ob.Print "s-z=";
ob.Print a1 / 1000000
End If: End If

ob.Line (x, y - a)-(ax, ay - a), c3
bx = ax + adsp * asd
ob.Line (bx, y - a)-(bx, ay - a), c1
aax = bx - 2: aay = ay - a - 3: ob.CurrentX = aax: ob.CurrentY = aay

If i = 1 Then ob.Print (a2 - adsp) / 1000000

For j = 1 To nicross
cx = coresult(i, j, 1) * dx
cy = 100 - coresult(i, j, 2) * dy - a
s = -strresult(i, j, k)

If k <> 4 Then s = s + a1

ax = cx + s * asd
ay = cy
If j <> 1 Then ob.Line -(ax, ay), c4
ob.Line (cx, cy)-(ax, ay), c3

Next j

Next k
rad = 0.3: ac = c3

For j = 1 To nicross
x = coresult(i, j, 1) * dx
y = 100 - coresult(i, j, 2) * dy
Call dot3(ob, x, y, rad, ac)
Next j
1
Next i

x = 95: ob.CurrentX = x
y = 80: ob.CurrentY = y
ob.Print "mod = "; cmod
```

## А Қосымшаның жалғасы

```
a = 1000000
ob.CurrentX = x: ob.Print "p = "; spress / a; " MPa"
ob.CurrentX = x: ob.Print "f = "; sfrict
a = selast1 / selast: If cmod = 0 Then a = 1
ob.CurrentX = x: ob.Print "E1/E = "; a
ob.CurrentX = x: ob.Print " (t = "; thickness * 1000; ")"
ob.CurrentX = x: ob.Print "shape = "; cshape
ob.CurrentX = x: ob.Print "tooth = "; sdel3 * 1000

x = 70: ob.CurrentX = x
y = 1: ob.CurrentY = y
ob.Print "Эпюры напряжений , MPa"
End Sub
```

**РЕЦЕНЗИЯ**

Магистрлік диссертацияға  
(жұмыстың аты)

Сейдахметова Ақерке Нұржанқызына  
(магистранттың А.Ж.Т.)

7M07111 – Машиналар мен жабдықтардың цифрлық инженериясы  
(мамандық атауы және шифры)

Тақырыбы: Ұзақ жұмыс істеу үшін бұрғылау сорабының гидравликалық бөлігінің манжетті тығыздағышының параметрлерін зерттеу

1. Графикалық/демонстрациялық бөлімі 15 слайдта
2. Магистрлік диссертацияның жазбаша түсініктемесі - 50 бетте

Магистрант Сейдахметова Ақерке Нұржанқызы, бұрғылау саласындағы негізгі жабдықтың бірі – НБТ-600 бұрғылау сорабын таңдап, гидравликалық бөлігінің тез істен шығатын манжетті тығыздағышына зерттеу жүргізген.

Сораптың конструкторлық сызбалары, схемалары және характеристикасы көрсетілген.

Манжетті тығыздағыш ақаулықтарының себебін талдап, жұмыс жасау ұзақтығын арттыру үшін бірнеше техникалық шешімдер ұсынған.

Диссертациялық жұмыста модификацияланған М-типті манжеттер пакетін қолдануды ұсынып, оның технико-экономикалық тиімділігін қарастырған. Қазіргі жағдайда ерекше өзектілікке ие теориялық және іс жүзінде маңызды проблемаларды дербес, аяқталған зерттеу жүргізді деп санаймын.

Жалпы, магистранттың алдына қойған міндеттері толық көлемде және нормативті құжаттар талабына сай орындалған, ғылыми жаңалығы мен тәжірибелік мәні бар жұмыс болып табылады.

Диссертациялық жұмысқа айтарлықтай ескертулер жоқ.

**Жұмыстың бағасы**

Диссертациялық жұмыс жоғары ғылыми-әдістемелік деңгейінде орындалған, қойылған мақсаттар мен міндеттерге қол жеткізілді, мазмұны мен безендірілуі нормативтік құжаттардың талаптарына сай орындалған.

Магистрант Сейдахметова Ақерке Нұржанқызының біліктілігі мен ғылыми деңгейі «Техника ғылымдарының магистрі» атаққа лайық, ал оның диссертациясы – «92%» - пайызбен бағалауға болады.

**Рецензент**

МБА АО «АЗТМ» магистрі,  
коммерциялық директор

\_\_\_\_\_ Канатбаев М.А.

(қолы)

«01» маусым \_\_\_\_\_ 2022ж.



## Протокол

### о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

**Автор:** Сейдахметова Акерке Нұржанқызы

**Соавтор (если имеется):**

**Тип работы:** Магистерская диссертация

**Название работы:** Ұзақ жұмыс істеу үшін бұрғылау сорабының гидравликалық бөлігінің манжетті тығыздағышының параметрлерін зерттеу

**Научный руководитель:** Касым Елемесов

**Коэффициент Подобия 1:** 2.2

**Коэффициент Подобия 2:** 0.3

**Микропробелы:** 1

**Знаки из других алфавитов:** 4


**Интервалы:** 0

**Белые Знаки:** 0

**После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:**

- Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.
- Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.
- Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.
- Обоснование:

Дата 30.05.2022.  
Мухаммедова А.С.

 проверяющий эксперт

## Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

**Автор:** Сейдахметова Акерке Нұржанқызы

**Соавтор (если имеется):**

**Тип работы:** Магистерская диссертация

**Название работы:** Ұзақ жұмыс істеу үшін бұрғылау сорабының гидравликалық бөлігінің манжетті тығыздағышының параметрлерін зерттеу

**Научный руководитель:** Касым Елемесов

**Коэффициент Подобия 1:** 2.2

**Коэффициент Подобия 2:** 0.3

**Микропробелы:** 1

**Знаки из других алфавитов:** 4

**Интервалы:** 0

**Белые Знаки:** 0

**После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:**

Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

Обоснование:

Дата

03.06.22

Заведующий кафедрой

