

Қ.И.Сәтбаев атындағы қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

ӘОЖ 621.9:622.235(043)

Қолжазба құқығында

НУРЫМОВ ЕРЛИК КЫДЫРАЛИЕВИЧ

**Берік тау жыныстарынан құралған блокты тастарды бөлу кезіндегі
тесіктік қазбаларды механикаландырылған кесумен өңдейтін машина
параметрлерін әзірлеу**

6D071200 – Машина жасау

Философия докторы (PhD) дәрежесін алу үшін дайындалған диссертациясы

Ғылыми жетекші: техника ғылымдарының кандидаты,
қауымдастырылған профессор Елемесов К.К.
Қосымша ғылыми кеңесші: PhD доктор Нугман Е.З.

Шет елдік ғылыми жетекші: техника ғылымдарының
докторы, профессор Михайлов А.Н.

Қазақстан Республикасы
Алматы, 2023

МАЗМҰНЫ

НОРМАТИВТІК СІЛТЕМЕЛЕР	4
АНЫҚТАМАЛАР	5
БЕЛГІЛЕНУЛЕР МЕН ҚЫСҚАРТУЛАР	6
КІРІСПЕ	7
1 БЕРІК ТАУ ЖЫНЫСТАРЫНАН БЛОКТАРДЫ ӨНДІРУДІҢ ҚАЗІРГІ ЖАҒДАЙЫ	12
1.1 Берік тау жыныстарынан қапталған тас блоктарын өндірудің қазіргі жағдайы.....	12
1.2 Гранит блоктарына қойылатын техникалық талаптар.....	14
1.3 Тау-кен өндірісінің технологиялық процестеріндегі тесіктік қазба....	16
1.4 Патенттік материалдар бойынша блокты тасты беттік өңдеу және кесу кезінде берік тау жыныстарын қопару үшін от ағынды шілтерлерді қолдануды талдау.....	19
1.5 Берік тау жыныстарынан блоктарды өндіруге арналған машиналар мен жабдықтар.....	24
1.6 Зерттеудің мақсаттары мен міндеттері.....	30
1 тарау бойынша қорытындылар.....	31
2 ШІЛТЕРДІҢ ОТ АҒЫНЫМЕН ЖЫЛУ АҒЫНЫНЫҢ КОНЦЕНТРАЦИЯСЫНА БАҒЫТТАЛҒАН ТАУ ЖЫНЫСТАРЫНЫҢ КЕРНЕУЛІ-ДЕФОРМАЦИЯЛАНҒАН КҮЙІ	32
2.1 Гранитті блоктарын өңдеу және өндіру кезінде тау жыныстарын от ағынымен жару теориясы мен тәжірибесі.....	32
2.2 Гранит блоктарын кесуге арналған жоғары температуралы және жоғары жылдамдықты шілтердің жылу ағынының әсері.....	43
2.3 Тесік қазбаларды жүргізу кезінде отты ағынмен жару процесінің параметрлерін есептеу әдістемесі.....	47
2 тарау бойынша қорытындылар.....	50
3 БЛОКТЫ ТАСТАРДЫ АЛУ ҮШІН ТЕСІКТІК ҚАЗБАЛАРДЫ ЖҮРГІЗУГЕ АРНАЛҒАН ҚУАТТЫ ТЕРМОДИНАМИКАЛЫҚ ЖҰМЫС ОРГАНЫМЕН ЖАБДЫҚТАЛҒАН МАШИНАНЫҢ ЖАҢА ҚҰРЫЛЫМЫН ЖАСАУ	51
3.1 Тесіктік қазбаларын от ағынымен бөлу тәсілін жүргізуге арналған машинаны әзірлеуге қойылатын техникалық талаптар.....	51
3.2 Тесіктік қазбаларды кесуге арналған машинаның қозғалу механизмін есептеу және жобалау.....	57
3.3 Тесіктік қазбаларды кесуге және гранит карьерінде сынауға арналған машиналардың термодинамикалық жұмыс органының тәжірибелік үлгісін әзірлеу.....	60
3.4 Тесіктік қазбаларды кесуге арналған машинаның өнеркәсіптік үлгісінің кинематикалық және құрылымдық параметрлерінің теориялық негіздемесі.....	69

3.5 Екінші типтегі Лагранж теңдеулерін қолдануға негізделген әдіспен манипулятордың қозғалыс теңдеуін құру.....	73
3 тарау бойынша қорытындылар.....	84
4 ТЕСІКТІК ҚАЗБАЛАРДЫ КЕСУ МАШИНАСЫНЫҢ ПРОТОТИПІНІҢ КИНЕМАТИКАЛЫҚ ПАРАМЕТРЛЕРІН ТӘЖІРИБЕЛІК ЗЕРТТЕУ ЖӘНЕ ПЫСЫҚТАУ.....	86
4.1 Тесіктік қазбаларды кесуге арналған машинаны өндірістік сынау әдістемесі.....	86
4.2 Тесіктік қазбаларды кесуге арналған машинаның кинематикалық сипаттамаларын анықтау әдістемесі.....	88
4.3 Бензин-ауа термоқұралдарымен тесіктік қазбалардың параметрлерін әзірлеу.....	93
4.4 Қашықтан басқарылатын қуатты термодинамикалық жұмыс органымен жабдықталған машинаны тәжірибелік-өндірістік сынау.....	98
4.5 Гранит блоктарын механикаландырылған кесуге арналған термоқұралдарының негізгі параметрлерін таңдау.....	100
4.6 Тесіктік қазбаларды жүргізу кезінде от ағынымен қопару процесінің технологиялық параметрлерін бағалау.....	106
4.7 Машинаның және жұмыс органының жұмысын электржетек және қашықтан басқару жүйесін әзірлеу.....	109
4 тарау бойынша қорытындылар.....	113
ҚОРЫТЫНДЫ.....	115
ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ.....	118
ҚОСЫМША А.....	126
ҚОСЫМША Б.....	129
ҚОСЫМША В.....	130

НОРМАТИВТІК СІЛТЕМЕЛЕР

Осы диссертацияда келесі стандарттарға сілтемелер пайдаланылды:
«Диссертация мен авторефератты рәсімдеу жөніндегі нұсқаулық» ҚР
БҒМ Жоғары аттестаттау комиссиясы, № 377-3ж.

МЕСТ 7.32 - 2001. Ғылыми-зерттеу жұмысы туралы есеп. Рәсімдеу
құрылымы мен ережелері.

МЕСТ 7.1 - 2003. Библиографиялық жазба. Библиографиялық сипатта-
ма. Құрастырудың жалпы талаптары мен ережелері.

МЕСТ 8.417 - 81. Мемлекеттік өлшемдер біртұтастығын қамтамасыз
ету жүйесі. Физикалық шамалардың бірліктері

АНЫҚТАМАЛАР

Осы диссертацияда мынадай терминдер және тиісті анықтамалармен қолданылады:

Тесіктік қазбаларды жүргізуге арналған машина - манипуляциялық құрылғы.

Термоқұрал - тесік қазбаларды жүргізу кезінде тау жыныстарын бұзуға арналған құрылғы.

Тесіктік қазба - массивтен (жиым) блокты тасты алуға арналған тесік.

Жану камерасы, шүмек - ыстыққа төзімді болаттан жасалған термоқұралдың негізгі бөлшектері.

Манипулятор - жұмыс органын әртүрлі бағытта бағдарлауға арналған автоматты құрылғы.

Тау кендік қазба - жердің ішкі бөлігінде немесе бетінде жасалған жасанды қуыс.

Соққы толқыны - қоршаған ортада (газ, сұйық, қатты) қысымның секіруі немесе тез кеңейетін сығылған газдардың әсерінен болатын бұзылулар толқыны.

БЕЛГІЛЕНУЛЕР МЕН ҚЫСҚАРТУЛАР

ШПК - шпурды пайдалану коэффициенті.

БАТ-60 - бензо ауа термоқұралы.

ХАИ - Харьков авиациялық институты.

МТИ - Мәскеу тау-кен институты.

ГМИ - Геотехникалық механика институты.

АЖЖ - автоматтандырылған жобалау жүйесі.

КІРІСПЕ

Жұмыстың жалпы сипаттамасы. Қазақстан Республикасында әр түрлі құрамдағы және әр түрлі түсті граниттерден жасалған, қаптау және өнеркәсіптік бұйымдарды өндіруге жарамды құрылыс тастарының ірі қорлары бар. Бұл бірегей көкшіл-жасыл түсті Майгүл кен орнының амазониттік граниттері, Қордай және Ақбақай кен орындарының қызыл граниттері, Қайрақты кен орнының гранодиориттері, бірақ оларды өндіру және өңдеу саланың техникалық деңгейінің төмен болуына байланысты Италия, Бельгия, АҚШ, Англиямен салыстырғанда 3-4 есе артта қалып отыр. Достастық елдерінің халық шаруашылығында берік тау жыныстарының табиғи тастан жасалған бұйымдарына қажеттілігі тек 10 - 15% қамтамасыз етіп отыр, ал экспортқа сұраныс 5-10%.

Өнеркәсіптің тас өңдеу салаларын дамыту Қазақстан Республикасы экономикасының перспективалық міндеттерінің бірі ретінде қарастырылады, оны шешу озық технология мен жоғары өнімді жабдықты еңгізу есебінен мүмкін болады. Қазақ политехникалық институтында, Мәскеу тау-кен институтында, Харьков авиациялық институтында және т.б. институттарда әзірленген тау жыныстарын жоюдың отты жару (термиялық) әдісі пайда болғаннан кейін граниттерден берік тау жыныстарын өндіру және өңдеу технологиясында айтарлықтай прогреске қол жеткізілді. Гранит карьерлерінде кесу және кесу саңылауларына арналған термокескіштерді еңгізу гранит өндіру технологиясын түбегейлі өзгертті, бұл блокты тастың шығымдылығын 2 - 2,5 есе арттыруға және оның сапасын едәуір арттыруға мүмкіндік берді.

Жұмыс тәжірибесі ірі тас өндіру және тас өңдеу кәсіпорыны Ресей, Украина, Қазақстан, Узбекстанда пайдаланатын қол термоқұралымен тесіктік қазбаларды кесу және өңдеу, айтарлықтай блокты тастардың қорлары бар, оларды жетілдіру есебінен жану процестерін қарқындату, кесу процесін басқару.

Блокты тасты өндіруге арналған термоқұрал жоғары өнімділікке, төзімділікке және жұмыста сенімділікке ие, себебі оның бұзылатын бетімен байланысы жоқ, бірақ қолмен термоқұралдармен өңдеу әдісін қолданған кезде жұмысшы мен қоршаған орта қыздырғыштың күшті аэродинамикалық шуына ұшырайды.

Тесіктерді кесу процесін қашықтан басқаратын мамандандырылған термоагрегаттарды құру қол еңбегін толық механикаландыруға, жұмысшы мен қоршаған ортаны шудан қорғауға, өнімділік пен жұмыс қауіпсіздігін арттыруға мүмкіндік береді.

Дегенмен, механикаландырылған термоагрегаттарды жобалау тәжірибесінде бірқатар шешілмеген мәселелер бар, атап айтқанда: газ ағындарын бағдарлаудың әртүрлі әдістерімен және жойылатын жыныстардың физикалық-механикалық қасиеттерімен тау жыныстарының жойылу механизмін зерттеу; кесудің ұтымды технологиялық параметрлерін және термоагрегаттардың құрылымдық параметрлерін анықтау; әзірлеу тиімді

жұмыс органдарының термо агрегаттарды іске асыратын отын қоспасының жаңа жану әдістері; жұмысшылардың қалыпты санитарлық-гигиеналық жағдайларын қамтамасыз ету.

Демек, тау жыныстарын отпен қирату процесінің тиімділігін арттыру, блокты тасты механикаландырылған кесу технологиясын жетілдіру, оны шешу, термиялық қирату әдісінің тиімділігін арттыру **өзекті міндет** болып табылады.

Жұмыстың мақсаты берік тау жыныстарынан құралған блокты тастарды бөлу кезіндегі тесіктік қазбаларды механикалық кесуге арналған машинаның параметрлерін әзірлеу болып табылады.

Жұмыс идеясы - тау-кен өндірісінің өнімділігін арттыруға және процесті механикаландыруға мүмкіндік беретін тесікті кесу машинасының параметрлерін таңдау және негіздеу болып табылады.

Мақсатқа байланысты келесі зерттеу міндеттері тұжырымдалған:

- берік тау жыныстарынан блокты тасты өндіру кезінде тесік қазбаларды жүргізуге арналған машиналарды құрастыру саласындағы қазіргі заманғы жетістіктерді талдау;

- от ағыны термоқұралдарымен тау жыныстарын қирату механизмін талдау;

- тесік қазбаларды кесуге арналған манипуляциялық құрылғының кинематикалық және конструктивтік параметрлерін әзірлеу;

- тесік қазбаларын кесу үшін от ағынымен жұмыс органын таңдау және негіздеу;

- тесік қазбаларға арналған машинаның (манипуляциялық құрылғы) кинематикалық және конструктивтік параметрлерін тәжірибелік пысықтау;

- бензин-ауа от ағынды жұмыс органымен тесік қазбаларын жүргізудің режимдік параметрлерін орындау;

Зерттеу нысаны: блокты тастарды бөлу кезінде тесік қазбаларды жүргізу.

Зерттеу пәні: механикаландырылған қондырғылардағы тесіктерді кесу технологиясы.

Зерттеу әдістері. Зерттеу нәтижелері тозу теориясының теориялық және практикалық ережелерінен; серпімділік және икемділік теорияларынан; экспериментті жоспарлау және статистикалық деректерді өңдеу теорияларынан алынған. Жұмыста стандартты әдістерді қолдана отырып, бензин-ауа термиялық құралдарымен тесіктік қазбаларын технологиялық қамтамасыз етудің теориялық және тәжірибелік әдістері қолданылды. Тәжірибелік зерттеулер стендтік жағдайларда бірегей әдістемелер мен заманауи өлшеу жабдықтарын қолдана отырып, қолданыстағы жабдықта жүргізілді.

Жұмыстың ғылыми жаңалығы келесідей:

- тау жыныстарының қыздырылған қабатын қирату шарты табылды $0,063 \frac{E\alpha T_s}{1-\mu} \geq \sigma^p$, сызықты анықтауға мүмкіндік береді $v_{сыз} = c q_{max.сум}$ және бойлық

бұзылу жылдамдығы $v_{бой} = q_{max} \frac{\sqrt{\pi}}{\sqrt{k}} c z^{-1}$, сонымен қатар, бұзудың көлемдік

өнімділігі $W = cq_{\max_{\text{сум}}} L \frac{\sqrt{\pi}}{\sqrt{k}}$ үш шаманың көбейтіндісіне байланысты: $c, q_{\max}, \frac{\sqrt{\pi}}{\sqrt{k}}$ және L ;

- тесіктік қазбаларды кесуге арналған машинаның өнеркәсіптік үлгісінің кинематикалық және конструктивтік параметрлерінің теориялық негіздемесі орындалды, нәтижесінде буындардағы бұрыштар мен қозғалыстардың векторлары орнатылып, матрицалық формада манипулятордың қозғалыс теңдеулері жасалды, шығу буынының берілген позициясы бойынша манипулятор механизмінің жалпыланған координаттарын анықтау мәселесін және позициялық басқару кезінде осы манипуляторды бағдарламалау мәселесін шешуге мүмкіндік береді.

- қуатты термодинамикалық жұмыс органы бар тесік қазбаларды кесуге арналған машина жасау, жанарғының газ ағынын бұзылу аймағына механикаландырылған біркелкі беру арқылы термоқұралдың рұқсат етілген қабілетін арттыруға мүмкіндік береді, ал тесіктік кесу жұмыс процесін қашықтан басқару өнімділікті арттырады, жұмыс және қоршаған ортаны оттық шуының зиянды әсерінен қорғайды.

- тәжірибелі түрде белгіленген, w от ағынымен қирату көлемдік өнімділіктің отты кесу қашықтығынан L қыздыру нүктесіне дейін және алаудың осы бөлігінде өзінің максималды мәніне жетеді, мұндағы жылу ағыны максималды, ал отын компоненттерінің шығыны артқан сайын қашықтық артады, ал бұзылу тереңдігінің тәуелділігі h бойлық жылдамдықтан $v_{\text{бой}}$ қозғалыстар монотонды кему сипатына ие, яғни, қозғалыс жылдамдығының жоғарылауымен қирау тереңдігі төмендейді.

Жұмыстың теориялық маңыздылығы тесік қазбаларды кесу кезінде тау жыныстарын от ағыны процесінің негізгі параметрлерін ғылыми негіздеуден тұрады; дыбыстан жоғары оттық ағынында соққы толқынында отын қоспасын жағудың жаңа түрін жүзеге асыратын жылу құралының жаңа құрылымын әзірлеуде, Лаваль шүмегімен эжекциялық саптаманың цилиндрлік қуысына ағып кетеді, термоқұрал түрінде жасалған қуатты жұмыс органымен жабдықталған машинаның (манипулятордың) жаңа құрылымын параметрлерін әзірлеу.

Жұмыстың практикалық құндылығы:

- қыздырғыштар жұмысының конструктивтік және режимдік параметрлерін талдау нәтижелері бойынша БАТ-60, БАТ-80А термоқұралдарының тәжірибелік үлгілері әзірленді және дайындалды, өндірістік сынақтардан өткен және тесіктік қазбаларын жүргізу кезінде блокты тасты механикаландырылған кесуге арналған жұмыс органы ретінде ұсынылған машиналар;

- тесіктік қазбаларын кесуге арналған термоқұралдардың конструкциясы мен жұмыс режимдеріне тәжірибелік аяқтау жүргізілді, термоқұралдарын жобалаудың ұтымды параметрлерін және олардың режимдік жұмыс параметрлерін орнатуға мүмкіндік береді;

- жанармай компоненттерінің жану толықтығын қамтамасыз ететін үнемді шығыны;

- қиратылатын жыныстың максималды бұзылуын қамтамасыз ету;

- сыналанусыз термоқұралдың еркін өтуі үшін кесілетін саңылаудың қажетті енін қамтамасыз ету;

- қуатты термодинамикалық жұмыс органымен жарақтандырылған тесік қазбаларды кесуге арналған машинаға сынақтар жүргізілді, машинаның көлденең жетегі қыздырғыштың от ағыны қозғалыс жылдамдығының өзгеруін 0,003...0,015 м/с аралығында қамтамасыз етеді, бұл жағдайда тесікті өндіруден алынған параметрлері әр түрлі болады 0,07...0,09 м саңылау ені және ойық қазбаның тереңдігі 0,07...0,09 м;

22/24 мм саптамасы бар БАТ-80А термоқұралы, сынақтар нәтижесінде жоғары сенімділік көрсетті, оңай іске қосу, сәтсіздік өнімділігі қолданыстағы термо кесу конструкцияларынан 2,5-3 есе асып түседі, бұзылу бойынша көлемдік өнімділік 2500 см³/мин-ден 10000 см³ / мин-ге дейін болды;

- жүргізілген жұмыстардың нәтижелері бойынша 15.04.2015 ж. № 29758 инновациялық патент алынды. Екі шүмегі бар тасты кесуге арналған термиялық кескіш және 15.10.2015 ж. №30458. Тасты кесуге арналған термиялық кескіші бар тік құбыр беру құрылғысы.

Қорғауға шығарылатын негізгі ғылыми ережелер:

- қирау процесінің теориялық моделі кернеулі деформацияланған күйдің параметрлерін табуға және қыздырылған қабаттың қирау критерийін алуға мүмкіндік береді, оған сәйкес машинаның (оттықтың) жұмыс органының тесік қазбасы бойымен қозғалысының технологиялық параметрлері анықталады;

- тесіктік қазбаларды кесуге арналған машинаның өнеркәсіптік үлгісінің кинематикалық және конструктивтік параметрлерінің теориялық негіздемесі, тұтас бұрыштар мен қозғалыстардың векторларын орнатуға, матрицалық түрде манипулятордың қозғалыс теңдеулерін жасауға мүмкіндік береді, шығу буынының берілген позициясы бойынша манипулятор механизмінің жалпыланған координаттарын анықтау позициялық басқару кезінде манипуляторды бағдарламалауға мүмкіндік береді;

- қуатты термодинамикалық жұмыс органы бар тесік қазбаларды кесуге арналған машинаны құру, жанарғының газ ағынын бұзылу аймағына механикаландырылған біркелкі беру арқылы термоқұралдың деструктивті қабілетін арттыруға мүмкіндік береді, тесіктерді кесу жұмыс процесін қашықтан басқару өнімділікті арттырады, жұмыс пен қоршаған ортаны қыздырғыш шуының зиянды әсерінен қорғайды.

Ғылыми ережелердің, тұжырымдар мен ұсынымдардың негізділігі мен дұрыстығы расталады:

- Қазақстан мен ТМД елдерінің тау-кен кәсіпорындарында берік тау жыныстарынан гранит блоктарын өндіру кезінде тесік қазбаларды жүргізу бойынша өндірістік деректер мен эмпирикалық материалдардың үлкен көлемін талдау;

- машина жасау технологиясының негізгі ережелері мен әдістерін, теориялық механиканы, серпімділік пен икемділік теориясын және газодинамика мен термо серпімділік теориясын қолдану, электронды есептеуіш машинамен есептерді шешу;

- тесік қазбаларды кесуге арналған машинаның технологиялық параметрлеріне математикалық модельдеу және тәжірибелік зертханалық зерттеулер жүргізу;

- теориялық және эксперименттік зерттеулер нәтижелерінің жинақтылығын анықтау арқылы.

Жұмыс нәтижелерін іске асыру. Зерттеу нәтижелері өндіріске «Кристалл» АҚ және «Титушин» ЖК (Қазақстан) тас өндіру және тас өңдеу карьерлері мен тасты өңдеу зауыттарын енгізу үшін берілді және Қ.И. Сәтбаев атындағы ҚазҰТЗУ – да 5В071200 – «Машина жасау» мамандығы бойынша бакалаврларды даярлау кезінде оқу процесінде пайдаланылды.

Жұмысты апробациялау. Диссертацияның негізгі ережелері мен зерттеу нәтижелері «Заманауи материалтану тәжірибе, мәселелер және даму перспективалары» халықаралық ғылыми-практикалық конференциясында баяндалды және талқыланды (Алматы, 2015ж); XII Халықаралық сырттай ғылыми-практикалық конференцияда: «XXI ғасырдағы ғылымды дамыту» (Харьков, 2016ж), «XXI ғасырдағы Машина жасау және техносфера» XXIII халықаралық ғылыми-техникалық конференциясында (Донецк, 2016ж).

Автордың жеке үлесі. Бұл жұмыстың барлық кезеңдеріне тікелей қатысудан тұрады: зерттеудің нақты мақсаттары мен міндеттерін қою кезінде; зерттеу әдістемелерін таңдауда; тесік қазбаларын кесуге арналған машинаның геометриялық және конструктивтік параметрлерін бағалауда; термоқұралдардың жаңа конструкцияларын әзірлеуде; компьютерлік техниканы қолдана отырып, тау жыныстарының кернеулі-деформацияланған жай-күйі мәселелерін шешу; жаңа термоқұралдардың тесік қазбалары мен конструктивті элементтерін жүргізу технологиясын тәжірибелік пысықтауда; зерттеу нәтижелерін талқылауда; диссертация тақырыбы бойынша ғылыми мақалалар әзірлеуде; өнертабысқа өтінімдер дайындауда.

Жариялынымдар. Диссертациялық жұмыстың негізгі нәтижелері 14 баспа жұмыстарында жарияланды, оның ішінде ҚР БҒМ БҒСБК ұсынған журналдардағы 4 мақала; 1 Халықаралық конференциялардағы жарияланымдар, оның ішінде 7-шетелдік; 2-мақала Scopus дерекқорында.

Жұмыс құрылымы мен көлемі. Диссертация 130 бетте көрсетілген кіріспеден, төрт бөлімнен және қорытындыдан тұрады, 39 сурет, 8 кесте, пайдаланылған 115 дереккөздер мен қосымшалардың тізімінен тұрады.

1 БЕРІК ТАУ ЖЫНЫСТАРЫНАН БЛОКТАРДЫ ӨНДІРУДІҢ ҚАЗІРГІ ЖАҒДАЙЫ

1.1 Берік тау жыныстарынан қапталған тас блоктарын өндірудің қазіргі жағдайы

Қаптау тасының кен орындарын игеру тау-кен кәсіпорындарының арнайы тобына осындай карьерлерді бөлуге мүмкіндік беретін бірқатар ерекшеліктерімен ерекшеленеді. Мельников Н.В. [1, 2] атап өткендей, бұл ерекшеліктер:

- тасты өндіру процесінде оның негізгі сапалық көрсеткіштерін сақтау қажеттілігі (яғни беріктігі, бұлттылығы және сәндік қасиеттері);
- тас блоктарын кенжар бөлудің, оларды тиеудің, тасымалдаудың және карьерден көтерудің арнайы әдістерін қолдану;
- кен орындарын ашу әдістері мен игеру жүйелерінің ерекше нұсқаларын қолдану.

Бірінші ерекшелік карьерлердің блокты тасты өндіру бойынша жұмысының ерекшелігін анықтайды. Ол құрылғыға да, өндіру жұмыстарын ұйымдастыруға да жағдай жасайды. Барлығы тастың тұтастығын сақтауға бағынады. Карьерлердің тәжірибесі көрсеткендей, минералдардың жарықтары мен микро бағдарларын дұрыс қолданған кезде де, тау массасынан ірі блоктардың шығуы сирек 25-30% - дан асады, ал тау жыныстарының қалған бөлігі үйінді тастар, шамамен және ұсақ блоктар болып табылады. Карьердегі жұмысты ұйымдастыруда массив құрылымының анизотроптылығын білу үлкен маңызға ие, оны әзірлеу әдістері мен бағытын таңдау кезінде ескеру қажет. Массив құрылымының анизотроптылығы граниттерде байқалады [2, 3], бұл тастың белгілі бір бағыттар бойынша бөлінуін жеңілдетеді.

Ірі жарылмаған блоктарды алуға арналған тас өнеркәсібінің талаптары арнайы әзірлеу әдістерін қажет етеді.

Жарық тасты өндіруде кеңінен қолданылатын бризантты жарылғыш заттарды қолдану, мұнда ол толығымен алынып тасталады, өйткені жарылыс кезінде пайда болатын жоғары қысым тау жыныстарының массивінде кеңінен таралады және қолданыстағы және жаңа жарықтардың пайда болуына әкеледі.

Беткі тас карьерлерінде жарылғыш заттарды, негізінен қара ұнтақты лақтыратын заттар қолданылады. Тас блоктарының үлкен қауіпсіздігіне жарылғыш заттарды қолданбай блоктарды бөлу әдістерін қолдану арқылы қол жеткізіледі. Бұл дискілік және тас кесетін бар машиналарды, арқан араларды қолдану әдістері.

Алайда, тас кесу техникасы әктас, мәрмәр, туфа сияқты жұмсақ жыныстарды дамытуда тиімді қолданылады және гранит түріндегі берік жыныстарды жасауда тиімсіз немесе мүлдем қолданылмайды.

Соңғы уақытқа дейін гранит блоктарын өндірудің негізгі әдісі бұрғылау жарылғыш болып табылады. Блоктарды өндіру екі кезеңде жүзеге асырылады: басында үлкен монолит массивтен бөлінеді, содан кейін ол қажетті мөлшердегі блоктарға кесіледі. Монолитті бұзу әдетте бұрғылау-жару әдісімен жүзеге

асырылады. Монолитті қопару алдында үш жазықтықта ашылады. Көптеген карьерлерде монолитті кесу бурсыналы әдісімен жүзеге асырылады.

Өндіріске енгізілген гранит массивіндегі тесіктік қазбаларды жер үсті өңдеудің және ұңғыманың термиялық тәсілі бұрғылау-жару жұмыстарының тиімділігін едәуір арттырды. Опыруға дайындалған монолитті қосымша ашу мүмкіндігі пайда болды. Массивтегі тесік қазбаларды термиялық ұңғыманы қолдана отырып, монолитті қопару төрт жазықтықта ашық болған кезде жүзеге асырылады. Опыруға дайындалған монолит бір тік және көлденең жазықтықтардың массивімен байланысты болып қалады. Сонымен қатар, көлденең жазықтық табиғи көлденең тесіктің өтетін жерінде таңдалады. Мұндай технологиялық кесу схемасы тастың тұтастығын сақтауға ықпал етті, блоктардың шығымы 25-40% дейін өсті. Алайда, технологияның негізі табиғи көлденең жарықтардың болуы болып қала береді [4, 5, 6, 7].

Гранитті массивтердегі тесік қазбаларды қазудың негізгі құралы қол бензин-ауа қфздрфғыштары болып табылады. Мұндай қыздырғыштар тесік қазбаларын тік бағытта өткізеді [8, 9, 10].

Қазбалардың тереңдігі негізінен 1,5-3 метрді құрайды, дегенмен 5 немесе одан да көп метр тереңдікте тесік қазбаларды қазу мысалдары белгілі, бірақ массивтің тереңдігінде қолмен қыздырғыштармен қазбаларды қазу қиын, оларды басқару қиынға соғады.

Харьков авиациялық институты мен Қазақ политехникалық институтында бензин-ауа қыздырғыштарының негізінде тас кесетін машиналар жасау бойынша жұмыстар жүргізілді [11, 12, 13, 14, 15], осы уақытқа дейін бірнеше себептер бойынша қолданыс таппаған.

Бірқатар ұйымдар бұрғылау және жару жұмыстарын жетілдіру бойынша жұмыстар жүргізуде. Жарылыстың жарықшақ түзілуінің өсуіне әсерін басу мақсатында блокты тасты өндіру кезінде бұрғылау-жару жұмыстарының технологиясы пысықталуда. Ғылым академиясының АН ГрузССР Цулукидзе атындағы тау-кен механика институты мен Қарағанды политехникалық институтының осы бағыттағы жұмысы ерекше назар аударуға тұрарлық.

Шетелде гранит блоктарын өндіру технологиясы отандық кәсіпорындардағыдай деңгейде. АҚШ-та тесіктік қазбаларды термиялық үңгілеумен қатар «Ченнелер» соққы әсерінің құбырлы машиналары қолданылады. Барлық шетелдік тау-кен компаниялары бұрғылау жұмыстарын механикаландыруға көп көңіл бөледі.

Гранит блоктарын бөлшектеу және тарату бойынша жұмыстарды жүргізу кезінде сызықтық және координаталық бұрғылау станоктары бұрғылау жұмыстарының көлемін ұлғайтуға мүмкіндік береді, бұл өндірілетін блоктардың сапасын арттыруға ықпал етеді. ГФР-да, АҚШ-та, Швецияда, Италияда бурсыналы колкадағы ең көп еңбекті қажет ететін операциялардың бірін - сыналарды соғуды механикаландыру міндеті шешілді. Жасалған гидросыналы қондырғылары бұл мәселені толығымен шешеді. Гидросыналы қондырғыларын қолдана отырып, бурсыналы әдіс өзінің тиімділігі мен жұмыс қабілеттілігі бойынша бұрғылау-жару деңгейіне дейін көтеріледі. Алайда, егер

бурсыналы өндіру әдісі таңдалған монолиттің жақсы сақталуына ықпал етсе, онда ол монолиттің табанға ауысуы мағынасында тиімді емес. Екі әдістің тиімділігі көбінесе массивтің табиғи жарылу жағдайына байланысты. Сондай-ақ, монолитті кесуге дайындау (яғни оның әсер ету дәрежесі) [16, 17, 18, 19].

Емельянов (Украина) гранит карьерінде өндірудің қабылданған технологиялық схемасы назар аударуға тұрарлық. Мұнда қопару алдында монолит бес жазықтықта ашылады. Сынуға дайындалған монолит массивке тек көлденең жазықтықпен байланысты. Қопару бұрғылау-жару тәсілімен жүргізіледі. Осылайша, массивтен 100-150 м³ көлеміндегі монолит 4-5 м биіктікте кесіледі. Болашақта кенжардағы монолит бурсыналы әдісімен блоктарға бөлінеді. Осы технологиямен Емельянов карьеріндегі блоктардың шығуы жалпы өндірілген массаның 50-60 % - на дейін көтерілді. Тесік қазбалардың меншікті ұңғымасы өндірілген блоктың 1 м³ үшін 0,6-0,7 м² құрайды. Тесіктік қазбалары бензин-ауа қыздырғыштарымен өтеді.

«Возрождение» (Ленинград облысы) ең қуатты гранит карьері. Бұл карьердегі блоктарды өндіру бұрғылау-жару әдісімен жүзеге асырылады. Басында биіктігі 8-10 м болатын үлкен массив бөлінеді, алдыңғы жағында ұзындығы 80-120 м және ені 10-15 м. Қопару алдында массив үш жазықтықтан ашық болады. Қопару массиві бурсыналы әдісімен блоктарға бөлінеді. Сондай-ақ, карьерлік операцияларға кесілген бұйымдарға дайындамаларды дайындауға байланысты жұмыстар кіреді. Сонымен қатар, дайындамалардың көлемі өндірілген тастың бүкіл көлемінің үлкен пайызын алады. Карьер жүк көтергіш жабдықпен жабдықталған, оның негізі 25 тонналы крандар. Бұл өте үлкен блоктарды өндіруге мүмкіндік береді. Блоктардың шығу пайызы өте жоғары және шамамен 20-25% құрайды және жыртылған тас үйіндіге жиналады, ол жерден мезгіл-мезгіл ұнтақтағыштарға жіберіледі.

Мұнда ең жақсы шетелдік карьерлерде гранит блоктарын өндірудің мысалдары келтірілген: «Возрождение» карьері бұрғылау-жару өндіру технологиясы ұйымдарының ең жақсы үлгісі болып табылады, Емельянов карьерінде тесік қазбалардың термиялық ұңғымасы ең кең қолданылады.

Алайда, Қазақстанның гранит карьерлерінің көпшілігінде тұрақтандырылған өндіру технологиясы жоқ, бұл ішінара гранит кен орнының өзімен, ал көбіне карьердің тиімді жұмысын қамтамасыз ететін сенімді құралдардың болмауымен түсіндіріледі. Гранит карьерлерінің көпшілігі тас өңдеу өнеркәсібінің талаптарына сай емес сапасыз блоктарды шығарумен сипатталады.

1.2 Гранит блоктарына қойылатын техникалық талаптар

Гранитті карьерлердің негізгі тауарлық өнімі қаптау бұйымдарын аралауға жарамды блоктар болып табылады. Блоктардың өлшемдері мен сапасы МЕСТ 9479-98 арқылы реттеледі. Аралау үшін қолданылатын жабдыққа байланысты блоктар екі түрге бөлінеді:

- рамалық, арқан және таспалы аралармен кесілген;
- дөңгелек арамен кесілген.

Негізінен гранит блоктары әртүрлі станоктармен кесілген, осыған сәйкес карьерлердің негізгі өнімдері бірінші типтегі блоктар болып табылады. Рамалық станоктарда аралау кезінде блоктың мөлшеріне талап қойылады. Аралау станоктарының жүктемесі, сондай-ақ қаптау өнімдерінің блок көлемінің бірлігіне шығуы көбінесе блоктардың өлшемдеріне байланысты.

Мәселен, «Қазмрамор» комбинатының аралау цехында көлемі 2 м^3 -тен асатын блоктарды аралау кезінде қалыңдығы 60 мм-ден 1 м^3 -ке 2-2,5 есе артық, $0,9-1 \text{ м}^3$ блоктарды аралау кезіндегіге қарағанда. Осыған байланысты сала блоктың көлеміне байланысты сатып алу бағаларын анықтау арқылы ірі блоктарды өндіретін карьерлерді ынталандырады - блок неғұрлым үлкен болса, соғұрлым 1 м^3 -тің бағасы жоғары болады. Сала көлемі 3 м^3 дейінгі блоктарды аралауға қабілетті аралау станоктарын әзірлеу жөнінде шаралар қабылдайды. Жаңа мемлекеттік стандарттарда бұрынғы стандарттарда болмаған $5-8 \text{ м}^3$ ірі блоктар тобы көзделген.

Екінші жағынан, жаңа мемлекеттік стандарт блоктардың беткі қабаты мен сапасына қойылатын талаптарды біршама төмендетті. Стандарт сенімді өндіру құралдарының болмауы бойынша карьерлер жағдайының шындығын ескереді. Алайда, МЕСТ 9479-98 бойынша 2.5-тармақта мемлекеттік сапа белгісі берілетін блоктарға неғұрлым жоғары талаптар көзделген. Бұл беткі тас блоктарын өндірудің жаңа құралдарымен дамыту қол жеткізуге болатын тау-кен өнеркәсібінің бағыты. Ескі стандарттардан айырмашылығы, жаңасы IV және V топтағы ұсақ гранит блоктарын шығаруды қарастырады, бұл $0,01$ -ден 1 м^3 -ге дейінгі блоктар. Оларды қаптау тақталарына кесу қисынсыз. Мұндай блоктар тас кесетін цехтар үшін негізгі материал болып табылады, өйткені олардан сыртқы қаптау өнімдері жасалады: жабын плиталары, баспалдақтар, парапет, борттық тас және т. б. Кесілген өнімдер өндірілген гранит блоктарының жартысынан көбін тұтынады. Осы стандартта 4 және 5-топтардың блоктарын көздей отырып, ұсақ гранитті блоктарды шығару ретке келтіріледі. Бұл сапа, пішін және өлшем бойынша техникалық талаптарды көлемі $0,9 \text{ м}^3$ -тен аз блоктарға ретке келтірудің алғашқы әрекеті. Алайда, біздің ойымызша, МЕСТ 9479-98 5-ші тобының блоктарына қойылатын талаптар тас өңдеу өнеркәсібінің нақты жағдайына сәйкес келмейді. Іс жүзінде көлемі $0,01$ -ден $0,4 \text{ м}^3$ -ке дейінгі 5-ші топтың блоктары шығарылатын бұйымдардың көлеміне (парапет, жабын плитасы) сәйкес келеді. Бұл блоктардың өлшемдеріне қойылатын талаптар белгілі бір өнім үшін дайындамамен бірдей болуы мүмкін. Бұл қазір болып жатқан қос операцияны жоққа шығарады. Басында карьерде тікбұрышты пішінді блокқа бере отырып, соққылар жасалады. Кейіннен тас өңдеу зауытында осы блоктан бұйымға арналған дайындама кесіледі. Жетілдірілген гранит карьерлерінде бұл жағдай ескеріліп, карьердің өндірістік бағдарламасына шағын блоктар емес, өнімдерге арналған дайындамалар енгізіледі. Көптеген карьерлер дайындамаларды шығара бастауы қиын, өйткені кесілген өнімдердің негізгі бөлігі мемлекеттік стандарттарға ие емес. Өнеркәсіптің тас өңдеу салаларын дамыту Қазақстан Республикасы экономикасының перспективалық міндеттерінің бірі ретінде қарастырылады,

оны шешу озық технология мен жоғары өнімді жабдықты енгізу есебінен мүмкін болады.

Қазақ политехникалық институтында, Мәскеу тау-кен институтында, Харьков авиациялық институтында және т.б. институттарда әзірленген тау жыныстарын жоюдың отты жару (термиялық) әдісі пайда болғаннан кейін граниттерден берік тау жыныстарын өндіру және өңдеу технологиясында айтарлықтай прогреске қол жеткізілді. Гранит карьерлерінде кесу және кесу саңылауларына арналған термоекескіштерді енгізу гранит өндіру технологиясын түбегейлі өзгертті, бұл блокты тастың шығымдылығын 2 - 2,5 есе арттыруға және оның сапасын едәуір арттыруға мүмкіндік берді. Бензин-ауа термоекескіш тас өңдеу өнеркәсібінде ең көп таралған. Бензин-ауа қыздырғыштары мен олардың қуат жүйесі құрылғы мен техникалық қызмет көрсетудің қарапайымдылығымен ерекшеленеді.

Жанармай, тотықтырғыш және салқындатқыш суды берудің күрделі жүйелерінің орнына, керосин-оттегі қыздырғыштарын пайдаланған кездегідей, ауа компрессоры, жанармай құятын ыдыс және термоекескіш пайдаланылады. Осылайша жұмыс істейтін термоөткізгіштер ауаның бір бөлігін шүмекті салқындатуға жұмсайды, оны атмосфераға шығарады, бұл құрылғының тиімділігін төмендетеді. Аталған кемшілікті жою мақсатында термоқұралдың жаңа конструкциясы әзірленді. Жанармайдың тотығу процесінде берілген барлық ауаны пайдалану арқылы оның тиімділігі мен өнімділігі артады. Ұсынылған схема бойынша ауа алдымен негізгі және аралық (қосымша) қаптамалар арасындағы саңылау арқылы шүмекті салқындату үшін беріледі, содан кейін жану камерасын салқындатады. салқындату шүмегі аппараты және жану камерасында ауа қосымша қызады, содан кейін жану процесіне қатысады, алаудың жылу физикалық параметрлерін арттыра отырып.

1.3 Тау-кен өндірісінің технологиялық процестеріндегі тесіктік қазба

Берік тау жыныстарын қопару көбінесе бұрғылау-жару әдісімен жүзеге асырылады, бұл өте жоғары техникалық-экономикалық көрсеткіштер мен жұмыстың қанағаттанарлық сапасын қамтамасыз етеді. Әдістің кемшіліктері қоршаған тау жыныстарына жоғары динамикалық әсер етуді қамтуы керек, бұл тау жыныстарында айтарлықтай жарықтар пайда болуына әкеледі. Тіпті салыстырмалы түрде аз қуатты жарылғыш заттарды қолданылған контурлық жару әрқашан қажетті нәтиже бермейді, әсіресе үлкен тереңдікте тау-кен жұмыстарын жүргізу жағдайында, тау жыныстарының жарылуы, тау жыныстарының атылуы және т.б. сияқты жағымсыз процестер орын алған кезде. Құрылыс тау-кен жұмыстарының блокты тастарын өндіруде және кәсіпорынды қайта құру кезінде бетон және темірбетон нысандарын бұзуда жарылыс жұмыстары өте мұқият қолданылады.

Кішігірім ені (0,15 м-ге дейін), кез-келген бұзылу әдісімен алынған едәуір ұзындық пен тереңдіктегі тесіктік қазбаларды қолдану, сонымен қатар тесіктік қазбаларды қолдану төмен шығындар мен жұмыстың жоғары өнімділігін береді, Дегенмен кейбір технологиялық процестерде бұл факторлар анықтаушы

емес, сондықтан олар орындалған жұмыстың белгілі бір сапасын қамтамасыз ете алады. Жұмсақ және орташа беріктігі бар құрылыс жыныстарының блокты тастарын өндіру кезінде механикалық қирату машиналары - қатты қорытпалардан немесе алмастардан жасалған кескіш жұмыс органдары бар дискілер, барлар, арқан машиналары отандық және шетелдік тәжірибеде кеңінен қолданылды.

Мұндай машиналардың көмегімен мәрмәр, әктас, қабық, туф және т.б. блоктар өндіріледі, ал саңылаулар ені 1...4 см және шын мәнінде өндірілген блоктың барлық алты жазықтығын құрайды. Бұл жағдайда блок қосымша жарықтар арқылы бұзылмайды, дұрыс параллелепипед түрінде болады.

Блокты кесу машиналарының өнімділігі өндірілген тау жыныстарының беріктігіне (қаттылығына) және кесу құралының түріне байланысты және саңылау жазықтығының 1-ден 5 м²/сағ аралығында болады. Бұл өнімділік көптеген тау-кен кәсіпорындары үшін жеткілікті және салыстырмалы түрде арзан блоктар алуға мүмкіндік береді. Гранит, габбро, құмтас, диабаз және т.б. сияқты күшті тау жыныстарының блоктарын өндіруге қатысты күрделі жағдай. Мұнда тек механикалық гауһар құралдар жеткілікті жоғары өнімділікті қамтамасыз ететін саңылауларды қазуға жарамды. Мұндай құралдарды кеңінен қолдану гауһар тастардың жетіспеушілігі мен қымбаттығына, дискінің диаметрінің 1/3 бөлігінен аспайтын саңылауларды кесу мүмкіндігіне, құралды салқындату үшін көбірек су беру қажеттілігіне және үлкен диаметрлі дискілерді жасаудағы техникалық қиындықтарға байланысты қиын.

Шетелдік тәжірибеде төмен кварцты күшті жыныстар үшін термиялық сыну әдісінің орнына сынудың соққы әдісіне негізделген тесіктерді тесу машиналары қолданылады. Бұл канал түріндегі машиналар, олар пунктуациялық құралдың саңылауы ретінде деструктивті құралдың көлденең берілісі бар пневматикалық соққы машиналарын пайдаланады. Мұндай машиналардың кемшіліктеріне қопарудың жоғары энергия сыйымдылығы, төмен өнімділік және жоғары шу жатады. Граниттерде немесе кварц құрамы жағынан оларға жақын күшті жыныстарда кесетін ор мен шұңқырлы қуыстарды жасау үшін тесіктерді қазу мәселесі жоғары температура мен жылдамдықтағы ыстық газдардың энергиясын пайдаланатын термиялық құралдарды әзірлеуге және жасауға байланысты тиімді шешілді. Тау жыныстарының массивінде ені 10 см 15 см, тереңдігі 6 м-ге дейін және ұзындығы бірнеше ондаған метр болатын қазбалар жасалады. Саңылауларды үңгілеу өнімділігі тау жыныстарының физикалық - техникалық сипаттамасы-мен, жылу құралының қуатымен, қолданылатын отын түрімен анықталады және 0,2...1 м²/сағ шегінде болады.

Мұндай жыныстарды өндірудегі саңылаулар шешуші рөл атқарады. Егер жарықтар жасалмаса және өндіру бұрғылау-жару әдісімен жүргізіледі, онда блоктардың шығуы сирек 25% - дан асады, блоктарда қажетсіз жарықтар пайда болады, бұл блоктар одан әрі еріту кезде іскерлік тастың шығуын азайтады.

Кесу және кесу тесіктерін жасау тау-кен технологиясын түбегейлі өзгертуге мүмкіндік береді және карьерді тас өндіретін жер қатаң жұмыс

фронты, үлкен жиектері бар және дұрыс пішінді блоктар шығаратын іс жүзінде жоғары ұйымдастырылған технологиялық кәсіпорынға айналдырады. Ресейдің ең жақсы кен орындарында шығуы 80% - ға жетеді, өнімнің өзіндік құны күрт төмендейді, бетондар мен темірбетондардың ұқсас өнімдерінің құнына жақындайды, бірақ беріктігі ондаған есе жоғары.

Таулы жерлерде жол салу және гидротехникалық құрылыстар құру кезінде беткейлерді құру үшін тесік қазбаларды қазу өте маңызды. Тау жыныстарын бұрғылау - жару тәсілімен қазу массивте айтарлықтай тесіктің пайда болуына алып келеді және жолдарды пайдалану қауіпсіздігін және гидротехникалық құрылыстардың бөгеттерін сенімді пайдалану жағдайларын күрт төмендетеді. Тау-кен өнеркәсібінің тәжірибесінен 3.5 ғасырларда тау-кен қысымының жеткілікті жоғары болуына және игерудің едәуір тереңдігіне қарамастан тау-кен өндірісін тау жыныстарының тұтастығын бұзбай сақтаудың көптеген мысалдары белгілі. Себебі, қазбалар массивтің жасанды жарылуын тудыратын бұрғылау-жару жұмыстарын қолданбай қолмен жүргізілді. Қазіргі тау-кен кәсіпорындары пайдалы қазбаларды тереңірек горизонттардан өндіруге көшуде. Бұл жағдайда тау қысымы артады, тау соққылары, тау жыныстарын ату, үйінділер және т. б. сияқты қауіпті құбылыстар пайда болады. Көп жағдайда бұл құбылыстар жарылыс жұмыстарымен, әсіресе қазбалардың контурлық бөлігіндегі зарядтармен қоздырылады. Қолданылатын шағын зарядтардың контурлық жарылуы белгілі бір дәрежеде өндірістің тұрақтылығы мәселесін шешеді, бірақ жарылғыш әсердің кемшіліктері толығымен жойылмайды. Бұл жағдайда қазбаларды жарылыс жұмыстарынсыз қазу өте перспективалы. Қазіргі уақытта бірқатар шетелдік фирмалар тік, көлбеу және көлденең қазбаларды қазуға арналған машиналар әзірледі, олар тау жыныстарын бұзатын құрал ретінде бүкіл кенжарды толығымен бұзатын конусты қашауларды қолданады. Мұндай машиналар жоғары өнімділікке ие, бірақ металлсыйымды және энергиясыйымдылықты қажет етеді және оларды орнату және бөлшектеу бойынша үлкен дайындық жұмыстарын қажет етеді.

КСРО-да диаметрі 6 м-ге дейінгі шахталардың окпандарын (ствол) бұрғылауға арналған машиналар құрылды, сонымен қатар конустық қашауларды қолданады. Шетелдік техникадан айырмашылығы, олар массасы 500 тоннаға дейін өзектің орталық бөлігін қалыптастыру үшін сақиналы саңылаулардан өтеді. Біздің ойымызша, төбеде немесе жерасты құрылыстарының төбесінде және бүйірлерінде жарылыс қаупі жоқ әдіспен өтпелі жұмыстары кезінде тесіктерді салу орынды. Мұнда тесіктерді қалыптастырудың екі әдісі мүмкін-жақын шпурларды бұрғылау немесе тесіктерді тікелей бұрғылау. Берік жыныстар үшін қопарудың екі әдісі ғана қолайлы болуы мүмкін: соққы және конусты. Контурлық саңылаулар пайда болғаннан кейін, тау жыныстарының қалған бөлігі жарылғыш немесе кез-келген жарылғыш құрылғылармен жойылуы мүмкін. Бұл жағдайда жарылыс қазбалардың қабырғаларына әсер етпейді және қазба контурындағы жыныстар монолиттілігін жоғалтпайды. Саңылауларды шұңқыр қуысы ретінде де қолдануға болады. Күшті және тұтқыр жыныстарда әдетте шпурды пайдалану

коэффициенті 0,8 - ден аспайды, кейде ол 0,5...0,6-ға дейін төмендейді. Бұл циклдің аз күтіміне және кенжар жұмысшысының өнімділігінің күрт төмендеуіне әкеледі. Лениногор полиметалл комбинатының тәжірибесі көрсеткендей, шұңқырдағы ойық қазбалар шұңқырлардың тереңдігі 4 м-ге дейін шпурды пайдалану коэффициенті 0,9...0,95 шегінде алуға мүмкіндік береді.

Қазіргі уақытта көптеген өнеркәсіптік кәсіпорындарда өндірісті қайта құру және жаңғырту, ескірген жабдықты ауыстыру белсенді жүргізілуде, кәсіпорындарды өнімнің жаңа түрлерін шығаруға көшіру жүзеге асырылуда.

Осыған байланысты бетон және темірбетон бұйымдарын жарылыс жұмыстарын қолданбай тасымалданатын кесектерге кесу өте перспективалы. Осы мақсатта термиялық қопару әдістері, электрогидравликалық эффект, жоғары қысымды гидравликалық ағындар, гауһар үйкеліс дискілері, тесіктерді бұрғылауға және тесіктерді қазуға арналған соққы машиналары қолданылуы мүмкін. Соңғы әдіс энергияны аз қажет етеді және үнемді. Тау-кен өнеркәсібінде тесік қазбаларды қазуға арналған техника ең үлкен дамуға қол жеткізді. Күшті тау жыныстарының массивінде қазу үшін қазіргі уақытта механикалық жұмыс органдары бар станоктар мен машиналар, гидрожарылыс және термиялық қондырғылар қолданылады. Тау-кен жұмыстарының тәжірибесінде дискілер, барлар, арқан аралар, конустар, соққылар түріндегі механикалық жұмыс органдары бар тас кесетін машиналар кең таралған. Қолданылатын жұмыс органдарының алуан түрлілігі тау-кен жұмыстарының тәжірибесінде белгілі бір тесіктерді қазудың технологиялық процесін жақсы қанағаттандыратын ең тиімді кесу құралдарын іздеу жүргізіліп жатқанын көрсетеді.

Индустриалды дамыған елдерде жоғары жылдамдықты су ағынымен тесіктерді қазуға арналған машиналарды жасауға көп көңіл бөлінеді. Осы машиналарды пайдалану мақсатында өндірісте су ағындарының генераторларын жетілдіру жұмыстары қарқынды жүргізілуде. Тау-кен өнеркәсібінде тесіктерді қазудың негізгі құралдары бұрғылау станоктары болып табылады. Олардың көмегімен тесік сызығы бойынша шұңқырлар немесе ұңғымалар бұрғыланады, содан кейін олардың арасындағы бөлімдер жарылып кетеді.

1.4 Патенттік материалдар бойынша блокты тасты беттік өңдеу және кесу кезінде берік тау жыныстарын қопару үшін от ағынды шілтерлерді қолдануды талдау

От ағынды әдісі тау жыныстарын жоғары жылдамдықпен заманауи деңгейде кесуді және өңдеуді қамтамасыз етеді. Сонымен, оттегі-керосин оттықтарымен кесу өнімділігі сағатына $1,3 \text{ м}^3$, ал бензо-ауа - $0,8 \text{ м}^2/\text{сағ}$ жетеді [20, 21, 22, 23].

Тікелей тау жыныстары массивтеріндегі тесіктерді кесуге арналған термокескіштерді пайдалануға бергенге дейін, бөлінген және кесу орларын

бұрғылау бризантты жарылғыш заттарды (аммонит) қолдана отырып, бұрғылау-жару тәсілімен жүргізілді [24, 25].

Жарылыстар кезінде тастың айтарлықтай жоғалуы негізгі массивтің беріктігі мен блоктылығының бұзылуына әкелетін тесіктердің пайда болуына байланысты болды, Янцев (Украина) және Майкөл (Қазақстан Республикасы) гранит карьерлерінде бөлінген және кесілген орларды бұрғылау-жару тәсіліне тән кемшіліктерді жою мақсатында термиялық кесуді пайдалана отырып, блоктарды өндірудің мынадай технологиясы қолданылады. Массивтегі бөлінген және кесілген орларды екі тік тесіктің көмегімен қабаттың пайда болу тереңдігіне дейін кеседі (кертпенің табанына дейін). Термокескіш тереңдігі 4,5...5,0 м және ені 0,15...0,20 м-ге дейінгі тесіктерді кесуге мүмкіндік береді.

Гранит аралық кеңістіктен ұнтақ зарядтарының жарылысы арқылы блоктар түрінде алынады. Содан кейін оны дайындамаларға кесу жүргізіледі [26].

Украина мен Қазақстан Республикасының жетекші тас өңдеу кәсіпорындарында термиялық кесуді пайдалана отырып, блоктарды өндіру технологиясын енгізу көптеген кен орындарының жыныстары тәжірибе үшін қолайлы жылдамдықпен ауа газ жару термо құралдарымен жақсы жойылатынын көрсетті. Орташа кесу өнімділігі тесікті тесу сағатына 0,65 м² құрайды [27].

ҚазҰТЗУ конструкциясының БАТ-5 бензин-ауа термокескіштерімен амазонит граниттерінің Майкөл карьерінің (Қазақстан Республикасы) жыныстарын тәжірибелік-өнеркәсіптік кесу бір оттықпен 0,5 м²/сағ кесу өнімділігін қамтамасыз етті.

Өндірістік сынақтар реактивті алау қыздырғыштарының әсерінен, тау жыныстарының жойылу қарқындылығы, егер массив шиеленіскен жағдайда, тау жыныстарының ішкі кернеулерін термиялық кернеулермен қосу арқылы өсетінін анықтады.

Блокты тас карьерлерінде термокескіштерді пайдалану тәжірибесі бір термокескіш жылына бұзуды 800...1000 м³ дайындықты қамтамасыз ететіндігін көрсетеді, бұл ретте блоктың шығымы 80...85 %-ға дейін артады. Айта кету керек, тау жыныстарын кесуге арналған оттегі-керосинді термокескіштерді қолдану өнімділікті 1,5..2 рет арттырады. [28, 29].

Табиғи тастан жасалған бұйымдарды кеңінен енгізу тас өңдеу кәсіпорындарының карьерлерінде блоктарды өндіруді күрт арттыруды талап етті.

Кәсіпорындардың массивте отты ағынмен жару арқылы блоктарды өндірудің жаңа технологиясына көшуі мыналарды қамтамасыз етеді:

- блоктардың шығымдылығын 1,2...2 есеге ұлғайту есебінен іскерлік тастың шығынын азайту;
- бұрғылау-жару жұмыстарынан кейін орларды тазалау бойынша қол жұмыстарын жою;

- жарылыстан жабық жарықтардың азаюына байланысты өнімдердегі ақаудың азаюы;

- кен орындарын игеру жүйесін ретке келтіру және өндіріс мәдениетін арттыру.

От ағынымен қопару алғашқы құрал деп санауға болады авторлық куәлік [30] келесі редакцияда жасалған өнертабыс формуласымен-тау жыныстарын термиялық кесуге және өңдеуге арналған құрал, реактивті қыздырғышты, сондай-ақ реттеуші құрылғылары бар отын мен газ құбырларын қамтитын, ыстық газдың пульсацияланатын бағытталған ағынын қалыптастыру мақсатында ерекшеленетін, мысалы, құрылыс тасын өңдеу кезінде берілген пішіннің тегіс бетін алуды қамтамасыз ететін құрылғының реактивті қыздырғышы қысқартылған диффузорлық бөлігі бар Лаваль шүмегімен жабдықталған.

Авторлық куәлікке сәйкес [31] тау жыныстарын термиялық бұзуға арналған құрылғы талап етілді. Құрылғыға корпус, корпусның ішіне коаксиалды түрде орнатылған жылу құбыры, тотықтырғышты жеткізуге арналған қуысы бар тарату басы, оны салқындатуға арналған қуысы бар шүмегі аппарат және жану камерасының ішкі қуысынан жану өнімдерін шығаруға арналған шүмегі кіреді, ол корпус пен жылу құбырының арасына орналастырылады және соңғысымен бірге пайда болады сақиналы арналар дефлектор, жылу құбыры, шүмек аппараты және жану камерасының реттегіші, реттегіш басына қосылған тотықтырғышты жеткізу магистралі, реттегіш басындағы тотықтырғышты жеткізу қуысы арқылы тізбектей, реттегіш басындағы тотықтырғышты өткізуге арналған арналар, реттегіш басына қосылған тотықтырғышты жеткізу желісі, ол реттегіш басындағы тотықтырғышты жеткізу қуысы арқылы тізбектей, тарату басындағы тотықтырғыштың өтуіне арналған арналар, корпус пен дефлектор арасындағы сақина арнасы, шүмекті салқындатуға арналған қуыс және дефлектор мен жылу құбыры арасындағы сақиналы канал жану камерасының ішкі қуысымен байланысады, құрылғының бойлық осьтік саңырау ұясы бар өзек, бір-біріне қатысты соташық бойлық осі бойымен радиалды арналары бар, олардың әрқайсысының кірісі саңырау ұяның ішкі қуысында орналасқан және оның сыртқы бетінде орналасқан сақина тәрізді проекциясы бар және отын жеткізуге арналған магистраль, айрықша белгілері, бойымен орналасқан бұралу оның бүйір бетінде бұрандалы ойықтары бар, реттегіш басына қосылған тотықтырғышты беру үшін магистраль, ол тотықтырғышты беру үшін қуыс арқылы тізбектей, ол реттегіш басында орналасқан шүмекпен жабдықталған, оның корпусында орналасқан қуысы бар, құйынды орналастыру үшін және жанармай қоспасын жану камерасының ішкі қуысына беру үшін шүмек саңылауы бар және саптаманы салқындату үшін қуыста орнатылған құрылғының бойлық осіне тангенциалды орналасқан арналары бар қосымша құйынды, а жанармай жеткізу желісі өзектегі саңылау ұяның ішкі қуысымен

байланысқан, бұл жағдайда саптаманың корпусына құйындатқыш орналастыру үшін соташықтың сыртқы бүйір беті мен қуыс қабырғалары араластырғыш камераны құрайды, ол саптама корпусының өзегі мен ұшынан пайда болған сақина саңылауы арқылы тарату басындағы тотықтырғышты беру үшін қуыспен байланысады, негізгі құйынның бүйір бетіндегі бұрандалы ойықтар оны саптаманың корпусына орналастыру үшін қуыстың қабырғаларымен бұрандалы арналар құрайды, олардың кірісі араластырғыш камерамен байланысады, а шығу б саптаманың корпусында саптама саңылауы бар, ал өзектегі радиалды арналардың шығуы өзектің периметрі бойынша сақина саңылауында біркелкі орналасқан.

Авторлармен ұсынылды [32] корпуста сақиналы саңылаулары бар коаксиалды орналастырылған аралық камера мен жану камерасын, саптама аппаратын, сақиналы камерасы бар тарату бастиегі бар, жанармай мен тотықтырғышты тарату басында орналасқан осьтік араластыру каналымен араластыруға арналған құрылғыны, тотықтырғышты жеткізуге арналған магистралды қамтитын минералды ортаны бұзуға арналған от ағынымен қыздырғышта техникалық шешім ұсынды жанармай мен тотықтырғышты араластыруға арналған құрылғымен және корпус пен аралық камера арасындағы сақина саңылауы.

Өнертабыста [33] жанармай, тотықтырғыш және салқындатқышты жеткізуге арналған байланысы бар құбырды, сондай-ақ құбырдың жоғарғы жағында орналасқан реттегішті және құбырдың төменгі жағына орнатылған реактивті оттықты қамтитын тау жыныстарын бұзатын құрылғыға құбыр мен реактивті оттықтың арасында кронштейні бар адаптер орналастырылғанымен ерекшеленеді, бекітілген ішкі арнасы бар, салқындатқышпен байланысқан құрал.

Патент [34] құрамында қатты жыныстарды бұзатын құрылғы бар, оның ішінде штангасы бар корпус бар, оның төменгі бөлігінде сынған материалға, жұмыс құралына, штанганың айналу жетегіне және соққы механизміне термиялық әсер ету үшін жанармай жану камерасы орнатылған, соққы механизмі корпуста орнатылған, штангаға бекітілген соққыны қамтиды, оның жоғарғы бөлігінде тірек платформасы мықтап бекітілген, ал соққы соңғы және бесінші арасында орналастырылған, ал тірек платформасы мен соққы берушінің арасында олардың бетіне бұрышта бірқатар серіппелер бекітілген, ал корпуста ауа беру үшін тесік жасалған, бұл түбінде сыртқы цилиндрлік бөлігінде және соққы берушінің ішкі бетінде түзу саңылаулар жасалғандығымен ерекшеленеді. Құрылғы серіппелер 30-45° бұрышында тірек алаңына және барабанға қатысты орнатылғандығымен ерекшеленеді.

Өнертабыс [35] ұзартылған қуыс цилиндр түріндегі корпусы бар ұңғымалар мен қазбаларды қазуға арналған автономды аппаратты ұсынады, оның бір шетінде тау жыныстарын бұзатын жұмыс органы, корпуста орналасқан газ түзетін камера, корпуста орналасқан және жұмыс органының

карама-қарсы жағына бағытталған шүмек, автономды аппарат екі қуат торабынан жасалған қуат қондырғысымен жабдықталғандығымен ерекшеленеді, олардың бірі сығылған газ энергиясын Цельсий бойынша жоғары және төмен температуралы екі газ ағынына айналдыру торабы, ал екінші қуат торабы жұмыс органының қуысына жіберілетін жұмыс агентін алуға арналған және бірнеше толтырылған түрінде жасалған отын компоненттері, поршеньдері бар цилиндрлер, олардың өзектері қосымша поршеньмен байланысқан, оның үстінде поршеньдік қысым камерасы пайда болады, ол өз кезегінде жоғары қысымды сығылған газбен толтырылған қосымша қысым камерасымен байланысады, ал газ түзетін камера сәйкесінше сығылған газ энергиясын екі газ ағынына түрлендіретін қуат түйінімен байланысады, жұмыс агентін алу үшін және қосымша қысым камерасымен қуат түйіні, а қысылған газ энергиясын екі газ ағынына түрлендіретін қуат түйіні Цельсий бойынша жоғары температуралы газ ағынын жеткізу үшін тиісті магистральдармен, жұмыс агентінің қуысымен және газ ағынын беру үшін магистральдармен, төмен Цельсий температурасы бар - аппаратты салқындату жүйесімен және автономды аппарат корпусының соңында бекітілген жұмыс органына қарама-қарсы жаққа бағытталған шүмектермен байланысады.

Авторлық куәлікке сәйкес [36] қатты орталарды термиялық бұзуға арналған құрылғы әр түрлі, себебі ол іске қосудың орнына жұмыс отынын автоматты түрде қамтамасыз ету арқылы құрылғыны іске қосу сенімділігін арттырады, құрылғы саптамаға оралған спираль түрінде жасалған сұйық сезімтал элементтері бар жылу қосқышы мен жылу датчигімен жабдықталған, ал жылу датчигі жылу қосқышымен механикалық байланысқан, ал соңғы электр электромагниттік блок-байланыс катушкасымен байланысқан, араластырғыш камера клапан қорабына орналастырылған.

Өнертабыс [37] жанармай жағу тиімділігін арттыру және тас материалдарын бұзу мақсатында жану камерасы перфорацияланған қабырғамен, ал көлбеу арналар сақина қуысына жалғанғанымен ерекшеленетін от ағынымен қыздырғыш, сонымен қатар, арналардың жалпы көлденең қимасы мен саптаманың қирау қимасының аудандарының қатынасы 0,2-0,3 құрайды, ал арналардың осьтері саптаманың қирау қимасының 3-6 диаметріне тең қашықтықта оның кесіндісінен тыс шүмек осімен қиылысады.

Авторлық куәлік [38] жанарғының газ ағынын ауа және су қабаттарымен бейімдеу арқылы шуды тиімдірек азайту үшін минералды орталарды отпен жаруға арналған реактивті қыздырғышта саптаманың денесінде қосымша сақиналы саңылау және радиалды арналар орындалған.

Патент [39] термомеханикалық бұрғылау құрылғысына, оның ішінде тау жыныстарын бұзатын элементтері бар бұрғылау органы және жылу алмастырғыш пен жұтылатын компрессордың магистральдық құбырымен байланысқан отын, су және ауа беру магистральдарына қосылған от ағынымен алау және компрессор жетегі бар және оның сору құбырының кіреберісінде

орналасқан сүзгісі бар, оның ағынымен ерекшеленетін компрессор, компрессор жетегі ұнтақ электромагниттік муфталар блогы түріндегі айналу жылдамдығын реттегішпен жабдықталған және ауа қысымын реттегіштің кірісіне қосылған.

Авторлық куәлік [40] гауһар тасты өңдеу құралына, нақтырақ айтсақ, табиғи тас блоктарын өндіруде қолданылатын және құралдың жұмыс сенімділігін арттыруға мүмкіндік беретін арқанға қатысты.

Патент [41] құрамында кабель, абразивті бөлшектермен толтырылған ойықтары бар төлкелер, жұмыстың беріктігін арттыру үшін төлкелердің сыртқы беті конусты пішінде жасалатындығымен сипатталады [41] дәйекті түрде орналасқан кесілген конустық беттерден және одан да көп алдыңғы конустық гильзаның негізі мен келесі конустық жеңнің кішірек негізі абразивті бөлшектермен толтыру үшін ойықты құрайды.

1.5 Берік тау жыныстарынан блоктарды өндіруге арналған машиналар мен жабдықтар

Берік тау жыныстарынан блокты тасты өндіру технологиясын жетілдіру тастың берік және сәндік қасиеттерінің сақталуын қамтамасыз ететін жоғары өнімді және үнемді өндіру құралдарын құру жолымен жүреді. Осындай негізгі құралдардың бірі тау жотасындағы тесік қазбаларды үңгілеу құралдары болып табылады.

Сынған блокты тесік қазбаларымен контурлау мүмкіндігі блокты тасты өндірудің бұрғылау-жару әдісін жетілдіруге мүмкіндік береді, яғни жарылысты қопару әсерін азайту және массивтегі және сынған блоктағы жарықтардың өсу процесін тежеу. Тесік қазбаларды қазу көлемін өндірілген блоктың 1 м³-не ұлғайта отырып, берік тау жыныстарының блоктарын өндірудің жарылыссыз технологиясын құру мүмкін болып көрінеді.

Жарылыссыз технология блоктардың жалпы өндірілген тау-кен массасынан шығу пайызын тас кен орындарының жай-күйіне байланысты осындай шегіне дейін көтеруге мүмкіндік береді, технологиялық шығындарды барынша азайтуға болады. Сонымен қатар, өндіру технологиясы тұрақтандырылып, жүк көтергіш және көлік құралдарының жақсы жұмыс жағдайлары жасалады.

Тесіктік қазбаларды қазу құралдарының даму деңгейі блокты тасты өндірудің барлық технологиясының жетілдірілуін анықтайды. Берік тау жыныстарының блоктарын өндіру құралдарын жетілдіруге және дамытуға, шпурларды бұрғылауды механикаландыруға байланысты отандық және шетелдік кәсіпорындарға көп көңіл бөлінеді, бұл соққылар өндірісіндегі негізгі операция. Сызықтық және координаталық бұрғылау станоктары жасалады.

Екінші жағынан, тау-кен жұмыстары жетілдірілуде. Шикізатты барынша пайдалана отырып, технологиялар әзірленуде. Тау-кен жұмыстарының технологиялық мәселелері тасты одан әрі өңдеу процестерімен тығыз байланысты шешіледі.

Берік тау жыныстарын өндіру технологиясын шешуде ұсақ блоктарды тұтынатын блокты тасты өңдеудің негізгі әдістері ретінде тасты кесудің жаңа әдістері жасалып, өндіріске енгізілуде. Осыған байланысты блоктарға арнайы талаптар қоятын бұйымдарды тесу процесін механикаландыру мәселелері шешілуде.

Берік тау жыныстарының тас блоктарын өндіруді жетілдіру міндеті тас кесу мен кесу жұмыстарының ұтымды арақатынасын іздеу бағытында шешіледі. Тау алабындағы тесік қазбаларды от ағынымен жару тас кесу машиналарын жасау жолымен қазу құралдарын, соққы үлгісіндегі механикалық жұмыс органдарын және блоктарды кесуге арналған кескіштерді әзірлеу жүргізілуде.

Тау алабында тесік қазбаларды үңгілеу үшін от ағынымен жарғыш тас кесетін машиналар жасау бензин-ауа қыздырғыштарының негізінде жүргізіледі. Қыздырғыштардың қозғалысының ұтымды схемалары және беріліс мөлшері анықталады.

Осыған байланысты жоғары температуралы газ ағынының әсерінен тесік өндірісінің пайда болу процесі зерттелуде. Тас кесетін машиналардың барлық дамуы орындалатын технологиялық операцияның ерекшелігін ескере отырып жүргізіледі.

Тас кесетін машинаның мүмкіндігін анықтайтын техникалық параметрлер өндірудің жалпы технологиялық схемасы мен осы процесте қолданылатын машиналар кешеніне негізделеді. Қабылданған схемаларды сынау және тесік қазбаларды үңгілеу технологиясын пысықтау нақты тау жотасында жүргізіледі, осылайша қабылданған шешімдерде массивтің жарылуы мен біркелкі еместігінің әсері көрініс табады.

Көлденең және тік тесіктерді қазуға арналған тас кесу машиналарын жасау бойынша зерттеулердің барлық тұжырымдары негізінен бірдей. механикаландырылған беріліс жұмыс органы кезінде гранит массивіндегі жарықтардың тұрақты өндірісін қамтамасыз ету мәселесі шешілуде. Тас кесетін машинаның жұмыс органы ретінде бензин-ауа қыздырғышы қолданылады.

Гранит массивіндегі жарықтарды механикаландырылған кесу мәселесін шешу жоспарында от ағынымен қыздырғыштардың жұмыс органының кесу сызығы бойымен қозғалуының ұтымды жылдамдығы, газ ағынының шығарылатын тесіктің ені бойынша қозғалу сипаты мен жылдамдығы, алаудың тереңдігі бойынша берілу шамасы айқындалады.

Алдыңғы зерттеулердің тәжірибесі көрсеткендей, граниттің қасиеттері теесік өндірісінің пайда болу процесіне үлкен әсер етеді. Әр түрлі кен орындарының граниттері физикалық қасиеттерімен айтарлықтай ерекшеленеді. Бұл құбылыс зерттеуді жүргізуді және нәтижелерді жалпылауды қиындатады.

Механикаландырылған кесу мәселесін шешудегі ең қиын нәрсе, қара түсті минералдар мен басқа да негізгі жыныстарды қоса отырып, гранит массивінің аландарында жарықтардың тұрақты өндірісін алу.

Кесу сызығы бойындағы композицияның біркелкі еместігі тереңдіктегі саңылаулардың біркелкі емес өндірілу жылдамдығына әкеледі. Қолмен термиялық құралдармен кесу кезінде жағдай тесікті тесуді қиындатпайды, өйткені бұл жағдайда құралдың біркелкі емес қозғалыс жылдамдығы оңай орнатылады. Тас кесетін машинаның жұмыс органының біркелкі емес қозғалысын төсеу және кенжардағы тау жыныстарының термиялық бұзылуына байланысты жылдамдықты реттеудің автоматты жүйесін қамтамасыз ету өте қиын.

Тас кесетін машиналарды жасау кезінде жұмыс органының беру жылдамдығы біркелкі қабылданады. Біз жұмыс органының қозғалу жылдамдығының шамасын және газ ағынының шашу бұрышының кесу сызығының бойындағы тау жыныстарының құрамы бойынша біркелкі емес тесік өндірісінің тереңдігіне әсерін төмендететіндей етіп таңдаймыз, сонымен бірге өндіріс өнімділігіне де қол жеткіземіз. Неғұрлым күрделі аймақтарда жұмыс органының (оттықтың) беру жылдамдығын қолмен реттеуге көшу қажет болған жағдайда да осындай жағдай көзделеді.

Тас кесу машиналарын жасау кезінде жарықтардың тұрақты өндірісін қамтамасыз ету мәселесін шешуден басқа, бірқатар технологиялық мәселелерді шешу қажет. Көбінесе бұл міндеттер тік және көлденең саңылауларды тесу машиналарын жасау кезінде жиі кездеседі. Мұнда 90 градустан төмен газ ағынының шашу бұрыштарында тікбұрышты контурдың саңылауын жасау мәселесін шешу қажет.

Харьков авиациялық институтының от ағынымен тас кесу машиналарын жасау тәжірибесі көрсеткендей, газ ағынымен кесу 30-60 градус шашу бұрыштарында тиімді. Машиналардың жобаланған конструкцияларында олар бос жүрісті енгізеді және кесу қыздырғыштарында жиектен массивке бір бағытта жылжыту арқылы жүзеге асырылады.

Бұл жағдай тесік өндірісінің тереңдетілуіне әкеледі. Тесіктің бітеу қабырғасы көлбеу болып шығады, көлбеу бұрышы газ ағынының шашу бұрышының функциясы болып табылады. Сонымен қатар, кесу процесінде қыздырғыштың жұмыс барысының ұзындығы өзгереді, бұл машинаның автоматты жұмысын ұйымдастыруды қиындатады.

Шұңқырлар мен ұңғымаларды карьерлерде бұрғылау уатымдайтын балғамен және айналмалы әсер ететін бұрғылау станоктарымен жүзеге асырылады.

Негізінен карьерлер жеңіл (18 кг-ға дейін), орташа (19-25 кг) және ауыр (25 кг-нан жоғары) типтегі уатымдайтын қол балғаларымен жабдықталған. Жеңіл уатымдайтын балғалар тереңдігі 0,5 м және диаметрі 25 - 36 мм болатын шпурларды бұрғылауға монолитті блоктар мен дайындамаларға тарату операциялары үшін қолданылады. Орташа және ауыр уатымдайтын балғалар тереңдігі 0,5 м-ге дейін және диаметрі 60 мм-ге дейінгі шұңқырларды бұрғылау үшін қолданылады. Гранитті блоктарды өндіру бойынша жұмыс істеп тұрған

карьерлерде қолданылатын уатымдайтын қол балғалар техникалық сипаттамасы 1.1-кестеде келтірілген.

Кесте 1.1 - Гранит блоктарын өндіру бойынша жұмыс істеп тұрған карьерлерде қолданылатын уатымдайтын қол балғаларының (перфоратор) техникалық сипаттамасы

Көрсеткіші	Өлшем бірлігі	Уатымдайтын қол балғаларының (перфоратор) маркасы					
		ПР-1АЛУ	ПР-2ОЛ	ПР-24ЛУ	ПР-25Л	ПР-30	ПР-30ЛУБ
Масса	кг	20	20	28,5	25	28	31
Ауа қысымы	кгс/см ²	5	5	5	5	5	5
Ауа шығымы	м ³ /мин	2,5	2,8	3,5	3,5	3,5	3
Соққы жиілігі	соққы/мин	2400	2900-2600	2600	2300-2600	1800-2000	1700
Соққы жұмысы	кгс·м	4	4	5	5,8	6,5	5,8
Тұтқаның өлшемі	мм	22x82	22x108	25x108	25x108	25x108	25x189

Соңғы кездері карьерлерде желілік бұрғылау машиналары жиі қолданыла бастады. Бұл машиналардың жұмыс органдары уатымдайтын қол балғалары болып табылады.

Станоктар шпурды бұрғылау кезінде жұмыс органын беруді жүзеге асырады, бұрғылауды тасымалдау және орнату бойынша қосалқы операцияларды механикаландырады. Станокпен бұрғылау операцияларын орындау кезінде орындалатын жұмыстардың сапасы едәуір артады және өнімділік артады. Сондай-ақ, шпурлардың параллельдік талабы орындалады.

Қазіргі уақытта шетелдік және отандық станоктардың алуан түрлілігі бар. Отандық карьерлерде бұрғылау машиналарының бірнеше түрі жұмыс істейді.

Рамалық станоктар - жұмыс органы ілулі жақтауда қозғалады. Мұндай машиналар бір және екі жұмыс органымен жасалған. Олар ұзындығы 6-8 м-ге дейін әр түрлі қадамдар жасай отырып, тік шпурлы жолда орындай алады.

Одақ осы типтегі станоктар әзірленді және Бартен гранит карьерінде (Карелия) енгізілді.

Станоктарда жұмыс органын шпур сызығынан түсірмей, фронт бойымен кез-келген ұзындықтағы жолды орындауға мүмкіндік беретін раманың қозғалысы қарастырылған.

Мұндай машиналар гранит карьерлерінде ғана емес, мәрмәр карьерлерінде де жұмыс істейді. Негізінен рамалық тіректер үлкен монолитті массивтен бөлу кезінде бұрғылау жұмыстарын жүргізу кезінде қолданылады.

Дәл осындай жұмыстарды орындау үшін рельстегі бұрғылау машиналары қолданылады. Осы типтегі ең жетілдірілген станоктарды Қырғыз Республикасы Ғылым академиясының автоматика Институты КБА-2Р, КБА-1Р әзірледі, станоктардың техникалық сипаттамасы 1.2-кестеде келтірілген.

Кесте 1.2 - Станоктардың техникалық сипаттамасы

Станок түрі	Жұмыс органы	Бергіштің түрі	Орындалатын жұмыс	Бұрғылау тереңдігі	Өнімділік
КБА-2р	Жұптастырылған машина ПР-25	Піспекті бергіш	Тік, көлденең және көлбеу шпурларды бұрғылауды қамтамасыз етеді	1,6 м	Бекініс кезінде £=15 40м/сағ
КБА-1р	ПК-9 (ПК-60)	Піспекті бергіш	Тік және көлбеу шпурларды бұрғылауды қамтамасыз етеді	3-5 м	Бекініс кезінде £=15 15м/сағ

Тесік қазбаларды үңгілеу от ағынымен қыздырғыштармен жүзеге асырылады. Гранит карьерлерінде Харьков авиациялық институты мен БАТ-60 Қазақ политехникалық институтының ТРВ-1-65м бензин-ауа оттықтары кең таралған. Термокескіштердің техникалық сипаттамасы 1.3-кестеде келтірілген [42, 43, 44].

Кесте 1.3 - Термокескіштердің техникалық сипаттамасы

Термокескіштің түрі	Отын компоненттерін шығыны				Қыздырғыштың диаметрі мм	Өнімділік м ² /сағ
	Тотықтырғыш		Жанармай			
	Ауа м ³ /мин	Оттегі м ³ /сағ	Бензин кг/сағ	Керосин кг/сағ		
ТРВ-1-65-М (ХАИ)	7-10		20-30		65	0,8-1,2
БВР-60 (ҚазПТИ)	3-3,5		16		60	0,4-0,8
ТР-35 (ҚазПТИ)		25-30	20		35	0,8-1,6

Қырғыз Республикасының автоматика институты ДТ-75 тракторы негізінде жылжымалы станоктар әзірледі. Бұл машиналар қуаты аз карьерлерде ыңғайлы және оларды соғу операцияларында да, Монолит пен блоктарды таратуда да қолдануға болады. Сол институт УБА, УБА-1, УБА-ЭГ типті «Аскатем» әмбебап жылжымалы гидрленген бұрғылау агрегаттарын әзірледі.

Бұрғылау қондырғылары ұтқырлығымен, жетілдірілген гидрленген айналмалы-соқпалы бұрғылау машиналарын, әмбебап манипуляторларды, электрмен және дизельгидравликалық энергиямен жабдықтау және басқару жүйелерін қолданумен ерекшеленеді. Бұрғылау қондырғыларын қолданудың ең үлкен тиімділігі оларды жұмыс аймақтарында салыстырмалы дисперсиясымен жоғары қуатты карьерлерде пайдалану кезінде қол жеткізіледі.

Қ.И. Сәтбаев атындағы ҚазҰТУ-да ТР-35 керосин-оттекті отынмен жұмыс істейтін термиялық кескіштерді жасап шығарды, олардың техникалық сипаттамалары да 1.3-кестеде көрсетілген [42, 43, 44].

ХАИ-дағы бензин-ауа қыздырғыштарының негізінде УГР-1, УГР-2, СМР-033 от ағынымен тас кесу машиналары жасалды. Бұл машиналар Украинаның гранит карьерлерінде сыналды. Алайда, олар тәжірибеде кең қолдануды таппады. Дамудың маңызды кемшіліктерінің бірі, біздің ойымызша,

машиналарды жасаудағы бағдар көп отты жұмыс органдарын қолдана отырып, кесу өнімділігін күрт арттыру жолымен жүрді. Мұның бәрі машиналардың сенімділігін жоғалтуға әкелді. Көп қыздырғышты жұмыс органдарымен нақты массивте тесіктерді қазу бойынша тұрақты нәтиже алу өте қиын болды.

АҚШ, Франция карьерлерінде тесіктік қазбаларды от ағынымен ұңғылау қолданылады. Негізінен қол термокескіштерді қолданылады. Кейде терең қазбаларды қазу кезінде шағын механикаландыру қолданылады, мұнда термиялық кескішті басқару қолмен жүзеге асырылады, ал термиялық кескіштің өзі икемді жолда тоқтатылады. АҚШ-та карьерлерде бензин-ауа қыздырғыштары да, керосин-оттегі де жұмыс істейді. Еуропа елдерінде көбінесе бензин-ауа қолданылады.

АҚШ, Канада, Франция, Испанияда тесік қазбаларды қазу үшін қатты жыныстар блоктарын өндіру кезінде соққы-құбыр машиналары қолданылады. Бұл машиналардың жұмыс органы - бұл кері қозғалыс туралы хабарлайтын қашаулар. Өндірілген тесіктің ені 60 мм. Тереңдігі 6 мм жетуі мүмкін. Жұмыс органының минутына соққылар саны 150-300. Бір соққы энергиясы 15-30 кгс.м құрайды. Орташа қаттылықтағы тау жыныстарының өнімділігі 5-15 м²/ауысымға жетеді. Мұндай типтегі машиналарды көптеген тау жыныстары үшін қолдануға болады. Алайда, бұл машиналардың жұмыс органы (қашау және соққы) және жетектің өзі соққыға ұшырайтын тау жыныстарын бұзатын машиналардың қазіргі деңгейіне сәйкес келмейді. Екінші жағынан, біздің ақпаратымызда соққы машиналарының технологиялық параметрлерінің мәселелерін, олардың жұмысының нәтижелерін жариялау үшін материал жеткіліксіз, бұл түпкілікті қорытынды жасауға мүмкіндік бермейді.

Бельгия мен Францияда диаметрі 2,5-3 м гауһар дискілермен жабдықталған тас кесетін машиналар қолданылады [45]. Мұндай машиналар мәрмәр өндіруде кеңінен қолданылды. Гранитті кесу кезінде гауһардың үлкен шығыны бар, бұл саңылауларды қазу құнын едәуір арттырады.

АҚШ пен Австралияда диаметрі 500-800 мм гауһар таспен кесетін дөңгелектер кеңінен қолданылды, олар шағын өндіретін тас кесетін машиналармен жабдықталған. Австралияда мұндай машиналар құмтас кен орындарын игеруде қолданылады.

Гранитті карьерлерде тасты қазу құрама сыналармен жүргізіледі [46,47]. Олар сына мен екі жағы болып табылады, олар арқылы сына күштері шпур қабырғаларына беріледі. Сыналарды соғу қолмен жүзеге асырылады. Сыналардың әртүрлі өлшемдері бар. Сына бұрышы 1-12°. Құрама сыналар 25-тен 46 мм-ге дейін шпурлар үшін дайындалады. Әрбір карьердің өзі қолданылатын стандартты мөлшерді анықтайды. Сыналар монолиттерді сындыру кезінде де, оны блоктарға кесу кезінде де қолданылады. Уақытты қажет ететін операциялардың бірі - сыналарды бітеу. Онда отандық карьерлерде сыналар балғамен немесе уатымдайтын қол балғамен соғылады. Уатымдайтын қол балғамен соғу кезінде айналуды сынаға өткізбеу үшін кішкене құрылғы жасалады.

АҚШ, ГФР, Швеция, Италияда гидросыналы қондырғылары жасалды, онда сына шпурға қуат гидравликалық цилиндрімен қамтамасыз етіледі. Гидравликалық цилиндрде пайда болған жұмыс қысымы 500-600 кг/см². Гидросыналы қондырғылары негізінен үлкен монолиттерді блоктарға кесу үшін қолданылады. Монолиттерді бұрғылау сыналарымен кесудің кемшіліктерінің бірі-жоғары биіктіктегі монолиттерді кесу кезінде төмен дәлдік. Сына құрылғылары күштерді блок бетіне шоғырландырады, онда жарықшақ пайда болады. Жарықтың өсуі және оның бағыты көбінесе тастың қасиеттеріне байланысты. Процестің бағытын арттыру үшін кесектер сыналарды орнату үшін шпурлардың қадамын азайтады және оларды блоктың бүкіл биіктігінде бұрғылайды. Мұндай іс-шаралар соққыларды өндіру кезінде дәлдіктің артуына, сондай-ақ шығындардың артуына әкеледі.

Кейде кернеу концентраторлары болып табылатын 1-5 см, таяз жырашақтарды бөліну сызығының бойымен (шұңқырларды бұрғылау сызығы) өтеді. Жырашақ жарықшақтың дәлірек пайда болуына ықпал етеді, сыналарды орнатудың дәлсіздігінің әсерін азайтады. Жырашақ болған кезде жарықшақтың пайда болуына қажетті сына күші азаяды.

Карьерлерде сынықтарды өндіру үшін гидравликалық жарылғыш құрылғылар қолданылады. Бұл құрылғылардың оң факторы-шпурдағы жоғары жүктемелерді алу үшін жарылғыш затты қолдану арқылы энергияны реттеу шпурдағы тікелей жарылысқа қарағанда ұйымдасқан түрде жүреді. Іс-әрекеттің бағыты бұрғылау-жару әдісімен де ұйымдастырылады, яғни.бірнеше тесіктер бұрғылау сызығы бойымен бұрғыланады. Алайда, бұл құрылғылар жеткілікті зерттелмеген және оларды тасты кесу мен кесудің технологиялық операцияларында қолдануға қатысты нақты ұсыныстар жоқ [46,47].

Жүргізілген зерттеулерді талдай отырып, от ағынымен өңдейтін жұмыс органы бар тас кесетін машинаның жаңа дизайнын жасауда әлі де көптеген шешілмеген мәселелер бар деген қорытындыға келуге болады. Олардың бірі сағатына 50 литрге дейін жанармай жұмсайтын қуатты жұмыс органы бар және жұмыс машинасын қашықтан басқару және қыздырғышты іске қосу арқылы жұмыс органының біркелкі қозғалысын қамтамасыз ететін машинаны әзірлеу болып табылады.

1.6 Зерттеудің мақсаттары мен міндеттері

Жұмыстың мақсаты берік тау жыныстарынан блокты тасты бөлу кезінде тесіктерді механикалық кесуге арналған машинаның параметрлерін әзірлеу болып табылады.

Жұмыс идеясы - тау-кен өндірісінің өнімділігін арттыруға және процесті механикаландыруға мүмкіндік беретін тесікті кесу машинасының параметрлерін таңдау және негіздеу болып табылады.

Мақсатқа байланысты келесі зерттеу міндеттері тұжырымдалған:

- берік тау жыныстарынан блокты тасты өндіру кезінде тесік қазбаларды жүргізуге арналған машиналарды құрастыру саласындағы қазіргі заманғы жетістіктерді талдау;

- от ағыны термоқұралдарымен тау жыныстарын қирату механизмін талдау;
- тесік қазбаларды кесуге арналған манипуляциялық құрылғының кинематикалық және конструктивтік параметрлерін әзірлеу;
- тесік қазбаларын кесу үшін от ағынымен жұмыс органын таңдау және негіздеу;
- тесік қазбаларға арналған машинаның (манипуляциялық құрылғы) кинематикалық және конструктивтік параметрлерін тәжірибелік пысықтау;
- бензин-ауа от ағынды жұмыс органымен тесік қазбаларын жүргізудің режимдік параметрлерін орындау;

1 тарау бойынша қорытындылар

1. Берік тау жыныстарынан блоктарды өндірудің қазіргі жағдайына талдау жасалды, нәтижесінде тесіктік қазбаларды сапалы жүргізу өндірістің тиімділігін арттыруға мүмкіндік беретіні анықталды.
2. Термоқұралдың құрылымын таңдауға және оны тесіктік қазбаларды жүргізуге арналған машинаның термодинамикалық жұмыс органының дамуына негіздеуге мүмкіндік беретін патенттік іздеу жүргізілді.
3. Берік тау жыныстарынан блоктарды өндіру кезінде тесіктік қазбаларды жүргізу үшін және Ресей, Украина және Қазақстанның тас өңдеу өнеркәсібінде от ағынымен жару әдісі мен бұзуға арналған құралдарды енгізу тәжірибесін ескере отырып, жұмыс органының біркелкі қозғалысын қамтамасыз етуге мүмкіндік беретін қуатты от ағынымен жару жұмыс органы бар тас кесу машинасының схемасы қабылданды.
4. Мақсат қойылып, зерттеу міндеттері әзірленді.

2 ШІЛТЕРДІҢ ОТ АҒЫНЫМЕН ЖЫЛУ АҒЫНЫНЫҢ КОНЦЕНТРАЦИЯСЫНА БАҒЫТТАЛҒАН ТАУ ЖЫНЫСТАРЫНЫҢ КЕРНЕУЛІ-ДЕФОРМАЦИЯЛАНҒАН КҮЙІ

2.1 Гранитті блоктарын өңдеу және өндіру кезінде тау жыныстарын от ағынымен жару теориясы мен тәжірибесі

Осы уақытқа дейін сынғыш денелерді жоғары температуралы газ ағындарымен термиялық бұзудың ең көп таралған теориясы А.П. Дмитриев пен И.Д. Киллем жасаған теория болды. Теорияның бастапқы нүктесі-оссимметриялық жылу дақтары арқылы бетінен конвективті түрде қыздырылатын жартылай кеңістік моделін енгізу. Үшінші типтегі жылу өткізгіштіктің шекаралық жағдайында серпімді жартылай кеңістіктегі температуралық кернеулерді анықтау мәселесінің шешімі белгілі [48, 49].

Егер жартылай кеңістікте $z \geq 0$, $-\infty < y < \infty$, $-\infty < x < \infty$, $(x, y, z - \text{декарттық координата})$ болса бір өлшемді температура өрісі берілген $T=T(z)$, онда кернеу өрісі келесі түрге ие:

$$\left. \begin{aligned} \sigma_{xx} = \sigma_{yy} &= -\frac{\alpha E T}{1-\nu}, \\ \sigma_{zz} = \sigma_{xy} = \sigma_{yz} = \sigma_{zx} &= 0, \end{aligned} \right\}, \quad (2.1)$$

мұндағы: α - сызықтық температураның кеңею коэффициенті;

E және ν - Юнг модулі және жартылай кеңістік материалының Пуассон коэффициенті.

Дегенмен, термиялық ыдырау мәселесі үшін біркелкі емес (негізінен осимметриялық) квазистатикалық есептер маңыздырақ деп саналады. Мысалы, термиялық бұрғылау процесінде температура жылу нүктесінің ортасынан периферияға дейін төмендейді.

Бірінші типтегі жылу өткізгіштіктің шекаралық шарттарын Л.С.Дудолодов қолданды. Ол жартылай кеңістіктің жойылуын қарастырды $r \geq 0$, $0 \leq \varphi < 2\pi$, $z \geq 0$ (r, φ, z - цилиндрлі координата), оның беті күмбез тәрізді таралуы бар температураға дейін қызады:

$$\theta(r) = \frac{\theta_0 \delta^3}{(r^2 + \delta^2)^{3/2}}, \quad (2.2)$$

мұндағы: θ_0 - жылу дақтарының ортасындағы температура;

δ - r (жылу дақтарының «ені») өсуімен температураның төмендеу жылдамдығын сипаттайтын параметрі.

Л.С. Дудолодов жартылай кеңістік үшін тиісті квазистатикалық термиялық серпімділік мәселесінің нақты шешімін алды. Ол тау жыныстарының термиялық бұзылуына тән, қысқа уақыт ішінде бұл шешімнің асимптотикалық ыдырауының бірінші мүшесін таба алды. Бірінші типтегі жылу

өткізгіштіктің шекаралық жағдайлары жағдайында бұзылу жартылай кеңістіктің бетіне параллель жерлерде әсер ететін айтарлықтай кернеулердің арқасында пайда болады деген тұжырым жартылай кеңістіктің бетіне параллель болатын қалыпты жарықтарының өсу мүмкіндігі туралы ойлармен күшейтілді.

Н.В. Чугайнов, А.А. Галяс және Л.П. Ларкина, Л.С. Дудолодов әдісімен жартылай кеңістік үшін термиялық серпімділік мәселесінің шешімі табылды $r \geq 0$, $0 \leq \varphi < 2\pi$, $z > 0$, шекарасында $z=0$ конвективті жылу алмасу ортамен жүзеге асырылады, Гаусс Заңы бойынша оссимметриялық түрде бөлінген температурасы бар:

$$\theta(r) = \theta_0 \exp\left(-\frac{r^2}{4\delta^2}\right), \quad (2.3)$$

мұндағы: θ_0 және δ бірдей мағынаға ие, (2.2) формуладағыдай;
 r , φ , z - цилиндрлі координата.

Кернеулер дұрыс емес интегралдар түрінде алынды. Интеграция сандық түрде жүргізілді және А.П. Дмитриев пен И.Д. Киллге қарама-қарсы нәтижелер берді. И.Д. Килл термо серпімді потенциал әдісімен сол мәселенің дәл шешімін ұқсас түрде тауып, оны кішігірім уақыттар үшін функционалды қатарға орналастырды, оның бірінші мүшесі өте қарапайым түрге ие және сандық есептеулер үшін қолданылған. Жер бетіне перпендикуляр аймақтарда жұмыс істейтін кернеулер барлық жерде сығымдау болып шықты, ал жер бетіне параллель жерлерде жұмыс істейтін кернеулер барлық жерде созылып жатыр, бірақ олар соншалықты кішкентай, олар бұзылуға себеп бола алмайды.

Тау жыныстарының термиялық бұзылуына арналған жұмыстарда Г.Паркус қолданған температураның бірдей таралуы кезінде, бірақ екінші және үшінші типтегі жылу өткізгіштіктің шекаралық жағдайларында жартылай кеңістік үшін термиялық серпімділік міндеті қарастырылады. [8,120б. 50, 51] Жартылай кеңістіктегі кернеу өрісін сипаттау бөлігінде алынған нәтижелер Н.В. Чугайнов, А.А. Галяс және Л.П. Ларкинаға ұқсас. Термосерпімділіктің осыған ұқсас аналогты мәселелері А.Я Колодко жұмысында соңғы элементтер әдісімен сандық түрде шешілген. [52].

В.И. Даниловск, Э.М. Гефтер, В.В. Аполлонов және басқалардың еңбектерінде [53] лазер сәулесімен қыздырылған жартылай кеңістіктің кернеулі-деформацияланған күйі зерттеледі. В.И. Даниловск пен Э.М. Шифтер алғаш рет жылу көздері біркелкі бөлінбейтін жартылай кеңістік үшін жылу серпімділігі мәселесін шешуге тырысты. Оссимметриялық жағдай қарастырылады. Сонымен қатар, ішкі жылу көздерінің тығыздығы тереңдікпен экспоненциалды түрде төмендейді деп есептелді (Бугер Заңы), ал жартылай кеңістіктің бетіне параллель жазықтықтарда ол күмбез тәрізді Гаусс таралуы бар. Кейін осындай тапсырманы Лауриелло мен Фритц шешті [54]. В.В. Аполлонов, А.П. Дмитриев және С.А. Ганчаров шекарасында жылу ағыны берілген жартылай кеңістік үшін термиялық серпімділіктің оссимметриялық

міндеті қарастырылған. Ағынның тығыздығы Гаусс Заңы бойынша орталықтан периферияға дейін төмендейді.

Енді тау жыныстарына термиялық әсер ету кезінде қопару процесін сипаттау мәселесіне тоқталайық.

Сызықтық сыну механикасының температуралық есептерін қатаң шешуге байланысты үлкен математикалық қиындықтарға байланысты тау жыныстарының нәзік термиялық бұзылуын зерттеу кезінде жарықтар теориясының ең табиғи және жалпы әдістері жеткілікті түрде кең таралмаған.

Қопару механикасы идеяларын дәйекті түрде қолданатын және аналитикалық нәтиже алған алғашқы жұмыс Л.С. Дудолодавтың жұмысы.

Онда Г.И. Баренблаттың жарықшақ моделі негізінде қыздырылған жартылай кеңістіктегі жарықтардың өсу мүмкіндігі бағаланады. Соңғы жұмыстардан біз А.Н. Москалевтің және басқалардың монографиясын атап өтеміз [55], онда жыныстың беткі қабатындағы жарықтардың дамуы зерттеледі. Сондай-ақ, беті кенеттен белгілі бір температураға дейін қызатын, содан кейін тұрақты болатын бастапқы қыздырылмаған жартылай кеңістіктің бетіне параллель жылу оқшауланған жарықшақ мәселесін шешетін мақаланы бөліп көрсету керек [56].

В.С. Никифоров пен В.М. Серяковтың жұмысында [8] құрамында жарықшақ бар қыздырылған тау жынысындағы кернеу күйі ақырлы элементтер әдісімен зерттелді. Жұмыста А.Я. Колодко және В.С. Никифоров [57] жарықшақ жұқа аймақпен модельденеді, оның серпімді модульдері қалған материалдың серпімді модульдерінен едәуір аз. Бұл сонымен қатар соңғы элементтер әдісін қолдануға мүмкіндік берді. Шын мәнінде, осылайша нақты жарықшақтың жағасында ығысулардың секіруі модельденеді.

Аталған математикалық қиындықтар тау жыныстарының термиялық бұзылуын зерттеу кезінде көбінесе беріктіктің белгілі бір макроскопиялық критерийін қолдануға әкелді: ең үлкен созылу кернеулері, ең үлкен созылу деформациялары, Губер-Мизес-Генканың ең үлкен пішін өзгеруі, Кулон-Мора және т.б. бірқатар жұмыстарда уақытша критерийлері қолданылады.

Ең көп таралған беріктіктің арнайы критерийі болды, оған сәйкес қыздырылған жыныстың беткі қабатындағы ыдырау бұзылатын қабаттағы орташа кернеулер шартты беріктік шегі деп аталатын белгілі бір мәнге жеткенде пайда болады. [58, 59]. Тау жыныстарының термиялық бұзылуын модельдейтін тәжірибелер тау жыныстарының жоғары класы үшін шартты беріктік шегі тау жыныстарының бір осьті қысу беріктігінің шамамен 80% құрайтынын көрсетті.

Арнайы беріктік критерийі бұзылу түрін де постуляциялайды: беттік сығылған қабаттың тұрақтылығын жоғалту. Алайда, тұрақтылықтың жоғалуы туралы түсінікті нақты пайдалану әрекеттері Л.С. Дербенев, А.Г. Мерзон, В.А. Черников, И.С.Сарманова, В.С.Бобовичтің кейінгі жұмыстарында ғана жасалды.

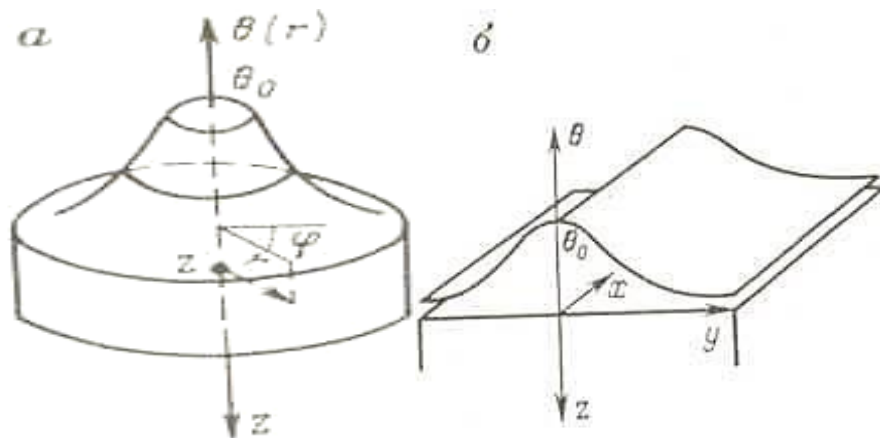
Бірқатар жұмыстар тау жыныстарының үздіксіз термиялық бұзылуының феноменологиялық модельдеріне арналған. Г.П. Черепановтың отпен бұрғылау

теориясында қысу кезінде жер бетіне жақын қабатта бұзылудың екі механизмі болуы мүмкін деп болжануда: олардың бірі ығысу мен бөліну жарықтарының таралуымен, екіншісі тұрақтылықтың жоғалуымен және материалдың жергілікті біркелкі еместігімен байланысты; жарықтардың дамуының бастапқы кезеңінде бірінші механизм іске асырылатын сияқты, ал соңғы кезеңде - тұрақтылықты жоғалту механизмі [47,78б]. Қосымша беріктік шарты белгілі бір сыну процесін (жарықтардың таралуын) сипаттаудан алшақтатуға және қирау аймағының таралу жылдамдығының (отпен бұрғылау жылдамдығының) қарапайым формуласын алуға мүмкіндік берді.

Бұл тәсілді жалпылау әрекетін Л.С. Дудоладов жасады, ол жойылатын аймақта сіңетін және жойылу өнімдерімен (жасырын балқу жылуына ұқсас) тасымалданатын энергияны қарастырды. В.М. Асеев пен С.А. Кербел тау жыныстарының қасиеттерінің температураға тәуелділігін ескерді. Ұқсас теорияларды құрудың басқа әрекеттері бар, мысалы, Кук пен Харвей.

Жойылатын тау жыныстарының геометриялық моделін бағалау үшін тау жыныстарының сынғыш термиялық бұзылуын беттік процесс ретінде қарастырдық, өйткені бұл жағдайда, әдетте, дене өлшемдеріне қарағанда едәуір кіші аймақтарда дене бетінің қабығы пайда болады. Сондықтан термиялық жолмен шексіз жартылай кеңістік жойылады деп ойлау орынды сияқты. Егер бұзылу жоғары температуралы газ ағынының әсерінен орын алса, онда оны жартылай кеңістік бетіне жақын температураның эквивалентті таралуы бар кейбір қозғалмайтын ортамен ауыстыруға болады. Содан кейін жылу өткізгіштіктің шекаралық шарттарын белгілей отырып, кем дегенде, негізінен, жер бетіне жақын бұзылатын денедегі кернеулер мен деформацияларды анықтауға және олардан бұзылу механизмін бағалауға болады. Бұл тәсіл қазіргі уақытта ең кең таралған. Ол ағынды механикалық әрекетті елемеуге болатын идеяларға сәйкес келеді.

2.1, а, б - суретте қарастырылған геометриялық модельдер және координаталық осьтердің сәйкес орналасуы көрсетілген. Осыған байланысты бұл жұмыста тек декарттық (X, Y, Z) және цилиндрлік (r, φ, z) координаттар қолданылатынын ескереміз.



Сурет - 2.1. Осимметриялық (а) және жазық (б) жойылатын дененің геометриялық модельдері

2.1-суретте бір өлшемді модель бейнеленген, ол осимметриялық және жалпақ модельдің құлдырауы болып табылады. Бұл жағдайда жартылай кеңістіктің бетіне жақын тұрақты температура орнатылады $\theta_0 = \text{const}$, координаттарға тәуелді емес. Бұл жағдайда жартылай кеңістіктегі кернеу тензоры декарттық координаттарда формулалармен (2.1), ал цилиндрлік координаттарда формулалармен беріледі:

$$\left. \begin{aligned} \sigma_{rr} = \sigma_{\varphi\varphi} = -\alpha ET / (1 - \vartheta), \\ \sigma_{rz} = \sigma_{z\varphi} = \sigma_{\varphi z} = \sigma_{zz} = 0, \end{aligned} \right\} \quad (2.4)$$

мұндағы: $r \geq 0$, $0 \leq \varphi < 2\pi$, $z \geq 0$ бұл жартылай кеңістік аймақты алады. Температура T тереңдікпен өзгереді, содан кейін кернеулер де өзгереді σ_{rz} және $\sigma_{\varphi\varphi}$ немесе σ_{xx} және σ_{yy} . Жартылай кеңістіктің барлық нүктелеріндегі кернеу $\sigma_{zz} = 0$. Демек, бір өлшемді модель созылу кернеулерімен байланысты бұзылу әсерлерін түсіндіре алмайды. Сондықтан біркелкі емес модельдерді енгізу түбегейлі сипатқа ие.

Ішкі жылу көздерінің q тығыздығының таралуы энергия ағынының жеткілікті күрделі затпен әрекеттесу механизміне байланысты. Бөлшектерден алшақтай отырып, бірінші жуықтауда біз Бугер-Ламберт заңы тура келеді деп санаймыз, оған сәйкес

$$q = (1 - R)I_0 e^{-\gamma z}, \quad (2.5)$$

мұндағы: I_0 - энергия ағынының қарқындылығы (тығыздығы), жартылай кеңістіктің шекарасына құлау $z = 0$;

R - шағылысу коэффициенті;

γ - энергияны сіңіру коэффициенті.

Бұл үлестіру бір өлшемді модельге сәйкес келеді. Егер энергия ағынының қарқындылығы біркелкі емес модельдерге тән ағынның көлденең қимасында өзгерсе, онда (2.4) түрінде қайта жазу керек:

$$q(x, y, z) = q_0 f(x, y) e^{-\gamma z} \quad q_0 = (1 - R)\gamma I_0, \quad (2.6)$$

мұндағы: $f(x, y)$ - кейбір функция (әдетте күмбез тәрізді), оның мәндерінің ауданының қимасы (0, 1).

Осылайша, қопарылатын дененің ең қарапайым және табиғи моделі-бұл энергия ағынымен немесе жоғары температуралы газ ағынымен өзара әрекеттесуін феноменологиялық сипаттауға болатын шексіз жартылай кеңістік.

Тау жыныстарының нақты жойылуын сипаттауға көшсек, қирату механикасының кейбір жалпы мәселелеріне тоқтала кету керек.

Әдетте термиялық бұзылу модельдерінде белгілі бір беріктік критерийлері қолданылады. Сонымен қатар, материалдардың кедергісінің классикалық теориялары тәуелсіз жүктеме параметрлері кеңістігіндегі бұзылу бетінің бар екендігі мен бірегейлігі туралы түсініктен туындайды, кез-келген

жүктеме жолында осы беттің белгілі бір нүктесіне жақындаған кезде жойылу моменті жүктеме параметрлерінің бірдей тіркесімімен бекітіледі. Материалдардың кедергісінде қолданылатын барлық беріктік критерийлері, мысалы, Галилей, Понселе, Кулон, Треска, Сент-Венан, Мора, Мизес және т.б. Г.И. Баренблаттың нәтижелері көрсеткендей, бұл идея белсенді жүктеме жолдары жағдайында жойылу механикасы тұрғысынан да әділ болды.

Екі (немесе одан да көп) тәуелсіз жүктеме параметрлері жағдайында және кез-келген жүктеме жолдарында қазіргі заманғы қопару механикасы тұрғысынан көрсетілген ұсынысты талдау қызығушылық тудырады, оған сәйкес нақты материалдардың бұзылуы олардағы кейбір бастапқы ақаулардың жарықтарының дамуымен түсіндіріледі. Бұл жағдайда бастапқы ақаулардың ең көп таралған түрлері - кеуектер мен жарықтар.

Жарылған және кеуекті материалдардың өкілдері бетондар, керамика, композиттер, тау жыныстары және басқа материалдар болып табылады, олардың беріктігін сипаттау үшін қазіргі уақытта сыну беті туралы түсінік кеңінен қолданылады. Аталған талдау жұмыстар негізінде жүргізілді [60, 61].

Термиялық бұзылу процестері жыныстың беткі қабатындағы қысу кернеулерімен сипатталады, онда шын мәнінде бұзылу орын алады. Жоғарыда айтылғандардан беріктік критерийлерінің феноменологиялық деңгейінде тау жыныстарының термиялық бұзылуын зерттеу бірінші жуықтау болып табылады. Бұзудың кем дегенде сапалық ерекшеліктерін түсіндіру үшін, ең болмағанда, қарапайым құрылымдық модельдерді, яғни тау жыныстарының құрылымын және оның бұзылу процесіндегі рөлін ескеретін модельдерді, негізінен, қысу кернеулері өрісінде құру қажет [62].

Тау жыныстарының құрылымының бұзылу тұрғысынан маңызды элементтері-жарықтар. Дегенмен, бір осьті емес біркелкі жүктеменің жалпы жағдайында жарықтары бар материалдың әрекетін, атап айтқанда термиялық қопару кезіндегі кернеу күйін қарастыру әлі де қиын. Сондықтан, төменде белгілі бір мағынада, уақытша әсерлер шамалы болған жағдайда көптеген сирек кездесетін жарықтар бар нәзік материалдан дененің бір осьті жүктелуіндегі (қысылуы немесе созылуы) ең қарапайым бұзылу моделі қарастырылады [63]. Мұндай материал үшін сынғыштық коэффициенті анықталады (қысу беріктігінің созылу беріктігіне қатынасы).

Инженерлік мәселелерді шешу үшін көптеген жарықтары бар материалдардың беріктік қасиеттері (жүктеменің белгіленген және бекітілген әдістерімен анықталған) туралы мәліметтер болуы керек. Сонымен қатар, көбінесе материалдың жеткілікті өкілді (үлкен немесе кіші) көлемдерінің беріктік қасиеттерін тікелей өлшеу олардың мөлшерінің маңыздылығына немесе маңызды еместігіне байланысты. Мысалы, тау жыныстарының механикасында өкілді көлемдердің өлшемдері геомеханикалық процестерде метрмен немесе ондаған метрмен және термиялық ыдырау процестерінде миллиметр немесе сантиметрдің үлесімен есептелуі мүмкін. Сондықтан тиісті масштабтағы жарықтардың таралуы және жарықтар арасындағы материалдың сипаттамалары туралы мәліметтерге сәйкес беріктік сипаттамаларын есептеу

туралы сұрақ туындайды. Ең маңызды беріктік сипаттамаларына σ_c бір осьті қысу және σ_p бір осьті созылу беріктігінің шектері жатады және көптеген жағдайларда олардың қатынастары қолданылады - кейбір феноменологиялық беріктік критерийлерін (мысалы, Г.С. Писаренко және А.А. Лебедев критерийлері) тұжырымдауға кіретін сынғыштық коэффициенті $\chi = \sigma_c/\sigma_p$, деп аталады.

Беріктік теориясындағы алғашқы құрылымдық модель Гриффитс моделі болып табылады, ол жазық деформация жақындаған кезде сызаттарды кернеусіз шекаралары бар кездейсоқ бағытталған ұзартылған эллипсоидты қуыстармен модельдеді және оны $\chi = \delta$ алды.

Көптеген авторлар атап өткендей (Б. Пол, Л. Оберт және т. б.), Гриффитс моделі қысу беріктігінің шегін төмендетеді, өйткені қысу кезінде Гриффитс сыну шарты ретінде пайдаланған жарықтардың дамуының басталу шарты дененің тұтастай бұзылуына жауап бермейді, өйткені сынудың алдында жарықтардың тұрақты өсуінің маңызды кезеңі болады (Гриффитс моделінде) жарықтар өзара әрекеттеспейді). Дәл осы ескерту кейбір кейінгі модельдерге қатысты (Макклиток пен Уолш, В.В. Панасюк, Грамберг және т. б.). Модельде В. И. Моссаковск және М.Т. Рыбкин жарықтардың өсуінің тұрақсыздығы сығылған кезде жарықтар өз жазықтығында түзу таралады деген болжаммен қамтамасыз етіледі. Ұқсас гипотеза Г.П. Черепанов моделінде қолданылады.

Көптеген авторлар сынғыш денелердің бұзылу сипаты мен беріктігінің шиеленіс түріне тәуелділігін атап өтті: Б.В. Байдюк, Бекер, Карман, А.А. Лебедев, А. Надаи, Б.К. Норел, Г.С. Писаренко, С.Е. Чирков, Е.И. Шемякин, Р.М.Эйгелос, Ю.Я. Эстрин және т.б. М.М. Филоненко-Бородич Надаи-Лоде μ параметрі бар Мора конверттерінің шоғырын зерттеді, оны әдеттегідей шиеленісті күйдің түрін сипаттауға болады.

$$\mu = \frac{2\sigma_{II} - \sigma_I - \sigma_{III}}{\sigma_I - \sigma_{III}}, \quad (2.7)$$

мұндағы: $\sigma_I, \sigma_{II}, \sigma_{III}$ - кему ретімен нөмірленген негізгі кернеулер ($\sigma_I \geq \sigma_{II} \geq \sigma_{III}$);

Осы реттілікті ескерместен біз негізгі кернеулерді әдеттегідей белгілейміз $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$). Егер $\sigma_I > \sigma_{III}$, онда $-1 \leq \mu \leq 1$. Мұнда $\sigma_I = \sigma_{III}$ (нақтырақ $\sigma_I = \sigma_{II} = \sigma_{III}$) - құлдыраған және әр уақытта бөлек қарастыруды қажет етеді. Кернеу күйінің кейбір түрлері және оларға сәйкес μ мәндері 2.1-кестеде келтірілген.

Кесте 2.1 - Шиеленісті жағдайдың кейбір түрлері

Кернеулі күй	Негізгі кернеу $\sigma_I \geq \sigma_{II} \geq \sigma_{III}$	Надаи-Лоде μ параметрі
Бір осьті қысу	$\sigma_I = \sigma_{II} = 0, \sigma_{III} < 0$	+1
Бір осьті созылу	$\sigma_I > 0, \sigma_{II} = \sigma_{III} = 0$	-1
Таза ауысым	$\sigma_I = -\sigma_{III} > 0, \sigma_{II} = 0$	0
Екі осьті қысу	$\sigma_I = 0, \sigma_{II} = \sigma_{III} < 0$	-1
Екі осьті созылу	$\sigma_I = \sigma_{II} > 0, \sigma_{III} = 0$	+1

Көріп отырғанымыздай, μ фиксациясы жүктеме режимін де, тіпті кернеу күйінің соңғы көрінісін де нақты анықтамайды. Алайда, соңғысымен байланысты болып шығады белгілі бір сан μ , күштік ойлау тәжірибесіне енген. Сондықтан біз осы параметрді қарастырудың мақсатын ескере отырып қолданамыз (беріктік критерийлерінің осы тобының шекті беттерінің пішінін сипаттап және олардың қолданылуына қатысты кейбір жалпы ойларды келтіреміз), сондай-ақ бұл параметр қазіргі уақытта шиеленісті күйдің түрін сипаттау үшін кең таралған және оны дәйекті қолдану нәтижелерін қадағалау қызықты.

Жүктеме әдісіне келетін болсақ, Карман, Бекер, С.Е. Чирков, Б.К. Норель және басқалардың тәжірибелік бөлігін талдау нақты қондырғыларда эксперименттердегі μ фиксациясы жүктеме жолдарының кейбір жиынтығын оқшаулаумен байланысты екенін көрсетеді, сондықтан аталған авторлар алған шекті беттер айқын мағынаға ие. Осыған байланысты ең дәйекті тәсіл Б. К. Норельдің, ол көмірдің беріктігі критерийін жасай отырып, кенжар жақындаған сайын қабаттағы көмірге тән кернеулі - деформацияланатын күйлердің өзгеру реттілігін айқын көрсетеді.

Жүктеме параметрлері ретінде біз бұдан әрі негізгі кернеулерді $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ қолданамыз. Классикалық беріктік критерийлерінде негізгі кернеулер кеңістігіндегі шекті бет пішінге ие $F(\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3) = 0$. М.М. Филоненко-Бородичтің идеясы, шын мәнінде, μ -ді нақты ескеру және μ параметрі бар шекті беттердің құрамын қарастыру қажет.

$$F(\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3, \mu) = 0, \quad (2.8)$$

Бекітілген μ жүктеме процесінде кескін нүктесінің қозғалысы осы құрамның беттерінің бірі бойымен жауап береді. Жалпы жағдайда μ кернеулерге тәуелді және (2.8) шын мәнінде бір шекті бетті анықтайды.

Мора, М.М. Филоненко-Бородича критерийін жалпылауды қарастыра отырып, шекті мәннің қарапайым сызықтық тәуелділігін ұсынды τ келіңіздер октаэдрлік кернеу τ және μ . Бұл жағдайда (2.8) түрге ие болады

$$\sqrt{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2} = 3T_0(1 + \alpha\mu), \quad (2.9)$$

мұндағы: T_0 және α - тұрақты, стандартты сынақтардың нәтижелері бойынша анықталады. Көріп отырғанымыздай (2.9), $T_0 > 0, -1 < \alpha < 1$.

Айта кету керек, күш пен энергетикалық тәсілдер сызықты серпімді денелер үшін беріктік критерийлерінің бірдей формулаларына әкеледі. Сызықтық емес материалдар жағдайында күштік тәсіл бірдей нәтиже береді, ал энергетикалық тәсіл, жалпы айтқанда, әлдеқайда күрделі. Күштік тәсіл де қолайлы болып көрінеді, өйткені феноменологиялық болса да, беріктік критерийін тұжырымдау кезінде жойылу себебі мен оның түрі анық көрсетілген. Алайда, энергетикалық критерийлердің таралуын ескере отырып,

М.М. Филоненко-Бородичтің идеясын жалпылау сызықтық серпімді материалдар үшін басталады.

Энергетикалық беріктік критерийлерін құрудың классикалық әдістеріне сүйене отырып, келесі кезеңде орташа кернеудің әсерін ескеру қажет $\sigma = (\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3)/3$. Мұны, мысалы, П.П. Баландин критерийлерінде қолданылатын әдіспен жасауға болады. Критикалық өзгеру энергиясы деп есептейік сызықтық A_c -қа тәуелділік μ . Осылайша, П.П. Баландин критерийін жалпылау келесі қатынасқа дейін азаяды:

$$(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1) = c + b\mu + \alpha(\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3), \quad (2.10)$$

мұндағы: a, b, c - тұрақты, үш сынақтың нәтижелері бойынша анықталады.

Төменде тау жыныстарының беттік қыздыру жағдайы қарастырылғандықтан, онда температура өрісінің өзгеруіне тән масштабқа қарағанда едәуір кіші аудандарда жойылу орын алады, сондықтан термиялық жолмен шексіз жартылай кеңістік жойылады деп санауға болады. Минералды құрамның біркелкі еместік әсерін және жыныстың түйіршікті құрылымының рөлін қарастыру үшін жартылай кеңістік материалы екі компонентті кездейсоқ біртекті емес түйіршікті орта болып саналады, егер нәтижесінде бөлінетін бөлшектердің мөлшері біркелкі емес (минералды түйіршік) едәуір асып кетсе мүмкін болады.

Мұнда f - кейбір физикалық шама. $\langle f \rangle, \langle f \rangle_1$ және $\langle f \rangle_2$ бірге екі компонентті ортаның элементар көлемі бойынша және сәйкесінше бірінші және екінші құрамдас бөліктер алып жатқан элементар көлемнің $\langle f \rangle$ бөлігіндегі f орташа мәнін алу арқылы алынған шамаларды қарастырыңыз. Шамасы $\langle f \rangle$ макроскопиялық деп аталады, ал $\langle f \rangle_1$ және $\langle f \rangle_2$ шамалар микроскопиялық (құрылымдық). Егер f компонент ішінде өзгермесе, онда $\langle f \rangle_1$ біз $\sim f_i$ деп белгілейміз. $\langle f \rangle, \langle f \rangle_1$ және $\langle f \rangle_2$ шамалар байланысты $\langle f \rangle = p_1 \langle f \rangle_1 + p_2 \langle f \rangle_2$, мұнда p_1, p_2 - компоненттердің көлемдік құрамы ($p_1 + p_2 = 1$).

Қопарылатын дененің бетіне жақын микроскопиялық кернеулер енді $z \geq 0$ жартылай кеңістігі үшін бір өлшемді жылу серпімділігі мәселесін шешумен анықталады:

$$\begin{aligned} \langle \sigma_{xx} \rangle = \langle \sigma_{yy} \rangle &= -\frac{\alpha_* E_*}{1 - \nu_*} \langle T \rangle; \\ \langle \sigma_{xy} \rangle = \langle \sigma_{yz} \rangle = \langle \sigma_{zx} \rangle = \langle \sigma_{zz} \rangle &= 0, \end{aligned} \quad (2.11)$$

Жартылай кеңістіктегі макроскопиялық температура:

$$\langle T \rangle = \theta_0 f_1(z, t), \quad (2.12)$$

тереңдікпен күрт төмендейді, α_* - сызықтық температураның кеңею коэффициенті; E_* және ν_* - Юнг модулі және Пуассон коэффициенті, жұлдызша жартылай кеңістік материалының тиімді сипаттамаларын (жалпы параметрлерін) білдіреді; t - уақыт.

Жартылай кеңістікті конвективті қыздыру жағдайында:

$$f_1(z, t) = \operatorname{erfc} \frac{z}{2\sqrt{a_*t}} - \exp(h^2 a_* t + hz) \operatorname{erfc} \frac{z+2ha_*t}{2\sqrt{a_*t}} \quad (2.13)$$

мұндағы: θ_0 - жартылай кеңістікпен жанасатын ортаның температурасы;
 h - жылу алмасу коэффициенті.

Жартылай кеңістікті жылу көздерімен қыздыру жағдайында:

$$f_1(z, t) = te^{-\gamma z} \quad (2.14)$$

$\theta_0 = Q_0 = (1 - R)I_0 \gamma / (c_* p_*)$, мұндағы: I_0 - түсетін энергияның қарқындылығы (уақыт бірлігінде жартылай кеңістік бетінің бірлігіне түсетін энергия); c_* және p_* - жыныстың жылу сыйымдылығы мен тығыздығы; R - шағылысу коэффициенті; γ - сіңіру коэффициенті.

Температура (2.12)- (2.13), әдеттегідей, жартылай кеңістіктің қыздырылмаған күйінен есептеледі.

Осылайша, температура кернеулері тар беткі қабатта шоғырланған. Бұл факт және бөлінетін бөлшектердің пішіні (жұқа, дерлік жалпақ пластиналар) бұзылу тұрақтылықты жоғалту механизмі арқылы жүреді деп болжады [58, 32б; 59, 13б]. Алайда, жартылай кеңістіктің тұрақтылығының беткі жоғалуы ортаның серпімділік модуліне тең кернеулерді қажет етеді (дәлірек бағалау А. Н. Гузя жұмысында көрсетілді және т. б.). Сынғыш термиялық бұзылу кезінде мұндай үлкен кернеулерді жүзеге асыру мүмкін емес, өйткені жыныстың салыстырмалы түрде төмен беріктігіне байланысты соңғысы әлдеқайда ертерек бұзылады. Сондықтан тау жыныстарының жойылуын сипаттау үшін қосымша ойлар қажет. Мысалы, тұрақтылықтың жоғалуы ығысу мен бөліну жарықтарының өсуінен бұрын болады деген болжамдар бар [47, 78б].

Егер тау жыныстарының құрылымын өзгертуді елемейтін болсақ (қысу кернеулері өрісіндегі жарықтардың дамуы, біз қазір тау жыныстарының минералды құрамының оның нәзік термиялық ыдырау механизміндегі біркелкі еместік рөлін толық анықтау үшін), онда жүктеменің белсенді сипатына байланысты тау жынысы жер үсті қабатында, дәстүрлі түрде төтеп бере алатын қысу кернеулерінің шекті мәндерін бағалауға тырысу мағынасы бар кез-келген беріктік критерийін қолдана алады. Біз температура өрісінің өзгеру масштабымен салыстырғанда түйіршіктердің (біркелкі еместік) мөлшері аз болатын жағдайды қарастырамыз және бұл қолайлы. Беріктік теорияларының идеологиясы бойынша олар қарапайым көлемдердің бұзылуын сипаттайды. Бос

беттің әсері қопару жүктеме мөлшерін азайтуы мүмкін. Сондықтан беріктік критерийі шекті кернеулер үшін жоғарыдан баға бере алады.

Сенімділік үшін беріктік критерийі үшін біз П.П. Баландин критерийін қабылдаймыз, өйткені біріншіден, оған сәйкес келетін негізгі кернеулер кеңістігіндегі айналу параболоиды айқын физикалық мағынаға ие, екіншіден, оны Г.А. Гениев және басқалардың тәжірибе түрінде жақсы тексереді. тау жыныстарына ұқсас бетон материалдары үшін. Ақырында, бұл өте қарапайым және күрделі критерийлерді қолдану дәлдіктен асып түседі. П.П. Баландин критерийіне сәйкес жойылу жағдайы келесідей:

$$\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2 - \sigma_1\sigma_2 - \sigma_2\sigma_3 - \sigma_3\sigma_1 - (\sigma_p - \sigma_c)(\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3) = \sigma_p\sigma_c \quad (2.15)$$

мұндағы: $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ - негізгі кернеу, σ_p және σ_c - бір осьті созылу және қысу үшін тау жыныстарының беріктік шектері. (2.10) сәйкес, бетінде екі осьті қысу шарттары жүзеге асырылады, сондықтан (2.15) - ден біз материалдың екі осьті қысу беріктігінің шегін табамыз:

$$\sigma_s = \sigma_c - \sigma_p + \sqrt{\sigma_c^2 + \sigma_p\sigma_c + \sigma_p^2} \approx 2\sigma_c \quad (2.16)$$

мұнда шамамен теңдік тау жыныстары үшін әдеттегідей жағдайға байланысты $\sigma_p \ll \sigma_c$

(2.16) - ді (2.10) алмастыра отырып, бұзылу сәтіндегі тау жыныстарының беткі температурасының бағасын табамыз:

$$T_p = \frac{2\sigma_c(1 - \vartheta_*)}{\alpha_* E_*} \quad (2.17)$$

(2.17) - ді (2.11) алмастыра отырып, жойылудың басталу τ уақытын бағалау үшін теңдеуді табамыз:

$$f_1(0, \tau) = T_p / \theta_0, \quad (2.18)$$

Егер басқа беріктік критерийлері қолданылса, онда T_p сыну температурасы үшін ұқсас формулалар алынады:

$$T_p = \frac{\sigma_s(1 - \vartheta_*)}{\alpha_* E_*} \quad (2.19)$$

Мұнда ереже бойынша шығатыны,

$$\sigma_s = \kappa\sigma_c \quad (2.20)$$

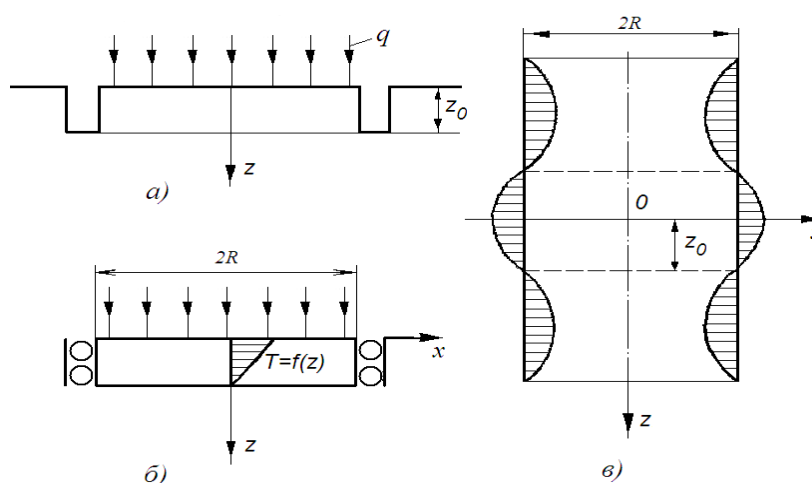
бұл екі осьті қысу кезінде беткі қабаттағы тау жыныстарының беріктігі, k - бірлік ретін көбейткіш коэффициент ($k \approx 1 \div 3$).

Көптеген авторлар қолданған үздіксіз жойылу моделі кең таралды: Г. П. Черепанов, Л. С. Дудолоадов, С. А. Кербель және т. б. Бұл модельде бұзылу нәтижесінде дененің шекарасы белгілі бір тұрақты жылдамдықпен біркелкі қозғалады және ол дене шекарасымен бірге қозғалатын жылжымалы координаттар жүйесіндегі температураның таралуының стационарлық жағдайынан туындайды деп саналады. Тау жыныстарын термиялық бұзу теориясындағы бұл тәсілді Г. П. Черепанов ұсынды [47, 786].

2.2 Гранит блоктарын кесуге арналған жоғары температуралы және жоғары жылдамдықты шілтердің жылу ағынының әсері

Өңделетін бетке белгілі бір бұрышта ағып жатқан қыздырғыштардың газ ағындарының жылу әсері туралы мәселені шешу үшін, тау жыныстарын кесу жағдайында, дөңгелек жылу көзінің әсерінен өңдеу процесінің теориялық моделін жасаймыз.

Бұзылатын қабат моделі қарастырылып отырған уақыт нүктесінде z жылуының ену тереңдігімен анықталған қалыңдығы бар жолақты білдіреді. Жолақтың сыртқы байланыстары негіз бойынша қатты тығыздау арқылы, ал бүйір бетінде контурдың көлденең ығысуына жол бермейтін байланыс арқылы ескеріледі (2.2 - сурет).



а) негізінде бекітілген; б) контурдың көлденең жылжуына жол бермейтін тығыздағышпен; в) бүйір бетіне жүктелген гармоникалық жүктеме

Сурет - 2.2. Термиялық кернеу өрістерін есептеуге арналған жолақ модельдері

Тапсырманы келесі шарттармен қарастырамыз. Шексіз ұзындық жолағы, қалыңдығы z_0 және ені $2R$, бүйір жағынан негіз бойынша қатты негізделген $z=0$, ал бүйір бетінде - байланыс, көлденең ығысуға жол бермейтін, қыздырғыштың

максималды жылу ағынымен қызады q_{\max} , газ ағынының қозғалысы кезінде жұмыс істейді.

Пластинадағы температураның таралуы тәуелділікке бағынады [64, 65]:

$$T(z) = -T_s(1 + zH) + T_r zH, \text{ К}, \quad (2.21)$$

мұндағы: T_s - қыздыру бетінің температурасы, К;

$H = \alpha_q / \lambda$ - салыстырмалы жылу алмасу коэффициенті, 1/м;

α_q - жылу беру коэффициенті, Вт/(м²·К);

T_r - қыздырылған бетіндегі газдың температурасы, К.

Серпімділік модулі E , термиялық кеңею коэффициенті a және Пуассон коэффициенті μ температураға тәуелсіз қабылданады. Термиялық кернеу өрістерін табу қажет. Мәселе суперпозиция әдісімен шешіледі, яғни жылу кернеулерінің өрістері негізде қысылған жолақта және контурдың көлденең жылжуына жол бермейтін тығыздау жолағында бөлек орналасқан.

Қойылған мәселе алынған екі шешімнің алгебралық қосылуынан туындайды. Негіз бойынша қысылған және бүйір бетіндегі жүктемеден бос жолақтағы жылу кернеулерінің өрістерін табу туралы мәселенің бірінші шешімі негіз бойынша қатты жабылған дөңгелек тақтадағы деформация өрістерін табу үшін жұмыста қолданылатын әдісті қолдану арқылы жүзеге асырылады [66].

Плитаның деформацияланған күйі келесі ығысулармен және салыстырмалы деформациялармен көрінеді:

$$u_x = 0; \quad w_z = \frac{1-\mu}{1+\mu} \alpha \cdot \int f(z) dz; \quad (2.22)$$

$$\varepsilon_x = \frac{\partial u}{\partial x} = 0; \quad \varepsilon_z = \frac{1-\mu}{1+\mu} \alpha \cdot f(z); \quad \gamma_{xz} = \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial w}{\partial z}. \quad (2.23)$$

Тәуелділіктермен көрсетілген жолақтың деформацияланған күйі (2.23) Сен-Венан деформациясының үйлесімділік теңдеуін қанағаттандырады. Жолақта кернеулер әсер ететін болады:

$$\left. \begin{aligned} \sigma_x &= -\frac{\alpha E f(z)}{1-\mu} \\ \sigma_z &= \tau_{xz} = 0 \end{aligned} \right\}. \quad (2.24)$$

Тәуелділіктермен көрсетілген кернеулер $T = f(z)$ температураның кез келген таралуы кезінде (2.24), суретте көрсетілгендей контур бойымен тығыздалған жолақ үшін дәл шешім болып табылады.

Негізге қысылған жолақ мәселесін шешу үшін гармоникалық заңға сәйкес бөлінген жүктемемен бүйірлік бетке жүктелген шексіз қалыңдық ($z=\infty$) жолағының шешімін қолданамыз.

Жолақта кернеулер әсер ететін болады:

$$\sigma_x = -\frac{\alpha ET \cos kz}{1 - \mu}, \quad (2.25)$$

мұнда $k = \frac{n\pi}{2z_0}$; z_0 - косинусоидтың ширек толқын ұзындығы; $n = 1, 3, 5, 7$

және т.б.

Әлбетте, теңдік дұрыс:

$$f(z) = T \cos kz. \quad (2.26)$$

Қабылданған жүктеме заңында кернеу функциясы келесі түрде қабылдануы мүмкін:

$$\varphi = \cos kz [A_n \operatorname{ch}(kx) + B_n kx \operatorname{sh}(kx)] \quad (2.27)$$

мұндағы: A_n, B_n - шекаралық шарттардан анықталатын тұрақты. Кернеулер кернеу функциясы арқылы көрсетіледі

$$\left. \begin{aligned} \sigma_x &= \frac{\partial^2 \varphi}{\partial z^2} = -k^2 \cos kz [A_n \operatorname{ch}(kx) + B_n kx \operatorname{sh}(kx)] \\ \sigma_z &= \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} = k^2 \cos kz \{A_n \operatorname{ch}(kx) + B_n [2 \operatorname{ch}(kx) + kx \operatorname{sh}(kx)]\} \\ \tau_{xz} &= \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x \partial z} = -k^2 \sin kz \{A_n \operatorname{sh}(kx) + B_n [\operatorname{sh}(kx) + kx \operatorname{ch}(kx)]\} \end{aligned} \right\} \quad (2.28)$$

Бүйір бетінде шарттар орындалуы керек:

$$\left. \begin{aligned} \sigma_{x/x=R} &= -\frac{\alpha ET \cos kz}{1 - \mu} \\ \tau_{xz/x=R} &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (2.29)$$

Осы кернеу теңдеулеріне (2.29) ауыстыра отырып, біз A_n және B_n тұрақты мәндерін аламыз:

$$\begin{aligned} B_n &= \frac{-\operatorname{sh}(kR)}{kR + \operatorname{ch}(kR)\operatorname{sh}(kR)} \frac{-\alpha ET}{k^2(1 - \mu)}; \\ A_n &= \frac{kR \operatorname{ch}(kR) + \operatorname{sh}(kR)}{kR + \operatorname{ch}(kR)\operatorname{sh}(kR)} \frac{-\alpha ET}{k^2(1 - \mu)}. \end{aligned} \quad (2.30)$$

Үлкен мәндермен kR : $\operatorname{sh}(kR) \approx \operatorname{ch}(kR) = \frac{1}{2} e^{kR}$

Шамамен:

$$\begin{aligned}
 B_n &\approx -\frac{e^{kR}}{2[kR + e^{2kR}/4]} \frac{\alpha ET}{k^2(1-\mu)}; \\
 B_n &= -\frac{2e^{kR}}{4kR + e^{2kR}} \frac{\alpha ET}{k^2(1-\mu)} = b_n \frac{\alpha ET}{k^2(1-\mu)}; \\
 A_n &\approx \frac{kRe^{2kR}/2 + e^{2kR}/2}{kR + e^{2kR}/4} \frac{\alpha ET}{k^2(1-\mu)}; \\
 A_n &= \frac{2e^{kR}(kR+1)}{4kR + e^{2kR}} \frac{\alpha ET}{k^2(1-\mu)} = a_n \frac{\alpha ET}{k^2(1-\mu)}.
 \end{aligned} \tag{2.31}$$

$z=0$ қимасы (2.2-сурет, а) жүктеменің түзу симметрия жазықтығы болып табылады және z осі бағытында орын ауыстырулар жоқ.

Бұл қима тегіс болып қалады, яғни онда $\tau_{xz}=0$; $\sigma_z=0$ шарты орындалуы керек.

Негізде қысылған жолақ мәселесіне өту үшін $z=0$ қимасына және негізге қарама-қарсы бағытталған σ_x , кернеулері қолданылады, яғни соңғысы негізге ауысады.

Осылайша, көрсетілген және (2.26) ескере отырып, жолақтағы жылу кернеулерінің өрістері түпкілікті көрсетіледі [67]:

$$\left. \begin{aligned}
 \sigma_x &= [a_n ch(kx) - b_n kxsh(kx)] \frac{E\alpha T \cos kz}{1-\mu} \\
 \sigma_z &= [a_n ch(kx) - b_n kx + kxsh(kx)] \frac{E\alpha T \cos kz}{1-\mu} \\
 \tau_{xz} &= -\{a_n sh(kx) - b_n [sh(kx) + kxch(kx)]\} \frac{E\alpha T \sin kz}{1-\mu}
 \end{aligned} \right\} \tag{2.32}$$

Контурдың көлденең жылжуына жол бермейтін жолақ мәселесінің екінші шешімі (2.2, б-суретті қараңыз) белгілі және көрсетілген [68].

Бұл жағдайда термиялық кернеу өрістері көрсетіледі:

$$\left. \begin{aligned}
 \sigma_x &= -\frac{E\alpha T \cos kz}{1-\mu}; \\
 \sigma_z &= 0; \\
 \tau_{xz} &= 0.
 \end{aligned} \right\} \tag{2.33}$$

(2.32) және (2.33) шешімдерді алгебралық түрде қосу арқылы біз контурдың көлденең жылжуына жол бермейтін негізге қысылған және бүйір бетіне тығыздалған жолақтағы термиялық кернеу өрістеріне тәуелділіктер аламыз:

$$\left. \begin{aligned} \sigma_x &= [a_n ch(kx) - b_n kxsh(kx) - 1] \frac{E\alpha T \cos kz}{1 - \mu} \\ \sigma_z &= [a_n ch(kx) - b_n [2ch(kx) - kxsh(kx)]] \frac{E\alpha T(1 - \cos kz)}{1 - \mu} \\ \tau_{xz} &= -\{a_n sh(kx) - b_n [sh(kx) - kxch(kx)]\} \frac{E\alpha T \sin kz}{1 - \mu} \end{aligned} \right\} \quad (2.34)$$

Тәуелділіктер (2.34) жолақтың қалыңдығы бойынша температураның гармоникалық өзгеруіне тең. Біздің жағдайда температураның таралуы сызықтық (2.12). Алайда, қанағаттанарлық дәлдікпен температураның сызықтық таралуын гармоникалықпен алмастыруға болады, әсіресе болашақта көрсетілгендей, жолақтың беріктігі үшін ең қауіпті температура нөлге тең болатын оның негізіндегі кернеулер болады. Негіздің көрсетілген аймағының кернеулі күйін бағалауды сынғыш материалдардың беріктігін зерттеу кезінде тәжірибелік дәлел алған П. П. Баландин критерийі бойынша жүргіземіз. Тегіс кернеулі күйі үшін критерий келесідей болады [69]:

$$\sigma_z^2 + 3\tau_{xz}^2 + (\sigma^p + \sigma^c)\sigma_z = \sigma^p \sigma^c, \quad (2.35)$$

мұндағы: σ^p және σ^c - тау жыныстарының қысу және созылу беріктігінің шектері.

(2.35) негіздің ең қауіпті аймағында әрекет ететін σ_z және τ_{xz} шамаларын алмастыра отырып және $\sigma^c = 20 \sigma^p$ қабылдай отырып, біз қыздырылған қабаттың бұзылуының келесі шарттарын аламыз [67, 145б]:

$$0,063 \frac{E\alpha T_s}{1 - \mu} \geq \sigma^p \quad (2.36)$$

мұндағы: T_s - қыздырылған қабатты бөлу кезінде жыныстың қыздыру бетінің температурасы, К

2.3 Тесік қазбаларды жүргізу кезінде отты ағынмен жару процесінің параметрлерін есептеу әдістемесі

Жұмыста бір қыздырғыштың әсер ету жағдайы үшін шамамен қабылданған жолақты жылу көзіне әсер ету критерийі алынды [70, 71]. Бұл жағдайда қыздырғыштың ағынында жылу ағынының минималды төмендеуімен тиімді қыздыру аймағы бөлінді. Ағындағы жылу ағынының бұл тиімді ұзындығы 0,15...0,2 м аралығында, ағынның жалпы ұзындығы 0,35... 0,4 м.

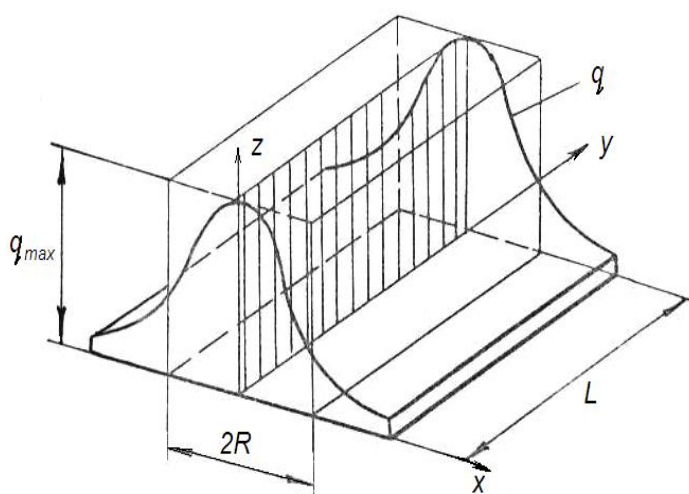
Ені 2R қыздыру жолағын тау жынысы бойымен тұрақты жылдамдықпен жылжыту кезінде $v_{\text{бой}}$ есептеу аймағының әрбір нүктесі алаудың әсерінен болады, $t_{\text{сл}}$, уақыты, ал z қалыңдық қабаты бөлінеді (2.2-сурет). Тиімді бұзылу орын алатын ағын L ұзындығының белсенді бөлігінде көлемдік өнімділік келесідей болады:

$$\Pi_v = 2RL \frac{z}{t_{cl}}, \text{ м}^3/\text{с}. \quad (2.37)$$

Сызықтық жылу көзімен тау жыныстарының тиімді қыздыру аймағы келесідей анықталады. Жоғары температура мен жылдамдықтағы газдар ағынының әсерінен q жылу ағыны пайда болады, оның таралуы Гаусс заңына жеткілікті дәлдікпен бағынады [72, 73] (2.3-сурет).

$$q = q_{\max} \exp(-kr^2), \text{ Вт/м}^2, \quad (2.38)$$

мұндағы: q_{\max} - жылу көзінің максималды жылу ағыны, Вт/м²;
 r - ағымдағы радиус, м;
 k - жылу ағынының шоғырлану коэффициенті, 1/м².



Сурет - 2.3. Жолақты жылу көзінің моделі

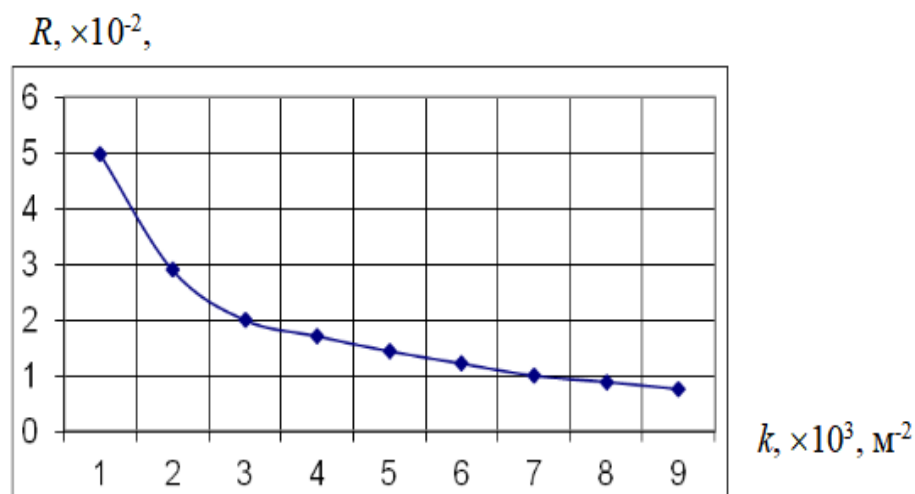
От ағынымен қопару тәжірибесінен материалдар тиімді қыздыру саласында қарқынды түрде жойылатыны белгілі, оның сыртында бұзылу өнімділігі толығымен тоқтатылғанға дейін күрт төмендейді. Осы аймақтың радиусын R деп белгілейік. Тиімді қыздыру нүктесіндегі жылу ағынының таралуын аймақ ішінде біркелкі $|0 \leq r \leq R|$ және q_{\max} тең деп ауыстырамыз [74]. Жылу ағынының нақты және қабылданған таралуы кезінде жылу мөлшерін теңестіре отырып, біз аламыз:

$$L2Rq_{\max} = \int_{-\infty}^{+\infty} q_{\max} \exp(-kr^2) dr L = \frac{1.77}{\sqrt{k}} q_{\max} L, \quad (2.39)$$

Тиімді қыздыру нүктесінің радиусын табуға болады:

$$R = \frac{\sqrt{\pi}}{4\sqrt{k}} \quad (2.40)$$

Бір қыздырғыш үшін $2R$ қыздыру ені бар тәуелділік (2.40) 2.4-суретте көрсетілген. Графиктен жылу ағынының шоғырлану коэффициентінің жоғарылауымен k тиімді қыздыру нүктесінің радиусына R азаяды.



Сурет- 2.4. Тиімді қыздыру нүктесінің радиусына тәуелділігі меншікті жылу ағынының шоғырлану коэффициенті

От ағынымен қопарудың сызықтық жылдамдығын анықтаймыз:

$$V_{\text{сыз}} = c q_{\text{max}}, \quad (2.41)$$

мұндағы: c - қисаю бұрышының тангенсі $v_{\text{лин}} = f(q)$.
Осы өрнектерді ескере отырып (2.41):

$$P_v = c q_{\text{max}} L \frac{\sqrt{\pi}}{\sqrt{k}}, \quad \text{м}^3/\text{с}. \quad (2.42)$$

Талдау көрсеткендей, көлемдік өнімділік үш шаманың көбейтіндісіне байланысты: c , q_{max} ; $\frac{\sqrt{\pi}}{\sqrt{k}}$ және L - қыздыру жолағының ұзындығы. Физикалық мағынасында c шамасы берілген энергияның бірлігіне келетін бұзылған аймақтың көлемін сипаттайды, яғни. жойылудың нақты көлемі және жабынның жылу-физикалық қасиеттеріне байланысты. q_{max} . $\frac{\sqrt{\pi}}{\sqrt{k}}$ қатынасы ол тау жыныстарындағы жылу ағынының тығыздығын және оның қыздыру нүктесінде таралуын, яғни жылу құралының жылу қуатын сипаттайды. Теңдеуден жылу құралдарын жылудың қыздырылатын бетке максималды берілуін қамтамасыз ете отырып жобалау керек. Ені $2R$ жолақ көзінің тиімді қыздыру нүктесінің қозғалысы кезінде әрбір нүкте осы аймақта $t_{\text{сл}}$ уақыт болуы керек деген ұстанымға сүйене отырып, бойлық қозғалыстың қажетті жылдамдығын анықтаймыз.

$$V_{\text{бой}} = \frac{2R}{t_{cl}} \quad \text{немесе} \quad V_{\text{бой}} = q_{\text{max}} \frac{\sqrt{\pi}}{\sqrt{k}} c z^{-1}, \quad \text{м/с.} \quad (2.43)$$

Тәуелділік (2.43) меншікті жылу ағынының ұлғаюымен және ағынның шоғырлануының төмендеуімен берілген қалыңдықтағы жыныс қабатын алып тастағанда, жынысқа қатысты жолақты жылу көзінің қозғалу жылдамдығын арттыру қажет екенін көрсетеді.

2 тарау бойынша қорытындылар

1) П.П. Баландин критерийіне сәйкес тау жыныстарының қопарылу шарты белгіленді:

$$\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2 - \sigma_1\sigma_2 - \sigma_2\sigma_3 - \sigma_3\sigma_1 - (\sigma_p - \sigma_c)(\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3) = \sigma_p\sigma_c$$

Бұзылу жағдайын ескере отырып, тау жыныстарының беріктік шегі белгіленді:

$$\sigma_s = \sigma_c - \sigma_p + \sqrt{\sigma_c^2 + \sigma_p\sigma_c + \sigma_p^2} \approx 2\sigma_c$$

$$\text{және жойылу кезіндегі беткі температура } T_p = \frac{\sigma_s(1 - \vartheta_*)}{\alpha_* E_*}.$$

2) Газ қыздырғыштарының өңделетін бетке жылу әсері туралы мәселе қарастырылады, оның кернеу функциясы арқылы кернеудің деформацияланған күйі келесі тәуелділіктермен көрінеді

$$\left. \begin{aligned} \sigma_x &= [a_n ch(kx) - b_n kxsh(kx) - 1] \frac{E\alpha T \cos kz}{1 - \mu} \\ \sigma_z &= [a_n ch(kx) - b_n [2ch(kx) - kxsh(kx)]] \frac{E\alpha T(1 - \cos kz)}{1 - \mu} \\ \tau_{xz} &= -\{a_n sh(kx) - b_n [sh(kx) - kxch(kx)]\} \frac{E\alpha T \sin kz}{1 - \mu} \end{aligned} \right\}$$

3) Бұзудың сызықтық және бойлық жылдамдығын анықтауға мүмкіндік беретін тау жыныстарының қыздырылған қабатын қопару шарты табылды:

$$0,063 \frac{E\alpha T_s}{1 - \mu} \geq \sigma^p$$

4) Көлемдік өнімділік үш шаманың көбейтіндісіне байланысты екендігі анықталды: c , q_{max} ; $\frac{\sqrt{\pi}}{\sqrt{k}}$ және L

5) Алынған тәуелділіктерді ескере отырып бойлық қозғалыстың қажетті жылдамдығы белгіленді

$$V_{\text{бой}} = q_{\text{max}} \frac{\sqrt{\pi}}{\sqrt{k}} c z^{-1}$$

3 БЛОКТЫ ТАСТАРДЫ АЛУ ҮШІН ТЕСІКТІК ҚАЗБАЛАРДЫ ЖҮРГІЗУГЕ АРНАЛҒАН ҚУАТТЫ ТЕРМОДИНАМИКАЛЫҚ ЖҰМЫС ОРГАНЫМЕН ЖАБДЫҚТАЛҒАН МАШИНАНЫҢ ЖАҢА ҚҰРЫЛЫМЫН ЖАСАУ

3.1 Тесіктік қазбаларды от ағынымен бөлу тәсілін жүргізуге арналған машинаны әзірлеуге қойылатын техникалық талаптар

Жаңа құрылымдағы машинаның зертханалық үлгісін жобалауға техникалық тапсырма әзірленді - тасты термиялық кесу қондырғысы (Қосымша А). Техникалық талаптарға машинаның жаңа құрылымының жоғары өнімділігін қамтамасыз ететін конструктивті қарапайымдылық, жөндеуге жарамдылық, жұмыстағы қауіпсіздік талаптары кіреді.

Техникалық тапсырма бойынша тасты термиялық кесуге арналған қондырғы термиялық кескіштен, байланыстырушы құбырлардан, компрессордан, отын мен ауаны беру жүйесінен, транспорттық-беру жүйесінен тұрады. Қондырғыны орнатудың күштік сипаттамалары, оның ішінде гранит бойынша кесу жылдамдығы 50 мм/мин кем емес қамтамасыз етіледі.

Транспорттық-беру жүйесіне жұмыс кеңістігінің өлшемдері бойынша талаптар қойылады: көлденең орын ауыстырудың ұзындығы кемінде 4000 мм және 20000 мм артық емес; тік орын ауыстырудың шамасы кемінде 6000 мм, кескіштің тік жазықтықтағы бұрылыстары кемінде 180⁰. Орнату үшін сатылы реттегішпен берілген қозғалыс жылдамдығын қамтамасыз ететін электромеханикалық жетек қажет. Кескіштің салмағы 20 кг-нан аспауы керек.

Сенімділік талаптары бойынша-қондырғы ашық кеңістіктегі кез келген ауа райы жағдайында кемінде 12 ай пайдаланылуы тиіс.

Технологиялық талаптарға сәйкес қондырғы қол жетімді материалдар мен компоненттерді қолдана отырып, әмбебап металл кесетін жабдықта жасалады.

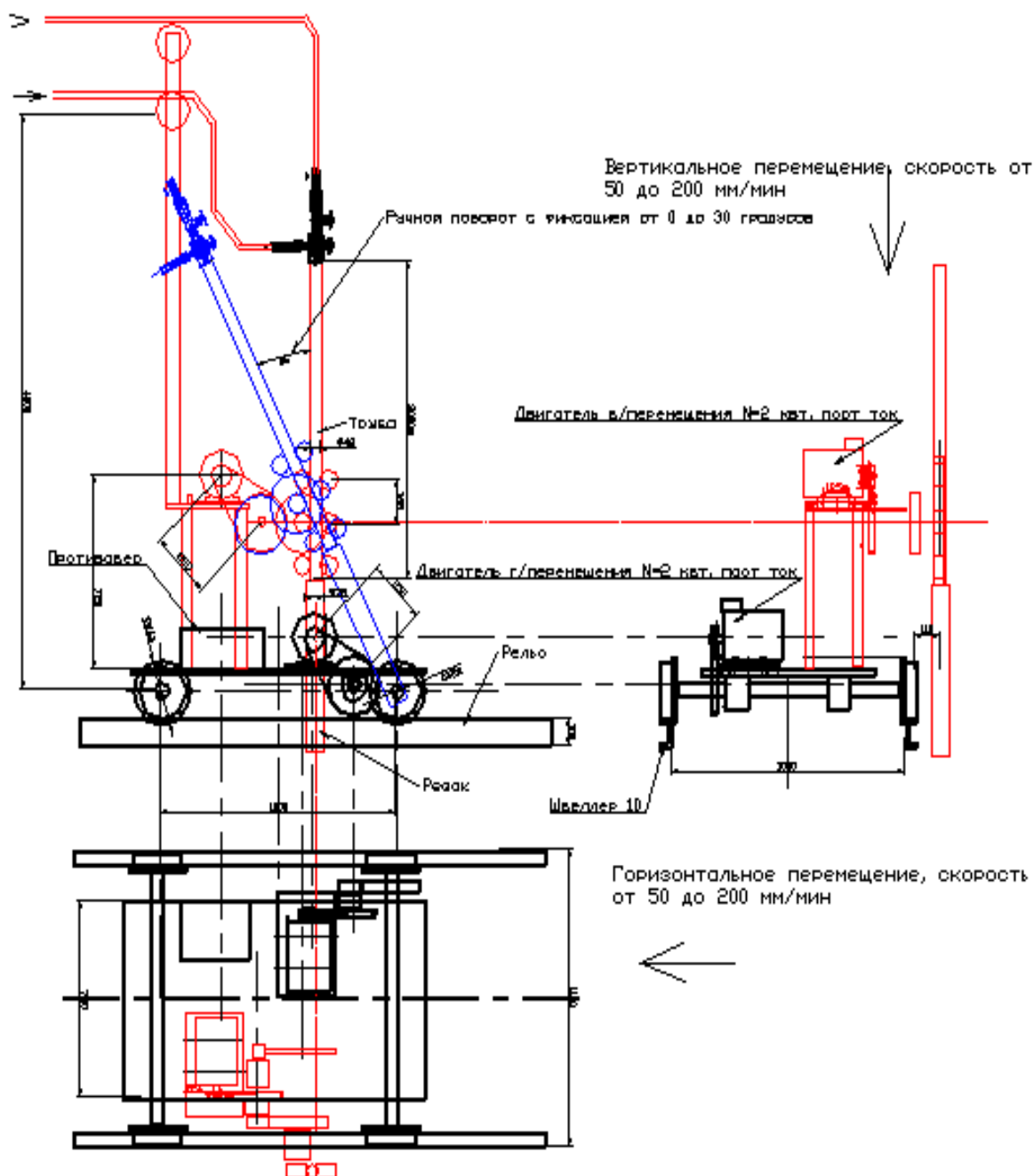
Қауіпсіздік талаптары бойынша қондырғы қауіпсіз болуы керек, онымен жұмыс істеу үшін арнайы дайындық пен жұмысқа рұқсат қажет.

Тесік қазбаларын жүргізу процесін механикаландыру үшін біз жұмыс органы - қыздырғыштың көлденең және тік қозғалу механизмдерімен жабдықталған механикаландырылған қондырғы жасадық.

3.1-суретте карьерлерде гранит блоктарын өндіру кезінде тесіктік қазбаларды жүргізуге арналған машинаның жаңа құрылымының конструкциялық сұлбасы көрсетілген [75, 76, 77, 78, 79, 80].

Машинаның ұсынылған құрылымы соляр майымен жұмыс істейтін қуатты термодинамикалық жұмыс органымен жабдықталған рельстегі көлік арбасынан тұрады. Тотықтырғыш ретінде компрессордан берілетін ауа қолданылады.

Тесіктерді кесу машинасы арбаны көлденең жылжытуға және жұмыс органын техникалық тапсырмада белгіленген жылдамдықпен көлденең және тік беруге арналған электр жетектерімен жабдықталған.

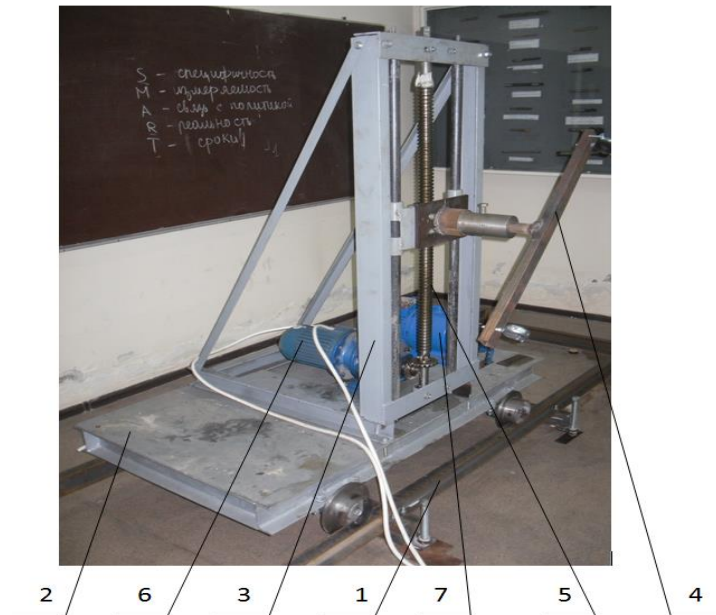


Сурет - 3.1. Термодинамикалық жұмыс органымен тесік қазбаларды жүргізуге арналған машинаның конструктивтік сұлбасы

Берік тау жыныстарын термиялық кесуге арналған машина (3.2-сурет) мыналардан тұрады:

- жолдың негізгі бағыттаушысы (3.2-сурет, поз.1);
- электр жетегі бар көлденең жетек жақтауы (арба) (3.2-сурет, поз.2);
- тік жақтау (3.2-сурет, поз.3);
- жұмыс органының бекіту торабымен (3.2-сурет, поз.4);
- электр жетегі;
- жұмыс органы (шілтер);

- жұмыс қоспасын беру жүйелері;
- басқару пультінің автоматикасы (3.3-сурет).



1- бағыттаушы жол, 2- жылжымалы платформа, 3 - тік жақтау, 4 - жұмыс органының бекіту торабы, 5 - винтті беріліс, 6 - көлденең қозғалыстың электр жетегі, 7 - жұмыс органының тік қозғалысының электр жетегі

Сурет - 3.2. Тесіктік қазбаларды кесуге арналған машина



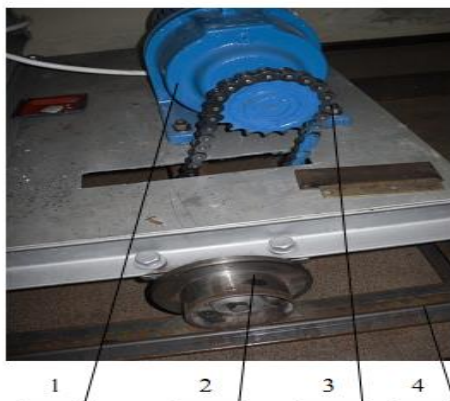
1 - жиілік түрлендіргіші, 2 - фазаны басқару релесі, 3 - іске қосу аппаратурасы, 4 - жұмыс қосқыштары, 5 - қорабы

Сурет - 3.3. Басқару пульті

Негізгі бағыттаушы жол (3.2-сурет, поз.1) болтты жалғау арқылы металл мойнақтың көмегімен өзара қосылған бағыттаушы металл конструкциялардан

(швеллер) тұрады және тікелей өңделетін бетке көлденең күйде орнатылады және анкер көмегімен бекітіледі.

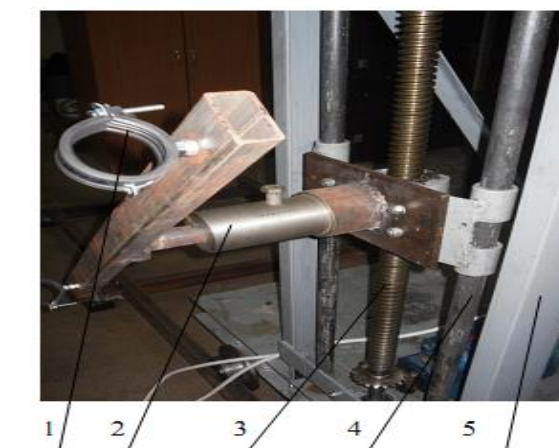
Көлденең жетек жақтауы (арба) (3.2-сурет поз.2) жетектің электр қозғалтқышы орналасқан жұмыс алаңы бар дәнекерленген металл конструкциялардан тұрады. Рамалық жетек тізбекті берілістен және екі доңғалақты жұптан тұрады (3.4-сурет).



1 - электр қозғалтқышы, 2 - дөңгелек, 3 - тізбекті беріліс, 4 - бағыттаушы жол

Сурет - 3.4. Машинаның көлденең қозғалысының жетегі

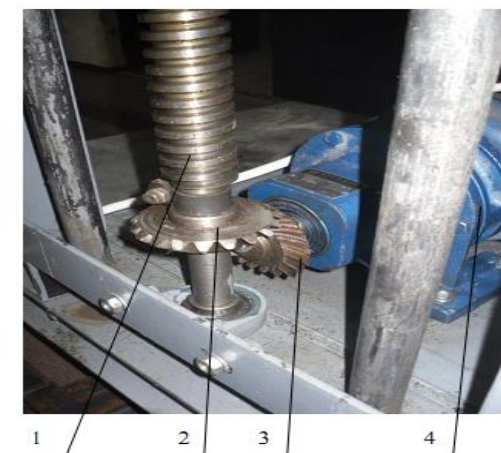
Жұмыс органының бекіту торабы бар тік жақтау оған орнатылған негізгі металл конструкциядан, тік бағыттағыштар және бұрандалы беріліс арқылы бекіту торабынан тұрады (3.5-сурет), тісті беріліс арқылы бұрандалы берілісті қозғалысқа келтіретін электр қозғалтқышы орнатылған көлденең алаңнан тұрады (3.6-сурет).



1 - жұмыс органын бекітуге арналған қамыт, 2 - жұмыс органының бұрылу түйіні, 3 - жұмыс органын жылжытуға арналған бұрандалы беріліс, 4 - бағыттауыштар, 5-тік жақтау

Сурет - 3.5. Жұмыс органының айналу және қозғалу түйіні бар тік жақтау

Жұмыс органы қыздырғыштың корпусынан, бекіту-реттеу аппаратурасынан, жұмыс шүмегінен тұрады. Жұмыс органы бекіту түйініне қысқыш жиналмалы қысқыштар арқылы бекітіледі (3.5-сурет).

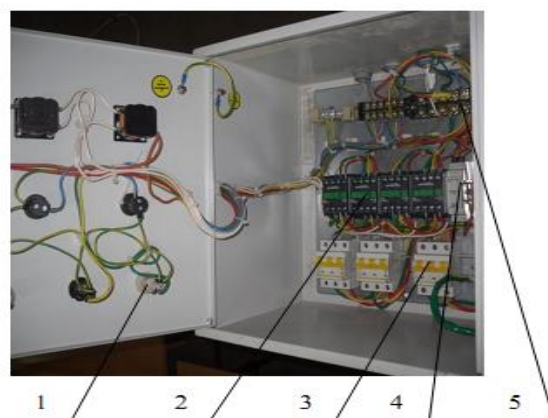


1 - жұмыс органын жылжытуға арналған бұранда, 2, 3 - конусты тісті беріліс, 4- электр қозғалтқышы (мотор - бәсендеткіш)

Сурет - 3.6. Жұмыс органының тік қозғалысын жүргізу механизмі

Жұмыс қоспасын беру жүйесі жанғыш сұйықтығы бар резервуардан, жанғыш сұйықтықтың құбырларынан (шлангтарынан), ауа компрессорынан, ауа шлангтарынан, бекіту-реттеу аппаратурасынан тұрады.

Автоматты басқару және қорғау жүйесі (3.7-сурет) жұмыстың сенімділігі мен жұмыс қауіпсіздігін қамтамасыз етеді және қатты жыныстарды термиялық өңдеуге арналған жылжымалы қондырғыны басқаруды жеңілдетеді. Бұл жүйенің құрылғылары қалқандарда, сондай-ақ компрессорлық қондырғының әртүрлі құрамдас бөліктерінде орналасқан.



1 - фазаны басқару релесі, 2 - іскеқосқыш, 3 - автоматты қосқыштар жинағы, 4 - іске қосу релесі, 5 - бақылау тобы

Сурет - 3.7. Пульттің электрлі аппараты

Тасымалдайтын басқару пульті (3.7-сурет) корпустаң, іске қосу аппаратурасынан, фазалық бақылау релесінен, автоматты ажыратқыштар жиынтығынан, жұмыс қосқыштарынан, жиілік түрлендіргішінен, соңғы ажыратқыштардан және бақылау жарық индикаторларынан тұрады.

Орнату кезінде арба көлденең жазықтықта қозғалады, сонымен бірге қыздырғыштың тік берілісімен берік тау жынысты кесуге арналған.

Арбаның көлденең қозғалысының жетегі мотор-бәсеңдеткіштің қуаты $N=1,1$ кВт, шығыс білігінің айналым саны $n_{\text{шығ}}=40$ айн/мин. Дөңгелегі бар жетек білігіне қозғалыс арбасының дөңгелегін айналдыру - электромеханикалық, беріліс конусы арқылы, доңғалақтың диаметрі $D=105$ мм.

Тасымалдаушы басқару пультіндегі ажыратқышты №1 (жетек) қосқаннан кейін электр энергиясы жиілік реттегіші арқылы жетекші қозғалтқышқа беріледі, бұл қыздырғыштың жұмысы кезінде қондырғының бағыттаушы жол бойымен қозғалысын қамтамасыз етеді. Қозғалыс жылдамдығы жиілік реттегішінің потенциометрімен реттеледі және өңделетін материалға байланысты 0,003 м/с-тан 0,015 м/с-қа дейінгі айнымалы шаманы құрайды. Орнатуды бастапқы күйіне қайтару жиілік реттегішіндегі кері түймені қосу арқылы өңдеу циклі аяқталғаннан кейін орын алады. Екі режимдегі электр қозғалтқышының жұмысы басқару пультінің алдыңғы панеліндегі жарық құрылғысымен сигнал беріледі

Қосқышты №2 (қыздырғыш) 1 режимге қосқаннан кейін тасымалданатын пультте электр энергиясы іске қосу аппаратурасы арқылы жұмыс органының торабының тік беру жетегінің электр қозғалтқышына беріледі, бұл жұмыс органының 0,01 м/с жылдамдықпен тік жазықтықта бірқалыпты қозғалысын қамтамасыз етеді. Жұмыс органын қайтару №2 (қыздырғыш) қосқышты 2-режимге ауыстырғаннан кейін жүзеге асырылады. Екі режимде де электр қозғалтқышының жұмысы басқару пультінің алдыңғы панеліндегі жарық құрылғысымен көрсетіледі. Қыздырғыштың жұмыс органы тігінен беру механизмін бекітпелі Болттың көмегімен өңделетін бетке қатысты қажетті бұрышпен бекітіліп орнатылады.

Материалдарды өңдеуге арналған жалынды реттеу бекіту-реттеу аппаратурасын қажетті параметрлерге дейін ашу арқылы жүзеге асырылады. Ауа компрессорын қосқаннан кейін № 1 шланг арқылы сығылған ауа жанармай қоспасы бар ыдысқа түседі және қысыммен жанғыш сұйықтықты қыздырғыштың жану камерасына шығарылады. № 2 шланг арқылы сығылған ауа қыздырғыштың жұмыс камерасына түседі, онда жанғыш сұйықтықпен қажетті үлестерін араластыру жүреді. Компоненттердің үлесі реттеу - бекіту аппаратурасы арқылы реттеледі.

Жалпы мақсаттағы компрессордың жұмыс қысымы кемінде (6 кгс/см²).

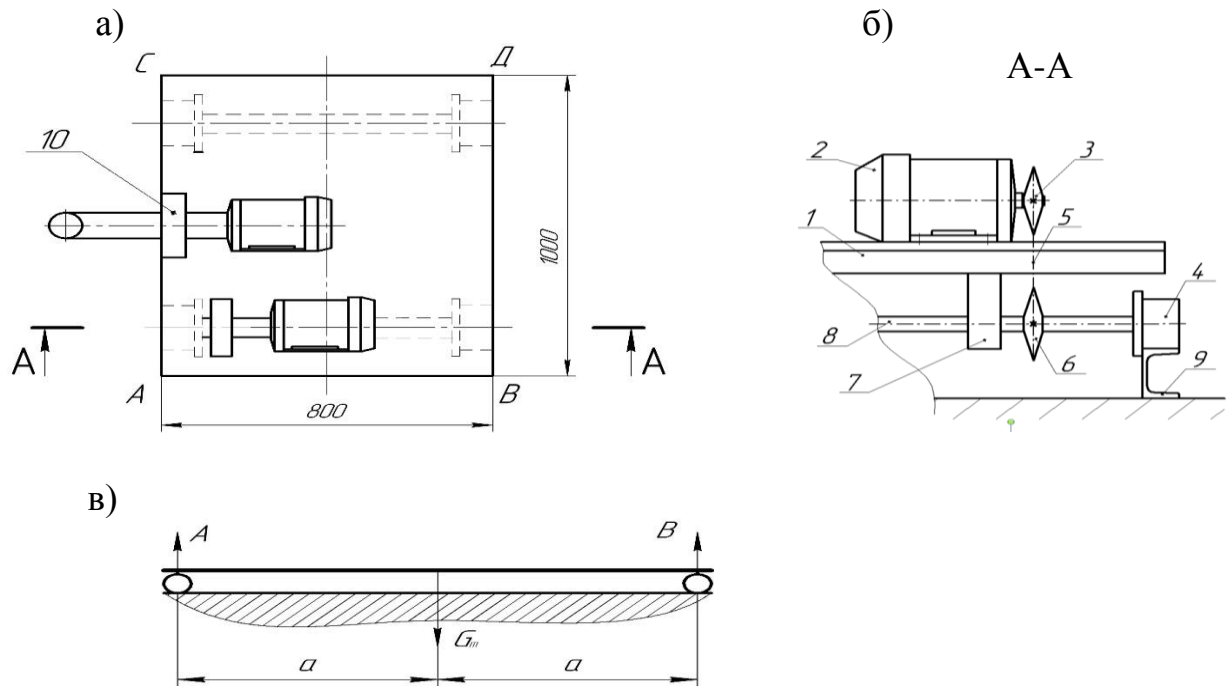
Автоматтандыру және қорғау жүйесі олардың жұмысының сенімділігі мен қауіпсіздігін арттыруға, техникалық қызмет көрсету мен басқаруды жеңілдетуге арналған.

Қатты жыныстарды термиялық өңдеуге арналған жылжымалы қондырғыны орналастыру жобаға сәйкес орындалуы керек. Берік жыныстарды

термиялық өңдеуге арналған жылжымалы қондырғыны монтаждау, монтаждау жөніндегі нұсқаулыққа сәйкес жүзеге асырылады.

3.2 Тесіктік қазбаларды кесуге арналған машинаның қозғалу механизмін есептеу және жобалау

Машинаның жетек арбасының сұлбасы 3.8-суретте көрсетілген [81].



а) Жоспардағы арбаның жалпы сұлбасы; б) Қозғалыс механизмінің сұлбасы; в) Есептік сұлба

1 - платформа, 2 - мотор - бәсеңдеткіш, 3, 6 - жұлдызша, 4 - жүріс дөңгелегі, 5 - шынжырлы беріліс, 7 - мойынтірек жинағы, 8 - білік, 9 - жол (швеллер), 10 - жұмыс органын көтеру механизмі

Сурет - 3.8. Тесіктік қазбаларды кесуге арналған машинаның қозғалу механизмінің сұлбасы

3.8 - суреттегі - G_m - арбаның ортасына түсірілген барлық механизмдердің салмақ жүктемесі, $G_{жалпы}=940$ кГ, 8 жетек білігінің 4 тірегіндегі қысым күші тең $G_{жетек}=490$ кГ, жетексіз біліктің 4 тіректеріндегі қысым күші $G_{жетексіз}=350$ кГ, a - доңғалақтың ортасынан жетек арбасының ортасына дейінгі қашықтық, А, В - тірек реакциялары.

Жүріс дөңгелектері қабылдайтын жиынтық күш жұмыс органының көтеру механизмі және $G_{жетек}+G_{жетексіз}$ қозғалыс механизмі бар жетек арбасының салмағынан тұрады, сондай-ақ, жұмыс органының салмағы-от ағынымен қыздырғыш $G_{қызд}=100$ кГ.

$$G_m = G_{жетек} + G_{жетексіз} + G_{қызд} = 490 + 350 + 100 = 940 \text{ кГ.}$$

Арбаның жетек білігінің дөңгелектеріне қысымы $G_{\text{жетек}}=490 \text{ кГ}$, тірек реакциялары А және В тең $490/2=245 \text{ кГ}$.

Арбаның қозғалыс кедергісі жүктің жалпы салмағының 0,03-ін қабылданды:

$$W = 0,03 \cdot G_M = 0,03 \cdot 940 = 28,2 \text{ кГ}.$$

Электр қозғалтқышының қажетті қуаты:

$$N = \frac{Wv}{120\eta_0 \cdot 60} = \frac{28,2 \cdot 20}{102 \cdot 0,9 \cdot 60} = 0,10 \text{ кВт},$$

мұндағы: $v = 20 \text{ м/мин}$ - максималды қозғалыс жылдамдығы;
 $\eta_0 = 0,9$ - қозғалыс механизмінің ПӘК.

Қозғалыс механизмінің үлкен беріліс қатынасына байланысты біз келесі техникалық сипаттамалары бар МП32-40 мото-бәсеңдеткішті таңдаймыз:

$$N = 1,1 \text{ кВт}, n_{\text{козг}} = 1500 \text{ айн/мин}, \frac{M_{\text{косу}}}{M_{\text{ном}}} = 1,4, n_{\text{шығу}} = 40 \text{ айн/мин}.$$

Жүріс дөңгелегінің айналым саны:

$$n = \frac{v}{\pi D_{\text{ж.донг}}} = \frac{20}{3,14 \cdot 0,105} = 60 \text{ айн/мин},$$

мұндағы: $D_{\text{ж.донг.}} = 105 \text{ мм}$ - жүріс дөңгелегінің диаметрі.

Мотор - бәсеңдеткіштің беріліс саны:

$$i_0 = \frac{1500}{60} = 25.$$

Жүріс доңғалақтарының рельспен ілінісу қорын тексеру арба жұмыс істеп тұрған кезде іске қосу процесі үшін жүргізіледі.

Жеделдету уақыты:

$$t_{\text{жедел.}} = \frac{1}{M_{\text{косу}} - M_{\text{к}}} \left(\frac{1,2GD_{\text{козг}}^2 n_{\text{козг}}}{375} + \frac{G_0 D_{\text{ж.донг.}} n_{\text{козг}}}{375 i_0^2 \eta_0} \right), \quad (3.1)$$

Қозғалтқыштың номиналды моменті:

$$M_{\text{ном}} = 975 \frac{N}{n} = \frac{975 \cdot 1,1}{1500} = 0,715 \text{ кГ} \cdot \text{м}.$$

Қозғалтқышты іске қосу моменті:

$$M_{\text{косу}} = 1,4M_{\text{ном}} = 1,4 \cdot 0,715 \approx 1 \text{ кГ}\cdot\text{м}.$$

Қозғалтқыштың бұлғақты моменті:

$$GD_{\text{козг}}^2 = 0,0017 \text{ кГ}\cdot\text{м}.$$

Жүктемесіз жұмыс кезінде күш кедергісі:

$$M_1 = 0,03G_0 = 0,03 \cdot 100 = 3 \text{ кГ}\cdot\text{м}.$$

Қозғалыстың кедергі моменті:

$$M_{\text{кедергі}} = \frac{M_1 D_{\text{ж.донг.}}}{2i_o \eta_o} = \frac{3 \cdot 10,5}{2 \cdot 25 \cdot 0,9} = 0,7 \text{ кГ}\cdot\text{м}.$$

Қосылу уақыты:

$$t_{\text{кос.}} = \frac{1}{1-0,7} \left(\frac{1,2 \cdot 0,0017 \cdot 1500}{375} + \frac{470 \cdot 0,105 \cdot 1500}{375 \cdot 25^2 \cdot 0,9} \right) = 1,19 \text{ сек.}$$

Іске қосу кезіндегі орташа үдеу:

$$a = \frac{v}{t_{\text{кос.}}} = \frac{20}{60 \cdot 1,19} = 0,28 \text{ м/сек}^2.$$

Іліністің нақты қоры (3.2):

$$k_{\text{ілінісу}} = \frac{G\varphi}{W_{\text{козг}} + G_M \left(\frac{a}{9,81} - \frac{n_{\text{жалтыдонг.}} - n_{\text{босдонг.}}}{n_{\text{жалтыдонг.}}} f \frac{d}{D_{\text{ж.донг.}}} \right)} = \frac{470 \cdot 0,12}{3 + 470 \left(\frac{0,28}{9,81} - \frac{4-2}{4} 0,03 \frac{4}{10,5} \right)} = 4,2 > [k_{\text{ілінісу}}] = 1,2,$$

мұндағы: $\varphi = 0,12$ - дөңгелектің рельске іліну коэффициенті;

$d_n = 40$ мм - доңғалақ осінің диаметрі.

Қозғалыс механизмін есептеу кезінде ілінісу қорын тексеру, $k_{\text{ілінісу}}$ жүріс дөңгелектерінің рельспен ілінісу күші ең аз мәнге ие болған жағдайда жүргізіледі:

$$k_{\text{ілінісу}} = \frac{G\varphi}{W_{\text{козг}} + G_M \left(\frac{a}{9,81} - \frac{n_{\text{жалтыдонг.}} - n_{\text{босдонг.}}}{n_{\text{жалтыдонг.}}} f \frac{d}{D_{\text{ж.донг.}}} \right)} \geq 1,2, \quad (3.2)$$

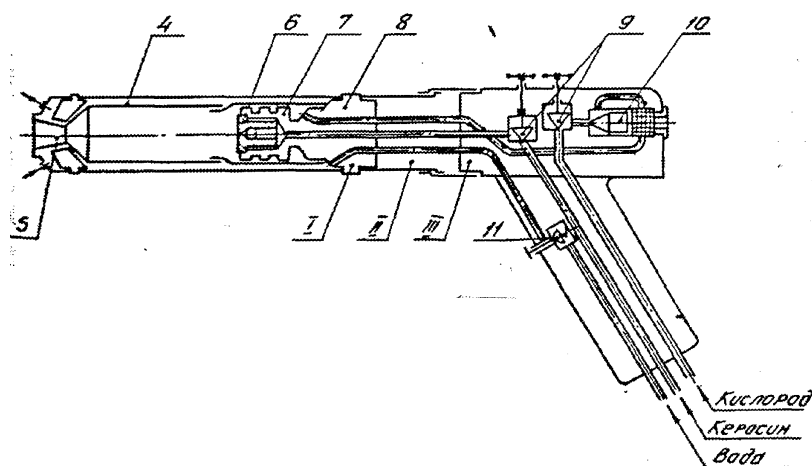
мұндағы: G_m - машинаның жалпы салмағы;
 G - жетекші жүріс дөңгелектерінің рельске жалпы қысымы;
 $W_{козг}$ - машина арбасының қозғалысына толық кедергісі;
 a - орнатылған электр қозғалтқышының немесе тежегіштің нақты сипаттамасымен анықталатын ықтимал үдеу;
 $n_{жалпыдонг}$ - дөңгелектің жалпы саны;
 $n_{босдонг}$ - бос дөңгелектер саны;
 φ - ашық ауада жұмыс істейтін машинаның жүріс арбасына арналған жүріс дөңгелегінің рельспен ілінісу коэффициенті, $\varphi = 0,12$;
 f - доңғалақ мойынтіректеріндегі үйкеліс коэффициенті.
Ілінісу қоры тең [81]:

$$k_{сц} = \frac{G'_{\max} \varphi}{W_{козг} - \frac{G_{кр} (n_{жалпыдонг} - n_{босдонг})}{n_{жалпыдонг}} f \frac{d}{D_{ж.донг.}}} \geq 1,1, \quad (3.3)$$

мұндағы: G'_{\max} - жетекші дөңгелектерге түсетін ең үлкен қысымы.

3.3 Тесіктік қазбаларды кесуге және гранит карьерінде сынауға арналған машиналардың термодинамикалық жұмыс органының тәжірибелік үлгісін әзірлеу

Зертханалық сынақтар үшін конструктивті және режимдік параметрлерді пысықтауға арналған термоқұралдардың бірнеше құрылымдары әзірленді. 3.9-суретте тотықтырғыш ретінде оттегі, ал жанармай - керосин қолданылады, керосин-оттегі термо құралының құрылымы көрсетілген.



- 1 - ұштық, 2 - ауысымша, 3 - тұтқа, 4 - жану камерасы, 5 - шүмек, 6 - үрлек, 7 - құйындатқыш, 8 - тарату басы, 9 - кедергіш вентилі, 10 - кері соққылардан қорғау жүйесі, 11 - су клапаны

Сурет - 3.9. ТР-14/22-5 керосин-оттегі термокескіші

Бастапқы кезеңде тас өңдеу өнеркәсібінде от ағынымен өңдеу әдісін енгізу ТР-14/22-5 керосин-оттегі термоексішінің құрылымын тапты (қолмен термоексіш, жану камерасының диаметрі-14 мм, калибратор-22 мм, модель-5) Термоексіштің тұтқасында аспапты басқару және қорғау жүйелері орналасқан.

Керосин-оттегі термо құралдарымен дамитын жылу ағындары $10 \cdot 10^6 \text{Вт/м}^2$ -ге жетеді, бұл бензин - ауаға қарағанда 2-3 есе жоғары ($1,5 \dots 4,0$) 10^6Вт/м^2 , олардың істен шығуы да жоғары [82, 83].

ТР-14/22-5 термоексіш жетілдірілген модель болып табылады және келесі көрсеткіштерге ие:

- өңдеу өнімділігі - $1 \dots 2 \text{ м}^2/\text{сағ}$ алынатын қабаттың қалыңдығы $0,05 \dots 0,06 \text{ м}$ болған кезде немесе $100 \dots 150 \text{ кг/сағ}$ шыңдалған материал;

- бұрғылау жылдамдығы - $12 \dots 30 \text{ м/сағ}$, шпурдың диаметрі $0,028 \dots 0,04 \text{ м}$ болған кезде, жыныстың қасиеттеріне байланысты;

- оттегі шығыны - $15 \dots 18 \text{ м}^3/\text{сағ}$;

- керосин - $8 \dots 9 \text{ л/сағ}$;

- салқындатқыш су - $160 \dots 200 \text{ л/сағ}$;

- жұмыс компоненттерінің қысымы: оттегі - $0,12 \dots 0,15 \text{ МПа}$, керосин - $0,12 \dots 0,15 \text{ МПа}$, су - $0,3 \dots 0,5 \text{ МПа}$.

Бензин-ауа қыздырғыштары мен олардың қуат жүйесі құрылғы мен техникалық қызмет көрсетудің қарапайымдылығымен ерекшеленеді. Жанармай, тотықтырғыш және салқындатқыш суды берудің күрделі жүйелерінің орнына, керосин-оттегі қыздырғыштарын пайдаланып, ауа компрессоры, жанармай ыдысы және термоексіш қолданылады.

Аталған кемшілікті жою мақсатында термоқұралдың жаңа конструкциясы әзірленді. Жанармайдың тотығу процесінде берілген барлық ауаны пайдалану арқылы оның тиімділігі мен өнімділігі артады. Ұсынылған сұлба бойынша ауа алдымен негізгі және аралық (қосымша) қаптамалар арасындағы саңылау арқылы шүмекті салқындату үшін беріледі, содан кейін жану камерасын салқындатады.

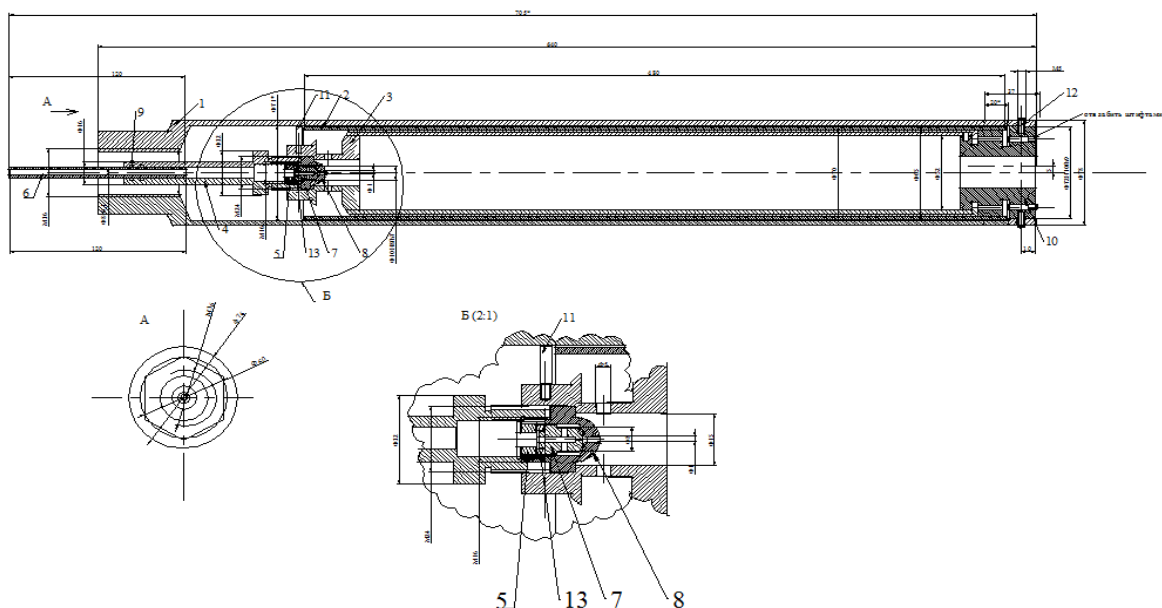
Шүмек аппаратын және жану камерасын салқындату кезінде ауа қосымша қызады, содан кейін алаудың термофизикалық параметрлерін арттыра отырып, жану процесіне қатысады.

Машинаның жаңа құрылымының жұмыс органы құрастыру сызбасы 3.10-суретте көрсетілген.

Блокты тасты кесу кезінде тау жыныстары массивіндегі тесік қазбаларды кесуге арналған машинаның жаңа құрылымының жұмыс органы термиялық кескіштен, байланыстырушы құбырлардан, қыздырғыштан және бүріккіштен тұрады.

Бұл термоексіш қолданыстағы конструкциялармен салыстырғанда анағұрлым қуатты, гранит массивіндегі тесіктерді кесудің $5-6 \text{ м}^2/\text{сағ}$ дейін өнімділігін қамтамасыз етеді.

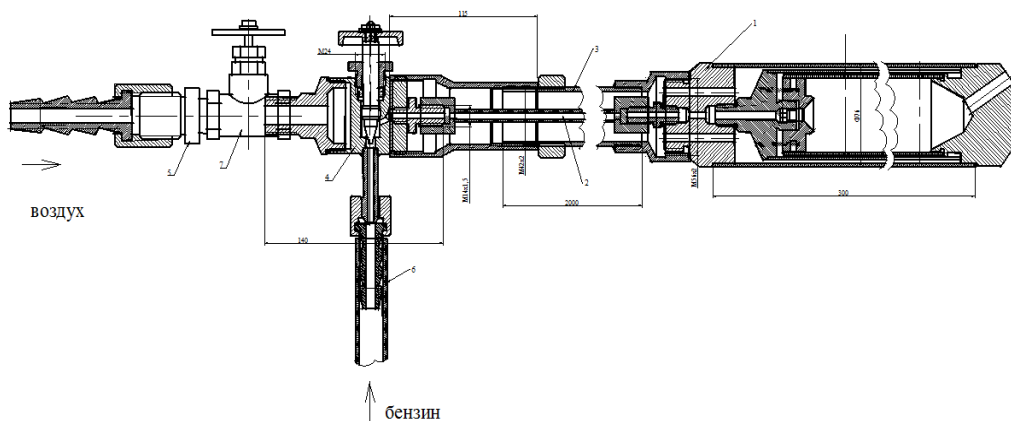
Алайда, отын компоненттерін тұтыну (дизель отыны - 50 л/сағ дейін және ауа $20-25 \text{ м}^3/\text{мин}$) қуатты қуат станциясын-ауа компрессорын және жанармай беру үшін сорғы қондырғысын қажет етеді.



1 - термокеккіштің корпусы, 2 - аралық корпус, 3 - жану камерасы, 4 - ниппель, 6 - керосинді магистраль, 7 - тығын, 8 - форсунка, 9 - манжет, 10 - шүмек, 11 - ауа құйындатқыш, 12 - орнықтырғыш, 13 - тығыздағыш

Сурет - 3.10. Тау жыныстарын кесуге арналған машинаның жұмыс органының жалпы көрінісі

Гранитті блоктарды өндіру кезінде тесік қазбаларын жүргізуге арналған машинаның жұмыс органы ретінде құрылымы жетілдірілген термокеккіш пайдаланылады. 3.11-суретте термокеккіштің жалпы көрінісі көрсетілген.

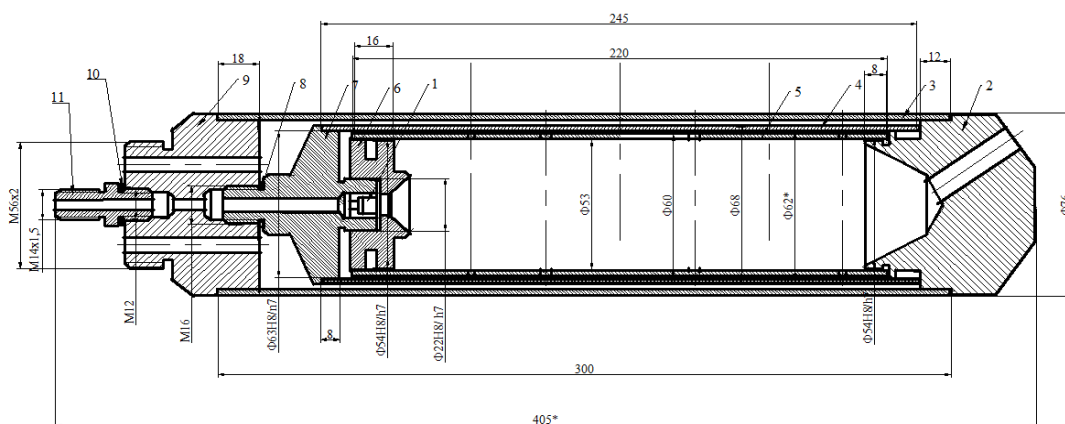


1 - термокеккіш қыздырғышы, 2 - керосинді магистраль, 3 - байланыстырушы құбыр, 4 - вентильді қорап, 5 - ауа штуцері, 6 - керосинді штуцер, 7 - ауа вентиль

Сурет - 3.11. Тесіктік қазбаларын жүргізуге арналған термокеккіш

3.12-суретте термокескіш қыздырғыштың қимасы көрсетілген.

Термиялық кескіш-кесу ені 80 мм-ден кем емес, кесу ұзындығы 4000 мм-ден кем емес, кесу тереңдігі 6000 мм-ден кем емес, отын түрі - дизель, шығыны 50 л/сағ аспайды, тотықтырғыш - атмосфералық ауа, ұзындығы 1000 мм-ден аспайды, салмағы 25 кг-нан аспайды. Гранит бойынша кесу жылдамдығы 50 мм/мин кем емес.



1 - форсунка, 2 - шүмек, 3 - сыртқы қаптама, 4 - аралық қаптама, 5 - жану камера, 6 - ауа құйындатқыш, 7 - ауысымша, 8, 10 - тығыздағыш, 9 – корпус, 11 - штуцер

Сурет - 3.12. Термокескіш қыздырғышның жинағы

Транспорттық беру жүйесі. Көлденең қозғалыстың ұзындығы кемінде 4000 мм, 20000 мм артық емес. Тік орын ауыстыру шамасы 6000 мм кем емес. Кескішті тік жазықтықта бұру 180⁰-ден кем емес. Транспорттық жолы - рельсті. Жетек түрі электромеханикалық.

Қозғалыс жылдамдығы: минимум - 50 мм/мин, максимум 500 мм/мин. Қозғалыс жылдамдығын реттеу - сатылы, реттеу сатыларының саны - 3. Көлденең жылдамдық - 10 мм/сек, тік жылдамдық - 10 мм/сек, отын шығыны, дизель 20-50 л/сағ, ауа шығыны - 20 м³/мин, өнімділігі 4 м²/сағ, кескіштің салмағы - 20 кг.

Техникалық тапсырмаға сәйкес жаңа құрылымдағы машинаның зертханалық үлгісі - тасты термиялық кесу қондырғысы жобаланған және жасалған. Техникалық талаптарға машинаның жаңа құрылымының жоғары өнімділігін қамтамасыз ететін конструктивті қарапайымдылық, жөндеуге жарамдылық, жұмыстағы қауіпсіздік талаптары кіреді.

Жаңа конструкцияның термодинамикалық органының өндірістік сынақтары «Титушин» ЖК полигонында орындалды, сынақ нәтижелері сынақ актісімен расталды.

«Титушин» ЖК өндірістік полигонында БВР - 80 термобұрғының (3.13 - сурет) техникалық сипаттамалары бар өнеркәсіптік сынақтар жүргізілді:

- ауа шығыны - 9-12 м³/мин;
- жанармай шығыны (бензин/солярка) - 35 л/сағ;
- шүмектің диаметрі-16 мм.

Сынақ нәтижесінде қыздырғыш алауының ұзындығы - 25 см, 3.13-суретте көрсетілгендей 4000 см³/мин көлемді өңдеу бойынша өнімділік анықталды.



Сурет - 3.13. Термобұрғыны сынау - БВР-80

Термобұрғының конструктивтік сұлбасы - БВР - 80 әжектрлі саптамалары гранитті блоктарды кесуге арналған термиялық аспаптардың өнеркәсіптік үлгілерін әзірлеуде және тесіктерді кесуге арналған станоктың жұмыс органын құруда және оларды енгізуде қолданылуы мүмкін өндіріске енгізу

БВР - 80 ұсынылған құрылымдағы өндіріске енгізу, ірі жыныстарды өңдеу және тесік қазбаларды жүргізу үшін ұсынуға болады.

Зерттеу жоспарына сәйкес тау жыныстары массивіндегі блокты тасты тиімді кесуге арналған машинаның жаңа құрылымының зертханалық үлгісін жасау бойынша одан әрі жұмыстар жүргізілуде.

БВР - 60 және БВР - 80А саңылауларын кесуге арналған термоқұрал прототиптерінің конструктивтік параметрлерін пысықтауды өндіріс жағдайында жалғастыру.

Газ-ауа қыздырғыштарын механикаландырылған термоагрегаттардың жұмыс органдары ретінде пайдалану салыстырмалы түрде төмен қуатпен шектеледі, оның ұлғаюы кезінде олардың жалпы өлшемдері, сондай-ақ қыздырғыш алаудың шағын өлшемдері тез артады (0,1...0,15 м).

Алайда, бензин-ауа қыздырғыштарының отын компоненттерімен жұмыс істеудің және коректендіру қарапайымдылығына байланысты оларды механикаландырылған қондырғылардың жұмыс органдары ретінде пайдалану өзекті болып табылады. Бензин-ауа қыздырғыштарының қуатын олардың жалпы өлшемдерін айтарлықтай дамытпай және қыздырғыш жалынының көлемін тас бұйымдардың өңделген беттерінің өлшемдеріне (бүйірлік тас,

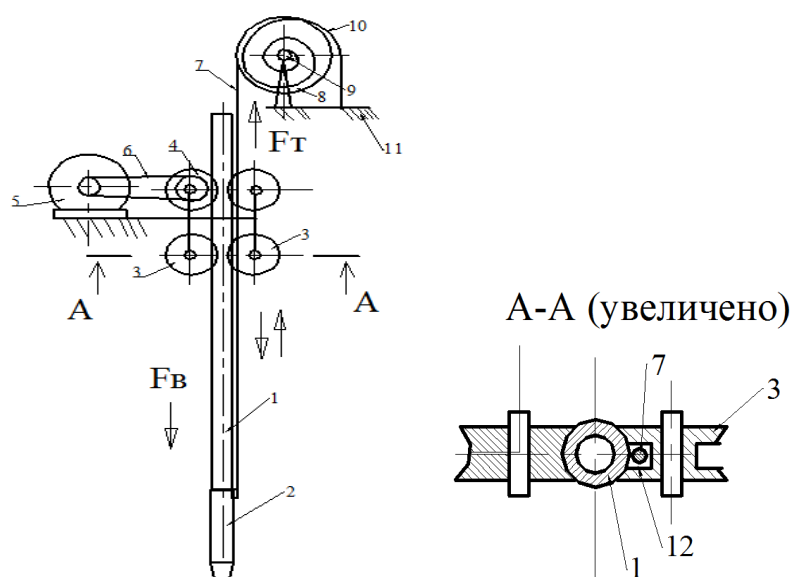
сатылар және т.б.) сәйкес арттырусыз арттыруға болады. жану процестерінің күшеюіне байланысты.

Шүмек қимасынан тыс бос ағындардың жануын күшейту құралдарының бірі атмосфералық ауаны шығару арқылы отынмен байытылған қоспаның толық емес жану өнімдерін жағу болып табылады, Қыздырғыштарда ауыр отын қоспаларын пайдаланған кезде қыздырғыштарды жағу тәсілін жетілдіру қажет.

Жүргізілген зерттеулердің нәтижесінде өнертабысқа өтінімдер берілді, олардың міндеті шүмектегі термиялық және механикалық жүктемені азайту болып табылады, бұл шүмек саңылауының пішінінің деформациясының мөлшерін азайтады, нәтижесінде шүмектің ресурсы артады, бұл өз кезегінде тасты кесу сапасы мен процестің өнімділігін арттырады.

Біз үлкен кесу тереңдігінде термиялық кескіш құбырдың қаттылығын арттыру және роликті беру үшін термиялық кескіш құбырдың салмақ жүктемесін азайту арқылы кесу сапасы мен тасты кесу процесінің өнімділігін арттыруға мүмкіндік беретін тік термиялық кескіш құрылғының құрылымын жасадық [68].

Тас кесуге арналған термиялық кескіші бар, жетегі бар роликті беруден тұратын құбырды тігінен беруге арналған бұл құрылғы термиялық кескішке қосымша арқанға бекітілген, оның екінші ұшы роликті беруден жоғары негізде орнатылған білікке орнатылған барабанға бекітілген, екінші ұшы қатты негізде, орамалы білікке бекітілген серіппе. құбырдың бір жағында ойық бар 3.14-сурет.

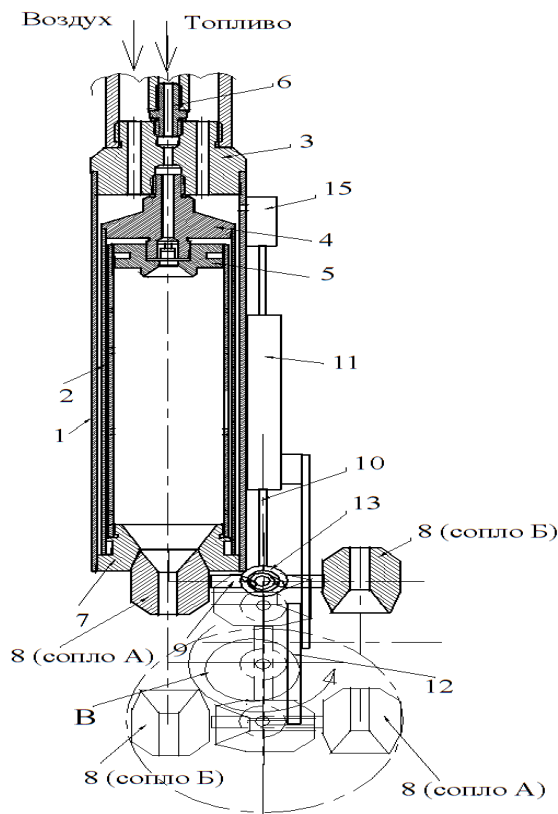


1 - құбыр, 2 - термокескіш, 3 - бағыттаушы білік, 4 - жетекші білік, 5 - қозғалтқыш, 6 - бәсендеткіш, 7 - арқан, 8 - барабан, 9 - білік, 10 - серіппе, 11 - негіз, 12 - ойық

Сурет - 3.14. Термокескішті тік беруге арналған құрылғы

Ұсынылған құрылғы құбырдан тұрады, оның соңында термиялық кескіш бекітілген. Құбыр бағыттаушы білік пен бір жетекші білік арқылы өтеді. Білік

қозғалтқышқа бәсендеткіш арқылы қосылады. Термиялық кескішке арқан бекітілген, оның екінші ұшы барабанға бекітілген. Білік бағыттағыштарында арқанның өтуіне арналған ойық бар. Жұмыс органы ретінде термодинамикалық құралдың жаңа құрылымы жасалды [84], оның құрастыру сызбасы 3.15-суретте көрсетілген.



1 - термокескіш, 2 - жану камерасы, 3 - таратқыш бастиегі, 4 - форсунканың корпусы, 5 - ауа құйындатқыш, 6 - жанармай штуцері, 7 - шүмек корпус, 8 - ауыстырылатын шүмек, 9, 10, 11, 12, 13, 14 - айналу механизмі және шүмек ауысымы

Сурет - 3.15. Тасты кесуге арналған екі шүмегі бар термиялық кескіш

Ұсынылған құрылғыны қолдану тас массивін кесу операциясын орындау кезінде, әсіресе құбырдың төмен қарай созылу ұзындығында термиялық кескіш құбырдың қаттылығын арттырады. Қазіргі уақытта құбырдың алға жылжу тереңдігі 6 м немесе одан да көп. Құбырдың жоғары қаттылығы термиялық кескіштің газ ағынының әсерінен тербелмелі қозғалыстар жасауына жол бермейді, бұл тасты кесу процесінің сапасын жақсартатын тасты кесудің біркелкі және біркелкі профилін жасауға мүмкіндік береді. Сондай-ақ, арқанның керілу күші құбыр мен кескіштің салмақ күшінің беру біліктерге әсерін азайтады, бұл құбыр мен кескішті жоғары көтерген кезде, әсіресе жылдам көтеру кезінде біліктердегі құбырдың сырғуын айтарлықтай азайтады.

2014 жылдың маусым-шілде айларында 3.16-суретте көрсетілген Алматы гранит карьерінде (Күрті) гранитті тесік қазбаларды кесуге және беттік өңдеуге арналған қуатты термокескіштердің өндірістік сынақтары орындалды.



а) өңделетін гранитті жиек, тесік қазбасы көрінеді



б) термоқұралмен тесік қазбаның түзілу фрагменті

Сурет - 3.16. Қуатты термокескіштерді өндірістік сынау фрагменттері

От ағынымен механикаландырылған кесу процестерін зерттеу негізінде тау жыныстарын жоюдың негізгі заңдылықтарын белгілеу және олардың негізінде машинаның және тиімді жұмыс органының құрылымдық параметрлерін таңдау, сондай-ақ берік тау жыныстарын механикаландырылған кесудің технологиялық параметрлерін әзірлеу термодинамикалық жою әдісін қолдану теориясы мен практикасы туралы ғылыми білім саласын кеңейтеді. Термодинамикалық жұмыс органының қолданыстағы органнан айырмашылы-

ғы - жанармай компоненттерінің жану камерасында басталған күшті соққы толқындарын пайдалану және жоғары термодинамикалық сипаттамалары бар дыбыстан жоғары газ ағынын, температура мен жылдамдықты алу, бұл гранит жыныстарының ыдырау жылдамдығын арттыруға мүмкіндік береді.

Тесіктерді кесуге арналған термоқұралдың конструкциялары мен жұмыс режимдерін тәжірибелік пысықтау термоқұралдар конструкциясының ұтымды параметрлерін және олардың жұмыс режимінің параметрлерін орнатуға мүмкіндік берді:

- жанармай компоненттерінің үнемді жану толықтығын қамтамасыз ететін экономикалық шығындары;
- жойылатын жыныстың максималды бұзылуын қамтамасыз ету;
- термиялық құралдың кептелуінсіз еркін өтуі үшін кесілген тесіктің қажетті енін қамтамасыз ету.

Жүргізілген зерттеулердің нәтижесінде өнертабысқа өтінім берілді, оның міндеті шүмекке термиялық және механикалық жүктемені азайту болып табылады, бұл шүмектің тесік пішінінің деформациясының мөлшерін азайтады, нәтижесінде шүмектің ресурсы артады, бұл өз кезегінде тасты кесу сапасы мен процестің өнімділігін арттырады [85].

Гранит карьерлерінде кесу және кесу саңылауларына арналған термокескіштерді енгізу гранит өндіру технологиясын түбегейлі өзгертті, бұл блокты тастың шығымдылығын 2...2,5 есе арттыруға және оның сапасын айтарлықтай арттыруға мүмкіндік берді.

Бензин-ауа термокескіш тас өңдеу өнеркәсібінде ең көп таралған. Бензин-ауа қыздырғыштары мен олардың қуат жүйесі құрылғы мен техникалық қызмет көрсетудің қарапайымдылығымен ерекшеленеді. Жанармай, тотықтырғыш және салқындатқыш сумен жабдықтаудың күрделі жүйелерінің орнына, керосин-оттегі қыздырғыштарын пайдаланған кезде ауа компрессоры, жанармай ыдысы және термокескіш қолданылады. Осылайша жұмыс істейтін термоөткізгіштер ауаның бір бөлігін шүмекті салқындатуға жұмсайды, оны атмосфераға шығарады, бұл құрылғының тиімділігін төмендетеді.

Аталған кемшілікті жою мақсатында термоқұралдың жаңа конструкциясы әзірленді. Жанармайдың тотығу процесінде берілген барлық ауаны пайдалану арқылы оның тиімділігі мен өнімділігі артады. Ұсынылған схема бойынша ауа алдымен негізгі және аралық (қосымша) қаптамалар арасындағы саңылау арқылы шүмекті салқындату үшін беріледі, содан кейін жану камерасын салқындатады. Техникалық тапсырмаға сәйкес жаңа конструкциялы машинаның зертханалық үлгісі - тасты термиялық кесу қондырғысы жобаланған және жасалған.

Техникалық талаптарға машинаның жаңа конструкциясының жоғары өнімділігін қамтамасыз ететін конструктивті қарапайымдылық, жөндеуге жарамдылық, жұмыстағы қауіпсіздік талаптары кіреді. Техникалық тапсырма бойынша тасты термиялық кесуге арналған қондырғы термиялық кескіштен, байланыстырушы құбырлардан, компрессордан, отын мен ауаны беру жүйесінен, транспорттық-беру жүйесінен тұрады.

Транспорттық-беру жүйесіне жұмыс кеңістігінің өлшемдері бойынша талаптар қойылады: көлденең орын ауыстырудың ұзындығы 4000 мм-ден кем емес және 20000 мм-ден аспайды; тік орын ауыстырудың шамасы 6000 мм-ден кем емес, кескіштің тік жазықтықтағы бұрышы 180^0 -дан кем емес. Орнату үшін сатылы реттеуішпен берілген қозғалыс жылдамдығын қамтамасыз ететін электромеханикалық жетек қажет.

Қауіпсіздік талаптары бойынша қондырғы қауіпсіз болуы керек, онымен жұмыс істеу үшін арнайы дайындық пен жұмысқа рұқсат қажет.

Карьер жағдайында жүргізілген өнеркәсіптік сынақтар мынадай қорытынды жасауға мүмкіндік береді:

- БВР - 60 және БВР - 80А термиялық құралдары, сынақтар нәтижесінде жоғары сенімділік, оңай іске қосуды көрсетеді. Тесіктері тесілген цилиндрлік саңылаулардың эжетрлік ауасында жанармай жағатын саптамалар сыналды;

- эжекциялық саптамалары бар термоқұралдың қағидаттық сұлбасы гранитті блоктарды кесуге арналған термоқұралдардың өнеркәсіптік үлгілерінің конструкциясын әзірлеуге және тесік қазбаларды кесуге арналған машинаның жұмыс органын құруға және оларды өндіріске енгізуге жатқызылуы мүмкін;

- жылу құралдарының-БВР-60 және БВР-80А тәжірибелік үлгілерінің конструктивтік параметрлерін қазбаларды кесуге арналған машинаның жұмыс органдары ретінде өңдеуді өндіріс жағдайында жалғастыру;

- тау жыныстарының блоктарын өңдеуге және тесік қазбаларды жүргізуге арналған термоқұралдарды өндірістік сынау актісі ұсынылды.

3.4 Тесіктік қазбаларды кесуге арналған машинаның өнеркәсіптік үлгісінің кинематикалық және құрылымдық параметрлерінің теориялық негіздемесі

Тесіктік қазбаларды кесетін машинаны үш буынды манипулятор елестетіп көрейік. ППВ типті үш буынды манипулятордың қозғалыс теңдеулерін қалыптастыру үшін Денавит-Хартенбергтің матрицалық әдісімен манипулятор кинематика-сының кері есебін шешу қажет.

Көршілес машиналар мен механизмдер арасындағы айналмалы және берілістік байланыстарды сипаттау үшін ғалымдар Денавит пен Хартенберг кинематикалық тізбектің әрбір буынымен байланысты координаттар жүйесін дәйекті құрудың матрицалық әдісін ұсынды [86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94].

Ұсынудың мәні 4×4 өлшемге ие және алдыңғы буынның координаттар жүйесіне қатысты әр буынның координаттар жүйесінің орнын сипаттайтын біртекті түрлендіру матрицасын құрудан тұрады.

Бұл манипулятордың жұмыс нүктесінің координаттарын соңғы сілтемемен байланысты анықтамалық жүйеден негізгі анықтамалық жүйеге дәйекті түрде түрлендіруге мүмкіндік береді.

Әрбір координаттар жүйесі келесі ережелер негізінде құрылады:

1. z_i координаталық осі қозғалыс немесе айналу осі $(i+1)$ -ші бойымен бағытталған;

2. x_i осі z_i және z_{i-1} осьтеріне перпендикуляр және z_{i-1} осінен бағытталған (z_{i-1} және z_i немесе z_i және z_{i-1} бар оң жақ координаттар жүйесін құру үшін);

3. y_i координаттарының осі x_i y_i z_i координаталар жүйесі оң жақты болатындай етіп таңдалады;

4. Екі жалпы a_{i-1} және a_i перпендикулярлары арасындағы қашықтық d_i байланыс қашықтығы деп аталады;

5. a_i перпендикулярларының ұзындығы z_i және z_{i-1} осьтері арасындағы ең аз қашықтық болып табылады. Егер ол нөлге тең болса, онда a_i векторының бағыты ерікті болады;

6. x_{i-1} осіне қатысты x_i осінің бағыты деп аталады θ_i нүкте немесе бұрыштың векторы буындарда;

7. z_{i-1} осіне қатысты z_i осінің бағыты деп аталады α_i разряд немесе бұралу бұрышының векторы.

Осы төрт параметр d_i , θ_i , a_i және α_i атқарушы механизмнің әр буынының кинематикалық конфигурациясын сипаттайды.

Олардың үшеуі тұрақты, ал біреуін анықтау қажет. Егер әрбір сілтеме үшін координаттар жүйесі Денавит-Хартенберг түрлендіруімен сипатталса, онда келесі түрлендірулерді дәйекті орындау арқылы біз i -ші координаттар жүйесінде біртекті түрлендіру матрицасын аламыз:

$$A_{i-1}^i = \begin{bmatrix} \cos\theta_i & -S\theta_i & 0 & 0 \\ S\theta_i & C\theta_i & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & d_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & a_i \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & C\alpha_i & -S\alpha_i & 0 \\ 0 & S\alpha_i & C\alpha_i & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} =$$

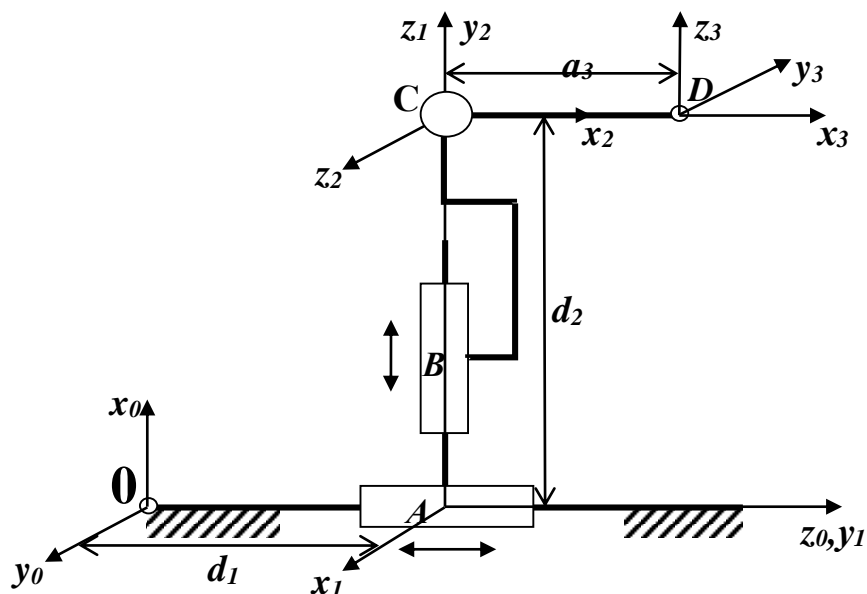
$$= \begin{bmatrix} C\theta_i - C\alpha_i S\theta_i & S\alpha_i S\theta_i & a_i C\theta_i \\ S\theta_i & C\alpha_i C\theta_i & -S\alpha_i C\theta_i & a_i S\theta_i \\ 0 & S\alpha_i & C\alpha_i & d_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}. \quad (3.4)$$

Біртекті түрлендірулер арқылы $n-1$ сілтеме координаттар жүйесіне қатысты манипулятордың соңғы буынының сипаттамасы келесідей:

$$T_i^j = A_i \cdot A_{i+1} \cdot \dots \cdot A_j. \quad (3.5)$$

Төменде, осы алгоритм бойынша, ППВ типті үш буынды манипулятор ретінде ұсынылған карьерлерде гранитті блоктарды өндіру кезінде тесіктік қазбаларын жүргізуге арналған машинаның жаңа құрылымының кинематикасының кері мәселесінің шешімі келтірілген (мұндағы n -берілістегі кинематикалық жұп, B - айналмалы).

Құрылымдық сұлбасы 3.17-суретте көрсетілген, екі берілістегі және бір айналмалы кинематикалық жұптан тұратын манипуляторды қарастырамыз.



Сурет - 3.17. Үш буынды манипулятордың құрылымдық сұлбасы

Манипулятордың жіктелу параметрлерінен кесте құрайық (3.1 кесте).

Кесте 3.1 - Манипулятордың жіктелу параметрлері

Буын	Жүп түрі	θ_i	d_i	α_i	a_i	$\text{Sin}\alpha_i$	$\text{Cos}\alpha_i$
1	ілгерлемелі	90°	d_1	90°	0	1	0
2	ілгерлемелі	90°	d_2	90°	0	1	0
3	айналмалы	θ_3	0	90°	a_3	1	0

Одан кейін, түрлендіру әдісін қолданып әр қайсысын жіктейміз.

$$A_1 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & d_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad A_2 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & d_2 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad A_3 = \begin{bmatrix} C_3 & 0 & S_3 & a_3 C_3 \\ S_3 & 0 & -C_3 & a_3 S_3 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}. \quad (3.6)$$

T-матрицаларын алу үшін (3.5) формула бойынша A_i матрицаларының көбейтіндісін табу керек, атап айтқанда:

$$A_1 A_2 = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & d_2 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & d_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad A_1 A_2 A_3 = \begin{bmatrix} S_3 & 0 & -C_3 & a_3 S_3 + d_2 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ C_3 & 0 & S_3 & a_3 C_3 + d_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}. \quad (3.7)$$

T - түрлендіру шығыс буынына қатысты жұмыс нүктесінің координаттар жүйесінің басталуы орналасу векторына ие болатындай $p=[p_x, p_y, p_z]$. С Декарттық тікбұрышты координаттар жүйесі координаттардың басталуымен байланысты, оның бағыты жұмыс құралының бағытын анықтайды.

a, o және n векторлары координаттардың оң жақ жүйесін құрайды, яғни. $a \times o = n$, шегі $o = n$, o шегі $n = a$ және $n \times a = o$.

Бұл жағдайда мынаны ескеріңіз:

$$T_i = \begin{bmatrix} n_x & o_x & a_x & p_x \\ n_y & o_y & a_y & p_y \\ n_z & o_z & a_z & p_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}. \quad (3.8)$$

Матрица (3.8) толығымен белгілі, ал үш айнымалы d_1, d_2, θ_3 ізделетін белгісіз. Матрицаның элементтерін (3.4) элементтерге (3.8) теңестіре отырып, артикуляциялардағы бұрыштар мен қозғалыстардың векторын анықтау үшін келесі 12 теңдеуді аламыз:

$$n_x = S_3, \quad (3.9)$$

$$n_y = 0,$$

$$n_z = C_3 \quad (3.10)$$

$$o_x, o_z = 0,$$

$$o_y = 1,$$

$$a_x = -C_3,$$

$$a_y = 0,$$

$$a_z = S_3,$$

$$p_x = a_3 S_3 + d_2, \quad (3.11)$$

$$p_y = 0,$$

$$p_z = a_3 C_3 + d_1. \quad (3.12)$$

қысқа болу үшін келесі белгілер қайда қолданылады:

$$C\theta_i = C_i = \cos \theta_i, \quad S\theta_i = S_i = \sin \theta_i.$$

Шешімдерді алу үшін (3.10) аламыз

$$\theta_3 = \arccos(n_z).$$

Шешімдер тұрақсыз және келесі себептерге байланысты нашар анықталған:

1. \arccos функциясы тұрақсыз, өйткені оның мәнін есептеу дәлдігі осы мәнге байланысты;

2. $\sin \theta_3$ нөлге жақын мәндерді қабылдайтын нүктелерде, яғни $\theta_4 \approx 0^\circ$ немесе $\theta_4 \approx 180^\circ$, олар анықталмаған немесе θ_4 төмен дәлдігін береді.

θ_3 бұрышын анықтау үшін $-\pi \leq \theta_4 \leq \pi$ мына аралықта жататын функцияның арктангенсин қолданамыз, аргументтің тиісті квадрантқа жататындығын ескере

отырып, мәнді есептейді. (3.9) және (3.10)

$$\theta_3 = \arctg (n_x/n_z). \quad (3.13)$$

Бұл функция келесі әдіспен анықталған:

$$\theta_3 = \arctg (y/x) \begin{cases} 0^\circ \leq \theta_3 \leq 90^\circ, \text{ если } x > 0, y > 0 \\ 90^\circ \leq \theta_3 \leq 180^\circ, \text{ если } x < 0, y > 0 \\ -180^\circ \leq \theta_3 \leq -90^\circ, \text{ если } x < 0, y < 0 \\ -90^\circ \leq \theta_3 \leq 0^\circ, \text{ если } x > 0, y < 0. \end{cases}$$

Енді осы формулаларды қолдана отырып (3.11) және (3.12) бірінші және екінші жұптардың сызықтық орын ауыстыруын анықтаймыз:

$$d_1 = p_z + a_3 C_3,$$

$$d_2 = p_x + a_3 S_3.$$

Алынған өрнектер шығыс жиынның берілген позициясы бойынша манипулятор механизмінің жалпыланған координаттарын анықтау туралы мәселені шешеді. Егер біз манипулятордың басқару жүйесі жүзеге асыратын жалпыланған координаттардың мәндерін есептесек, онда оның жұмыс нүктесі кеңістікте белгіленген позицияларды алады, яғни қарастырылған мәселе позициялық басқару кезінде осы манипуляторды бағдарламалау мәселесін шешеді.

Жалпы түрдегі қатты дененің кеңістіктік қозғалысы алты тәуелсіз параметрмен анықталады, сондықтан механизмнің шығыс жиынының қозғалысына бір жалпы байланыс шарты қолданылады. Байланыстың бұл шарты (3.13) өрнек болуы мүмкін, ол қарастырылып отырған манипулятор схемасын берілген технологиялық операцияда қолдану мүмкіндігі туралы мәселені шешу кезінде ескеріледі. Пайдаланылмаған теңдеулер жалпыланған координаттардың алынған мәндерін тексеруге қызмет етеді.

3.5 Екінші типтегі Лагранж теңдеулерін қолдануға негізделген әдіспен манипулятордың қозғалыс теңдеуін құру

Манипуляторлардың динамикасын теориялық зерттеу, құрылымдық параметрлер мен басқару заңдылықтарын анықтау үшін олардың қасиеттерін жеткілікті дәлдікпен сипаттайтын есептелген механикалық модельдер болуы керек. Әрбір нақты жағдайда есептеу моделін таңдау манипулятордың кинематикалық схемасымен, оның бөлшектерінің, түйіндерінің механикалық қасиеттерімен (инерциялық, серпімді, диссипативті және т.б.), жетектердің түрі мен сипаттамаларымен, сондай-ақ есептеулердің қажетті дәлдігімен анықталады.

Манипуляторлар динамикасын зерттеуде динамикалық модельді сипаттаудың мүмкін әдістерінің бірі - екінші типтегі Лагранж теңдеулерін қолдануға негізделген әдіс. Бұл әдіс еркіндік дәрежелерінің шектеулі саны бар

кез-келген голономды механикалық жүйелерге, соның ішінде деформацияланатын элементтері бар жүйелерге (серіппелер, серпімді шыбықтар және т.б.), егер олардың инерциясына немқұрайлы қарауға болатын болса, қолданылады. Лагранж-Эйлер әдісімен манипулятордың қозғалыс динамикасының теңдеулерін шығару қарапайымдылығымен, тәсілдің бірлігімен ерекшеленеді және екінші ретті сызықтық емес дифференциалдық теңдеулер жүйесіне әкеледі және буындардың үдемелі қозғалысына, Кориолис және центрифугалық күштердің әсеріне, сондай-ақ ауырлық күштерінің әсеріне байланысты Инерция күштерінің әсеріне байланысты әсерлерді көрсетеді. Денавит-Хартенберг матрицасын түрлендіру мен Лагранж әдісін біріктіріп қолдану қозғалыс теңдеулерінің ықшам векторлық-матрицалық формасына әкеледі, ол аналитикалық зерттеулерге ыңғайлы және ЭЕМ жүзеге асырылуы мүмкін. Егер кинематиканың кері мәселесінің шешімдері белгілі болса, онда жұмыс нүктесіне негізгі координаттар жүйесіне қатысты позиция мен бағдар беруге мүмкіндік беретін жалпыланған координаттар белгілі [94].

Төрт буынды Лагранж-Эйлер манипуляторының қозғалыс теңдеулерін қолдануға негізделген:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \dot{q}_i} \right) - \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial q_i} = Q_i, \quad i = \overline{1,4}, \quad (3.14)$$

мұндағы: L - Лагранж функциясы, $L=K-P$;

K - манипулятордың кинетикалық энергиясы;

P - манипулятордың потенциалды энергиясы;

q_i - манипулятордың жалпыланған координаттары;

i - жалпыланған координаттар уақытының бірінші туындысы;

Q_i - жалпыланған күш (немесе момент), i -ші буынның берілген қозғалысын жүзеге асыру үшін i -ші буында құрылған.

Теңдеулерді пайдалану үшін манипулятордың барлық жіктелу қозғалысын ескере отырып, қарастырылып отырған физикалық жүйенің кинетикалық энергиясын, демек, оның барлық нүктелерінің жылдамдығын білу қажет.

i -ші буынға қатысты қозғалмайтын және i -ші буынның координаттар жүйесінде r_i^i біртекті координаттарымен берілген ерікті нүктені қарастырамыз:

$$r_i^i = \begin{bmatrix} x_i \\ y_i \\ z_i \\ 1 \end{bmatrix} = (x_i, y_i, z_i)^T. \quad (3.15)$$

Біз r_i^0 арқылы негізгі координаттар жүйесіне қатысты сол нүктенің координаттарын белгілейміз, A_i^0 - матрица, i -ші буын координаттар жүйесі мен негізгі координаттар жүйесі арасындағы анықтаушы байланыс.

Содан кейін r_i° мен r_i^i арасындағы байланыс қатынаспен анықталады:

$$r_i^\circ = A_i^\circ r_i^i, \quad (3.16)$$

мұндағы: $A_i^\circ = A_1^\circ A_2^1 \dots A_i^{i-1}$, $i = \overline{1,2}$.

3.17-суретте көрсетілген манипулятордың қозғалыс теңдеулерін шығару үшін жалпыланған q_i . Т координаттарын қолданамыз. Өйткені манипулятордың сілтемелері қатты денелер, содан кейін r_i^i нүктесі i -ші координаттар жүйесіне қатысты нөлдік жылдамдыққа ие, жалпы жағдайда инерциялық емес. Негізгі координаттар жүйесіне қатысты r_i^i нүктесінің жылдамдығы:

$$v_i^\circ = v_i = d(r_i^\circ)/dt = d(A_i^\circ r_i^i)/dt = A_i^\circ A_2^1 \dots A_i^{i-1} \dot{r}_i^i + A_1^\circ A_2^1 \dots A_i^{i-1} r_i^i + A_1^\circ \dots A_i^{i-1} \dot{r}_i^i + A_i^\circ \dot{r}_i^i = [\Sigma(\partial A_i^\circ / \partial q_j) q_j] r_i^i, \quad (3.17)$$

Шарты орындалса $r_i^i = 0$.

q_i айнымалылары бойынша A_i° матрицасының ішінара туындыларын H_i матрицасы арқылы есептеу оңай, ол сәйкесінше айналмалы және іргерлемелі жіктелуі үшін келесідей болады:

$$H_i^p = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}, \quad H_i^n = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (3.18)$$

Бұл матрицаны қолданып, келесідей жазуға болады:

$$\partial A_i^\circ / \partial q_j = \begin{cases} A_i^\circ A_2^1 \dots A_{j-1}^{i-2} H_j A_j^{j-1} \dots A_i^{i-1}, & \text{онда } j \leq i, \\ 0, & \text{онда } j > i. \end{cases} \quad (3.19)$$

Мағынасы бойынша теңдік (3.19) манипулятордың j -ші жіктелуіндегі қозғалыстан туындаған i -ші буын нүктелерінің орналасуының өзгеруін сипаттайды. Жеңілдету үшін біз $U_{ij} = \partial A_i^\circ / \partial q_j$ белгісін енгіземіз:

$$\begin{cases} U_{ij} = A_i^\circ A_{j-1} H_j A_i^{i-1}, & \text{онда } j \leq i, \\ 0, & \text{онда } j > i. \end{cases} \quad (3.20)$$

Енгізілген белгіні қолдана отырып, формуланы (3.17) формада ұсынамыз:

$$v_i = [\Sigma U_{ij} q_j] r_i^i. \quad (3.21)$$

U_{ij} матрицасы q_i . негізгі координаттар жүйесіне қатысты i -ші буын нүктесінің орналасуының өзгеруін сипаттайды. Бұл матрица i -ші буынның барлық нүктелері үшін бірдей және осы буындағы массаның таралуына

байланысты емес. Массаның таралуына да, i шамасына да тәуелді емес. Өрнектерді қолданып (3.20), біз аламыз:

$$U_{11} = \partial A_1^\circ / \partial q_1 = H_1 A_1^\circ = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & d_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}.$$

(3.18), (3.19) және (3.20) өрнектерін ескере отырып, қалған жылдамдықтарды аламыз:

$$U_{11} = U_{21} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}, U_{13} = U_{31} = \begin{bmatrix} -S_3 & 0 & C_3 & -a_3 S_3 \\ C_3 & 0 & S_3 & a_3 C_3 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}, U_{22} = U_{32} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix},$$

$$U_{33} = \partial A_3^\circ / \partial q_3 = H_3 A_3^\circ = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} S_3 & 0 & -C_3 & a_3 S_3 + d_2 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ C_3 & 0 & S_3 & a_3 C_3 + d_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} =$$

$$= \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 & 0 \\ S_3 & 0 & -C_3 & a_3 S_3 + d_2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}.$$

Енді (3.14) формулаға алынған өрнектерді алмастыра отырып, біз негізгі координаттар жүйесіне қатысты r_i^i нүктелерінің жылдамдығын аламыз.

Манипулятордың әр буынының ерікті нүктесінің жылдамдығын біле отырып, біз i -ші буынның кинетикалық энергиясын табамыз. Арқылы белгілейік дейін i -ші буын dm масса элементінің K_i кинетикалық энергиясы. Содан кейін:

$$dK_i = 1/2(x^2 + y^2 + z^2)dm = 1/2 \text{ келесі } (\dot{T}_i J_i \dot{T}_i^T)dm = 1/2 \text{tr}(\dot{T}_i J_i \dot{T}_i^T)dm. \quad (3.22)$$

Мұнда скалярлық көбейтіндінің орнына tr (матрицаның ізі) операторы қолданылады, бұл болашақта J_i i -ші инерция матрицасына өтуге мүмкіндік береді. (3.20) өрнегіне теңдіктен (3.19) v_i мәнін алмастыра отырып, біз аламыз:

$$K = \sum K_i = 1/2 \sum \text{tr}(\sum \sum U_{ip} J_i U_{ir}^T \dot{q}_p \dot{q}_r) = 1/2 \sum \sum \sum [\text{tr}(U_{ip} J_i U_{ir}^T) \dot{q}_p \dot{q}_r], \quad (3.23)$$

демек, манипулятордың кинетикалық энергиясы оның барлық байланыстарының кинетикалық энергиясының арифметикалық қосындысына тең:

$$K=1/2\sum\text{tr}(\dot{T}_i J_i \dot{T}_i^T), \quad (3.24)$$

мұндағы: $J_i = \begin{bmatrix} J_{XX}^{(i)} & J_{XY}^{(i)} & J_{XZ}^{(i)} & m_i x_i^* \\ J_{YX}^{(i)} & J_{YY}^{(i)} & J_{YZ}^{(i)} & m_i y_i^* \\ J_{ZX}^{(i)} & J_{ZY}^{(i)} & J_{ZZ}^{(i)} & m_i z_i^* \\ m_i x_i^* & m_i y_i^* & m_i z_i^* & m_i \end{bmatrix}$ - инерция матрицасы i -ші буынның,

m_i - масса i -ші буынның;

x_i^*, y_i^*, z_i^* - меншікті координаттар жүйесіндегі i -ші буынның ауырлық

центрінің координаттары;

$J_{xx}^{(i)}, J_{yy}^{(i)}, J_{zz}^{(i)}$ - меншікті осьтерге қатысты i -ші буынның инерция тензорының элементтері.

J_i ($i = \overline{1,2}$) шамалары тек i -ші координаттар жүйесіндегі i -ші буын массасының таралуына байланысты және буындардың орналасуына да, жылдамдығына да тәуелді емес. Бұл J_i матрицаларын есептеу арқылы алынған мәндерді манипулятордың кинетикалық энергиясын есептеу үшін пайдалануға мүмкіндік береді.

Алынған өрнектерді пайдаланып, бірінші буын үшін жазамыз:

$$K_1=1/2\sum\text{tr}(\dot{T}_1 J_1 \dot{T}_1^T),$$

мұнда $\dot{T}_1 = U_{11} \dot{q}_1 = H_1 A^{\circ}_1 \dot{q}_1 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & d_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \dot{q}_1$, немесе

$$K_1 = 1/2\text{tr} \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \dot{q}_1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} J_{XX}^1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & J_{YY}^1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & J_{ZZ}^1 & m_1 z_1^* \\ 0 & 0 & m_1 z_1^* & m_1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \dot{q}_1 & 0 \end{bmatrix} = m_1 \dot{q}_1^2 / 2.$$

Осындай әдіспен,

$$K_1 = m_1 \dot{q}_1^2 / 2$$

Сол сияқты, манипулятордың екінші буыны үшін

$$K_2 = m_2 (\dot{q}_1^2 + \dot{q}_2^2) / 2.$$

Үшінші буынның кинетикалық энергиясы болады:

$$\dot{T}_3 = U_{31} \dot{q}_1 + U_{32} \dot{q}_2 + U_{33} \dot{q}_3 =$$

$$\begin{bmatrix} -S_3 \dot{q}_1 & -\dot{q}_3 & C_3 \dot{q}_1 & -a_3 S_3 \dot{q}_1 \\ C_3 \dot{q}_1 + S_3 \dot{q}_3 & 0 & S_3 \dot{q}_1 - C_3 \dot{q}_3 & a_3 C_3 \dot{q}_1 + (a_3 S_3 + d_2) \dot{q}_3 \\ 0 & 0 & 0 & \dot{q}_2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix},$$

$$K_3 = \frac{1}{2} [J_y^3 \dot{q}_3^2 + m_3 (\dot{q}_1^2 + \dot{q}_2^2 + \dot{q}_3^2 a_3^2)]$$

және J_y^3 ескере отырып алынды $J_{xx}^3 + J_{zz}^3 = J_y^3$,

мұндағы: J_y^3 - инерцияның остік моменті 3-ші буында u_3 осіне қатысты.

K_1 , K_2 және K_3 арифметикалық қосу арқылы манипулятордың толық кинематикалық энергиясын аламыз:

$$K_M = \frac{1}{2} [m_1 \dot{q}_1^2 + m_2 (\dot{q}_1^2 + \dot{q}_2^2) + J_y^3 \dot{q}_3^2 + m_3 (\dot{q}_1^2 + \dot{q}_2^2 + \dot{q}_3^2 a_3^2)] \quad (3.25)$$

Манипулятордың салмағымен байланысты жалпы потенциалдық энергия жеке бірліктердің барлық потенциалдық энергияларының қосындысы ретінде анықталады. Ауырлық күштері өрісіндегі манипулятордың i -ші буының потенциалдық энергиясы:

$$П_i = P_i z_{i}^* \quad (3.26)$$

мұндағы: P_i - i байланыстың ауырлық күші,

z_{i}^* - z - манипулятор тірегімен байланысты анықтамалық жүйеде i буынның ауырлық центрінің координаты.

Матрицалық жазбада формула (3.26) түрге ие болады:

$$П_i = -m_i G^T T_i R_i^*$$

мұндағы: R_i^* - матрица-баған, оның алғашқы үш элементі мәні болып табылады декарттық координаттар i буынымен байланысты өзіндік анықтамалық жүйеде i буынның ауырлық центрі;

G^T - матрица-негізгі координаттар жүйесіндегі гравитациялық үдеуді сипаттайтын жол: $G^T = (g_x, g_y, g_z, 0)$,

g - ауырлық күшінің үдеуі ($g=9,8062$ м/с²).

3.17 суретте көрсетілген манипулятор үшін $G^T = (-g, 0, 0, 0)$.

Барлық сілтемелердің потенциалдық энергиясын қорытындылай келе, біз аламыз:

$$\Pi_M = - \sum m_i G^T T_i R^*_i. \quad (3.27)$$

P_1, P_2, P_3 буындарының ауырлық күштері белгілі деп есептей отырып, үш буынды манипулятордың потенциалдық энергиясын есептейміз. Бірінші буынның потенциалдық энергиясы (3.27) бойынша болады:

$$\Pi_1 = - m_1 G^T T_1 R^*_1.$$

Бірінші T_1 түрлендіру матрицасын қолдана отырып, біз аламыз:

$$G^T T_1 R^*_1 = [-g, 0, 0, 0] \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & d_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ -z_1^* \\ 1 \end{bmatrix} = g z_1^*.$$

$$\text{Содан шығатыны} \quad \Pi_1 = -m_1 (g z_1^*) = P_1 (z_1^*). \quad (3.28)$$

Қалған байланыстардың потенциалдық энергиясын есептеу үшін формулалардан T_2 және T_3 матрицалары қажет (3.27):

$$G^T T_2 R^*_2 = [-g, 0, 0, 0] \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & d_2 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & d_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ y_2^* \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} = -g (1+d_1);$$

Содан кейін, осы буындар үшін потенциалдық энергия болады:

$$\Pi_2 = m_2 g (1+d_1) = P_2 (1+d_1); \quad (3.29)$$

$$G^T T_3 R^*_3 = [-g, 0, 0, 0] \begin{bmatrix} S_3 & 0 & -C_3 & a_3 S_3 + d_2 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ C_3 & 0 & S_3 & a_3 C_3 + d_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ -z_3^* \\ 1 \end{bmatrix} = -g (-S_3^\circ C_3 + a_3 S_3^\circ + d_2);$$

$$\Pi_3 = m_3 g (-S_3^\circ C_3 + a_3 S_3^\circ + d_2) = P_3 (-S_3^\circ C_3 + a_3 S_3^\circ + d_2). \quad (3.30)$$

Содан кейін, осы буындар үшін потенциалдық энергия болады:

$$\begin{cases} \Pi_1 = -m_1 (g z_1^*) = P_1 (z_1^*); \\ \Pi_2 = m_2 g (1+d_1) = P_2 (1+d_1); \\ \Pi_3 = m_3 g (-S_3^\circ C_3 + a_3 S_3^\circ + d_2) = P_3 (-S_3^\circ C_3 + a_3 S_3^\circ + d_2). \end{cases}$$

Қорытындылай келе (3.28), (3.29) және (3.30),

манипулятордың жалпы потенциалдық энергиясын аламыз:

$$\Pi_M = P_1(z^*_1) + P_2(I + d_1)_1 + P_3(-S^*_3 C_3 + a_3 S^*_3 + d_2) \quad (3.31)$$

Әрі қарай түрлендірулер теңдеуді (3.14) бағдарламалауға ыңғайлы матрицалық түрде жазуға бағытталған. Түрлендіру барысында өрнектің $T_i = A^{\circ}_1 A^1_2 \dots A_i^{i-1}$ дифференциациясы арқылы алынған бірқатар көмекші шамалар қажет болады.

Біз кейбір түрлендірулер жасаймыз және теңдеудің сол жағындағы бірінші терминді аламыз (3.14):

$$\frac{d}{dt} \frac{\partial \mathcal{K}}{\partial \dot{q}_i} - \frac{\partial \mathcal{K}}{\partial q_i} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^j \sum_{k=1}^i \text{tr}(U_{ijk} J_i U_{ij}^T) \ddot{q}_j \dot{q}_k + \sum_{i=j}^n \sum_{j=1}^i \text{tr}(U_{ij} J_i U_{ij}^T) \ddot{q}_j \quad (3.32)$$

Лагранж теңдеуінің сол жақ бөлігінің соңғы мүшесін алу үшін өрнекті (3.32) жалпыланған координатамен дифференциалдаймыз: $\frac{\partial \Pi}{\partial \dot{q}_i} = -\sum_{i=1}^n m_i G^T \frac{\partial T_i}{\partial \dot{q}_i} R_i^*$, немесе (3.20) формуланы ескере отырып аламыз:

$$\frac{\partial \Pi}{\partial \dot{q}_i} = -\sum_{i=1}^n m_i G^T U_{ij} R_i^* \quad (3.33)$$

(3.32) және (3.33) өрнектердің орындарына қойып (3.14), аламыз:

$$[\text{tr}(U_{ikl} J_i U_{ij}^T) \ddot{q}_j + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^j \sum_{k=1}^i [\text{tr}(U_{ijk} J_i U_{ij}^T) \dot{q}_j \dot{q}_k] - \sum m_i G_j^T U_{ij} R_{ji}^*] = Q_i \quad (3.34)$$

- Лагранж-Эйлер теңсіздігі матрицалық түрде.

Өрнекті (3.32) келесі қарапайым түрде ұсынуға болады:

$$Q_i = \sum_{k=1}^n D_{ik} \ddot{q}_k + \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n h_{ijk} \dot{q}_j \dot{q}_k + c_i, \quad i = \overline{1, n}$$

Немесе матрицалық түрде:

$$Q(t) = D(q(t), \dot{q}(t)) + h(q(t), \dot{q}(t)) + c(q(t)),$$

Мұндағы: $Q(t)$ - манипулятордың жіктелуінің күш жетектері тудыратын жалпыланған күштердің векторы ($n \times 1$ өлшемділігі):

$$Q(t) = (Q_1(t), Q_2(t), \dots, Q_n(t))^T;$$

$q(t)$ - қосылған манипулятор айнымалыларының векторы (өлшемділігі $n \times 1$): $q(t) = (q_1(t), q_2(t), \dots, q_n(t))^T$;

$\dot{q}(t)$ - манипулятордың жалпыланған жылдамдық векторы (өлшемділігі $n \times 1$): $\dot{q}(t) = (\dot{q}_1(t), \dot{q}_2(t), \dots, \dot{q}_n(t))^T$;

$\ddot{q}(t)$ - манипулятордың жалпыланған үдеу векторы (өлшемділігі $n \times 1$): $\ddot{q}(t) = (\ddot{q}_1(t), \ddot{q}_2(t), \dots, \ddot{q}_n(t))^T$;

$D(q(t))$ - симметриялы матрица (өлшемділігі $n \times n$), оның элементтері өрнек арқылы беріледі:

$$D_{ik} = \sum_{j=\max(i,k)}^n \text{tr} (U_{ij} J_i U_{ik}^T). \quad (3.35)$$

$h(q(t), \dot{q}(t))$ - кориолис және центрифугалық күштер вектор (өлшемділігі $n \times 1$), $h(q, \dot{q}) = (h_1, h_2, \dots, h_n)^T$,

$$h_i = \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n h_{ijk} \dot{q}_j \dot{q}_k, \quad (3.36)$$

$$D_{ik} = \sum_{j=\max(i,k)}^n \text{tr} (U_{ij} J_i U_{ik}^T). \quad (3.37)$$

$h(q(t), \dot{q}(t))$ - кориолис және центрден тепкіш күштер векторы (өлшемділігі $n \times 1$), $h(q, \dot{q}) = (h_1, h_2, \dots, h_n)^T$;

$$h_i = \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n h_{ijk} \dot{q}_j \dot{q}_k, \quad (3.38)$$

$$h_{ijk} = \sum_{l=\max(i,j,k)}^n \text{tr}(U_{ijk} J_i U_{ij}^T), \quad i, j, k = \overline{1, n}, \quad (3.39)$$

$c(q(t))$ - гравитациялық күш векторы (өлшемділігі $n \times 1$), $c(q) = (c_1, c_2, \dots, c_n)^T$,

$$c_i = \sum_{j=i}^n (-m_j G^T U_{ij} R_j^*). \quad (3.40)$$

c_i , D_{ik} , h_{ijk} коэффициенттері (3.35) өрнекте - (3.40) қосылған айнымалылардың да, манипулятордың динамикалық параметрлерінің де функциялары. Динамикалық коэффициенттердің физикалық мағынасын манипулятордың қозғалыс динамикасын сипаттайтын теңдеулерден оңай түсінуге болады:

1) (3.40) теңдікпен айқындалатын c_i коэффициенттері манипулятордың әрбір буынына әсер ететін ауырлық күшін ескереді.

2) (3.35) теңдікпен анықталатын D_{ik} коэффициенттері күштер мен моменттердің жіктелетін айнымалылардың үдеулерімен байланысты орнатады. Атап айтқанда, $i \neq k$ кезінде D_{ii} коэффициенті i -томдық жіктелуде әрекет ететін Q_i моментін k қосылған айнымалының үдеуімен байланыстырады. Инерция матрицасы симметриялы және $\text{tr}(A) = \text{tr}(A^T)$, болғандықтан, $D_{ik} = D_{ki}$ екені анық.

3) (3.38) және (3.39) теңдіктермен анықталатын h_{ijk} коэффициенттері күштер мен моменттердің жіктелуінде әрекет ететін айнымалылардың өзгеру жылдамдығымен байланысты орнатады. Сілтеме коэффициенті j -ші және k -ші

буындардағы қозғалыс нәтижесінде i -ші жіктелуде пайда болатын моменттің j -ші және k -ші қосылған айнымалылардың өзгеру жылдамдығымен байланысын анықтайды.

(3.35) - (3.40) теңдіктерді нақтылау 3.17-суретте көрсетілген үш ілгерлемелі және бір айналмалы буындары бар төрт буынды манипулятор үшін манипулятордың қозғалыс динамикасын анықтайтын теңдеулер мүшелерінің келесі түріне әкеледі:

Матрица $D(q)$. Келесі теңдеуден шығады (3.35),

$$D(q) = \begin{bmatrix} D_{11} & D_{12} & D_{13} & D_{14} \\ D_{21} & D_{22} & D_{23} & D_{24} \\ D_{31} & D_{32} & D_{33} & D_{34} \\ D_{41} & D_{42} & D_{43} & D_{44} \end{bmatrix}. \quad (3.41)$$

Алынған (3.24) өрнектерді ауыстыру i -ші буын үшін буын инерция тензорының матрицасын D_{ik} анықтаймыз - $D(q)$ матрица элементтері.

Мысалы, D_{11} табу үшін ескереміз

$$(U_{11}J_1U_{11}^T) = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} J_{xx}^1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & J_{yy}^1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & J_{zz}^1 & m_1 z_1^* \\ 0 & 0 & 0 & m_1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & m_1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix},$$

Келесілерді, $\text{tr}(U_{11}J_1U_{11}^T) = m_1$.

Сонымен қатар $\text{tr}(U_{21}J_1U_{21}^T) = m_2$, $\text{tr}(U_{31}J_3U_{31}^T) = m_3$.

Қортындылай келе $D_{11} = m_1 + m_2$.

Матрицаның қалған элементтері (3.39) өрнекке ұқсас:

$D_{12} = D_{21} = 0$;

$D_{22} = m_2 + m_3$;

Вектор $h(q, \dot{q})$. Орталықтан тепкіш және кориолис күштері үшін (3.38), (3.39) өрнектердегі жалпыланған жылдамдықтардағы коэффициенттерді $H_{i,v}$ матрицаларына, келесі түрдің көбейтіндісіне топтастыруға болады:

$$H_{i,v} = \begin{bmatrix} h_{i11} & h_{i12} & h_{i13} & h_{i14} \\ h_{i21} & h_{i22} & h_{i23} & h_{i24} \\ h_{i31} & h_{i32} & h_{i33} & h_{i34} \\ h_{i41} & h_{i42} & h_{i43} & h_{i44} \end{bmatrix}, \quad i = \overline{1,4}. \quad (3.42)$$

Манипулятордың барлық төрт айнымалысының өзгеру жылдамдығы \dot{q} вектормен сипатталады:

$$\dot{q}(t) = [\dot{q}_1(t), \dots, \dot{q}_4(t)]. \quad (3.43)$$

(3.42) және (3.43) ескере отырып, теңдікті (3.39) матрицалар мен векторлардың келесі көбейтіндісі ретінде ұсынуға болады:

$$h_i = \dot{q}^T H_{i,v} \dot{q}. \quad (3.44)$$

(3.44) төрт өлшемді $h(q, \dot{q})$ векторының компоненттері үшін өрнек ретінде қарастыра отырып, біз жаза аламыз:

$$h(q, \dot{q}) = \begin{bmatrix} h_1 \\ h_2 \\ h_3 \\ h_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \dot{q}^T H_{1,v} \dot{q} \\ \dot{q}^T H_{2,v} \dot{q} \\ \dot{q}^T H_{3,v} \dot{q} \\ \dot{q}^T H_{4,v} \dot{q} \end{bmatrix}.$$

Төрт буынды манипулятордың бірінші буынының ортадан тепкіш және кориолис үдеуін сипаттайтын терминдерді анықтау үшін теңдікті қолданамыз.

$$h_1 = \sum_{j=1}^4 \sum_{k=1}^4 h_{1jk} \dot{q}_j \dot{q}_k.$$

Келесі шартты ескере отырып $h_{ijk} = h_{ikj}$, аламыз

$$h_1 = h_{111} \dot{q}_1^2 + 2h_{112} \dot{q}_1 \dot{q}_2 + 2h_{113} \dot{q}_1 \dot{q}_3 + h_{122} \dot{q}_2^2 + 2h_{123} \dot{q}_2 \dot{q}_3 + h_{133} \dot{q}_3^2, \quad \text{немесе}$$

$$h_1 = h_{133} \dot{q}_3^2 = -3m_3 \dot{q}_3^2,$$

барлық коэффициенттер h_{1jk} , мына өрнектен басқасы $h_{133} = -3m_3$, нөлге тең.

Аналогты $i=2$

$$h_2 = \sum_{j=1}^5 \sum_{k=1}^5 h_{2jk} \dot{q}_j \dot{q}_k = 0.$$

Басқа буындар үшін

$$h_3 = \sum_{j=1}^5 \sum_{k=1}^5 h_{3jk} \dot{q}_j \dot{q}_k = 0,$$

$$h_3 = \sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^3 h_{3jk} \dot{q}_j \dot{q}_k = h_{33} \dot{q}_3^2 = [m_3 (z_3^* S_3 + a_3 C_3)] \dot{q}_3^2.$$

Вектор $c(q)$. (3.40) мына теңсіздікті аламыз:

$$c(q) = (c_1, c_2, c_3)^T, \quad (3.45)$$

мұнда c_i дифференциалдап келесі мәндерді аламыз (3.40):

$$c_1 = -(m_1 G^T U_{11} R_1^* + m_2 G^T U_{21} R_2^* + m_3 G^T U_{31} R_3^*);$$

$$c_2 = -(m_2 G^T U_{22} R_2^* + m_3 G^T U_{32} R_3^*);$$

$$c_3 = -(m_3 G^T U_{33} R_3^*).$$

Осы теңдіктерге сүйене отырып аламыз

$$c(q) = [0, 0, -g(m_2 + m_3), 0]^T.$$

Енді манипулятордың q_i жалпыланған координаттарына сәйкес келетін Q_i жалпыланған күштерін анықтайық. Жетектердің электр қозғалтқыштарының

роторларына қолданылатын δA электромагниттік күштердің қарапайым жұмысы

$$\delta A = \sum \mu_i \delta \psi_i,$$

мұндағы: $\delta \psi_i$ - ротордың электр қозғалтқыштарының жетектерінің айналу бұрыштарының өзгеруі;

μ_i - D_i жетек қозғалтқышы тудыратын электромагниттік күштердің моменті.

Шамалар арасындағы геометриялық байланысты ескере отырып q_i және ψ_i :

$$\psi_i = n_i q_i, \quad i = \overline{1,3}$$

мұндағы: n_i - жетек редукторының беріліс коэффициенті;

D_i бәсендеткіш жетегінің беріліс саны;

δA қарапайым жұмыс нәтижесі ретінде қарастыруға болады:

$$\delta A = \sum \mu_i n_i \delta q_i. \quad (3.46)$$

Виртуалды қозғалыстарды анықтау бойынша жүйенің нүктелеріне қолданылатын барлық белсенді күштердің қарапайым жұмысы

$$\delta A = \sum Q_i \delta q_i, \quad (3.47)$$

(3.46) және (3.47) мына өрнектерден шығатыны, жалпыланған күш тең

$$Q_i = \mu_i n_i, \quad i = \overline{1,4}.$$

Ақырында, (3.14) теңдеу үшін барлық қажетті коэффициенттерді алған кезде біз жаза аламыз

$$\begin{cases} \mu_1 n_1 = (m_1 + m_2 + m_3) \ddot{q}_1 - a_3 C_3 m_3 - 3m_3 \dot{q}_3^2; \\ \mu_2 n_2 = (m_2 + m_3) \ddot{q}_2 - a_3 S_3 m_3 \ddot{q}_3; \\ \mu_3 n_3 = -m_3 \ddot{q}_3 - g m_3; \end{cases} \quad (3.48)$$

Манипулятордың қозғалыс теңдеулері (3.48) - екінші ретті сызықтық емес қарапайым дифференциалдық теңдеулер жүйесі. Бұл теңдеулер манипулятордың барлық байланыстарына әсер ететін күштер мен моменттерді ескереді: инерциялық, центрифугалық, кориолис және гравитациялық.

Осылайша, (3.48) формуласында келтірілген дифференциалдық теңдеулерді карьерлерде гранит блоктарын өндіру кезінде тесіктерді қазу машинасының жаңа құрылымын басқаруды автоматтандыру үшін пайдалануға болады.

3 тарау бойынша қорытындылар

1) Өзірленген техникалық талаптарға және карьер жағдайындағы гранитті блоктарды өндіру жағдайын талдауға сәйкес, тесік қазбаларды жүргізу үшін

машина конструкциясының схемасы таңдалды, машинаның тәжірибелік үлгісі дайындалды.

2) Машинаның қозғалу механизмінің есептік кинематикалық сипаттамалары айқындалды, қозғалу механизмінің электр қозғалтқышының қажетті қуаты анықталды, қозғалысқа қарсылық моменті табылды

$$M_{көдергі} = \frac{M_1 D_{ж.донг.}}{2i_o \eta_o} \quad \text{және} \quad \text{іліністің} \quad \text{нақты} \quad \text{қоры}$$

$$k_{ілінісу} = \frac{G\varphi}{W_{козг} + G_M \left(\frac{a}{9,81} - \frac{n_{жалпыдонг} - n_{босдонг}}{n_{жалпыдонг}} f \frac{d}{D_{ж.донг}} \right)}$$

3) Қыздырғыш жұмысының конструктивтік және режимдік параметрлерін талдау нәтижелері бойынша өндірістік сынақтардан өткен және тесік қазбаларын жүргізу кезінде блокты тасты механикаландырылған кесуге арналған жұмыс органы ретінде ұсынылған БВР-60, БВР-80 термоқұралдардың тәжірибелік үлгілері әзірленіп, дайындалды.

4) Үлкен кесу тереңдігінде термиялық кескіш құбырдың қаттылығын арттыру және білікті беріліс үшін термиялық кескіш құбырдың салмақ жүктемесін азайту арқылы кесу сапасы мен тасты кесу процесінің өнімділігін арттыруға мүмкіндік беретін термиялық кескішті тік беру құрылғысының құрылымы жасалды.

5) Термоқұрал конструкциясының ұтымды параметрлерін және олардың режимдік жұмыс параметрлерін орнатуға мүмкіндік беретін тесік қазбаларын кесуге арналған термоқұралдың конструкциясы мен жұмыс режимдерін тәжірибелік пысықтау жүргізілді:

- жанармай компоненттерінің жану толықтығын қамтамасыз ететін толық шығыны;
- қопарылатын жыныстың максималды бұзылуын қамтамасыз ету;
- кептеліссіз термоқұралдың еркін өтуі үшін кесілетін тесіктің қажетті енін қамтамасыз ету.

6) Тесіктік қазбаларды кесуге арналған машинаның өнеркәсіптік үлгісінің кинематикалық және құрылымдық параметрлерінің теориялық негіздемесі жасалды, нәтижесінде буындардағы бұрыштар мен қозғалыстардың векторлары орнатылды.

7) Манипулятордың қозғалыс теңдеулері матрицалық түрде жасалады, бұл манипулятор механизмінің жалпыланған координаттарын шығыс буынының берілген позициясы бойынша анықтау мәселесін және позициялық басқарудағы осы манипуляторды бағдарламалау мәселесін шешуге мүмкіндік береді.

4 ТЕСІКТІК ҚАЗБАЛАРДЫ КЕСУ МАШИНАСЫНЫҢ ПРОТОТИПНІҢ КИНЕМАТИКАЛЫҚ ПАРАМЕТРЛЕРІН ТӘЖІРИБЕЛІК ЗЕРТТЕУ ЖӘНЕ ПЫСЫҚТАУ

4.1 Тесіктік қазбаларды кесуге арналған машинаны өндірістік сынау әдістемесі

Машинаның ұсынылған құрылымы соляр майымен жұмыс істейтін қуатты термодинамикалық жұмыс органымен жабдықталған рельстегі көлік арбасынан тұрады. Тотықтырғыш ретінде компрессордан берілетін ауа қолданылады.

Тесіктерді кесу машинасы арбаны көлденең жылжытуға арналған электр жетектерімен және техникалық тапсырмада берілген жылдамдықтармен жұмыс органының көлденең және тік берілісімен жабдықталған.

Машинаның көлік арбасын мотор - бәсендеткіштен жылжыту шегі $(0,3...3,0) \cdot 10^{-2}$ м/сек құрайды.

Машинаның құрылымына келесі өзгерістер енгізілді:

- машинаның көлденең қозғалысының жетегі мотор - бәсендеткіштен (асинхронды электр қозғалтқышы) $N=1,1$ кВт, $n=40$ айн/мин жүзеге асырылады
- жұмыс органының тік қозғалысының жетегі беріліс қозғалтқышынан (асинхронды электр қозғалтқышы) $N=0,75$ кВт, $n=40$ айн/мин және конустық беріліс жұптарынан бұрандалы беріліспен жүзеге асырылады.

Мотор - бәсендеткіш пен бұрандалы берілістен жұмыс органының тік қозғалысының шекті жылдамдығы $(0,3...3,0) \cdot 10^{-2}$ м/сек құрайды. Жұмыс органының көлденең және тік бағытта қозғалу жылдамдығы қашықтан қадамсыз реттеледі, бұл машинаның басқару жүйесін қамтамасыз етеді.

Өндірістік сынақтардың мақсаты машинаның техникалық, экономикалық және технологиялық сипаттамаларын анықтау және олардың берілген көрсеткіштерге сәйкестігін анықтау болып табылады.

Машиналар мен аппараттарда әртүрлі сипаттағы процестер бір-бірімен тығыз байланыста. Сондықтан олардың табиғи үлгілерді сынау негізінде алынған негізгі параметрлері, әдетте, оны жобалау процесінде құрылымды есептеуге енгізілген осы параметрлердің мәндеріне сәйкес келмейді. Осыған байланысты машинаның немесе аппараттың прототиптерін дәл сынау қажеттілігі туындайды.

Өндірістік сынақтар Сынақ бағдарламасымен және әдістемесімен келісе отырып жүргізіледі. Бағдарлама сынақтардың шарттарына, қамтамасыз етілуіне және өткізілуіне қойылатын жалпы талаптарды, қауіпсіздік талаптарын, айқындалатын сипаттамаларды, сынақтардың әдістемесін және олардың нәтижелерін ресімдеуді белгілейді.

Сынақтарға дайындық. Сынақтарды өткізуге қатысатын қызмет көрсетуші қызметкерлер бекітілген бағдарлама бойынша арнайы даярлықтан өтуі, теориялық және практикалық курс бойынша емтихан тапсырумен жабдықты пайдалану ережелерімен танысуы тиіс. Машинаны сынау жүргізілетін аймақ электр энергиясымен қамтамасыз етіледі, оны тексеру,

жеткізудің толықтығын тексеру және орнату жүргізіледі. Орнатылған машина бос тұрған кезде сыналады, сынақтар кезінде сенімді тұрақты жұмысты қамтамасыз ету мақсатында анықталған ақаулар жойылады. Монтаждау және алдын ала жұмыстар аяқталғаннан кейін өндірістік сынақтар жүргізіледі.

Сынақ мазмұны. Өндірістік сынақтар машинаның барлық құрамдас бөліктерінің жұмысын баптауды, реттеуді және тексеруді; бағдарламада көзделген жұмыстарды орындауды қамтиды. Сынақтарды жүргізу кезінде оларды пайдалану жөніндегі нұсқаулықтың тиісті бөлімдерінде келтірілген машинаның әрбір құрамдас бөлігіне арналған қауіпсіздік ережелерін басшылыққа алу қажет.

Сынақ бағдарламасы мыналарды қамтамасыз етеді:

- жекелеген тораптар мен жабдықтардың жұмысқа қабілеттілігін тексеру, конструктивтік, технологиялық және пайдалану кемшіліктерін анықтау, оларды жою жөнінде ұсыныстар әзірлеу;

- пайдалану-техникалық сипаттамаларды анықтау, негізгі сипаттамалар мен жұмыс режимдерін таңдаудың дұрыстығын белгілеу, сондай-ақ нақты сипаттамалардың жобалық сипаттамаларға сәйкестігі;

- сенімділік пен беріктікті, жөндеуге жарамдылықты, басқарудың ыңғайлылығын, қызмет көрсету қауіпсіздігін және санитарлық - гигиеналық критерийлерді бағалау;

- жалпы машинаның және жекелеген құрамдас бөліктердің қауіпсіздігін бағалау және т. б.

Қабылдау сынақтары кезінде ақаулардың, түзетілмейтін ақаулардың және бұзылулардың есебі жүргізіледі, оның негізінде анықталған ақаулар жойылады.

Қабылдау сынақтары кезінде машиналар анықталады және бақыланады:

- машина тұтынатын қуат;
- жұмыс органының көлденең және тік бағытта қозғалу жылдамдығы;
- машинаның жұмысындағы проблемалар және құрылымның кемшіліктері (орналасуы, басқару ыңғайлылығы, тұрақтылығы және т. б.);
- тиімділікті бағалау.

Сынақ әдістемесі. Сынақ процесінде қажетті өлшеулер келесідей орындалады: Тұтынылатын қуат 5 минуттан астам уақыт аралығында ваттметрмен өлшенеді. Машинаның көлденең бағытта қозғалу жылдамдығы әр түрлі жұмыс режимдерінде жүріп өткен жолдың орташа мәні ретінде анықталады. Технологиялық өнімділік - тесіктің ұзындығы мен ені әртүрлі жұмыс режимдерінде тесік өндірісінің ұзындығы мен ені өлшеу нәтижелері бойынша есептеу жолымен анықталады. Сынақтар кезінде машинаның жұмыс ұзақтығы 3 сағаттан асуы қажет. Тау жыныстарының жойылуының меншікті энергия сыйымдылығы есептелген әдіспен жұмсалған энергия мен отын компоненттерінің тесік өндірісінің көлеміне ($\text{м}^2/\text{сағ}$) және тау жыныстарының жойылған массасының көлеміне ($\text{м}^3/\text{сағ}$) қатынасы ретінде анықталады.

Тесік қазбаларын кесуге арналған машинаның жұмыс қауіпсіздігі МЕСТ Р 54122-2010 және «Машиналар мен жабдықтардың қауіпсіздігі туралы» 2009 жылғы 15 қыркүйектегі № 753 техникалық регламентіне сәйкес келеді.

4.2 Тесіктік қазбаларды кесуге арналған машинаның кинематикалық сипаттамаларын анықтау әдістемесі

Біз бұл мәселені келесі ретпен бұрын алынған тәуелділіктер негізінде шешеміз.

1. E , a , m , σ^p тау жыныстарының белгілі термофизикалық сипаттамаларында жылу қабатының бұзылу жағдайынан бұзылу сәтіндегі T_s температурасы анықталады (4.1) [67, 69б]:

$$0,063 \frac{E\alpha T_s}{1-\mu} \geq \sigma^p, \quad (4.1)$$

мұндағы: E - серпімділік модулі, ГПа;

α - сызықтық жылу кеңею коэффициенті, $\alpha^{-1} 10^{-5}$;

T_s - қыздырылған қабатты бөлу кезінде жыныстың қыздыру бетінің температурасы, $^{\circ}\text{K}$;

μ - Пуассон коэффициенті;

σ^p - тау жыныстарының созылу беріктігінің шегі, Па.

Қирау кезіндегі T_s бетінің температурасы:

$$T_s = \frac{\sigma^p (1-\mu)}{0,063 E \alpha}. \quad (4.2)$$

2. Сандық мәндерді алғаннан кейін T_s және T_r , $1/U = T_s/T_r$ ретімен [8,212б] кесте бойынша x түбірдің сәйкес келетін мәнін аламыз келесі теңдеуге сүйене отырып:

$$\frac{1}{u} = 1 - e^{-x} \operatorname{erfc} \sqrt{x}. \quad (4.3)$$

Одан кейін келесі формула бойынша

$$x = H^2 a t_p, \quad (4.4)$$

мұндағы: a - температура өткізгіштік коэффициенті, m^2/c ;

t_p - тау жыныстарының бөлшектерін бөлу уақыты, c ,
белгілі болған кезде H және x бөлшектің бөліну уақытын анықтаймыз:

$$t_p = \frac{x}{H^2 a}, \quad \text{c}. \quad (4.5)$$

3. Біз осындай өнімділікке қажетті меншікті жылу ағынын табамыз:

$$q = H\lambda(T_r - T_s), \quad \text{Вт/м}^2 \quad (4.6)$$

Төменде Алматы және Қордай граниттері үшін термоагрегат параметрлерін және от ағынымен өңдеу процесін есептеу нәтижелері келтірілген. Аталған кен орындары жыныстарының жылу-физикалық қасиеттері 4.1-кестеде келтірілген [42,63,126].

Кесте 4.1 - Тау жыныстарының қасиеттері

	Тау жыныстарының жылу-физикалық қасиеттері	Гранит кен орындары	
		Алматы	Қордай
1.	Сызықтық жылу кеңею коэффициенті, α , 10^{-5} K^{-1}	0,59	0,9
2.	Температура өткізгіштік коэффициенті, a , $10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$	9,59	1,31
3.	Жылу өткізгіштік коэффициенті, λ , Вт/(м К)	2,3	3,15
4.	Жылу сыйымдылығы, C , $10^6 \text{ Дж}/(\text{м}^3 \cdot \text{К})$	1,0	0,92
5.	Серпімділік модулі, E , ГПа	1,3	30,0
6.	Пуассон коэффициенті, μ	0,26	0,25
7.	Қысу беріктігінің шегі, σ , МПа	190,0	250,0
8.	Созылу беріктігінің шегі, σ^p , МПа	6,1	10,2
9.	Цилиндрдің созылу беріктігінің шегі, $\sigma_{\text{р}}^u$, МПа	7,6	11,8

$V_{\text{сыз}} = f(q)$ тәуелділігінен ыдырау процесінің қарқындылығы меншікті жылу энергиясына тура пропорционал болады, сондықтан сызықтық бұзылу жылдамдығы көрсетіледі:

$$V_{\text{сыз}} = c q_{\text{max.сум}}, \quad (4.7)$$

мұндағы: c - графиктің көлбеуінің тангенсі $v_{\text{сыз}} = f(q)$.

(4.1) ескере отырып, көлемдік өнімділік келесідей болады:

$$W = c q_{\text{max.сум}} L \frac{\sqrt{\pi}}{\sqrt{k}}, \quad \text{м}^3/\text{с}. \quad (4.8)$$

Талдау (4.8) көлемдік өнімділік үш шаманың көбейтіндісіне байланысты екенін көрсетеді: $c q_{\text{max.сум}} \frac{\sqrt{\pi}}{\sqrt{k}}$ және L - қыздыру жолағының ұзындығы.

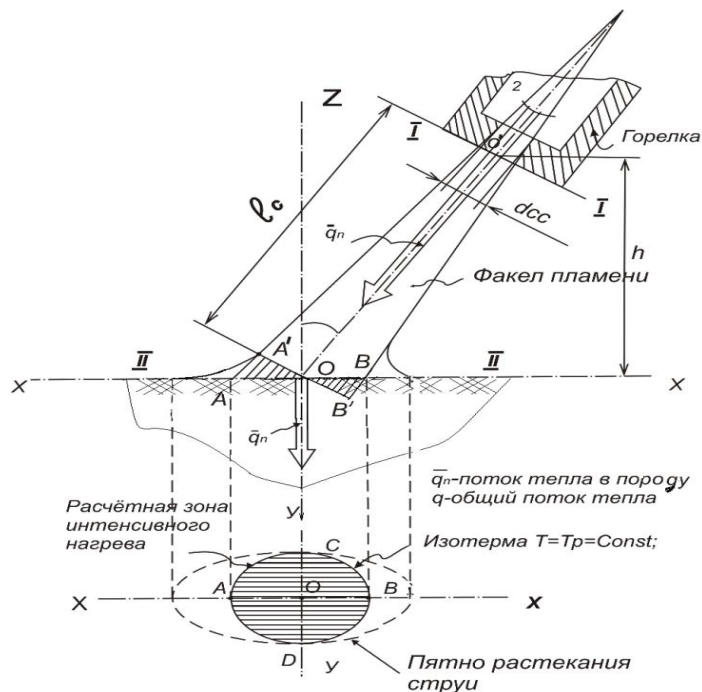
Физикалық мағынасында c шамасы көрсетілген энергияның бірлігіне келетін бұзылған жыныстың көлемін сипаттайды, яғни жойылудың нақты көлемі жыныстың жылу-физикалық қасиеттеріне байланысты.

Қатынас $c q_{\text{max.сум}} \frac{\sqrt{\pi}}{\sqrt{k}}$ тау жыныстарындағы жылу ағынының тығыздығын және оның қыздыру нүктесінде таралуын, яғни жылу құралдарының жалпы жылу қуатын сипаттайды.

(4.8) теңдеуінен тау жыныстарына жылудың максималды берілуін қамтамасыз ете отырып, жылу құралдарын жобалау керек.

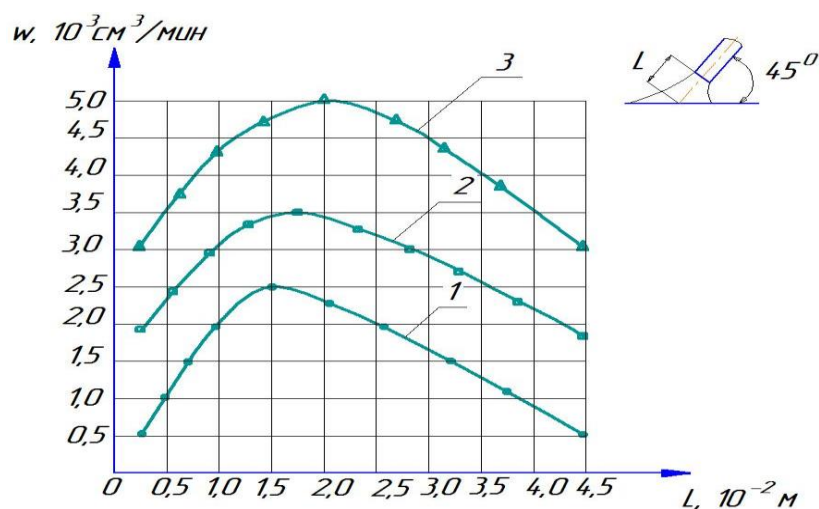
Осылайша, от ағынымен өңдеу өнімділігі тау жыныстарының жылу-физикалық қасиеттерінің кешеніне және құрал алауының жылу қуатына байланысты.

4.1-суретте тесік қазбаларды жүргізу кезінде тау жыныстарын жою сұлбасы көрсетілген.



Сурет - 4.1.- От ағынының тау жыныспен өзара әрекеттесуі

4.2 - суретте $w = f(L)$ осы өзара байланыс график түрінде көрсетілген.

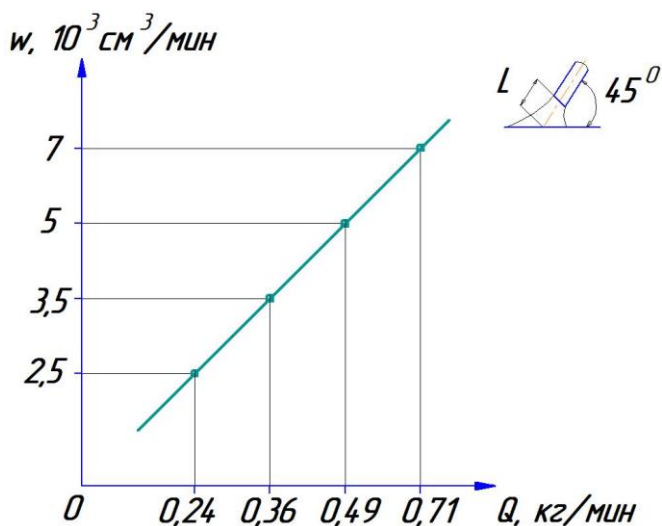


Сурет - 4.2. w қопарылуының көлемдік өнімділігінің шілтердің (гарелка) кесу қашықтығынан L қыздыру нүктесіне тәуелділігі:

(1 - ауа шығыны 180 м³/сағ, жанармай шығыны 17 л/сағ, 2 - ауа шығыны 360 м³/сағ, жанармай шығыны - 25 л/ч, 3 ауа шығыны 540 м³/сағ, жанармай шығыны - 35 л/ч). Гранит - Алматы

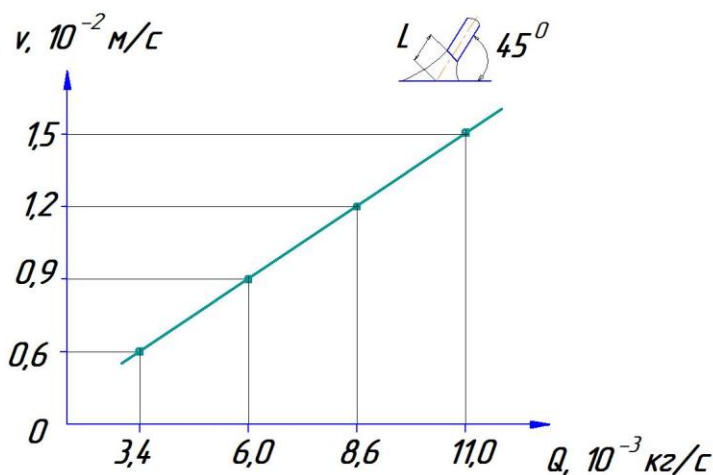
4.2-суреттен $w = f(L)$ тау жыныстарының қопарылу өнімділігі шүмектің қимасынан жынысқа дейінгі қашықтығына байланысты және жылу ағынының максималды қимасында максималды мәнге жететінін көруге болады. Сондай-ақ, графикте жанармай компоненттерінің әртүрлі шығындарындағы көлемдік өнімділік мәндері көрсетілген.

4.3-суретте қопарудың көлемдік өнімділігінің жанармай шығынына тәуелділігінің графигі көрсетілген.



Сурет - 4.3. Қопарудың көлемдік өнімділігі жанармай шығынына тәуелділігі

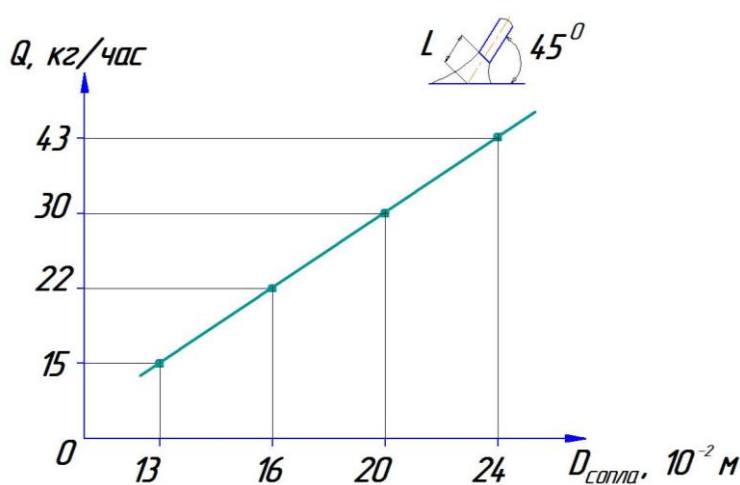
4.4-суретте жылу құралының v қозғалысының сызықтық жылдамдығының Q отын компоненттерінің шығынына тәуелділігі көрсетілген.



Сурет - 4.4. Жылу құралының сызықтық жылдамдығының v қозғалысының отын компоненттерінің ағынына тәуелділігі Q Гранит - Алматы

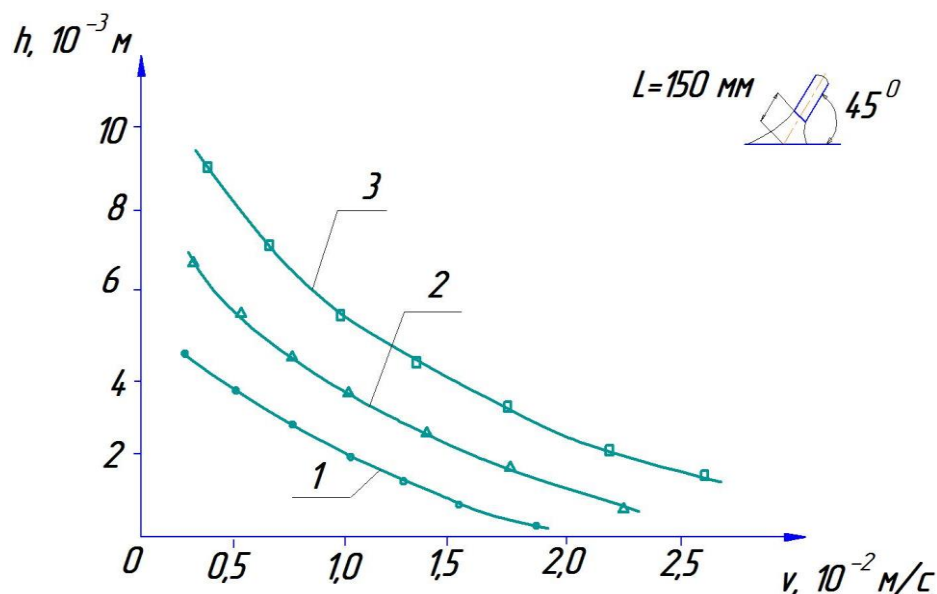
4.5-суретте жанармай шығынының Q диаметріне тәуелділік графигі көрсетілген Лаваль шүмегінің критикалық қимасының саптамасы бұзылатын

жынысқа қатысты шілтердің (гарелка) L көлбеу бұрышының φ бекітілген мәндерінде.



Сурет - 4.5. Жанғыш Q ағынының Лаваль шүмегінің $D_{\text{крит}}$ критикалық қимасының диаметріне тәуелділігі

4.6-суретте h қабатының тереңдігінің жанармайдың әртүрлі шығындары кезінде машинаның жұмыс органымен қозғалуының v бойлық жылдамдығына тәуелділігі графигі көрсетілген.



Сурет - 4.6. h қабатының тереңдігінің машинаның жұмыс органымен қозғалуының бойлық жылдамдығына v тәуелділігі, (жанармай шығыны 1 – 17 л/сағ, 2 - 25 л/сағ, 3 - 35 л/сағ). Гранит - Алматы.

4.2-кестеде әр түрлі отынның (бензин, керосин, дизель отыны) жылушығарғыштық мәні, ал 4.3-кестеде олардың салмақ сипаттамалары көрсетілген.

Кесте 4.2 - Әр түрлі отынның жылушығарғыштық мәні

Жанармай	(ккал/кг)	(кДж/кг)
Бензин	10500	44000
Керосин	10400	43500
Дизельді жанармай	10300	43000

Кесте 4.3 - Сұйық отынның меншікті салмағы мен тығыздығы.

Жанармай	Тығыздық, кг/л	Тығыздық, кг/м ³	Үлес салмағы, л/кг	Үлес салмағы л/т
Бензин	0,690-0,720	690-720	1,388 - 1,450	1388-1450
Керосин	0,817	817	1,224	1224
Жазғы дизель отыны	0,860	860	1,163	1163
Қысқы дизель отыны	0,840	840	1,190	1190
Пропан сұйық	0,510-0,530	510-530	1,886 - 1,960	1886-1960
Бутан сұйық	0,580-0,610	580-610	1,639 - 1,724	1639-1724

4.3 Бензин-ауа термоқұралдарымен тесіктік қазбалардың параметрлерін әзірлеу

Жұмыстарда газ ағынының жыныспен әрекеттесу мәселесі қарастырылды. Тау жынысының сынғыш қопарылуын анықтайтын әрекеттесу параметрлері анықталды [18,676].

Бұл жұмыстарда шілтерден пайда болатын газ ағыны тежелу нүктесінде меншікті жылу ағындарының таралуы ретінде ұсынылған (тосқауыл тегіс) [43,2276].

$$G(r) = q_m * e^{-kr^2} \quad (4.9)$$

мұндағы: q_m - ағын осі бойынша меншікті жылу ағыны;
 k - қисық пішінінің коэффициенті;
 r - ағымдағы радиус.

Тау жынысына әсер ете отырып, өзара әрекеттесу сипатын анықтау кезінде жеткілікті дәлдік дәрежесімен газ ағыны оны дақ бойымен $r_0 = \frac{l}{\sqrt{k}}$ радиуспен бетінің температурасымен $h = \frac{2}{\sqrt{v}} \cdot \alpha \cdot t$ тереңдікке дейін қыздырады:

$$T_n = \frac{h \cdot \alpha}{\lambda} \quad (4.10)$$

мұндағы: α - температура өткізгіштік коэффициенті;
 λ - жылу өткізгіштік коэффициенті;
 t - газ ағынының әрекет ету уақыты.

Мұндай қыздырылған жыныс қабаты тұрақтылығын жоғалтады. Тұрақтылықтың жоғалуымен қабат қисайып, көптеген жартылай толқындарға бөлінеді. Бұл жағдайда критикалық кернеу

$$G_{кр} = \frac{\nu^{-2}}{3} \cdot \frac{1}{\beta(1-\mu^2)} \cdot \frac{h^2}{r_0^2} \cdot m^2 \quad (4.11)$$

мұндағы: E - серпімділік модулі;

μ - Пуассон коэффициенті;

m - жартылай толқын саны, қабаттар бөлінген немесе $\frac{r_0}{m}$ -

бөлінетін қабықтың радиусы;

ν - шілтердің қозғалыс жылдамдығы.

Кернеу мен температураның байланысын ескере отырып, температураның критикалық мәндері анықталады:

$$T_{кр} = \frac{2\nu^{-2}}{3} \cdot \frac{1}{\beta(1-\mu^2)} \cdot \frac{h^2}{r_0^2} \cdot m^2, \quad (4.12)$$

мұндағы: β - сызықтық кеңею коэффициенті.

Бұл шешімді талдау кезінде жойылу майданының алға жылжу жылдамдығы тәуелділікпен анықталды:

$$W = c \cdot q_m \quad (4.13)$$

мұндағы: c - тек тау жыныстарының қасиеттеріне байланысты пропорционалдылық коэффициенті.

c коэффициенті физикалық мағынаны білдіреді және энергия бірлігін тұтыну кезінде тау жыныстарының қаншалықты ыдырайтынын көрсетеді.

Бұзудың көлемдік жылдамдығы тау жыныстарының қасиеттеріне және меншікті жылу ағындарының деңгейіне ғана емес, сонымен қатар тежелу нүктесінде меншікті жылу ағынының таралу сипатының функциясы болып табылады:

$$W = c \cdot \frac{u}{k} \cdot q_m \quad (4.14)$$

Шешімді талдаудан мыналар көрінеді: жылу ағындарының мәндерінің кең шегінде тұрақтылықты жоғалту сәтіндегі тау жыныстарының беткі температурасы тұрақты болып қалады. Жылу ағындарының деңгейінің төмендеуімен бөлінетін бөлшектердің мөлшері артады, олардың температурасы да көтеріледі. Жылу ағындарының бірдей деңгейінде термиялық өңдеудің

нашарлығымен сипатталатын тау жыныстары үлкен бөлшектердің бөлінуімен жойылады, олардың қатынасы $\frac{r_0}{k}$ аз, ал абсолютті өлшемдері үлкен болады.

Тау жыныстарының сынғыш ыдырау процесі неғұрлым тұрақты болса, газ ағынының тежелу нүктесі соғұрлым көп болады. Бір осьті қысу және созылу кезіндегі уақытша кернеулер болатын үлкен $\frac{G_{cm}}{G_p}$ қатынаспен сипатталатын тау жыныстарының сынғыш бұзылуына G_{cm} және G_p бейім.

Тесік қазбасының пайда болуын қарастырған кезде екі кезеңді бөліп көрсетеміз.

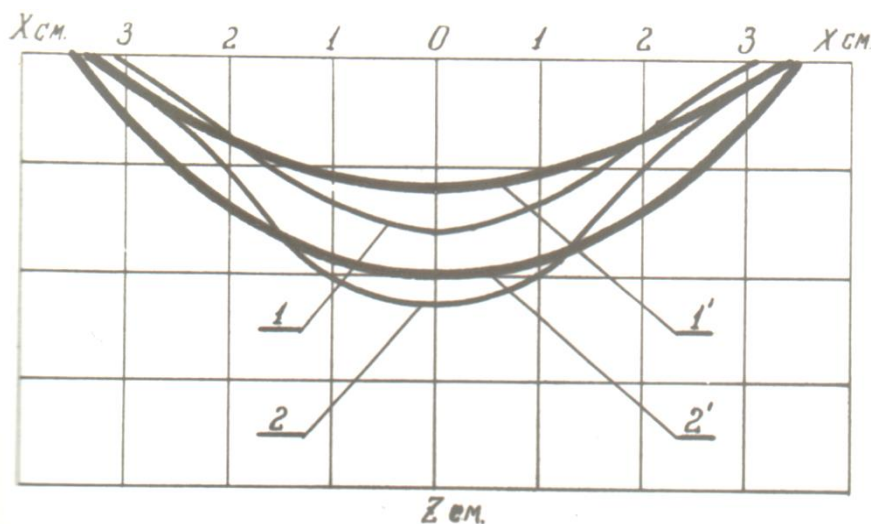
Бірінші кезең - бұл газ ағынының тегіс беткейге әсері, яғни ойықтың пайда болуы.

Екінші кезең - тесік қазбаның нақты ұңғымасы.

Бірінші кезеңде кенжардағы жағдайлар өндіріс кезінде өзгереді. Өндірістің өзі кенжардағы меншікті жылу ағынының таралуына әсер етеді. Бірінші ойықтың пайда болуының бүкіл процесі белгісіз. Алынған ойықтың соңғы профилі тежеу нүктесінде жылу ағындарының таралу функциясы болып табылады [44,416].

4.7-суретте шілтер тереңдеген сайын оны қопаруға бермей, әр түрлі жылдамдықтағы ойықтың профилі көрсетілген.

Графикті алаудың 0,4 см/сек және 0,55 см/сек қозғалу жылдамдығы кезінде Алматы гранитінің үлгілерінен алынған бороздың нақты профильдері және тәуелділіктерді пайдалана отырып есептелген профильдер көрсетілген (4.9), (4.12), (4.14).



1 - 2 - есептік профиль

1' - 2' - нақты профиль

Сурет - 4.7. Шілтер қозғалысының әртүрлі жылдамдықтарындағы ойық профилі

Шілтер жылу ағынын дамытады $3 \cdot 10^6$ ккал/м²сағ, тежеу нүктесіндегі жылу ағындарының таралу қисығының пішін коэффициенті $K = 0,2$ I/см².

Нақты және есептік қиманың аудандарын есептеу аудандардың 5-7% - ға ерекшеленетінін көрсетеді, ал нақты профиль есептік тереңдікте біршама аз және басында кеңейеді. Төмен қозғалыс жылдамдығымен алынған тесік неғұрлым терең болса, нақты және есептік профильдің көлденең қимасының айырмашылығы артады. Бұл кенжар пішінінің өзгеруінің есептелген тәуелділіктер ескермейтін жылу ағындарының қайта бөлінуіне әсерін көрсетеді. Алайда, эксперименттік ойық профилі кенжардағы жылу ағындарының таралу функциясы екенін және оның абсолютті өлшемдері шілтердің қозғалу жылдамдығына, меншікті жылу ағынының шамасына және жыныстың қасиетіне байланысты екенін толық растайды.

Қабырғалардың белгілі бір жылу ағындарының қайта бөлінуіне әсері тереңдей түскен сайын, кенжар біркелкі жылу жүктемесімен форманы қабылдауға тырысады. Жылу жүктемесі ойықтың ұзындығы бойынша қайта бөлінеді. Қопаруға шілтерден берілетін жылу мөлшері тегіс тосқауылдың берілуімен салыстырғанда азаяды.

Тесіктік қазбамен кесу процесін қарастырамыз өндірілген тесіктің $b = \frac{2}{\sqrt{K}}$ ені мәннен аспаған кезде. Уақыт бірлігінде кенжармен қабылданатын жылу ағыны

$$Q = \frac{1}{2} \cdot q_m \cdot b \cdot l, \quad (4.15)$$

мұндағы: q_m - жылу ағынының максималды мәні;
 b - қазбаның ені;
 l - кенжар бойындағы қыздыру аймағының ұзындығы.
 Көлемдік өнімділік

$$W_p = c \cdot Q = l / 2 \cdot c \cdot q_m \cdot l \cdot b, \quad (4.16)$$

Өз кезегінде тесіктік қазбаның ұңғыманың көлемдік өнімділігі тең

$$W_p = v \cdot b \cdot h \quad (4.17)$$

мұндағы: v - шілтердің қозғалу жылдамдығы;
 h - алынатын қабаттың тереңдігі.

Тәуелділіктерден (4.16) және (4.17) саңылаудың пайда болу жылдамдығы $B = v \cdot h$ өрнектеледі

$$B = l / 2 \cdot q_m \cdot l \cdot c \quad (4.18)$$

Тесіктің пайда болу жылдамдығы жылу ағынының деңгейі мен таралуына байланысты. Жыныстың қасиеттері және өндірілген тесік өндірісінің еніне байланысты емес.

Алынған тәуелділіктер бензин-ауалы шілтерлермен кесу процесін толығымен көрсетеді. Мұндай технологиялық схема бойынша тесіктерді кесу мүмкін емес, өйткені газ ағынының белсенді тежеу нүктесінің мөлшері $d = 2/\sqrt{k}$ шілтердің диаметрінен аз. Сондықтан кесу газ ағынының көлденең қозғалысымен жасалуы керек.

Конструктивті тұрғыдан алғанда газ ағынының көлденең қозғалысының жетегін синусоидалы заңға жақын құру өте ұтымды.

$$y = b/2 \sin W \cdot t \quad (4.19)$$

мұндағы: W - ағынның көлденең тербелістерінің бұрыштық жылдамдығы;

b - қазбаның ені.

Тәуелділік (4.19) газ ағынының осінде жатқан нүктенің қозғалысын көрсетеді.

Осындай заң бойынша газ ағынын жылжыту арқылы жақсы термиялық өңделген жыныстарда 120-200 мм шегінде тесік өндіруге болады. Нашар термиялық өңдеумен сипатталатын тау жыныстарындағы тесік қазбалардың өтуі кезінде қазбаның ені тереңдеген сайын азаяды. Қабырға аймағындағы газ саңылауының әсер ету уақытын арттыру қажет. Кең саңылауларды өңдеу кезінде көлемдік өнімділік беттік өңдеу мәндеріне жақындайды және (4.12) және (4.14) тәуелділіктерге сәйкес келеді.

4.8-суретте Куртинск гранит карьерінде от ағынымен жару әдісімен пайда болған тесік қазбасы көрсетілген.



Сурет - 4.8. Тесік өндірісінің түзілуі фрагменті

Бойлық қозғалыс жылдамдығы берілген сегменттегі газ ағынының әрекет ету уақытын көрсетеді немесе бір өтуде алынатын қабаттың мөлшерін белгілейді.

Осы технологиялық кесу схемасымен өндіріс ені өнімділікке әсер етеді. Тесік ені ұлғайған сайын өнімділік төмендейді. Алайда, тәуелділік сызықтық емес, өйткені энергияның кең саңылауларын өндірген кезде қопаруға шілтерден көбірек беріледі.

4.4 Қашықтан басқарылатын қуатты термодинамикалық жұмыс органымен жабдықталған машинаны тәжірибелік-өндірістік сынау

Қашықтан басқару жүйесін құру үшін біз машиналардың жұмыс органдарының электр жетегін басқару жүйесіне зерттеулер жүргіздік, тесік қазбаларды кесудің технологиялық процесіне талдау жасадық.

Күшті топырақтарда (гранит, мәрмәр және т.б.) тесік қазбаларды құру негізінен екі жұмыс механизмімен жабдықталған машиналармен жүзеге асырылады: арбаның рельс жолымен қозғалу механизмі және отты кесу механизмі. Бұл механизмдерді басқару жүйесі қозғалыс механизмін рельс жолының шекарасынан шығудан және кесу механизмінің берілген өңдеу аймағынан тыс шығуынан қорғауды қамтамасыз етуі керек. Технологиялық процесте екі механизм де циклдік режимде тұрақты жүктемемен және жұмыс органының тұрақты қозғалыс жылдамдығымен жұмыс істейді. Әдетте, әртүрлі жойылатын материалдардың технологиялық параметрлері кең ауқымда өзгереді. Мұндай материалдар қопарылған кезде жұмыс механизмдерінің қозғалысының басқа жылдамдығы қажет екені анықталады. Қозғалыс және кесу механизмдерінің салыстырмалы түрде қарапайым технологиялық процесі реттеу жүйесінің қарапайым схемалық шешімдерімен қызмет көрсететін персоналды машина мен механизмдердің жұмысын үнемі бақылаудан босатуға мүмкіндік береді. Іске қосу және баптау операцияларын жүргізу үшін қолмен басқару қажет.

Технологиялық процесті және технологиялық машинаның жұмыс сипатын талдаудан жұмыс механизмдерін басқару жүйесіне қойылатын талаптар айқын көрінеді:

- механизмдердің қозғалыс жылдамдығының өзгеру диапазоны- кемінде 100:1;
- механизмдерді рельстен шығудан қорғау және қозғалыс бағытын автоматты түрде өзгерту.
- қашықтан автоматты және қолмен басқару;
- орнату мен басқарудың қарапайымдылығы.

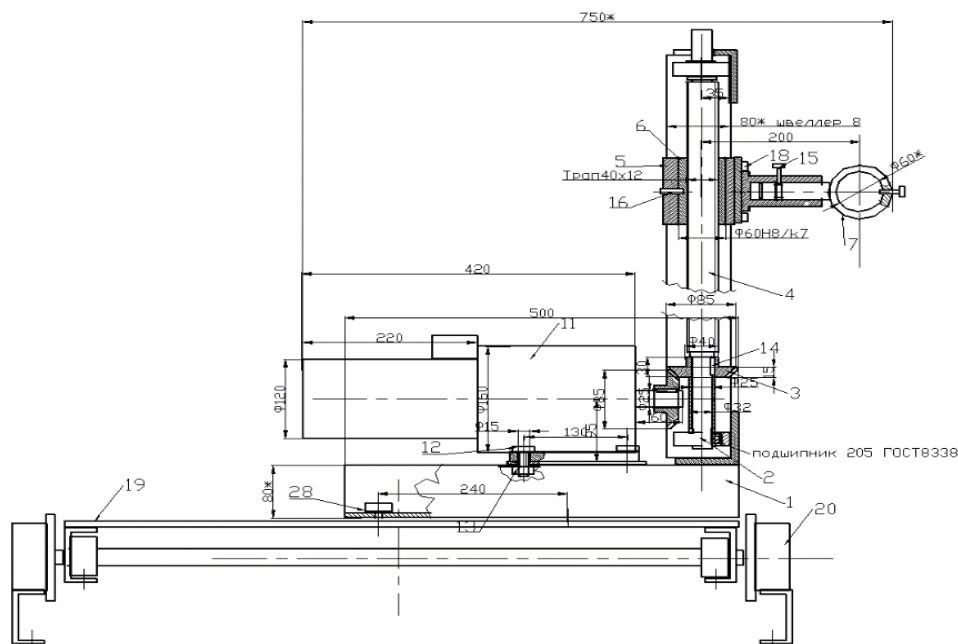
Қазіргі уақытта қойылған міндеттерді шешудің ең озық құралдары электр жетегі жүйелері болып табылады. Жолақты жылу көздерімен беттік өңдеу кезінде тау жыныстарының ыдырау механизмін теориялық зерттеу тау жыныстарының жылу-физикалық параметрлерін және газ ағындарының жылу ағындарының параметрлерін байланыстыратын заңдылықтарды анықтады.

Алматы облысы, Куртинск гранит карьерінде құрастырылған эксперименттік машинада тас қазбаларын механикаландырылған кесудің технологиялық параметрлерін эксперименттік тексеру және термоагрегат жабдықтарын сынау жүргізілді [95, 96, 97, 98, 99, 100].

Эксперименттік машина (4.9-сурет) отты термокескіш, жұмыс органын көлденең және тік бағытта жылжытуға арналған 1 жақтаудан тұрады. Отты термокескіш жұмыс органымен - от ағынымен қыздырғыштан және қашықтан басқару пультімен жабдықталған.

Жанармай компоненттерімен қоректендіру магистральдары, бақылау-өлшеу аппаратурасы, қорғау және өртеу құралдары шілтерге жеткізілді. Компоненттердің шілтерге берілуін реттеу термокескіштің тарату қорабында орналасқан клапандармен жүзеге асырылады. Жұмыс компоненттерін жеткізу жылу құралының қалыпты жұмысын қамтамасыз ету шартымен орындалады.

Маневрлік арбаға бекітілген жұмыс органының жұмыс жылдамдығының өзгеруін айнымалы ток электр қозғалтқышы 0,003...0,044 м/с. шегінде жүзеге асырады. Технологиялық арбаның қозғалу жетегін және жұмыс органдарының жұмысын басқару, басқару пультімен қолмен де, ауыстырылатын арбаның экстремалды позицияларының соңғы ажыратқыштарының командаларынан автоматты түрде де жүзеге асырылуы мүмкін.



1,19 - рама; 2 - мойнтірек тірегі; 3,10 - конустық берілістер; 4 - кескішті көтеру бұрандасы; 5,6 - бұрандалы гайка жинағы; 7 - шілтерді бекітуге арналған қысқыш; 8 - бағыттаушы төлке; 9 - бұрандалы гайканы бекіту тақтасы; 11 - мотор-бәсендеткіш; 12, 13 - электр қозғалтқышын бекіту; 14 - кілттер; 15,16 - бекіту бұрандалары; 17 - мойнтіректерді бекіту; 18 - шілтердің айналу жинағын бекіткіш; 20 - доңғалақ

Сурет - 4.9. Экспериментальды машина

- Эксперименттік тесіктерді кесу машинасы мүмкіндік береді:
- жұмыс және бос режимдерде шілтер жұмысын пысықтауға;
 - тесік қазбаны қабат-қабат өңдеуге;
 - термоқұралдың кең шектерде бойлық қозғалу жылдамдығын қадамсыз реттеуге;
 - жыныс қабатының биіктігіне байланысты шілтердің жұмыс режимін реттеуге;
 - термоекіштің жұмысын қашықтан басқаруға;
 - тесіктік қазбаның сапасын бақылау.

Отын компоненттерінің берілуін қашықтан басқаруға арналған термоекіш жылу құралдарымен құбырлармен қосылған кесу клапандарымен жабдықталған.

Шілтерлерді қашықтан қыздыру үшін термоқұралға өнеркәсіптік орындаудағы электр тұтандырғыш құрылғы орнатылды. Клапандарды қосу, демек, шілтерлерді жұмыс режиміне шығару басқару пультінен қолмен жүзеге асырылады.

Эксперименттік машинаның жұмыс принципі келесідей. Машина шілтердің әрекет ету аймағына кірген кезде ауа мен жанармай (керосин-бензин-соляр майы) беріле ме, жоқ па. Жұмыс машинасы кесу бағыты бойынша тесіктік қазба аймағынан шыққанға дейін сақталады.

Машина төтенше жағдайға жеткенде, кесу аймағынан шығатын контактілі ажыратқыштар көлденең беру қозғалтқышын өшіруге бұйрық береді және арба кері бағытта қозғалады. Қажетті тесік өлшемдеріне жеткенде шілтерді өшіру жүргізілмейді. Шілтерді қосу тесіктерді кесудің бос жүруіне қажетті уақыт бойынша белгілі бір ығысумен жүзеге асырылады және уақыт релесі арқылы жүзеге асырылады.

4.5 Гранит блоктарын механикаландырылған кесуге арналған термоқұралдарының негізгі параметрлерін таңдау

Гранитті блоктардың тесіктерін механикаландырылған кесуге арналған термоқұралдың түрін таңдағанда, олар қолданыстағы кәсіпорындардың жағдайына, өнімді шығару бағдарламасына, үнемділікке және технологиялық құрылғыларға назар аударады.

Тас өңдеу өнеркәсібінде оттегі ортасында көмірсутек отынын жағумен жұмыс істейтін термоқұралдардың екі түрі қолданылды: оттегі-керосин және бензо-ауа.

Бұрын орнатылған (4.8) от ағынымен қопару өнімділігі жынысқа түсетін жылу ағынының қуатына пропорционалды, жылу қуаты өз кезегінде газ ағынының температурасына, оның жылдамдығына және жанасу нүктесінің геометриялық өлшемдеріне байланысты. Газ ағынының көрсетілген параметрлері уақыт бірлігінде жану камерасында әрекеттесетін жанғыш пен тотықтырғыштың мөлшеріне байланысты. Аталған факторлар жылу құралдарының режимдік параметрлері болып табылады. Олардың от ағынымен қопару өнімділігіне әсерін зерттеу қыздырғыштарды жобалау үшін қажет. Осы

саладағы зерттеулер Қ.И.Сәтбаев атындағы ҚазҰТЗУ, ХАИ, МГИ, ИГТМ және т.б проблемалық зертханасында жүргізілді [101, 102, 103, 104, 105]

Жұмыста отын компоненттерін тұтынудың от ағынымен өнімділігіне әсері зерттелді [106, 107].

Жану камерасының көлденең қимасына $F_{кр}$ қыздырғыш шүмегінің критикалық қимасының ауданының қатынасы ұлғайған сайын F_k көлемдік өнімділік артады, өйткені $F_{кр}/F_k$ қатынасының шамасы газдың жалпы шығынына пропорционалды, сондықтан бұзылу өнімділігін арттыру үшін жанармай мен тотықтырғыштың шығындарын арттыру қажет.

α_T тотықтырғышының артық коэффициентімен сипатталатын жанармай мен тотықтырғыштың жану камерасына түсетін арақатынасы бұзылу өнімділігіне белгілі бір әсер етеді. Керосин-оттегі қыздырғыштарының ең оңтайлы жұмыс режимі $\alpha_T = 0,7...0,9$ режимі болып табылады, ал бензин-ауа $\alpha_T = 0,9...1,2$ [82, 90б].

Жану камерасындағы қысымның 2,0..3,0 МПа дейін өсуімен қопару өнімділігі сызықтық заңға сәйкес артады, бірақ қысымның жоғарылауымен жанармай компоненттерін шілтерге жеткізу жүйелері мен жабдықтары едәуір күрделене түседі, қауіпсіздік пен техникалық қызмет көрсету талаптары күшейтіледі, сондықтан жану камерасында 0,6...0,8 МПа.-ға сәйкес қысым қабылданады [108].

Шілтердің тиімділігі көбінесе жану камерасындағы отын компоненттерінің қоспа түзілу процесін ұйымдастыруға байланысты. Қоспаның пайда болу процесі компоненттердің жану камерасына шүмектер арқылы жеткізілуіне және оларды араластыруға байланысты. Жанармай бұрку сапасын сипаттайтын негізгі көрсеткіштер - бұл нәзіктік пен біркелкілік, сондай-ақ ағынның бұрышы. Бұрудің нәзіктігі мен біркелкілігі шүмектің құрылымына және оның кесіндісіндегі қысымның төмендеуіне байланысты. Шілтердің барлық конструкцияларында ол арқылы берілетін жанармайдың жасанды бұралуы бар шүмектердің центрифугалық түрі қолданылады. Орталықтан тепкіш бұрку кезінде диапазон аз болады, бұл камерадағы бұрку аймағының өлшемдерін, демек, жану камерасының өлшемдерін анықтайды [109].

Жану камерасы жылу құралының негізгі органы болып табылады. Жану камерасын есептеу үшін оның көлемін және геометриялық өлшемдерін анықтау қажет. V_k жану камерасының көлемі критикалық кескінге дейінгі камераның көлемі болып саналады. Қажетті V_k көлемін анықтау үшін келесі параметрлердің бірі қолданылады:

1. Жану өнімдерінің камерада болуының шартты уақыты $\tau_{усл}$

$$\tau_{усл.} = \frac{V_k \cdot P_k}{G \cdot R \cdot T_k}, \quad (4.20)$$

мұндағы: V_k - жану камерасының көлемі;

G - жанармай шығыны;

P_k - отын мен жану өнімдерінің орташа үлес көлемі,

2. Берілген жану камерасының ұзындығы

$$l_{np} = V_k / f_{kp} \quad (4.21)$$

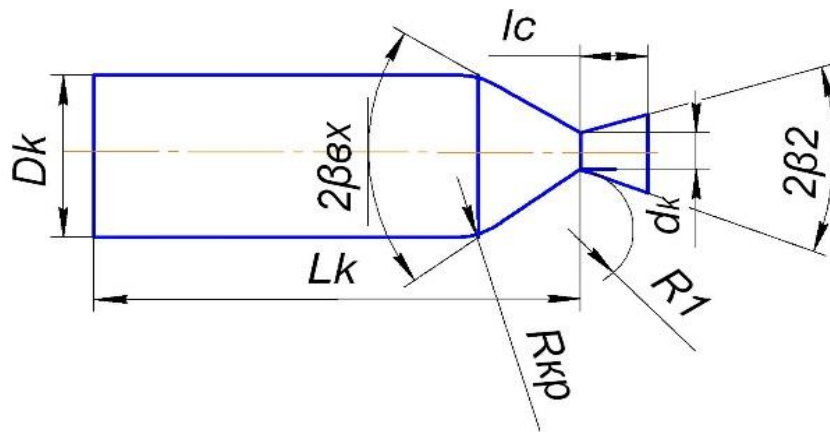
мұндағы: f_{kp} - камераның критикалық бөлігіндегі шүмек аймағы;

β - камерадағы қысымның нақты импульсі, м/с;

P_z - жану камерасының ішіндегі газ қысымы, Па.

Жану камераларын жобалау кезінде олар $f_k/f_{kp}=6...20$ қатынасын пайдаланады.

4.10-суретте жану камерасының геометриясы көрсетілген. Цилиндрлік жану камерасының диаметрі L_k/D_k қатынасынан анықталады. Шағын көлемді зымыран қыздырғыштарының құрылым ерекшеліктерін ескере отырып, жану камерасының ұзындығының камераның диаметріне қатынасы 5...10 тең деп қабылданады.



Сурет - 4.10. Жану камера

Жану камерасының шүмегінің негізгі өлшемдері қолмен термиялық құралдарды жобалау тәжірибесіндегі тәжірибелік мәліметтер негізінде анықталады, ал шүмектің кіреберісіндегі үйкеліс пен шашырау шығындары ескеріледі.

Шүмек бөлігіне кіру бұрышы $2\beta_{vx}=45^0...80^0$;

Шүмектің критикалық бөлігінің дөңгелектеу радиусы $R_{kp}=0,65...1,0) D_{kp}$;

Шүмектің кіріс бөлігінің дөңгелектеу радиусы

$R_1 = (0,35...0,5) D_{kp}$;

Шүмектің шығу бөлігінің бұрышы

$2\beta_2=16^0...30^0$;

Шүмектің ұзындығы

$l_c = (2, 5...5,0) D_{kp}$;

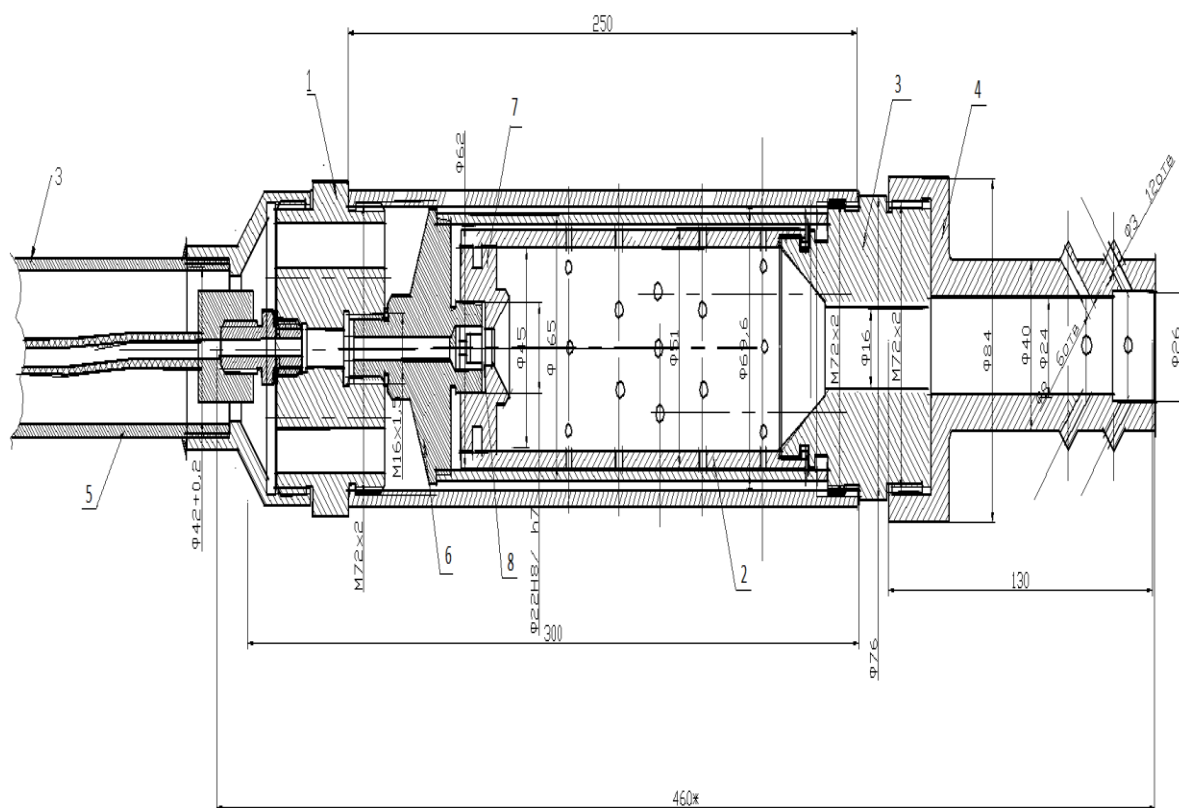
Тесіктерді кесуге арналған машинаның жұмыс органы ретінде біз өнертабыс деңгейінде жасалған БВР -60 термодинамикалық құралдарының жақсартылған жаңа немесе жаңартылған конструкцияларын жасадық [84].

БВР-60 термокескіш келесідей жұмыс істейді. 5,6 жалғағыш штуцерлер арқылы, отын саптамасы арқылы отын компоненттерін беру арналары арқылы соңғысы 1 термокескіш басының жану камерасына беріледі.

Шілтерді жағу шүмегінің кесіндісіндегі отын компоненттерінің аз шығыны кезінде жүргізіледі. Содан кейін клапандар жанармай компоненттерін шілтердің жұмыс режиміне шыққанға дейін біртіндеп көбейтеді.

Ауаның оттегі ортасындағы жану камерасында жанармай қоспасы (керосин, бензин, дизель отыны) жанады және жоғары температурадағы ыстық газдар (2500°K дейін) жойылу бетіне шығарылады. Жұмыс режиміндегі шілтердің алауы тығыздағыштың айқын секірулері бар «бөшекелер» сабан түсті болуы керек.

БВР-60 термокескіштің жетілдірілген конструкциясы 4.11-суретте көрсетілген БВР-80А термокескіш конструкциясы болып табылады, оның айрықша ерекшелігі атмосфералық ауаны соққы толқындарына шығаруға арналған арнайы термодинамикалық шүмектің болуы болып табылады-шүмек критикалық қимасынан тыс шілтердің байытылған алау ағынында жанбаған жанармайды тығыздау және оларда жағудың «секірулері».



- 1 - тарату басы, 2 - жану камера, 3 - шүмек, 4 - газодинамикалық саптама,
5 - ұзартқыш түтік, 6 - жану камерасының артқы қақпағы, 7 - ауа
құйындатқыш, 8 - форсунка

Сурет - 4.11.Термокескіш БВР-80А

Тығыздағыштың «секірулері» тесіктердің сақиналы бұрғыларынан пайда болған шүмектің ішкі бетінің кедір-бұдырлығы нәтижесінде пайда болады, ол арқылы эжектелген ауа шілтердің негізгі ағынына сіңеді.

Бұл құрылымда жану камерасы мен шүмегі бар негізгі термокескіш перфорация аймағында эжекциялық саптамада соққы импульсін құрудың негізгі құралы ретінде қызмет етеді. Термокескіш арбамен бірге кесу сызығы бойымен қозғала алады, оның осі бойымен айналады. Термокескіштің кесу сызығы бойымен қозғалу жылдамдығы 0,25-1,5 м/с аралығында реттеледі. Кері бұрылу жылдамдығы тұрақты және 20 кер/мин. Бұрылу бұрышы 90-150 градус аралығында реттеледі. Әр айналымнан кейін термокескіш қазба мөлшеріне дейін тереңдікке түседі. Әр бағыттағы қозғалыс жетегі әр түрлі. Тас кесетін машинаның жұмыс органы ретінде БТР-80А термокескіш орнатылады.

«Титушин» ЖК-де 24/26 термодинамикалық саптамалары бар БВР - 80А термоқұралдарымен өнеркәсіптік сынақтар жүргізілді.

Гранит - Куртинск кен орны.

Термокескіштің техникалық сипаттамасы:

Ауа шығыны - 6 м³/мин.;

Жанармай шығыны (бензин 50 + солярка50) - 35 л/сағ.;

Шүмек диаметрі - 16 мм;

Шүмек саптамасының диаметр - 24 (26) мм.

Сынақтардың нәтижесінде мыналар анықталды:

Шілтер алауының ұзындығы - 40-45 см;

Кесу жылдамдығы - 0,3-0,5 см/сек;

Кесу ауданы - 2,5-3,0 м²/сағ;

Сәтсіздік өнімділігі 0,35-0,4 м³/сағ.

Жұмыс органының көлденең беру бағытында реттелетін жетегі бар тесік қазбаларды кесуге арналған машинаның конструкциясы 0,3-1,2 см/сек шегінде кесудің жұмыс режимдерін қамтамасыз етеді.

Жұмыс органы - БВР - 80А термокескіш сағатына 4,0 м² тесік қазбасына дейін кесу өнімділігін қамтамасыз етеді.

24/26 мм саптамасы бар БВР - 80А термоқұрал, сынақ нәтижесінде жоғары сенімділік, жұмысқа оңай іске қосу көрсетілді. Перфорациялық саңылаулары бар цилиндрлік саптаманың эфирлік ауасында жанармай жағатын үш саптама сыналды. Сәтсіздік өнімділігі қолданыстағы термокескіш конструкциялардан 2,5-3 есе асып түседі.

Эжекциялық саптамалары бар термобұрғы - БВР-80А (24/26) конструкциялық схемасы гранит блоктарын өңдеуге және кесуге арналған термоқұралдардың өнеркәсіптік үлгілерінің конструкциясын әзірлеуге, тесік қазбаларды кесуге арналған машинаның жұмыс органын құруға және оларды тас өңдеу кәсіпорындарының өндірісіне енгізуге негіз бола алады.

БВР - 80А 24/26 ұсынылған конструкциясы өндіріске енгізу, күшті тау жыныстарын өңдеу және тесік қазбаларды жүргізу үшін ұсынылуы мүмкін.

4.12 - суретте тесіктерді кесу кезінде БВР - 80А жұмыс процесі көрсетілген.



Сурет - 4.12. Тесік қазбаларын кесу кезінде БВР - 80А жұмыс процесі

Жанармаймен байытылған шілтердің алау ағыны, жанармайдың жануы орын алатын тығыздағыштың «секірісі» арқылы өтіп, эжекциялық саптамадан жаңа сапада шығарылады. 4.13 - суретте көрсетілгендей, оның өлшемдері шілтердің негізгі газ ағынының мөлшерінен 2 немесе одан да көп есеге асады.



а)



б)

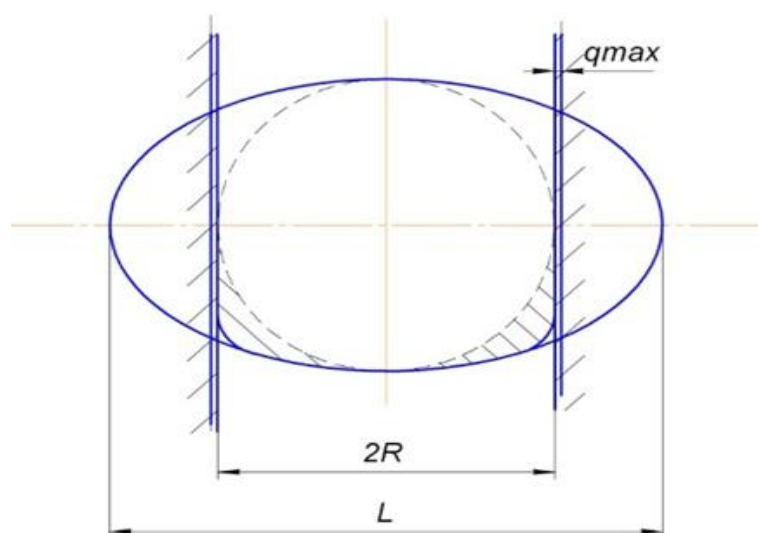
Сурет - 4.13. БВР - 60 термокескішпен гранитті кесудің жұмыс процесі
а) беттік өңдеу; б) тесік қазбаларды кесу

БВР-60 термокескіштерді сынау Қазақстан граниттерінде жүргізілді. Машиналық термокескіштерді алдын ала сынау жұмыста жоғары өнімділік пен

сенімділікті көрсетті, сәтсіздік бойынша көлемдік өнімділік $2500 \text{ см}^3/\text{мин}$ -ден $10000 \text{ см}^3/\text{мин}$ -ге дейін болды.

4.6 Тесіктік қазбаларды жүргізу кезінде от ағынымен қопару процесінің технологиялық параметрлерін бағалау

Тас өңдеу өнеркәсібінде қолданылатын жылу құралдары үлкен қуатқа ие, оны өзгерту жану камерасына отын компоненттерін беруді реттеу арқылы жүзеге асырылады. Сондықтан компоненттердің әртүрлі қатынасында отын қоспасының жану режимдерін өзгерту арқылы біз шілтердің режимдік параметрлерін өзгертеміз, яғни. жылдамдығы, газ ағынының температурасы және тау жынысына түсетін жылу ағыны. Газ ағынының тесік қазбаларын кесу бетімен жанасу аймағында жылу энергиясының таралуы толығымен шүмектің кесілуінен жынысқа дейінгі қашықтыққа және ағынның жыныспен жанасу бұрышына байланысты. Алаудың газ ағыны тесіктерді кесу бетіне параллель орналасқан кезде жылу ағыны қайта бөлінеді. 4.14-суретте газ ағынының осы бағдарлау схемасындағы байланыс нүктесі ағынның ұзындығы мен ені бойынша орналасқан.



Сурет - 4.14. Шілтердің алау ағынының тау жыныстарымен жанасу нүктесі

Бұл жағдайда жылу ағынының мөлшері алаудың ұзындығы мен диаметрі бойынша азаяды, бірақ тау жыныстарының тиімді жойылуы орын алатын қыздыру аймағы айтарлықтай артады. Сондықтан, шілтер алауының ұзындығы бойынша шүмектің кесілуінен өлшенетін тиімді қыздыру аймағын таңдау керек, ол әдетте $0,1 \dots 0,15 \text{ м}$ құрайды.

Механикаландырылған қондырғыларда, шілтер алаудың алынатын тау жынысы қабатының мөлшеріне бекітілген күйінде алауды бойлық бағытта жылжыту қажет. Бойлық қозғалыс жылдамдығы (2.43) өрнегінен анықталады, ол меншікті жылу ағынының, оның шоғырлануының, жыныстың жылу-

физикалық қасиеттерінің және алынатын қабаттың өлшемдерінің күрделі тәуелділігін білдіреді. (2.37) және (2.43) тәуелділіктерден тау жыныстарының жойылу өнімділігі алаудың тесік ұзындығы бойымен қозғалу жылдамдығына байланысты болады.

Жоғарыда айтылғандардан, жанарғы ағынының ұзындығы бойынша белсенді бөлік, онда қопарылу өнімділігі шамалы өзгереді, 0,1...0,35 м құрайды деп қорытынды жасауға болады. Бұл аймақтағы шоғырлану коэффициенті (0,45...0,25) 10^4 1/м² шілтер үшін, ал жиынтық мәні (0,5...0,7) 10^4 1/м².

Тесіктерді механикаландырылған отпен кесу кезінде ең көп зерттелген фактор-бұл шілтер алауының ағыны тесіктерді кесу бетіне көлбеу бұрышы. Бірқатар авторлар [50, 64, 110] ағынның көлбеу бұрышы 40°...75° болатын тау жыныстарын кесу кезінде максималды өнімділікке ие, жол бойында және қыздырғыштың қарама-қарсы қозғалысы кезінде 110°... 120°.

Жұмыстың авторы [51, 88б] бұрғылау кезінде ағынның жынысқа оңтайлы бұрышы 30°...40° болуы керек деп санайды. Жұмыста [62, 64] қопарудың максималды көлемдік өнімділігі шүмектің кесілуінен кенжарға дейін белгілі бір оңтайлы қашықтықта екендігі анықталды.

Авторлар [110, 111] керосин-оттегі және бензо-ауа шілтерлер үшін кесу және ойықты сынау кезінде ағынның бойлық қозғалу жылдамдығының эксперименттік және теориялық тәуелділіктерін алды, бірақ шілтердің ағыны жынысқа белгілі бір бұрышта орналасқан кезде сұлба зерттелді.

Технологиялық параметрлердің тесікті механикаландырылған кесу өнімділігіне әсері және термоагрегаттардың параметрлерін анықтау эксперименттік зерттеулерді қажет етеді.

Көрсетілген параметрлерді эксперименттік тексеру тұтастай алғанда термосерпімді есептің шешімін талдау кезінде алынған теориялық тәуелділіктерге негізделуі керек. Ең бастысы, тастың жойылған қабатының мөлшері мен олардың бекітілген параметрлері бойынша қыздырғыш ағынының бойлық қозғалысының жылдамдығы арасындағы байланысты орнату.

Тесік қазбаларын кесудің барлық технологиялық параметрлері негізінен ағынның термодинамикалық параметрлеріне байланысты болғандықтан, біз ағынның ұзындығы бойынша L (4.14-суретте) белсенді бөлігін анықтадық, онда тесік қазбаларын кесудің өнімділігі мен сапасы шамалы өзгереді және ол шілтердің кесілуінен ағынның ұзындығы бойынша 0,35...0,4 м құрайды, 4.13-сурет.

Біз қуатты термодинамикалық жұмыс органымен жабдықталған тесіктерді кесуге арналған машинаны сынадық. Машинаның көлденең жетегі 0,003...0,015 м/сек шегінде от ағынымен қыздырғыштың қозғалу жылдамдығының өзгеруін қамтамасыз етеді, бұл ретте алынған тесік қазбасының параметрлері, тесік ені бойынша 0,07...0,09 м және тесік қазбасының тереңдігі бойынша 0,07...0,09 м-ден өзгерді.

«Титушин» ЖК-де БВР-60 22/24 термоқұралына өнеркәсіптік сынақтар жүргізілді.

Гранит – Курті кен орны.

Техникалық сипаттама:

Ауа шығыны - 8 м³/мин.;

Жанармай шығыны (бензин 50 + солярка50) - 35 л/сағ;

Шүмек диаметрі - 18 мм;

Шүмек саптаманың диаметрі - 22 (24) мм.

Сынақтардың нәтижесінде мыналар анықталды:

Шілтер алауының ұзындығы - 40-45 см;

Кесу жылдамдығы - 0,5-0,6 см/сек;

Кесу алаңы - 600 см² - 2,4 м²/сағ;

Көлемді кесу өнімділігі 2000 - 2500 см³/мин.

БВР - 60 22/24 мм саптамасы бар термоқұрал, сынақ нәтижесінде жоғары сенімділікті, оңай іске қосу көрсетілді. Перфорациялық тесіктері бар цилиндрлік саптаманың эжектрлік ауасында жанармай жағатын үш саптама сыналды. Сәтсіздік өнімділігі қолданыстағы термиялық кескіш конструкциялардан 2,5-3 есе асып түседі. Термобұрғының конструктивтік сұлбасы - БВР-60 22/24 лақтыратын саптамалары гранитті блоктарды өңдеуге және кесуге арналған термиялық аспаптардың өнеркәсіптік үлгілерінің жобасын әзірлеуде, кесуге арналған станоктың жұмыс корпусын құруда қолданылуы мүмкін. Тесіктерді өңдеу және оларды тас өңдеу кәсіпорындарының өндірісіне енгізу. БВР - 60 22/24 ұсынылған конструкциясы өндіріске енгізу, берік тау жыныстарын өңдеу және тесік қазбаларды жүргізу үшін ұсынылуы мүмкін. Термоқұрал - БВР-60 22/24 және газдинамикалық саптамасы бар БВР-60 және БВР-80А тесік қазбаларын кесуге арналған машинаның жұмыс органының тәжірибелік үлгілерінің конструктивтік параметрлерін пысықтауды өндіріс жағдайында жалғастыру және блокты тасты өндіруде термиялық өңдеу үшін енгізу.

Қ.И. Сәтбаев атындағы ҚазҰТЗУ КЕАҚ «Стандарттау, сертификаттау және машина жасау технологиясы» кафедрасының зертханалық жағдайларында жиналған граниттерден блокты тасты өндіру кезінде тесіктік қазбаларын от ағынымен бөлу машинасының жаңа конструкциясына зертханалық сынақтар, карьер жағдайында одан әрі жұмыс істеу үшін басқару және оны қабылдау пульті бар машинаның тәжірибелік үлгісі әзірленді.

Тесіктерді кесу машинасының техникалық сипаттамасы:

- Көлденең беру жетегі: N = 1,1 кВт, n=40 айн/мин;

- Тік беру жетегі: N = 0,75 кВт, n=40 айн/мин;

- Көлденең бағыттағы қозғалыс жылдамдығы жиілік реттегішінен жүзеге асырылады және 0,003 м/с-тан 0,015 м/с-қа дейінгі айнымалы шаманы құрайды.

- Тік жазықтықтағы жұмыс органының қозғалысы 0,01 м/с құрайды, бұл қозғалыстар шілтердің маневрлік және жұмыс барысын жүзеге асырады.

Кешенді сынақтардың нәтижесінде мыналар анықталды:

1. Жұмыс органының көлденең, тік қозғалысының жылдамдығы берілген мәліметтерге сәйкес келеді.

2. Көлденең және тік қозғалыс механизмдері тегіс және үнсіз жұмыс істейді.

3. Машинаны рельс жолымен көлденең жылжыту берілген жылдамдыққа сәйкес және түзу сызықпен жүзеге асырылады.

Тесік қазбаларын кесуге арналған машинаны зертханалық сынау актісі Б қосымшасында келтірілген.

4.7 Машинаның және жұмыс органының жұмысын электржетек және қашықтан басқару жүйесін әзірлеу

Қазіргі уақытта көптеген тұрақты және айнымалы ток жүйелері әзірленді:

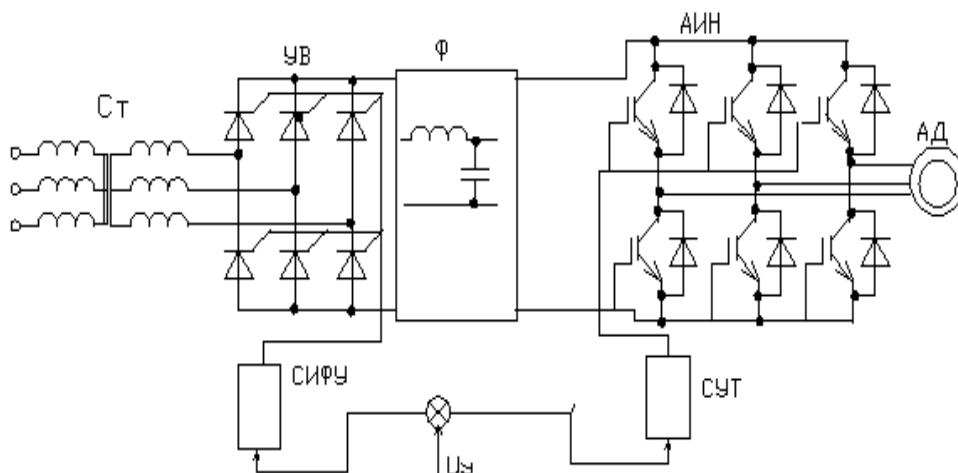
- электр жетегі тиристорлық түзеткіш - тұрақты ток қозғалтқышы (ТП-Д);
- айнымалы кернеуді реттегіш фазалық роторлы асинхронды қозғалтқыш (ТРН-АД);

- транзисторлық немесе тиристорлық жиілік түрлендіргіші - қысқа тұйықталған роторлы асинхронды қозғалтқыш (ТПЧ-АД) және т. б. [112,113].

ТП-Д электр жетегі жоғары реттеу қасиеттеріне ие: айналу жиілігін реттеудің кең ауқымы, реттеудің жоғары тегістігі және салыстырмалы түрде қарапайым және сенімді қуат бөлігі және реттеу сұлбасы. Оның негізгі кемшіліктері тұрақты ток қозғалтқышының қасиеттерімен анықталады: мұқият күтімді қажет ететін коллектордың болуы, жоғары құны және салыстырмалы түрде үлкен өлшемдері. Кәдімгі (құлыпталмайтын) тиристорларда жасалған жиілік түрлендіргіштері мәжбүрлі коммутация түйіндерінің болуына байланысты төмен сенімділікке және үлкен өлшемдерге ие.

Қуатты түрлендіру техникасындағы технологиялық серпіліс нәтижесінде өнеркәсіп жоғары реттеуші қасиеттері бар жартылай өткізгіш элементтерді ұзақ рұқсат етілген ток пен кері кернеудің жақсы параметрлерін алды: оқшауланған қақпалы өріс транзисторлары, оқшауланған қақпалы биполярлы транзисторлар, толық басқарылатын тиристорлар.

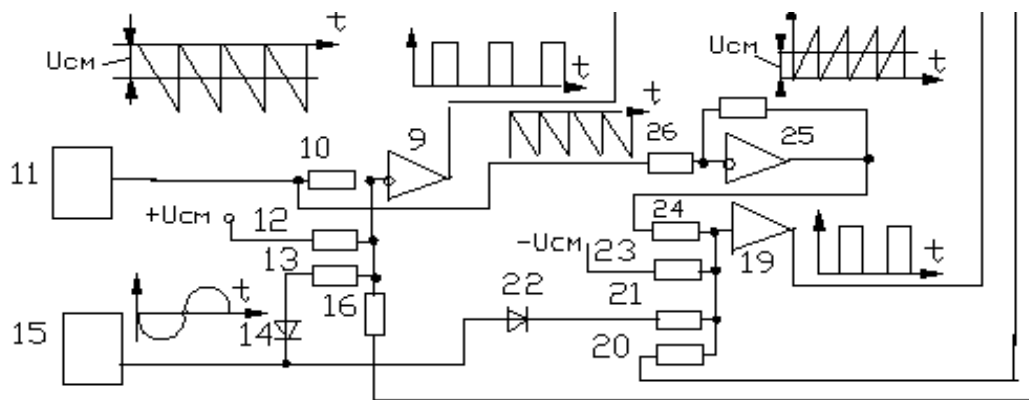
Қазіргі уақытта жаңа элементтер базасында ТПЧ-АД жүйесі бойынша көптеген электр жетегі нұсқалары әзірленді. Бұл жүйенің өзгермейтін (типтік) бөлігі 4.15-суретте келтірілген тұрақты ток байланысы бар инвертор болып табылады.



Сурет - 4.15. Тұрақты ток аралық инвертордың қуат бөлігінің схемасы

Қуат схемасында үш фазалы көпір схемасы бойынша жасалған екі түрлендіргіш бар: басқарылатын түзеткіш (басқарылмайтын да қолданылуы мүмкін) және транзисторлық инвертор тізбегі. Түзеткіш айнымалы кернеуді тұрақты кернеуге түрлендіреді, инвертор жиілігі реттелетін айнымалы кернеуді түрлендіреді.

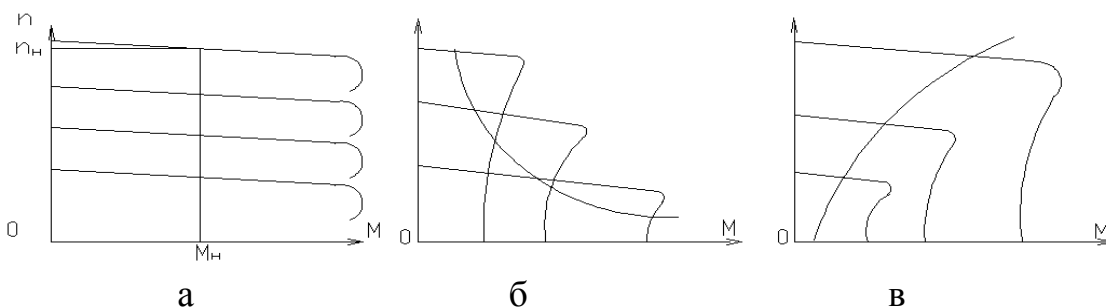
Бұл жүйеге арналған басқару жүйелерін тапсырыс беруші технологиялық процестің талаптарына байланысты әзірлейді. ҚазҰТЗУ-да әзірленген инверторды басқару жүйесінің қағидаттық сұлбасы 4.16-суретте келтірілген.



Сурет - 4.16. Инвертормен басқару жүйесі

Берілген тізбек қозғалтқыштың әр орамасына берілетін синусоидалы кернеудің қалыптасуын және осы кернеуді берілген деңгейде тұрақтандыруды қамтамасыз етеді. Синусоидалы кернеуді қалыптастыру және кернеуді тұрақтандыру үшін импульстің ені модуляциясы қолданылады. Басқару схемасында импульстің ені модуляциясы екі компаратормен жүзеге асырылады, олардың кірісіне кернеу генераторының шығысынан кернеулер беріледі. Қозғалтқыш статорына берілетін кернеу жиілігін генератор 15 орнатады.

ТПЧ-АД жүйесі бойынша электр жетектеріндегі басқару схемалары үш түрдің механикалық сипаттамаларын қалыптастыра алады 4.17- суретте келтірілген.



а-тұрақты сәтте; б-тұрақты қуатта; в-желдеткіш жүктеме кезінде

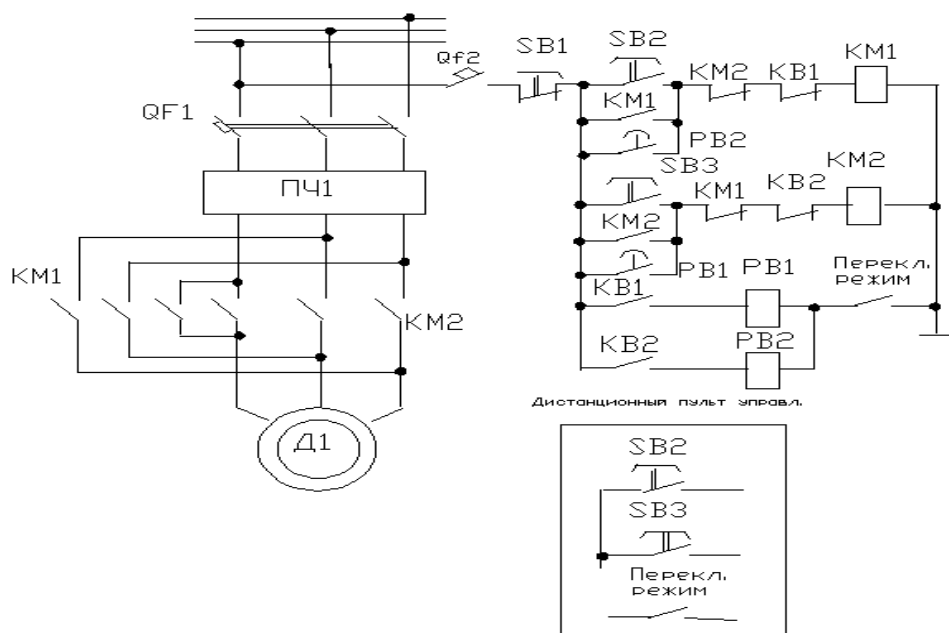
Сурет - 4.17. Асинхронды қозғалтқыштың механикалық сипаттамалары:

Механикалық сипаттаманың қажетті түрі технологиялық процестің түрімен немесе машинаның жұмыс сипатымен анықталады. Терең бұрғылауды орнату механизмдері үшін тұрақты қуаты бар сипаттама қажет (4.17,б-сурет). желдеткіштер үшін 4.17, в суретте көрсетілген сипаттама қажет.

Қ.И. Сәтбаев атындағы ҚазҰТЗУ «Электр энергетикасы» кафедрасы әзірлеген машинаның жұмыс механизмдеріне арналған ТПЧ-АД жүйесі сипаттаманың тұрақты сәтте ғана қалыптасуын қамтамасыз етеді (4.17,а-сурет). Біздің машинаның механизмдері үшін дәл осындай электромеханикалық қасиеттері бар электр жетегі қажет.

Берілген сұлбада инвертор тек қозғалтқыштың айналу жиілігін реттеуге және берілген қозғалыс жылдамдығын тұрақтандыруға мүмкіндік береді. Мұндай теңшеу қажеттілігі тек технологиялық жағдайлар өзгерген кезде пайда болады: өңделген тау-кен материалдарының беріктігі өзгереді. Машинаның қалыпты жұмыс режимі басқару жүйесі келесі міндеттерді шешкен кезде қамтамасыз етіледі: жұмыс механизмдерін берілген траектория бойынша жылжыту, механизмдердің рельстен шығуынан қорғау, қолмен және автоматты басқару.

4.18-суретте келтірілген релелік-контакторлық басқару жүйесі қойылған талаптарға сәйкес келеді.



Сурет - 4.18. Қозғалыс механизмінің электр жетегінің принциптік схемасы

Жұмыс механизмдерінің төмен жылдамдығымен және салыстырмалы түрде сирек коммутациялық процестермен релелік-контакторлық жабдық тіпті ауыр тау жағдайында да сенімді жұмыс істейді. Сонымен қатар, оның құны төмен және техникалық қызмет көрсету оңай. Қашықтан басқару пультінде қайталанатын элементтер бар (бастау түймелері және қолмен немесе қашықтан басқару пультіне қосқыш). Автоматты ажыратқыштардың берілген күйі QF1

және QF2 ажыратқыш тізбектері өшірулі. Автоматты немесе қолмен жұмыс режимі режим қосқышымен орнатылады. Бұл қосқыштың тұйық күйінде режим автоматты.

Жетекті басқару таңдалған бағытқа байланысты SB2 немесе SB3 түймелерінің біреуін басу кезінде ғана бірігеді. Мысалы, SB2 батырмасын басқан кезде контактор катушкасының қуат тізбегі KM1 жабылады.

Бұл контактордың іске қосылу процесінде оның негізгі KM1 түйреуіштері Д1 қозғалтқышының статор орамдарын желіге қосады, SB2 түймесі KM1 блоктық түйреуіштерімен жабылады, KM2 контакторының катушкасының қуат тізбегі осы контактордың басқа ашқыш түйреуіштерімен үзіледі, бұл SB3 басқару түймесі кездейсоқ басылған кезде оның іске қосылуын болдырмайды.

Жолдың соңында екі бағытта жүріс шектегіштері (соңғы ажыратқыштар) орнатылған, олардың екі түйіспесі бар - KM1 катушкасының қуат тізбегінде ашылады және PB1 уақыт релесінің қуат тізбегінде жабылады.

Жолдың соңында белгіленген қашықтықта орнатылған аялдаманың соңғы қосқышын тұрту процесінде KM1 катушкасының қуат тізбегіндегі KB1 түйреуіштері ашылады және PB1 уақытының сақталуы, SB3 түймесі осы реленің басқа түйреуішімен айналып өтеді.

Бұл жағдайда контактор катушкасы KM2 қуат алады. Бұл контактордың қуат контактілері статор орамдарын желіге қосады. Бұл жағдайда қозғалтқыш статорының орамаларында фазалық кернеулердің өзгеруі оның айналу бағытын өзгертеді.

Әрі қарай, процесс қайталанады. Жүйені қолмен басқаруға ауыстыру басқару режимдерінің қосқышын ашық күйге ауыстыру арқылы жүзеге асырылады. Бұл жағдайда SB1 түймесі басылған кезде немесе соңғы қосқыш іске қосылғаннан кейін қозғалтқыш желіден ажыратылады. Кері бағытта қозғалу үшін басқа түймені басу керек. Қашықтан басқару пульті қайталанатын SB2, SB3 түймелері және режим қосқышы орнатылған қашықтан басқару пультінен жүзеге асырылады.

Қашықтан басқару пультінен басқару кезінде дайындық қосқыштары қажет емес. Бұл қашықтан басқару пультінен қолмен немесе автоматты басқаруды орнатуға болады. Қашықтан басқару пульті режим қосқышының орнын өзгерту арқылы қолмен және автоматты басқаруды жүзеге асыруға мүмкіндік береді, бірақ бір жағдайда - стационарлық басқару пультіндегі режим қосқышы ашық күйде болуы керек.

Қозғалтқыш пен басқару жүйесін қысқа тұйықталудан қорғау QF1 және QF2 ажыратқыштарымен жүзеге асырылады. Транзисторлық жиілік түрлендіргішіндегі элементтерді қорғау түрлендіргіштің ішіне орнатылған қорғаныс құралдарымен жүзеге асырылады. Басқа механизмнің электр жетегінің сұлбасы 4.18-суретте көрсетілген Схемадан ерекшеленбейді. Екі механизмнің жетегін басқару үшін бірдей типтегі жабдықты қолдану оларды іске асыруды да, пайдалануды да жеңілдетеді.

Зертханалық жағдайда электр жетегі жүйесін сынау барысында арбалар мен кескіш құралдардың қозғалу механизмі қозғалтқышының орташа жүктемесі тиісінше 1,0 - 1,1 кВт және 700 - 800 Вт құрайтыны анықталды.

Тесіктерді кесуге арналған машинаны енгізу бойынша ұсынылған іс шаралардың экономикалық тиімділігі екі негіздемеден тұрады:

- негізгі шығынның 30 пайызы шегінде камера ішіндегі жануды жүзеге асыру үшін компрессордан шілтерден шығатын ауа шығынын азайту;

- жануды күшейткіште (насадкада) іске қосылған соққы толқындарында отынды жағудың жаңа әдісін ұйымдастыру есебінен шілтер алаудың әсерінен тау жыныстарының бұзылуының өнімділігін арттыру және тау жыныстарының қосымша бұзылуы;

- отын құрамдас бөліктерінің жану процесін қашықтан басқару және машинаның өзінің қозғалыстарын басқару есебінен тесіктік қазбаларды кесетін машинаны басқаратын операторды және қоршаған ортаны термиялық құрал шуының әсерінен қорғау.

4 тарау бойынша қорытындылар:

1. Өндірістік сынақтардың әдістемесі әзірленді, оның мақсаты машинаның техникалық, технологиялық және экономикалық сипаттамаларын және олардың берілген көрсеткіштерге сәйкестігін анықтау болып табылады.

2. Тесіктік қазбаларды кесуге арналған машинаның кинематикалық сипаттамаларын анықтау әдістемесі жасалды. От ағынымен қопару өнімділігі тау жыныстарының жылу-физикалық қасиеттерінің кешеніне және шілтер алауының жылу қуатына байланысты екендігі анықталды.

3. w қопарудың көлемдік өнімділігі L шілтердің қыздыру нүктесіне дейінгі аралығына байланысты және жылу ағыны максималды болатын алау қимасында максималды мәнге жетеді, ал отын компоненттерінің шығыны артқан сайын қашықтық артады.

4. Эксперименталды түрде h қабатының тереңдігінің машинаның v қозғалысының бойлық жылдамдығына тәуелділігі монотонды төмендеу сипатына ие екендігі анықталды, яғни қозғалыс жылдамдығының жоғарылауымен ақаулық тереңдігі төмендейді.

5. $W=c \cdot \frac{u}{k} \cdot q_{m.тежеу}$ нүктесінде меншікті жылу ағынының таралу сипатының функциясы болып табылатын сынудың көлемдік жылдамдығының аналитикалық тәуелділігі анықталды.

6. Қуатты термодинамикалық жұмыс органымен жабдықталған тесік қазбаларын кесуге арналған машинаға сынақтар жүргізілді, машинаның көлденең жетегі 0,003...0,015 м/сек шегінде от ағынымен жарғыш қыздырғыштың қозғалу жылдамдығының өзгеруін қамтамасыз етеді, бұл ретте алынған тесік қазбасының параметрлері, тесік ені бойынша 0,07...0,09 м және тесік қазбасының тереңдігі бойынша 0,07...0,09 м-ден өзгерді

7. БВР - 80А 22/24 мм саптамасы бар термиялық құралы, сынақ нәтижесінде жоғары сенімділік, оңай іске қосу, сәтсіздік өнімділігі

қолданыстағы термокескіш конструкцияларынан 2,5-3 есе асып түсті, сәтсіздік бойынша көлемдік өнімділік 2500 см³/мин-ден 10000 см³/мин-ге дейін болды.

8. Орталық басқару пультіне шығарылған инвертордың көмегімен қозғалыс жылдамдығын тегіс реттей отырып, машинаның электр жетектерін қашықтан басқару жүйесі әзірленді, ол берілген деңгейде кернеуді тұрақтандыруды және тесіктік қазбаларды кесуге арналған машинаның жұмысына қажетті тұрақты сәтпен ғана сипаттаманы қалыптастыруды қамтамасыз етеді.

9. Қ.И. Сәтбаев атындағы ҚазҰТЗУ КЕАҚ «Стандарттау, сертификаттау және машина жасау технологиясы» кафедрасының зертханалық жағдайларында граниттерден блокты тасты өндіру кезінде тесік қазбаларын отағынымен кесу машинасының жаңа конструкциясына сынақтар жүргізілді, басқару пульті бар машинаның тәжірибелік үлгісі карьер жағдайында жұмыс істеу үшін ұсынылды.

10. Тесіктерді кесу машинасын енгізудің экономикалық тиімділігі эжекциялық саптамадағы отын компоненттерін жағу тиімділігінен және тау жыныстарының жойылу өнімділігін арттырудан, сондай - ақ әлеуметтік әсерден-оператор мен қоршаған ортаны шілтер шуының зиянды әсерінен (110-120 дБ) қорғаудан тұрады.

ҚОРЫТЫНДЫ

1. Берік тау жыныстарынан блоктарды өндірудің қазіргі жағдайына талдау жасалды, нәтижесінде тау жыныстарын қопаруға арналған қуатты термоқұралмен тесік қазбаларды жүргізу өндірістің тиімділігін арттыруға мүмкіндік беретіні анықталды.

2. Берік тау жыныстарынан блоктарды өндіру кезінде тесік қазбаларды жүргізу үшін және Ресей, Украина және Қазақстанның тас өңдеу өнеркәсібінде от ағынымен жару әдісі мен бұзуға арналған құралдарды енгізу тәжірибесін ескере отырып, жұмыс органының біркелкі қозғалысын қамтамасыз етуге мүмкіндік беретін қуатты от ағынымен жару жұмыс органы бар тас кесу машинасының сұлбасы қабылданды.

3. П.П. Баландин критерийіне сәйкес тау жыныстарын қопару шарты белгіленді:

$$\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2 - \sigma_1\sigma_2 - \sigma_2\sigma_3 - \sigma_3\sigma_1 - (\sigma_p - \sigma_c)(\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3) = \sigma_p\sigma_c, \quad \text{ал тау жыныстарының беріктік шегі: ал ыдырау кезіндегі беткі температура тең}$$

$$T_p = \frac{\sigma_s(1 - \nu_*)}{\alpha_* E_*}.$$

4. Газ қыздырғыштарының өңделетін бетке жылу әсері туралы мәселе қарастырылады, оның кернеу функциясы арқылы кернеудің деформацияланған күйі келесі тәуелділіктермен көрінеді

$$\left. \begin{aligned} \sigma_x &= [a_n ch(kx) - b_n kxsh(kx) - 1] \frac{E\alpha T \cos kz}{1 - \mu} \\ \sigma_z &= [a_n ch(kx) - b_n [2ch(kx) - kxsh(kx)]] \frac{E\alpha T (1 - \cos kz)}{1 - \mu} \\ \tau_{xz} &= -\{a_n sh(kx) - b_n [sh(kx) - kxch(kx)]\} \frac{E\alpha T \sin kz}{1 - \mu} \end{aligned} \right\}$$

5. Тау жыныстарының қыздырылған қабатын қопару шарты табылды $0,063 \frac{E\alpha T_s}{1 - \mu} \geq \sigma^p$, сызықтықты анықтауға мүмкіндік береді $v_{сыз} = c q_{max, сум}$ және

бойлық қопару жылдамдығы $v_{бой} = q_{max} \frac{\sqrt{\pi}}{\sqrt{k}} c z^{-1}$, сонымен қатар, бұзудың

көлемдік өнімділігі $W = c q_{max, сум} L \frac{\sqrt{\pi}}{\sqrt{k}}$ үш шаманың көбейтіндісіне байланысты: c ,

q_{max} , $\frac{\sqrt{\pi}}{\sqrt{k}}$ және L .

6. Тесік қазбаларын жүргізу үшін машинаның қозғалыс механизмінің есептік кинематикалық сипаттамалары анықталды, қозғалыс механизмінің электр қозғалтқышының қажетті қуаты анықталды, $M_{көдергі} = \frac{M_1 D_{ж.д.о.н.э.}}{2i_o \eta_o}$ қозғалысқа

төзімділік моменті және іліністің нақты қоры табылды

$$k_{\text{ілінісу}} = \frac{G\varphi}{W_{\text{қозғ}} + G_{\text{м}} \left(\frac{a}{9,81} - \frac{n_{\text{жалтыдоңғ}} - n_{\text{босдоңғ}}}{n_{\text{жалтыдоңғ}}} f \frac{d}{D_{\text{ж.доңғ}}} \right)}$$

7. Шілтер жұмысының конструктивтік және режимдік параметрлерін талдау нәтижелері бойынша өндірістік сынақтардан өткен және тесік қазбаларын жүргізу кезінде блокты тасты механикаландырылған кесуге арналған жұмыс органы ретінде ұсынылған БВР-60, БВР-80А термо құралдарының тәжірибелік үлгілері әзірленіп, дайындалды.

8. Термоқұрал конструкциясының ұтымды параметрлерін және олардың режимдік жұмыс параметрлерін орнатуға мүмкіндік беретін тесік қазбаларын кесуге арналған термоқұралдың конструкциясы мен жұмыс режимдерін тәжірибелік пысықтау жүргізілді:

- отын компоненттерін үнемді тұтыну, олардың жану толықтығын қамтамасыз ету;
- қираған жыныстың максималды қопарылуын қамтамасыз ету;
- кептеліссіз жылу құралының еркін өтуі үшін кесілетін тесіктің қажетті енін қамтамасыз ету.

9. Тесіктерді кесуге арналған машинаның өнеркәсіптік үлгісінің кинематикалық және құрылымдық параметрлерінің теориялық негіздемесі жасалды, нәтижесінде буындардағы бұрыштар мен қозғалыстардың векторлары орнатылды, манипулятордың қозғалыс теңдеулері матрицалық түрде жасалды, бұл манипулятор механизмінің жалпыланған координаттарын анықтау мәселесін шешуге мүмкіндік береді. Шығыс буынының берілген позициясы және позициялық басқару кезінде осы манипуляторды бағдарламалау міндеті.

10. w сынуының көлемдік өнімділігі шілтердің L -ден қыздыру нүктесіне дейінгі аралығына байланысты және алау қимасында максималды мәнге жететіні эксперименталды түрде анықталды, мұнда жылу ағыны максималды болады, ал отын компоненттерінің шығыны артқан сайын қашықтық артады, ал h ақаулық тереңдігінің v бойлық жылдамдығына тәуелділігі $v_{\text{бой}}$ қозғалыстар монотонды төмендеу сипатына ие, яғни қозғалыс жылдамдығы ақаулық тереңдігі төмендейді.

11. Қуатты термодинамикалық жұмыс органымен жабдықталған тесік қазбаларын кесуге арналған машинаға сынақтар жүргізілді, машинаның көлденең жетегі 0,003...0,015 м/сек шегінде от ағынымен жарғыш шілтердің қозғалу жылдамдығының өзгеруін қамтамасыз етеді, бұл ретте алынған тесік қазбасының параметрлері, тесік ені бойынша 0,07...0,09 м және тесік қазбасының тереңдігі бойынша 0,07...0,09 м-ден өзгерді.

12. БВР - 80А 22/24 мм саптамасы бар термиялық құралы, сынақ нәтижесінде жоғары сенімділік, оңай іске қосу, сәтсіздік өнімділігі қолданыстағы термокескіш конструкцияларынан 2,5-3 есе асып түсті, сәтсіздік бойынша көлемдік өнімділік 2500 см³/мин-ден 10000 см³/мин-ге дейін болды.

13. Орталық басқару пультіне шығарылған инвертордың көмегімен қозғалыс жылдамдығын тегіс реттей отырып, машинаның электр жетектерін

қашықтан басқару жүйесі әзірленді, ол берілген деңгейде кернеуді тұрақтандыруды және тесіктік қазбаларды кесуге арналған машинаның жұмысына қажетті тұрақты сәтпен ғана сипаттаманы қалыптастыруды қамтамасыз етті.

14. Қ.И. Сәтбаев атындағы ҚазҰТЗУ КЕАҚ «Стандарттау, сертификаттау және машина жасау технологиясы» кафедрасының зертханалық жағдайларында граниттерден блокты тасты өндіру кезінде тесік қазбаларын отағынымен кесу машинасының жаңа конструкциясына сынақтар жүргізілді, басқару пульті бар машинаның тәжірибелік үлгісі карьер жағдайында жұмыс істеу үшін ұсынылды.

15. Жүргізілген жұмыстардың нәтижелері бойынша 15.04.2015 ж. № 29758 инновациялық патент алынды, екі шүмегі бар тасты кесуге арналған термиялық кескіш тік құбырлы құрылғы 15.10.2015 ж. №30458.

16. Тесіктерді кесу машинасын енгізудің экономикалық тиімділігі эжекциялық саптамадағы отын компоненттерін жағу тиімділігінен және тау жыныстарының жойылу өнімділігін арттырудан, сондай - ақ әлеуметтік әсерден-оператор мен қоршаған ортаны шілтер шуының зиянды әсерінен (110-120 дБ) қорғаудан тұрады.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Синельников О. Б. Добыча природного облицовочного камня - М.: Изд-во РАСХН, 2005. - 244 с.
2. Бакка И.Т., Ильченко И.В. Облицовочный камень. Геолого-промышленная и технологическая оценка месторождений - М.: Недра, 1992. - 302 с.
3. Поветкин В.В., Кермижанова М.Ф., Нурымов Е.К., Букаева А.З. Современное состояние добычи блочного строительного камня из крепких горных пород / XXIII Международной научно-технической конференции том 2 12-18 сентября 2016г. с. 90 -95. в городе Севастопел Донецк-2016.
4. Волуев И.В., Сычѳв Ю.И., Ткач В.Р. Безотходная технология добычи и обработки природного камня - М.: Недра, 1994. - 192 с.
5. Григорович М.Б. Месторождения минерального сырья для промышленности строительных материалов. - М.: Недра, 1987. - 144 с.
6. Орлов А. М. Добыча и обработка природного камня - М.: Стройиздат, 1977. - 349 с.
7. Косолапов А.И. Технология добычи облицовочного камня.- Красноярск: Изд-во КрГУ, 1990. -192 с.
8. Дмитриев А.П., Гончаров С.А. Термическое и комбинированное разрушение горных пород. - М.: Недра, 1978. - 304 с.
9. Шерстюк Б.Ф. Буримость пород и руд Казахстана огневым способом: автореф. дисс. ... канд. техн. наук. - Новосибирск, 1964. - 18 с.
10. Голдаев И.П., Фурсов А.П. и др. Методика инженерного расчета воздушно-реактивных горелок термоинструментов / Изв. вузов. Горный журнал.-1972. № 4. - с. 76-81.
11. Поветкин В.В. Процессы и технология огнеструйных обработки блоков крепких пород: дисс. ... доктора техн. наук.-Алматы., 2001. - 276 с.
12. Фурсов А.П. Создание, исследование и внедрение бензовоздушных термоинструментов для бурения крепких горных пород обработки изделий из природного камня: автореф. дисс. ... канд. техн. наук. - Днепропетровск, 1967. - 25 с.
13. А.С. 724720. СССР. Огнеструйная горелка для термического разрушения минеральных сред / В.И. Архипкин, В.В. Поветкин, А.С. Сеитов, М.И. Спасенов, С.В. Шапарев; опубл. 30.03.1980, бюл. №12. -2с.
14. А.С. 1209855. СССР. Устройство для термического разрушения твердых пород / В.В. Поветкин, С.М. Сейтбаталов, М.Г. Тлеуов; опубл. 07.02.1986, бюл. №2. -2с.
15. А.С. 1383875. СССР. Устройство для термического разрушения горных пород / А.Н. Москалев, В.В. Поветкин; опубл. 23.11.1988, бюл. №19, - 2с.
16. А.С. 783469. СССР. Гидроклин / В.В. Поветкин, А.Н. Генбач, С.М. Сейтбаталов, Д. Калиев; опубл. 30.11.1980, Бюл. №44. -2с.

17. А.С. 798297. СССР. Устройство для разрушения горных пород / В.В. Поветкин, К.Н Копылец, Н.П.Маслова; опубл. 23.01.1981, бюл. №3. -3с.
18. Мацко А. А. Разрушение монолитных объектов скважинным клиновым устройством / Управление горным давлением в комплексно-механизированных забоях. - Новосибирск, 1989. с. 67-70.
19. Рогатин Н. Н. Отделение блоков природного камня от массива с применением невзрывчатых разрушающих средств / Совершенствование технологий добычи и переработки минерального сырья. М.: Изд-во ВНИИЭСМ, 1984. - 27 с.
20. Голдаев И.П., Полевичек Е.П., Попов Н.Н., Фурсов А.П. Воздушный газо-струйных термоотбойник для обработки горных пород / - М.: Журнал «Строительные дорожные машины». - 1965. - № 6, - с.32-36.
21. Ракишев Б.Р., Бабин Ю.Н., Шерстюк Б.Ф., Бобович В.С. Техника и технология добычи гранитных блоков. - М.: Недра, 1989. - 251с.
22. Голдаев И.П. Создание, исследование и внедрение газоструйных инструментов для термического разрушения горных пород. Автореф. дисс. .. доктора техн. наук. - М.: ИГД им. Скочинского, 1965. -25 с.
23. Дмитриев А.П. и др. Основные показатели способа. - В кн.: Термодинамические процессы в горных породах. - М.: 1967. Вып. 1, - 233с.
24. Рахимов Б.Р., Шифрин Е.Л., Фазылов С.С. Совершенствование технологии добычи облицовочного камня. - Ташкент, 1983. - 245 с.
25. Кучерявый Ф.И., Ерысин Р.С., Бурков Ю.П. Совершенствование технологии разработки гранитных карьеров. Техника, - Киев. 1966. - 159 с.
26. Бричкин А.Е., Бабин Ю.Н., Окуньков Е.К., Сейтбаталов С.М. Бензовоздушный терморезак ТРВ-28/40-2. / Сб. материалов ВНИИЭСМа, - Киев, 1971. - с. 25-29.
27. Шапарев С.В. Определение технологических параметров процесса разрушения горных пород с различными свойствами при термообработке. Автореф. дисс. ... канд. техн. наук. -Алма-Ата, 1987. -18с.
28. Голдаев И. П., Половичек Е.П., Попов Н.Н., Фурсов А.П., Жердев Г.С. Опыт применения терморезаков ТРВ-1 для резки гранита в массиве / Сб. материалов ВНИИЭСМа. - Киев. 1971. - с.29-33.
29. Just G.A. The yet piecing` progress. Quarry Managers J. - 1963. - №6, - p.47.
30. А. С. №160019. СССР. Прибор для термической резки и обработки горных пород / А.В.Бричкину и А.Н. Генбач. Опубл. 14.01.1964г., бюл. №4.
31. А.с. №1813164. СССР. Устройство для термического разрушения горных пород / С.Н. Пелых, С.Н. Акулов, Н.П. Бут. Опубл. 30.04.93г., бюл. №16.
32. А.С. №1641972. Огнеструйная горелка для разрушения минеральных сред / Ф.Алексеев, С.А.Гончаров, А.В. Дугарцыренов, Р.Е. Морит, Г.А. Янченко и Т.И. Янченко. Опубл. 15.04.91 г., бюл. №14.
33. Патент РФ № 2399761. Устройство для разрушения горных пород / Б.А. Левин, В.М. Кононов, Д.В. Чесноков. Опубл. 20.09.2010г., Бюл.№26.

34. Патент РФ №2209915. Устройство для разрушения крепких пород / Н.В. Артюх, В.Н. Эпов, Н.В. Смагер, А.М. Шахов. Оpubл. 10.08.2003 г., бюл. №27.
35. Патент РФ №2178504. Автономный аппарат для проходки скважин и выработок / А.М. Азизов, И.М. Асланов, А.Г. Курицын, А.И. Плугин. Оpubл. 20.01.2002г., бюл. №10.
36. А.С. № 1209855. Устройство для термического разрушения твердых сред / В.В. Поветкин, С.М. Сейтбаталов, М.Г. Тлеуов. Оpubл. 07.02.1986 г., бюл. №5.
37. А.С. №1017504. Огнеструйная горелка / Е.К. Ястребов, Б.К. Стырон, Б.Ф. Шерстюков. Оpubл. 15.05.1983г., бюл. №18.
38. А.С. № 454057. Реактивная горелка для огнеструйной обработки минеральных сред / А.Н. Генбач, С.М. Сейтбаталов, Ю.Н. Бабин, Л.А. Головкин. Оpubл. 25.12.74г., бюл. №47.
39. Патент РФ №2280749. Устройство для термомеханического бурения / В. Н. Кобелев, Д. В. Титов, Н.С. Кобелов, И.В. Зотов, И.Е. Чернецкая. Оpubл. 27.07.2006г., бюл. №21.
40. А.С. №1470543. Канатная пила / М.А. Соболевская, Ф.П. Уткин, Е.К. Субботин. Оpubл. 07.04.1989г., бюл. №13.
41. А.С. № 1533866. Канатная пила / С.Н. Жилин, Е.С. Антипина, А.И. Игнатенко, Г.Н. Соломатина, Г.А. Подорожный. Оpubл. 07.01.1990г., бюл. №1.
42. Поветкин В.В. Обоснование и выбор параметра работы термоагрегатов при механизированной обработке блочного камня: автореф. дисс. ... канд. техн. наук. - ИГТМ АН УССР, Днепропетровск, 1983. - 16 с.
43. Поветкин В.В. Теоретические основы расчета потоков тепловой энергии при разрушении горной породы термическим способом/ Научн. журнал МО РК - Алматы: Поиск, 1998- №4.с. 227-230.
44. Поветкин В.В. Определение параметров тепловых потоков при обработке каменных изделий / Научный журнал МО РК - Алматы: Поиск, 1998,- №4. - с.41-46.
45. Мельников Н.В. Исследование технологии разработки мраморных месторождений ударно-врубными машинами. - М.: МГД им. А.А. Скочинского, 1964. - 28 с.
46. А.С. 585790. СССР. Гидровзрывное устройство. /В.В.Поветкин, М.Г. Аубакиров, Ю.Н. Бабин; опубл. 21.11.1977, бюл. № 37, -2с.
47. The Jet Channel Process for Cutting Hard Rock. The Mining Journal, May, 18, 1962. p.78-81.
48. Дмитриев А. П., Гончаров С. А., Германович Л.Н. Термическое разрушение горных пород.- М., Недра, 1990. - 255с.
49. Поветкин В.В., Татыбаев М.К., Нурымов Е.К., Еркебаев Б.Ж. Интенсификация процессов горения в термоинструментах для разрушения горных пород / Сборник трудов международной научно-практической конференции «Современные материаловедение: опыт, проблемы и перспективы развития». 2015г. с. 122 -125. 25-26 февраль. КазНТУ.

50. Бабин Ю.Н. Применение огнеструйных горелок отбойки блочного камня в карьерах: Автореф. дисс.... канд. техн. наук. - Алма-Ата, 1971. - 19 с.
51. Бричкин А.В., Погреб В.И., Генбач А.Н. Оптимальный угол встречи газовой струи с поверхностью забоя при термическом бурении / Изв. вузов. Горный журнал, 1963, №12, С. 88-92.
52. Aldred M.C. Scotsmen «New Rock of Ades granite». The Quarry Managers Journal, 1959, № 10.
53. Термическое разрушение крепких горных пород воздушными газоструйными термоинструментами / И.П.Голдаев, Е.П.Полевичек и др. - В кн.: Новые физические методы разрушения минеральных сред. Л.: Недра, 1970. - с. 85-91.
54. Дмитриев А.П. Исследование физических основ и технических средств термического бурения взрывных скважин: Автореф. дисс. ... доктора техн. наук. - М., - 38 с.
55. Бурков Ю.П., Птицын В.М. Термическая обработка гранита. - Киев: Будивельник, 1966. - 213с.
56. Васильев А.П. О термическом способе бурения скважин в особо крепких горных породах. - Колыма, 1955. - № 9, с. 29-32.
57. Just G.A. The yet piecing progress. Quarry Managers J. №6, - p47,1963.
58. Полевичек Е.П, Щкаринов Л.И. Воздушный термоотбойник - эффективный инструмент для обработки крепкого естественного камня / - М.: Журнал «Строительные материалы». - 1965. - №12, с. 32-36.
59. Бричкин А.В., Генбач А.Н. Терморезак для добычи, резки и обработки крепчайшего блочного камня / Горнодобывающая промышленность Казахстана: Сб. ГНТК, - Алма-Ата, 1959, - №3, с. 13 -15.
60. А. С. №319349. СССР. Реактивная горелка для огнеструйной обработки минеральных сред / Бричкин А.В., Бабин Ю.Н., Сейтбаталов С.М. и др. 1971. бюл. № 33.
61. Povetkin V.V., Khandozhko A.V., Bukayeva A.Z., Nurymov Y.K. The oretical basics of flame-jet rock destruction / Весник Каз НИТУ №2 (120) март 2017 с.109 -115.
62. А. С. №165148. СССР. Термобур / Голдаев И.П. и др. от 3.03.62 г.
63. Бежанов Ф.Х. Свойства горных пород и интенсивность их термического разрушения. - В кн.: Новые физические методы разрушения минеральных сред. - Л.: Недра, 1970, с. 12-19.
64. Федоров Б.В. Исследование огнеструйного способа разрушения горных пород при геологоразведочных работах (на примере отбора бороздовых проб): автореф. ... канд. техн. наук. - Ташкент, 1973. - 32 с.
65. Поветкин В.В., Букаева А.З., Нурымов Е.К. Воздействие высокоскоростного газового потока струи горелки при резке гранитных блоков / Прогрессивные технологии и системы машиностроения Международный научных трудов выпуск 3(58) 2017г. с 50 - 58. в городе Донецк-2017.
66. Белов А.В. Температурные напряжения в круглой плите, заделанной по основанию / Сб. ВНИИГидротехника, вып. 66, 1961. - с.163-168.

67. Поветкин В.В. Огнеструйная обработка гранитных блоков. - Алматы, 2001. - 145с.

68. Инновационный патент РК № 30458 Поветкин В.В., Аскарров Е.С., Поветкин А.В., Керимжанова М.Ф. Устройство для вертикальной подачи трубы с термическим резаком для резки камня. Оpubл. 15.10.2015, бюл. № 10.

69. Гольденберг И.И., Конков В.А. Критерии прочности и пластичности конструкционных материалов. - М.: Машиностроение, 1968. с. 30-32.

70. Отчет №7.435.И95 КазНТУ. Разработка и внедрение манипулятора для дистанционной обработки блочного камня / Жиенкулов С.А., Поветкин В.В. Гос.рег. № 0194РК10234, - Алматы, 1993.

71. Поветкин В.В. Исследование технологических параметров огнеструйной обработки блоков горных пород / Сб. «Проблемы горной теплофизики» - Л., 1981. - с.39-40.

72. Дмитриев А.П., Килль И.Д., Третьяков О.Н. Физические основы оценки терморазрушаемости горных пород / В кн.: Новые физические методы разрушения минеральных сред. - Л.: Недра, 1970. - с.112-119.

73. Мусолин В.Н., Бобович В.С., Бричкин А.В. К определению параметров направленного разрушения горной породы высокотемпературной газовой струей / В кн.: Материалы конференции, посвященной 100-летию со дня рождения В.И.Ленина. Алма-Ата: КазПТИ, 1971. - с. 194-201.

74. Поветкин В.В. Технологические основы разработки манипулятора для автоматизированной обработки блочного камня из крепких горных пород / Труды Междунар. симпозиума, посвященного 100-летию К.Сатпаева. - Алматы, КазНТУ, 1999. - с.56-61.

75. Поветкин В.В., Кермижанова М.Ф., Нурымов Е.К., Букаева А.З. Разработка опотного обраца машин для шелевых вырыботок при добыче гранитных блоков / XXIII Международной научно-технической конференции том 2 12-18 сентября 2016г. с.96 -100. в городе Севастопел Донецк-2016.

76. Поветкин В.В., Серменов А.И., Букаева А.З., Нурымов Е.К. Совершенствование огнеструйного способа резки горных пород при добыче блочного камня из гранитов // Международной научный журнал-приложение Республики Казахстан Поиск Серия гуманитарных наук №1(1) 2017г. с.176 - 182.

77. Nurymov Y.K., Bukayeva A.Z., Algazy Z., Povetkin V.V., Askarjv Y.S. Study of thermal stonecutting tools // Journal of Vibroengineering PROCEDIA: Vol. 8, 2016. p. 22-27. Kaunas, Lithuania, (Scopus IF 18).

78. Musayev J., Algazy Z., Nurymov Y.K., Mamatova G., Adilkanov Y., Alizhan A., Chigambaev T. The influence of operational factors on the contact-fatigue effect of couple of wheel – rail friction in curves of small radius Journal of Vibroengineering PROCEDIA: Vol. 8, 2016. p. 263-268. Kaunas, Lithuania, (Scopus, IF 18).

79. Нурымов Е.К., Ткаченко Д.Е., Поветкин В.В., Татыбаев М.К. Газотермический способ и устройство для напыления металлических порошков

/ ИНЖЕНЕР Студенческий научно-практической журнал №1 (17) - 2(18) 2014 с.141 -145. г. Донецк-2014.

80. Bukayeva A.Z., Nurymov Y.K., Povetkin V.V., Khandozhko A.V. Study of the application nigh velocity thermal spraying tools used in technological processes and productions (article) / News of the national academy of sciences of the republic of kazakhstan series of geology and technical sciences ISSN 2224-5278 volume 5, number 425 (2017), p 190-201 (Scopus, IF 6).

81. Руденко Р.Ф., Александров М.П., Лысяков А.Г. Курсовое проектирование грузоподъемных машин. Изд. 3-е, переработанное и дополненное. М., изд-во «Машиностроение», 1971, 464 с.

82. Поветкин В.В., Алтынов Ж.Л., Нурымов Е.К. Букаева А.З., Исаева И.Н. Методика оценки сложных систем с позиций надежности / XII Международная заочная конференция «Развитие науки в XXI веке» 2 часть. - с. 74-80. г. Харьков, 2016.

83. Бричкин А.В., Беленко Н.П., Шерстюк Б.Ф. Параметры сверхзвуковой газовой струи при термическом бурении. - М.:Изв. вузов, Горн, журнал, 1962, № 1. - с. 90-97.

84. Инновационный патент РК № 29758 Поветкин В.В. , Поветкин А.В.,Аскарлов Е.С., Шуханова Ж.К., Керимжанова М.Ф. Термический резки для резки камня с двумя соплами Оpubл. 15.04.2015, бюл. № 10.

85. Инновационный патент 28440 Локомобиль - погрузчик МКИ В61 J03/12/ Е.С. Аскарлов, С.М. Нурмамбетов; опубл. 18.09.2014, бюл. № 12.

86. Поветкин В.В., Алтынов Ж.Л., Нурымов Е.К., Букаева А.З. Теоретическое обоснование кинематических и конструктивных параметров машины для резки щелевых выработок / Весник Каз НИТУ №2 (126) март 2018 с.420 -424.

87. Поветкин В.В., Букаева А.З., Нурымов Е.К. Составление уравнения движения манипулятора методом уравнений лагранжа второго рода / Весник Каз НИТУ №1 (125) январь 2018 с.129 -138.

88. Механика промышленных роботов: В 3-х книгах / Под ред. К.В.Фролова, Е.И.Воробьева. - М.: Высшая школа. 1988 - 1989.

89. Кузьмин А.В., Марон Ф.П. Справочник по расчетам механизмов подъемно-транспортных машин. - Минск: Высшая школа. 1983. 349 с.

90. Алтынов Ж. Тас кашайтын култемір / Научно-популярный журнал «Зерде», Алматы, 1996, №11-12. - с. 14-15.

91. Косболов С.Б., Алтынов Ж.Л. Кинематический анализ механизмов - класса с применением векторного исчисления / Вестник КазНТУ, Алматы, 1996, №1. - с. 134-139.

92. Фу К., Гонсалес Р., Ли К. Робототехника / Пер. с англ. - М.: Мир, 1989. - 624 с.

93. Шахинпур М. Курс робототехники / Пер. с англ. - М.: Мир, 1990. -527 с.

94. Джиенкулов С.А., Поветкин В.В., Алтынов Ж.Л. Выбор и обоснование параметров робота-манипулятора для обработки блочного камня. - Алматы (Деп. в КазгосИНТИ, 04.03.97, №7484 - Ка 97). - 47 с.

95. Генбач А.Н., Бабин Ю.Н., Поветкин В.В. О поточной технологии обработки блоков горных пород газоструйными термоинструментами / Сб. «Проблемы горной теплофизики». - Л., 1973, с.24-26.

96. Кошулько П.М., Генбач А.Н., Поветкин В.В. Оценка результатов механизированной термической обработки изделий из камня на Янцевском ранидном карьере / Сборник «Физика горных пород и процессов». - М.: 1974, с. 123-124.

97. Аксель А.М., Бабин Ю.Н., Поветкин В.В. Механизация изготовления графитных изделий / ВНИИИТ ИЭ. Серия «Промышленность нерудных и неметаллорудных материалов». - М.: Вып.Ю, 1978. - с.21- 24.

98. Механизированная добыча и разделка блоков на Янцевском гранатном карьере / А.Н.Генбач, В.В.Поветкин, С.М. Сейтбаталов и др. - В кн. Труды Всесоюзн. научной конф. по физике горных пород и процессов. - М. МГИ, 1974. - с. 123-124.

99. Генбач А.Н., Сейтбаталов С.М., Поветкин В.В. Механизированная добыча и разделка блоков на Янцевском гранитном карьере / КазНИИИТИ. Инф. листок №163. - Алма-Ата, 1974. - с.57-62.

100. Голдаев И.П. Теоретические исследования параметров газа керхинокислородных горелок, предназначенных для термической обработки горных пород. - М.: Изв. вузов, Горный журнал, 1965. - № 9. - с.61-66.

101. Bukayeva A.Z., Povetkin V.V., Bektibay B.Zh., Nurymov Y.K., Yermekov D.K. Intensification of combustion fuel mixture in petrolair thermal tools with ejector nozzle (article) / News of the national academy of sciences of the republic of kazakhstan series of geology and technical sciences ISSN 2224-5278 Volume 3, number 441 (2020), p 40-47 (Scopus, IF 37).

102. Бричкин А.В., Генбач А.Н. Прибор для обработки блочного камня / Горнодобывающая промышленность Казахстана: Сб. ГНТК, - Алма-Ата, 1959. - №2. - с. 21-23.

103. Голдаев И.П. Основы теории реактивных горелок, применяемых в новых высокопроизводительных технологических процессах / Самолетостроение и техника воздушного флота. - 1966. - вып. 8. - с. 7-11.

104. Голдаев И.П. Основы теории газоструйных инструментов. - В кн.: Новые физические методы разрушения минеральных сред. - Л.: Недра, 1970. - с.66-75.

104. Бричкин А.В., Чулаков П.Ч., Генбач А.Н. Теоретические основы термического бурения / Горный журнал.- 1958. - №7. - С.24-30.

105. Жердев Г.С. К вопросу о выборе оптимальных параметров горелок терморезаков / В кн.: Термомеханические методы разрушения горных пород. - Киев: Наукова думка, 1972. - ч.1. - с. 69-73.

106. Таджибаев Р. Обработка горных пород горелками ракетного типа: Автореф. дисс ... канд. техн. наук. - Ташкент, 1966. - 24 с.

107. Добровольский М.В. Жидкостные ракетные двигатели. - М., Машиностроение, 1968 - с.60-88.

108. Поветкин В.В. К вопросу выбора термоинструментов для обработки блочного камня / Тезисы докладов IX Всесоюзной научной конференции «Комплексное использование физических свойств горных пород и процессов». Москва. 28-30 января 1987. - с. 134-139.

109. Тер-Азарьев И.Н., Березовский Б.Г. Эффективность обработки твердых горных пород термическим способом. - М.: Стройиздат, 1967. - 90 с.

110. Вторушин М.А. Применение комплекса машин для ремонта изоляционных покрытий линейной части магистральных газопроводов. Материалы НТС ОАО «Газпром». Новые технические решения при ремонте, реконструкции и строительстве линейной части магистральных газопроводов и газораспределительных станций. - Волгоград, май 2002 г. Том I. М.:ИРЦ Газпром». - с.49-54.

111. Большакова Н.В., Борисенков И.А. Отечественный и зарубежный опыт по диагностике и ремонту подземных трубопроводов. / Науч.-техн. обоз. - М.: ВНИИСТ. - 1990. - с.46-50.

112. Системы автоматизированного управления электроприводами. Учебное пособие. Г.И.Гулько и др. под редакцией Ю.Н.Петренко. - М.: Новое знание, 2004. - 384с.

113. Кругликов А.П. Элементы и системы автоматизированного электропривода. - Алматы, 2013. - 198 с.

114. М.Р.Тусипбек, А.К.Кусаинов. Русско - казахско - английский политехни-ческий словарь. Т.1-Алматы: 2010.-740с.

115. М.Р.Тусипбек, А.К.Кусаинов. Русско - казахско - английский политехни-ческий словарь. В2 т.Т.2-Алматы: 2010.-720с.

Қосымша А

УТВЕРЖДАЮ
проректор по научной и
инновационной
деятельности НАО КазННТУ
им. К.И. Сатпаева
Е.И. Кузьдеев



2015 г.

А К Т

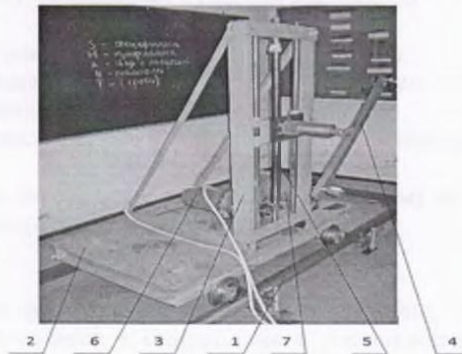
Лабораторных испытаний машины для резки щелевых выработок.

г. Алматы

25.09.2015

Мы, нижеподписавшиеся, директор института А.Т.Турдалиев, заведующий кафедрой «Стандартизация, сертификация и технология машиностроения», к.т.н., доцент А.Т.Альпеисов, главный научный руководитель НИР, д-р техн.наук, проф. В.В.Поветкин, главный научный сотрудник, д-р техн.наук, проф. Т.М.Мендебаев, ведущий научный сотрудник, канд. техн. наук, доцент М.Ф.Керимжанова, старший научный сотрудник, канд. пед. наук Татыбаев М.К., лаборант Коваленко И.В., составили настоящий акт испытаний в лабораторных условиях в период с 15 сентября по 25 сентября 2015 года по проекту 753.МОН.ГФ.13.5. «Разработка новой конструкции машины с мощным термодинамическим рабочим органом для проведения щелевых выработок при добычи гранитных блоков». Нами проведены испытания новой конструкции машины для огнеструйной резки щелевых выработок при добыче блочного камня из гранитов собранный в лабораторных условиях кафедры «Стандартизация, сертификация и технология машиностроения» НАО «КазННТУ имени К.И.Сатпаева», экспериментальный образец машины в комплекте с пультом управления и принятия его для дальнейшей работы в условиях карьера.

На рисунке 1 представлен общий вид машины, смонтированный на путевой дорожке:



- 1- направляющий путь, 2- передвижная платформа, 3- вертикальная рама, 4- узел крепления рабочего органа, 5 – винтовая передача; 6 - электропривод горизонтального перемещения; 7 - электропривод вертикального перемещения рабочего органа

Рисунок 1. Машина для резки щелевых выработок

Привод горизонтального перемещения состоит из электродвигателя - мотор-редуктора мощностью $N=1,2$ кВт, число оборота выходного вала $n_{\text{вых}}=40$ об/мин. Вращение колеса тележки входного вала осуществляется от электродвигателя через цепную передачу.

После включения на переносном пульте переключателя №1 (привод) электроэнергия подается через частотный регулятор на электродвигатель привода что обеспечивает движение установки по направляющей дороге в процессе работы горелки. Скорость движения регулируется потенциометром частотного регулятора и составляет переменную величину от $0,003$ м/с до $0,015$ м/с в зависимости от обрабатываемого материала. Возврат установки в исходное положение происходит после завершения цикла обработки посредством включения кнопки Реверс на частотном регуляторе. Работа электродвигателя в обоих режимах сигнализируется световым прибором на лицевой панели пульта управления. После включения переключателя №2 (Горелка) в режим 1 на переносном пульте электроэнергия подается через пусковую аппаратуру на электродвигатель привода вертикальной подачи узла рабочего органа что обеспечивает плавное движение рабочего органа в вертикальной плоскости со скоростью $0,01$ м/с. Возврат рабочего органа осуществляется после переключения включения переключателя №2 (Горелка) в режим 2. Работа электродвигателя в обоих режимах сигнализируется световым прибором на лицевой панели пульта управления. После включения воздушного компрессора сжатый воздух по шлангу № 1 поступает в емкость с топливной смесью и под давлением вытесняет горючую жидкость в рабочую камеру сгорания горелки. Сжатый воздух по шлангу № 2 поступает в рабочую камеру горелки, где происходит смешивание с горючей жидкостью в необходимых пропорциях. Пропорция компонентов регулируются посредством регулировочно-запорной аппаратурой. Рабочее давление компрессора общего назначения составляет не менее (8 кгс/см²).

Техническая характеристика машины для резки щелевых выработок:

1. Привод горизонтальной подачи: $N= 1,2$ кВт, $n=40$ об/мин;
2. Привод вертикальной подачи: $N= 0,75$ кВт, $n=40$ об/мин;
3. Скорость движения в горизонтальном направлении осуществляется от частотного регулятора и составляет переменную величину от $0,003$ м/с до $0,015$ м/с.
4. Перемещения рабочего органа в вертикальной плоскости составляет $0,01$ м/с. Эти перемещения осуществляют маневренный и рабочий ход горелки.

В результате всесторонних испытаний было установлено:

1. Скорости горизонтальных, вертикальных перемещений рабочего органа соответствует заданным данным.
2. Механизмы горизонтальных и вертикальных перемещений работают плавно и бесшумно.
3. Горизонтальное перемещение машины по рельсовому пути осуществляется в соответствии с заданной скоростью и прямолинейно.

Выводы:

1. В результате лабораторных испытаний установлено, что машина для резки щелевых выработок, изготовлена в соответствии с установленными требованиями и технической документации (рабочими чертежами).
2. Полученные результаты испытаний машины для огнеструйной резки щелевых выработок при добыче блочного камня из гранитов использовать при производственных испытаниях в условиях карьера.
3. Результаты научного проекта использовать при проведении лекционных и лабораторно-практических занятий.

4. Передать машину для резки щелевых выработок для испытаний в условиях Куртинского месторождения гранитов.

Директор института

А.Т.Турдалиев

Главный научный руководитель,
д-р техн. наук, проф.

В.В.Поветкин

Главный научный сотрудник,
д-р. техн. наук, проф.

Т.М.Мендебаев

Заведующий кафедрой «СС и ТМ»,
канд.техн.наук,доцент

А.Т.Альпеисов

Ведущий научный сотрудник,
канд.техн.наук,доцент

М.Ф.Керимжанова

Старший научный сотрудник,
канд.пед.наук, доцент

М.К.Татыбаев

Қосымша Б

А К Т

Производственных испытаний термонструментов для обработки гранитных блоков из крепких горных пород и проведение щелевых выработок.

г. Алматы

12.10.2017

Комиссия в составе представители от НАО КазНИТУ имени К.И. Сатпаева: профессор Поветкин В.В., Бектибай Б.Ж., Нурымов Е.К. и представители ИП «Титушин» директор Титушин Р.Н., каменатес Медведев М.Н., оператор Титушин Н.А. провели промышленные испытания терморезака БВР60А с термодинамическими насадками 22/24.

Гранит - Куртиңского месторождения.

Техническая характеристика терморезака:

расход воздуха - 6 м³/мин.;

Расход горючего (бензин 50 + солярка50) - 35 л/час.;

Диаметр сопла - 16 мм;

Диаметр сопла насадка - 22 (24) мм.

В результате испытания было установлено:

Длина факеля горелки - 40-45 см;

Скорость резки - 0,3-0,5 см/с;

Площадь резки - 2,5-3,0 м²/час;

Производительность по сбою 0,35-0,4 м³/ч.

Выводы:

Конструкция терморезака для резки щелевых выработок обеспечивает рабочие режимы резки в пределах 0,3-1,2 см/сек.

Рабочий орган - терморезак БВР80-А обеспечивает производительность резки до 4,0 м² щелевой выработки в час.

Терморезак БВР60А с насадкой 22/24 мм, в результате испытания показал высокую надежность, легкий запуск в работу. Были испытаны три насадки с дожиганием горючего в эжектируемом воздухе цилиндрической насадки с перфорационными отверстиями. Производительность по сбою превосходит существующие конструкции терморезаков в 2.5-3 раза.

Конструкционная схема терморезака - БВР60А с эжекционными насадками может быть положена в основу разработки конструкции промышленных образцов терморезака для обработки и резки гранитных блоков, создания рабочего органа машины для резки щелевых выработок и внедрения их в производство камнеобрабатывающих предприятий.

Предложенная конструкция БВР60А может быть рекомендована для внедрения в производство, для обработки крепких горных пород и проведения щелевых выработок.

Директор ИП «Титушин»

Каменатес

Оператор

НАО «КазНИТУ имени К.И.Сатпаева»



Титушин Р.Н.,

Медведев М.Н.,

Титушин Н.А.

Поветкин В.В.

Бектибай Б.Ж.

Нурымов Е.К.

А К Т

Производственных испытаний терморезаков для обработки гранитных блоков из крепких горных пород и проведение щелевых выработок.

г. Алматы

1.03.2023

Комиссия в составе представители от НАО КазННТУ имени К.И. Сатпаева: к.т.н., ассоциированный профессор Елемесов К.К., доктор PhD ассоциированный профессор Нугман Е.З., Нурымов Е.К. и представители ИП «Титушин»: директор Титушин Р.Н., каменатес Медведев М.Н., оператор Титушин Н.А. провели промышленные испытания терморезака БВР60А с термодинамическими насадками 22/24.

Гранит - Куртинского месторождения.

Техническая характеристика терморезака:

расход воздуха - 6 м³/мин.;

Расход горючего (бензин 50 + солярка50) - 35 л/час.;

Диаметр сопла - 16 мм;

Диаметр сопла насадка - 22 (24) мм.

В результате испытания было установлено:

Длина факеля горелки - 40-45 см;

Скорость резки - 0,3-0,5 см/с;

Площадь резки - 2,5-3,0 м²/час;

Производительность по сбою 0,35-0,4 м³/ч.

Выводы:

Конструкция терморезака для резки щелевых выработок обеспечивает рабочие режимы резки в пределах 0,3-1,2 см/сек.

Рабочий орган - терморезак БВР80-А обеспечивает производительность резки до 4,0 м² щелевой выработки в час.

Терморезак БВР60А с насадкой 22/24 мм, в результате испытания показал высокую надежность, легкий запуск в работу. Были испытаны три насадки с дожиганием горючего в эжектируемом воздухе цилиндрической насадки с перфорационными отверстиями. Производительность по сбою превосходит существующие конструкции терморезаков в 2.5-3 раза.

Конструкционная схема терморезака - БВР60А с эжекционными насадками может быть положена в основу разработки конструкции промышленных образцов терморезака для обработки и резки гранитных блоков, создания рабочего органа машины для резки щелевых выработок и внедрения их в производство камнеобрабатывающих предприятий.

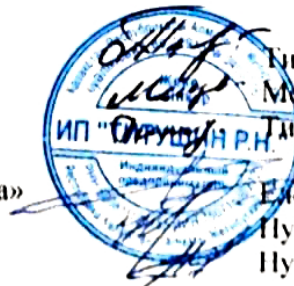
Предложенная конструкция БВР60А может быть рекомендована для внедрения в производство, для обработки крепких горных пород и проведения щелевых выработок.

Директор ИП «Титушин»

Каменатес

Оператор

НАО «КазННТУ имени К.И.Сатпаева»



Титушин Р.Н.,

Медведев М.Н.,

Титушин Н.А.

Елемесов К.К.

Нугман Е.З.

Нурымов Е.К.