

Коммерциялық емес Акционерлік Қоғам
Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті

ӘОЖ 622.2

Қолжазба құқығында

АСАНОВА ЖАНАР МАЖИТОВНА

**Профильдерге металл жаймалы күшейткіш қолдану арқылы шахталық
рамалық тіреудің жүк көтеру қабілеттілігін арттыру**

6D070700 – Тау-кен ісі

Философия докторы (PhD)
дәрежесін алу үшін диссертация

Ғылыми кеңесшілер
техника ғылымдарының кандидаты,
доцент
Байкенжин М.А.

Шетелдік ғылыми кеңесшілер
техника ғылымдарының кандидаты,
доцент
Абдибаитов Ш.

Қазақстан Республикасы
Қарағанды, 2022

МАЗМҰНЫ

КІРІСПЕ.....	4
1 ДАЙЫНДАУ ҚАЗБАЛАРЫН БЕКІТУ МӘСЕЛЕСІНІҢ ЖАҒДАЙЫ ЖӘНЕ ЗЕРТТЕУ МІНДЕТТЕРІ.....	8
1.1 Қазақстанның көмір өнеркәсібінің қазіргі жағдайы мен дамуы.....	8
1.2 Қарағанды көмір бассейні жыныстарының тау-кен-геологиялық жағдайларына шолу және деформациялық қасиеттерін бағалау.....	10
1.3 Қарағанды көмір бассейнінің шахталарында қолданылатын тіреулердің түрлеріне шолу.....	15
1.4 Қарағанды бассейні шахталарының тау-кен қазбаларының тұрақтылығын бағалау және ақауын талдау.....	16
Бөлім бойынша қорытындылар.....	20
2 РАМАЛЫҚ ТІРЕУЛЕРДІҢ КОНСТРУКЦИЯЛАРЫНЫҢ ҚОЛДАНЫСТАҒЫ ТҮРЛЕРІНЕ ШОЛУ.....	21
2.1 Арка тіреулерінің даму тенденциялары.....	24
2.2 Қолданылатын болат рамалық тіреулердің ерекшеліктері (артықшылықтары мен кемшіліктері).....	26
2.3 Аркалы тіреудің көтергіш қабілетін арттыру саласындағы өнертабыстар.....	29
Бөлім бойынша қорытындылар.....	36
3 КҮШЕЙТІЛГЕН ПРОФИЛЬДІ РАМАЛЫҚ ТІРЕУЛЕРДІ ЕСЕПТЕУ.....	37
3.1 Күшейткіштер орнатылған рамалық тіреуді есептеу кезектілігі.....	38
3.2 Тіреу рамаларындағы ішкі күштердің өзгеруін зерттеу.....	38
3.3 Қатаң рамалық тіреулерді симметриялы жүктеу кезінде ішкі күштердің өзгеруін зерттеу.....	39
3.4 Математикалық модельдеу әдісімен ұсынылған шешімнің негіздемесі	40
Бөлім бойынша қорытындылар.....	46
4 КҮШЕЙТІЛГЕН ТІРЕУДІ ФИЗИКАЛЫҚ ЖӘНЕ САНДЫҚ МОДЕЛЬДЕУ.....	48
4.1 Арнайы профиль моделін эксперименттік зерттеу.....	48
4.2 Зертханада сыналған арнайы профиль үлгісін сандық модельдеу.....	51
4.3 Балканың кедергі моментін есептеу.....	52
4.4 Физикалық және сандық модельдеу нәтижелерін салыстырмалы талдау	54
4.5 Жайма профильдерін күшейтудің экономикалық тиімділігі.....	55
Бөлім бойынша қорытындылар.....	57
ҚОРЫТЫНДЫ.....	58
ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ.....	59
ҚОСЫМША А – Оқу үдерісіне енгізу актісі.....	62
ҚОСЫМША Ә – Өндіріске енгізу актісі.....	65
ҚОСЫМША Б – Авторлік куәлік.....	66
ҚОСЫМША В – Сертификат.....	67
ҚОСЫМША Г – БМҒЗИ әдістемесі.....	68

ҚОСЫМША Ғ – Күшейткішсіз балканы модельдеу алгоритмі.....	73
ҚОСЫМША Д – Үш күшейткіш орнатылған балканы модельдеу алгоритмі.....	76

КІРІСПЕ

Зерттеу өзектілігі. Көмір өндіру тереңдігі мен онымен бірге жүретін технологиялық процестердің ұзақтығының артуы тау-кен жұмыстарының, әсіресе дайындық жұмыстарының жағдайын нашарлатты. Тау-кен жұмыстарының тұрақтылығының төмендеуінің негізгі себептерінің бірі - өндірісті бүкіл қызмет ету мерзімінде жұмыс күйінде ұстап тұруға қабілетті сенімді тіреу конструкцияларының болмауы [1]. Тау-кен қазбаларын қайта бекітумен қатар жөндеу бүкіл кәсіпорынның техникалық-экономикалық көрсеткіштеріне айтарлықтай әсер етеді, өйткені ол қосымша материалдық және еңбек шығындарын талап етеді және көмір өндіру процесін тежейді.

Тау-кен қазбалары тіреулерінің көтергіш қабілетін арттыру пайдалы қазбалар кен орындарын жерасты игерудегі маңызды міндеттердің бірі болып табылады [2]. Шағын және орта тереңдіктегі металл тіреудің жеткілікті сенімді жұмысы оның құрылымының беріктігінің үлкен қорымен түсіндіріледі. Үлкен тереңдікте металл монтаждау конструкциялары көбінесе өздерінің соңғы мүмкіндіктерінде жұмыс істейді және жобалау қателері бекіту күйіне бірден әсер етеді. Тіреудің болат конструкцияларын есептеу, әдетте, берілген жүктеме бойынша жүзеге асырылады, оның мәні тау-кен қысымының гипотезаларының біріне сәйкес немесе шахталық өлшеулер бойынша анықталады. Бұл жағдайда тау жыныстарының қысымы тік және бүйірлік жүктеме түрінде болады. Тік жүктеме біркелкі бөлінеді, бүйірлік жүктеме біркелкі немесе трапеция заңы бойынша бөлінеді. Бұл жағдайда бекіту мен оның айналасындағы тау жыныстарының арасында бүкіл периметр бойынша үздіксіз байланыс сақталады деп болжанады. Бүгінгі күні мұндай болжамдар өндірістің айналасындағы нақты жағдайдың дұрыс көрінбеуіне және нәтижесінде тіреудің жүк көтергіштігін есептеудегі қателіктерге әкеледі. Сондықтан, негізгі болжамдардың көп бөлігін ескеретін тіреуді есептеудің осындай әдісін жасау керек немесе осы болжамдар маңызды рөл атқармайтын көтергіштігі жоғары тіреудің конструкциясын жасау керек.

Жұмыстың мақсаты – есептік жолмен тіреу раманың учаскелерінде ең үлкен иілу моменттерді таба отырып қиманың кедергі моменттерін арттыруға мүмкіндік беретін күшейткіштерді тау-кен қазбаларының тіреу конструкцияларында қолдануды негіздеу.

Жұмыстың идеясы болып металл рамалық тіреулерде болатын ең үлкен иілу моменттер учаскелерінде ішкі күштері біркелкі етіп бөлу табылады, ол үшін осы учаскелерде негізгі рамалық тіреудің типтік өлшемімен бірдей болатын профиль кесінділерін орнату қажет, осылайша деформация тұрғысынан ең қауіпті учаскелерде тіреудің көлденең қимасының кедергі моменттері артады.

Зерттеу объектісі – жайманың арнайы ауыстырылатын профилінен (ААП) жасалған тау-кен қазбаларының металл рамалық тіреулері.

Зерттеу міндеттері:

– нақты, қолданыстағы жағдайлар үшін тіреудің болжамды жүктемесін есептеу негізінде металл рамалық тіреудегі иілу моменттері мен қалыпты күштерді анықтау, содан кейін тіреуде пайда болатын иілу моменттері мен қалыпты күштерді есептеу және ЭЕМ-да іске асыру, содан кейін қажетті тіреу өлшемін таңдау;

– ANSYS бағдарламалық кешенін пайдалана отырып, тау сілемі мен тіреулердің кернеулі-деформацияланған күйін талдау;

– күшейткіш элементтерді қолдану кезінде тіреулердің кернеулі-деформацияланған күйінің өзгеруінің негізгі заңдылықтарын, тіреу күшейткіштерінің орналасу орындарын зерттеу, олардың оңтайлы параметрлерін іздеу.

Зерттеу әдістері. Жұмыста тау-кен қазбаларын металл тіреулермен бекіту тәжірибесін және оларды есептеу әдістерін талдауды, күшейтілген тіреулердің деформациялық сипаттамаларын зертханалық зерттеуді, соңғы элементтер әдісімен математикалық модельдеу арқылы алынған күшейтілген тіреулердің кернеулі-деформацияланған күйін аналитикалық зерттеуді қамтитын кешенді әдіс қолданылды.

Жұмыстың ғылыми жаңалығы келесідей:

– деформациялық сипаттамаларға, күшейткіштердің орналасқан жерлеріне, сондай-ақ қазбаның геометриялық сипаттамаларына және тіреудің бүйірлік және тік жүктемелерінің арақатынасына байланысты металл рамалық тіреулерінде пайда болатын ішкі күштердің мәндерінің өзгеру заңдылығы анықталды;

– металл рамалық тіреудің көтергіш қабілетінің күшейткіштерді орнату орындарына, сондай-ақ күшейткіш элементтердің беріктігі мен деформациялық сипаттамаларына тәуелділігі алынды.

Ғылыми маңыздылығы Қарағанды көмір бассейні шахталарының терең тақталарында күрделі тау-кен геологиялық жағдайларында тау-кен қазбаларын тұрақты ұстап тұру үшін пайдаланылуы мүмкін тіреудің көтергіш қабілетін арттырудың ұсынылған нұсқасын негіздеу болып табылады.

Жұмыстың практикалық құндылығы – дайындалуы және орнатылуы қарапайым болып табылатын күшейткіш элементтер есебінен металл рамалық тіреудің көтергіш қабілетін әлдеқайда арттыру, жасалған тіреу конструкциясының сыртқы әсерге кедергісін аналитикалық және физикалық модельдеу нәтижелерінің сәйкес келуі осы тіреуді өнеркәсіптік жағдайларда сәтті қолдануды болжауға негіз береді.

Қорғауға шығарылатын ережелер:

1. Тіреуді жасау үшін қолданылатын прокат профилінің ең үлкен иілу моменттер учаскелерінде, кедергі моменттерін арттыру – рамалық тіреудің көтергіш қабілеттігін арттырады.

2. Деформация тұрғысынан ең қауіпті учаскелерде орнатылған арнайы профиль кесінділерінен жасалған ішпек түріндегі рамалық тіреу күшейткіштерін қолдану - көтеру қабілеттіктері бірдей болатын күшейтілмеген

тіреу қолданумен салыстырғанда металл сыйымдылығын азайтуға мүмкіндік береді.

Ғылыми ережелердің, қорытындылар мен ұсынымдардың негізділігі мен дұрыстығы: технологиялық міндеттерді дұрыс қоюмен және оларды шешу үшін заманауи есептеу әдістерін қолданудың заңдылығымен; теориялық зерттеулер нәтижелерінің өнеркәсіптік бақылаулардың зертханалық және нақты деректерімен қанағаттанарлық ұқсастығымен расталады.

Автордың жеке үлесі – зерттеудің мақсаты мен міндеттерін қоюдан, күшейтілген металл рамалық тіреудің параметрлерін есептеу әдістемесін әзірлеуден және тіреу конструкциясының ең үлкен көтергіш қабілетін қамтамасыз ететін әртүрлі геометриялық параметрдегі күшейткіш элементтерінің беріктік және деформациялық сипаттамаларын анықтау мақсатында зертханалық сынақтар жүргізуден, қолданылатын арнайы алмастырылмалы профиль түріне байланысты тіреу жақтауына сыртқы жүктемелер әсер еткен кезде күшейткіш элемент орналасқан жерде раманың деформациясын анықтау үшін математикалық модельдеуді орындаудан, металл рамалы тіреулерде күшейтетін элементтердің ұтымды санын белгілеуден зерттеу нәтижелері бойынша негізгі қорытындылар мен ұсынымдарды қалыптастырудан тұрады.

Жұмысты іске асыру. Қарағанды көмір бассейні шахталарының күрделі тау-кен геологиялық жағдайларында тау-кен қазбаларын тұрақты ұстап тұру үшін ұсынымдар әзірленді.

Диссертациялық жұмыс бойынша «Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» КеАҚ оқу процесіне «Тау-кен ісі» мамандығының магистратура пәні бойынша оқу үдерісіне енгізу актілері алынды.

Жұмысты апробациялау. Диссертацияда алынған ғылыми зерттеулердің нәтижелері магистратураның 7M07203 «Тау-кен ісі» білім беру бағдарламасының пәндері бойынша оқу процесіне (Қосымша А) және «Арселор Миттал Теміртау» АҚ, Т. Күзембаев атындағы шахтасының өндірістік қызметіне ғылыми зерттеулердің нәтижелерін енгізу актісіне тіркелген (Қосымша А). 2022 жылдың 01 сәуірінен №24740 авторлық құқықпен қорғалатын объектілерге құқықтың мемлекеттік тізілім мәліметтеріне қосу туралы куәлік алынды (Қосымша Ә). Сондай-ақ, автордың ғылыми тағылымдамадан өткендігі туралы сертификаты ұсынылды. Бішкек, Қырғыз Республикасы (Қосымша Б).

Жұмыс нәтижелері Ansys Mechanical APDL жоғары санатты бағдарламалары арқылы ұсынылды (Қосымша Г).

Жұмыстың негізгі ережелерін «Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» «Пайдалы қазбалар кен орындарын игеру» кафедрасының ғылыми-техникалық кеңесінде баяндалып, мақұлданды.

Жарияланымдар. Жүргізілген зерттеулердің нәтижелері Scopus деректер базасына кіретін 2 мақалада, ҚР Ғылым және жоғары білім саласындағы сапаны қамтамасыз ету комитет базасына кіретін 3 мақалада жарияланған. Нәтижелердің жаңалығы пайдалы модельге бір патентпен, авторлық құқықпен

қорғалатын объектілерге құқықтардың мемлекеттік тізіліміне енгізу туралы бір куәлікпен расталды.

Диссертация көлемі. Диссертациялық жұмыс мәтіннің 61 бетінде жазылған кіріспеден, 4 бөлімнен және қорытындыдан тұрады, 42 сурет, 20 кесте, 6 қосымшадан және 36 пайдаланылған дереккөзден тұратын тізімі бар.

Кіріспеде диссертациялық жұмыстың жалпы сипаттамасы және өзектілігі көрсетілген.

Бірінші бөлім терең тақталардағы дайындау қазбаларын бекіту мәселесі қарастырылған. Қарағанды көмір бассейнінің шахталарында қолданылатын тіреулердің түрлеріне шолу жасалды. Зерттеудің міндеттері мен әдістері анықталды.

Екінші бөлім рамалық тіреулердің көтергіштігін арттырудың қолданыстағы әдістеріне және тіреу рамаларының қазба контурымен өзара әрекеттесуінің қолданыстағы әдістеріне талдау жасалды.

Үшінші бөлім математикалық модельдеу нәтижелері және күшейткіштері бар рамалық тіреудің жобалау схемалары келтірілген. ANSYS бағдарламалық кешеніндегі соңғы элементтер әдісімен тіреудің кернеулі-деформацияланған күйі есептелді. Тіреу рамасындағы максималды иілу моментінің шамасының өзгерістері тіреу рамаларының әртүрлі типтік өлшемдері мен бүйірлік және тік жүктемелердің арақатынасы бойынша талданды.

Төртінші бөлім металл рамалық тіреулеріндегі күшейткіш элементтердің деформациялық сипаттамалары анықталған. Зертханалық жағдайда GCTS PLT-2W гидравликалық прессінің және 1:49 масштабтағы ААП-27 арнайы профилін имитациялайтын кесінді көмегімен қолданылатын және ұсынылатын конструкциялардың рамалық тіреуінің үстіңгі тақтасының салыстырмалы деформациялық сипаттамалары алынды. Алынған мәліметтер талданып, металл рамалық тіреулердегі күшейткіш элементтердің беріктігі мен деформациялық сипаттамаларының қажетті шамалары анықталды [3, с. 47]. Күшейткіштерді қолданудың техникалық-экономикалық әсерін есептеу орындалды.

Қорытындыда негізгі ғылыми және практикалық зерттеулердің нәтижелері бойынша алынған жалпыланған тұжырымдар көрсетілген.

1 ДАЙЫНДАУ ҚАЗБАЛАРЫН БЕКІТУ МӘСЕЛЕСІНІҢ ЖАҒДАЙЫ ЖӘНЕ ЗЕРТТЕУ МІНДЕТТЕРІ

1.1 Қазақстанның көмір өнеркәсібінің қазіргі жағдайы мен дамуы

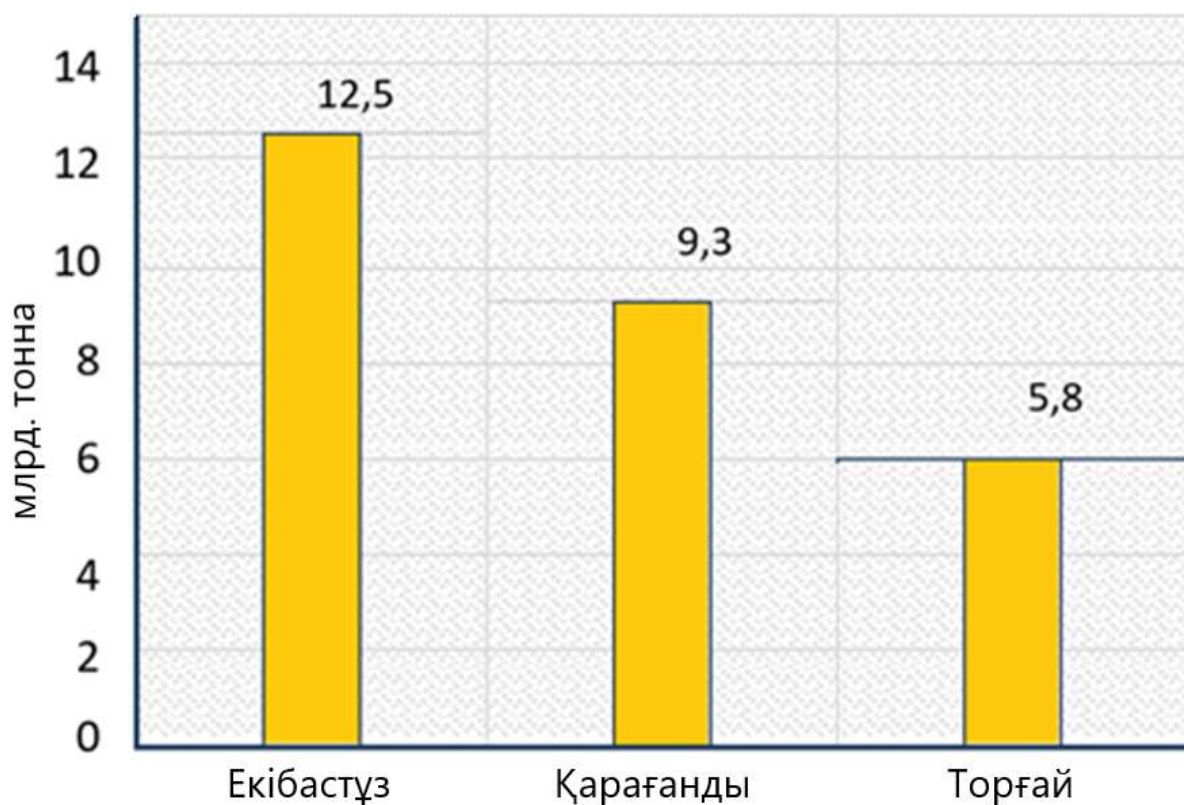
2018 жылдың аяғындағы жағдай бойынша, British Petroleum Statistical Review of World Energy трансұлттық мұнай-газ компаниясының статистикасы бойынша Қазақстан дәлелденген көмір қоры көлемі бойынша әлемде сегізінші орында: 25,6 млрд. т немесе әлемдік қорлардың 2,2% және өндіріс көлемі бойынша әлемде оныншы орында: 102,4 млн. т немесе әлемдік өндірістің 1,4%. Көмір қоры негізінен суббитуминозды көмірден тұрады. Бұл ретте қоңыр және кокстелетін көмірдің қорлары бар. Көмір қорының жалпы көлемі ұзақ уақыт бойы көмір өндірудің ағымдағы қарқынын ұстап тұру үшін жеткілікті [4].

2018 жылы Қазақстанда бастапқы энергия ресурстарын тұтыну үлесі (1.1-сурет): көмір – 56,5%, мұнай – 20,9%, табиғи газ – 19,1%, гидроэнергетика – 3,3% құрады, одан Қазақстандағы көмір өнеркәсібі экономиканың маңызды ресурстық салаларының бірі болып табылады [4].



Сурет 1.1 – Қазақстанда бастапқы энергия ресурстарын тұтыну

Қазақстанда 170,2 млрд. т геологиялық қорлары бар 300-ден астам қазба көмір кен орындары белгілі (1.2-сурет), оның 9/10 астамы елдің орталық және солтүстік бөліктерінде шоғырланған. Ең ірі бассейндер Екібастұз (12,5 млрд. т), Қарағанды (9,3 млрд. тонна) және Торғай (5,8 млрд. т) болып табылады [4].



Сурет 1.2 – Көмір бассейндерінің көлемі

Ең үлкен қорлар мен ең ірі көмір бассейндері мен кен орындары - Қарағанды және Екібастұз көмір бассейндері – Карбон мен Юра шөгінділеріне жатады. Кокстелетін көмірдің барлық белгілі қорлары Қарағанды бассейнінде және спутниктік кен орындарында - Самара мен Завяловскіде орналасқан. Мезозой дәуіріндегі бассейндер мен кен орындары кең көлбеу аумақтың оқшауланған ойпаттарында – Торғай, Ертіс, Балқаш маңында орналасқан [4].

Өндірістің өңірлік құрылымында 2018 жылдың қорытындысы бойынша үш облыс бөлінеді: Павлодар облысы (өндірістің 60%), Қарағанды облысы (34 %) және елеулі алдыға ұмтылған – Шығыс Қазақстан облысы (6%). Қазақстандағы көмірдің басым бөлігі – 70% - Екібастұз бассейнінің (Павлодар облысы) "Богатырь", "Северный" және "Восточный" үш алып разрезінде және Қарағанды облысының төрт кен орнында – "Борлы", "Шұбаркөл", "Қушоқы" және "Сарыадыр" ашық тәсілмен өндіріледі. Көмірдің қалған көлемі көбінесе Қарағанды бассейнінде (жергілікті металлургиялық кәсіпорындардың қажеттіліктері үшін) және Майкүбе кен орнында (лигнит өндіру) жерасты тәсілімен өндіріледі [4].

Энергетикалық және кокстелетін көмірдің қоры жүздеген жылдар бойы, тіпті өндірістің белсенді өсуімен де жеткілікті болады [4].

Көмір өнеркәсібінің болашағы үшін жоғары технологиялық көмір өнеркәсібінің дамуы және [4] жаңа өсу нүктелерін іске асыру маңызды: көмірді байыту, көмірді газдандыру, метанол алу үшін синтез-газды қайта өңдеу, көмірді гидрогенездеу, көмір тақталарынан метан өндіру, метанды каталитикалық өңдеу [4].

Қазіргі уақытта тау-кен кәсіпорындары, ең алдымен, көмірдің физика-механикалық қасиеттеріне және олардың негізгі жыныстарына байланысты тау-кен шатырының тұрақтылығы мәселесін көтеруде. Көптеген кәсіпорындарда бұл мәселемен инженерлік геология мамандары айналысқан жоқ және бұл мәселеге көп көңіл бөлінбеді. Теориялық зерттеулердің тәжірибеден айтарлықтай артта қалуы байқалды.

Бұл мәселелерді шешу пайдалы қазбаларды толық және ұтымды өндіруді, еңбек пен жұмысшылардың қауіпсіздігін қамтамасыз етеді [5]. З. Бенявский (1990) өз жұмысында атап өткендей: "1920-1930 жылдар аралығында АҚШ-та жылдық көмір өндіру орташа есеппен 530 миллион тоннаны құраған кезде американдық көмір шахталарында жыл сайын 2,5 мыңнан астам шахтер қаза тапты. Салыстыру үшін, 1985 жылы 880 миллион тоннадан астам көмір өндіріліп, 67 адам қаза тапты. Сонымен қатар, жарақат деңгейі 200 мың адам-сағатқа 6,6 жағдайға дейін төмендеді. Статистика көрсеткендей, жерасты шахталарында өлімге әкелетін жазатайым оқиғалардың төрттен үш бөлігі шатырдың құлауы мен бүтіндердің қирауы немесе көлік операциялары кезінде орын алады" [6]. П.Н. Панюков (1978): "Тау-кен-құрылыс және тау-кен-пайдалану жұмыстарының инженерлік-геологиялық жағдайларын жеткіліксіз білу және оларды тау-кен-технологиялық позициялардан бағалай алмау қолайсыз тау-кен-геологиялық жағдайларға қарағанда қауіпті. Жұмыстың қалыпты жағдайларының әртүрлі бұзылулары туындаған кезде күтпегендік элемент көп жағдайда осының салдары болып табылады. Сонымен қатар, инженерлік-геологиялық факторларды жан-жақты есепке алу тау-кен кәсіпорны жұмысының техникалық-экономикалық көрсеткіштерін жақсарту және осы көрсеткіштерді күрделі тау-кен-геологиялық жағдайларда және пайдалы қазбалардың пайда болуының едәуір тереңдігінде сақтау үшін айтарлықтай қорлар мен мүмкіндіктерді жасырады" [7].

Қазіргі уақытта тазарту жұмыстарының шатыр жыныстарының тұрақтылығы және оның инженерлік-геологиялық негіздемесі көмір кәсіпорындарында жерасты игеру жағдайында өзекті мәселеге айнауда. Көптеген зерттеулерге қарамастан, тау-кен шатырының тұрақтылығы мәселесі бүгінгі күнге дейін өзекті болып қала береді. Бірыңғай әдістемені әзірлеу мүмкін еместігінің себебі әрбір кен орнының инженерлік-геологиялық жағдайларын сипаттайтын жоғарыда аталған факторлардың жиынтығы болып табылады. Бұл мәселені шешу бастапқы деректерге негізделген әдістемелерді, модельдерді және ұсыныстарды әзірлеу, алынған зерттеу нәтижелерін өңдеу, математикалық және статистикалық талдаулар болып табылады [5, с. 34].

1.2 Қарағанды көмір бассейні жыныстарының тау-кен-геологиялық жағдайларына шолу және деформациялық қасиеттерін бағалау

Қарағанды көмір өндіру бассейнінің жалпы сипаттамасы 1.1-кестеде келтірілген. Қарағанды көмір бассейні шамамен 3,6 мың км² аумақты алып жатыр; төменгі карбон көміртекті шөгінділері күрделі антиклинальды

құрылыммен бөлінген екі тұйық мұльданы құрайды; жылжулар мен төгінділер түріндегі көптеген бұзылулармен асқынған жұмсақ шөгінділер басым.

Кесте 1.1 – Қарағанды көмір өндіру бассейнінің сипаттамасы

Көрсеткіштер	Мәндер
Ауданы, мың км	3,6
Эзірленетін тақталардың орташа қуаты, м	2,28
Тақталардың құлау бұрышы – құлама %-ы	90
Жұмыс тақталары / барлығы	20/69
Геологиялық қорлар, млрд т	65
Баланстық қорлар, млрд т	9,7
Дамудың орташа тереңдігі, м	500-550
Газдылығы, м³/т	55-40
Бүйірлік жыныстар	орташа тұрақтылық және тұрақсыз
Өндіру көлемі, млн. т/жыл	13

Қарағанды көмір бассейнінің өнеркәсіптік орталықтары Қарағанды, Саран, Шахтинск, Абай қалалары болып табылады. 600 м тереңдікке дейін, жекелеген аудандарда – 800-900 м дейін есептелген барланған көмір қоры 2018 жылғы мәліметтер бойынша 9.3 млрд. т құрайды, алдын ала бағаланған – 5 млрд. т (1984) [8].

Қарағанды көмір бассейнінің ұзындығы 120 км, ені 30-60 км. Оңтүстік пен Батыста бассейн жарылған аймақтарымен, солтүстігі мен шығысында өнімді тас көмір шөгінділерінің эрозиялық кесіндісімен шектелген [9]. Қарағанды көмір бассейнінің құрылымы асимметриялы: солтүстік және шығыс қанаттары жұмсақ – 10-20°C, оңтүстік-тік, Жалайыр аймағының жылжу жүйесімен қарқынды бұзылған. Батыста өнімді шөгінділер үлкен Тентек жарығымен қиылған.

Қарағанды көмір бассейнінде Жоғарғы Соқыр, Қарағанды, Шерубай-Нұра алаңдарына бөлінген, олар қайталама қатпарланумен (Тентек, Дубовка және т.б. мұльда) және Көлденең Майқұдық пен Алабас көтерілістерінің көптеген бұзушылықтарымен асқынған. Бассейнде негізгі көміртекті тақталар: Ашлярик, Қарағанды, Долинка, Тентек [8, с. 3-10].

Тақтаның қуаты 1-ден 8 м-ге дейін өзгереді. Қуатты тақталардың өндірістік қорлары бассейнің барлық өндірістік қорларының 40% құрайды. Қуатты тақталарға K_{12} (5,6-8 м), K_{10} (2,0-4,4 м), D_6 (2,5-7,0 м), K_7 , K_{13} , (2,5-7,0 м) жатады, оларда екі тақталы даму жүйесі қолданылады.

Тақталардың құрылымы әдетте күрделі, сондықтан көптеген тақталардағы көмірдің күлділігі өте жоғары. Бассейннің ерекшелігі – тақталардың жоғары газдылығы.

Қарағанды бассейнінің ерекшеліктері эзірленіп жатқан тақталардың қуаты бойынша да, олардың пайда болу бұрыштары бойынша да, шатыр мен топырақтың сыйымды жыныстарының сипаттамасы, газдылығы, пайда болу тереңдігі, көмірдің ылғалдылығы және шығарындылардың қауіптілік дәрежесі бойынша тау - кен-геологиялық жағдайлардың алуан түрлілігі болып табылады.

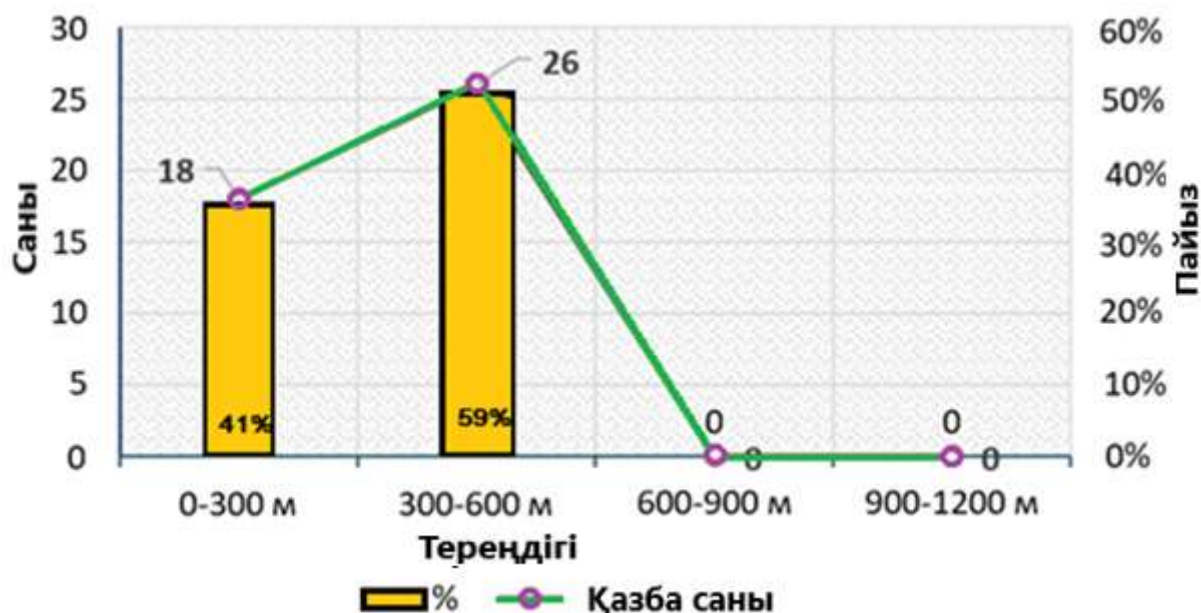
Қарағанды бассейнінің тас көмір шөгінділерінің қуаты батыс бағытта Жоғарғы Соқыр синклиналында 1200 м-ден, Тентек бассейнінде 3800 м-ге дейін артады. Тас көмір шөгінділерінде жалпы қуаты 110 м болатын 80-ге дейін көмір тақтасы бар, оның ішінде қуаты 0,6-8 м болатын 30 жұмыс тақтасы бар.

Көмір тақталары негізінен 200-600 м тереңдікте әзірленеді. 1.3, 1.4-суреттерде Қарағанды бассейнінің тақтасының пайда болу тереңдігі мен қуаты бойынша сипаттамалары келтірілген. 1.2-кестеде - әзірлемелердің перспективалық тереңдігі көрсетілген [8, с. 3].

Кесте 1.2 – Көмір тақталарын игеру тереңдігі

Аудандар бойынша учаскелер/шахталар	Әзірлеудің қолданыстағы тереңдігі, м	Әзірлеудің перспективалық тереңдігі, м
Өнеркәсіптік учаске	650-810	750-910
Саран учаскесі	540-640	640-740
Шерубай-Нұра ауданының орталық учаскесі	570-600	600-670
Долинка және Каражар-Шахан учаскелері	540-600	600-650
Тентек ауданы	540-600	600-650

Қарағанды көмір бассейнінің жыныстары құмтастар, алевролиттер, саздақтар кезектесіп орналасады (1.3, 1.4-суреттер) [9, с. 18-21; 10].



Сурет 1.3 – Қарағанды көмір бассейні тақталарының жатысы тереңдігі бойынша сипаттамасы



Сурет 1.4 – Қарағанды көмір бассейні тақталарының қуаты бойынша сипаттамасы

Қарағанды көмір бассейнінің жыныстарын зерттеу нәтижелері бойынша 3, 4-кестелерде олардың негізгі жыныстардың физикалық-механикалық қасиеттері көрсетілген [11].

Бассейннің батыс бөлігіндегі гидрогеологиялық шарттар жабын шөгінділерінің сулануының жоғары болуына және жарылғыш бұзылуларға жақын жыныстардың ұсақталу аймақтарына байланысты күрделірек [11, с. 34].

Ең аз сулану Қарағанды өнеркәсіптік ауданының шахталарымен сипатталады (1.3-кесте), мұнда тау-кен қазбаларына су ағындары 16-30 м³/сағ аспайды.

Кесте 1.3 – Негізгі жыныстардың физика-механикалық қасиеттері

Жыныс	Қысу беріктігінің шегі, МПа		Созылу беріктігінің шегі, МПа	Серпімділік модулі $\times 10^{-5}$, МПа	Пуассон коэффициенті
	min	max			
Құмтастар	30	266	0,6-14	6-100	0,06-0,29
Алевриттер	25	100	0,7-3,1	7-30	0,14-0,49
Саздақтар	10	70	2-3,5	5-25	0,084-0,44
Ескерту – Әдебиет негізінде құралған [11, с. 35]					

Тау жыныстары сілемінің деформациялық қасиеттері. Қарағанды көмір бассейнінде барлық шахталық тақталардың шатырлары орташа тұрақты - 50%; төмен тұрақты – 25%; тұрақсыз – 20%; тұрақты – 5% (1.4-кесте).

200-500 м тереңдікте көмір тақталарын әзірлейтін шахталардың көпшілігі іс жүзінде құрғақ.

Кесте 1.4 – Қарағанды көмір бассейні аудандарының судың көптігі коэффициенті

Бассейн ауданы	Судың көптігі коэффициенті (ω), м ³ /т	Топ
Қарағанды	0,03-0,2	әлсіз судың көптігі, $\omega < 2$
Шерубай-Нұра	0,28-1,8	әлсіз судың көптігі, $\omega < 2$
Тентек	0,12-0,3	әлсіз судың көптігі, $\omega < 2$

Шахта тақталарының топырақ жыныстары: орташа тұрақты - 45%; төмен тұрақты – 20%; тұрақсыз – 20%; тұрақты – 15%.

Тектоникалық бұзылыстың қарқындылығы бассейнді шектейтін сынықтарға және көлденең көтерілулерге қарай артады.

Қарағанды көмір бассейнінің көміртекті аудандары мен учаскелерінің тектоникалық бұзылуы туралы мәліметтер 1.5-кестеде келтірілген [12].

Кесте 1.5 – Көміртекті аудандардың тектоникалық бұзылыстары

Бассейннің көміртекті ауданы	Аудан учаскесі	Қалыңдықтың құлау бұрышы, градус		Жарылғыш бұзылыстардың орташа ұзақтығы, км	Жарылғыш бұзылыстардың салыстырмалы саны, 1/км ²	Жарылғыш бұзылыстардың салыстырмалы ұзақтығы, км/км ²
		дейін	орташа			
Қарағанды	Өнеркәсіптік учаске	5-25	15	1,0	0,2	0,2
	Саран	10-30	20	1,6	0,8	1,8
Шерубай-Нұра	Оңтүстік	15-60	37	1,9	1,8	3,4
	Орталық	10-30	20	2,4	1,2	2,9
	Қаражар-Шахан және Долинка	0-40	20	2	0,7	1,4
Тентек	Тентек	5-30	17	1,2	0,8	1

Көмір тақталарын игеру шарттары. Жалпы бассейн бойынша көмірдің баланстық қорының 25%-ы қарапайым, 40%-ы орташа және 35%-ы күрделі игеру шарттары бар учаскелерге орайластырылған. Бөлінген учаскелердің геологиялық ортасында тау-кен жұмыстарын жүргізу шарттары әрбір нақты жағдайда көмірсутекті жыныстардың литологиялық типтерінің өзгергіштігімен, олардың қасиеттерімен, тау-кен қазбаларындағы жай-күйімен және жағдайымен анықталады [12, с. 9].

Қазбаларды бекіту шарттары бойынша ең күрделі болып 1.6-кестеде келтірілген көмір тақталары жатады.

Кесте 1.6 – Қазбаларды бекіту шарттары бойынша күрделі көмір тақталары

Аудандар/Учаскелер	Көмір тақтасы
Өнеркәсіптік аудан	К18, К14, К13, К4, К3, К2
Саран және Шахан учаскелері	К10, К7, Д7
Шерубай-Нұра ауданы	К13, Д2, Д1

Қарағанды көмір бассейнінің шахталарында тау-кен жұмыстарын жүргізуді тереңдету көмір тақталарының метан газының шығарылуының өсуімен; көмір мен газдың кенеттен шығарындыларының көбеюімен және тау-кен соққыларымен; тау-кен қазбаларындағы кен ауасының температурасының жоғарылауымен қатар жүреді.

Сондай-ақ, игеру тереңдігінің 500-ден 800 м-ге дейін ұлғаюымен тау-кен қазбаларын бекітудің еңбек сыйымдылығы 550-ден 2000 адамға/ауысымға 1 км-ге күрт өсті [9, с. 18-21], бұл тірек қысымының көрінісі аймағы қазып алу қазбалары орналасқан тазарту кенжарының шеткі бөліктеріне қарсы орналасқан аймақтарға да таралатындығына байланысты [12, с. 10].

1.3 Қарағанды көмір бассейнінің шахталарында қолданылатын тіреулердің түрлеріне шолу

Қазіргі уақытта Қарағанды көмір бассейнінің шахталарында тек тау-кен қазбаларын комбайндық үңгілеу қолданылады және қауіпті, көп еңбекті қажет ететін бұрғылау-жару әдісі алынып тасталды.

Жалпы қазу циклінде тау-кен қазбаларын бекіту процесі уақыт пен еңбек шығындарының 25-50% құрайды. Тау-кен қазбаларын жүргізу қарқынын және ұңғымалардың еңбек өнімділігін төмендететін негізгі факторлардың бірі болып табылады [13].

Қарағанды көмір бассейнінің шахталарында тіреулердің түрлерін пайдалану бойынша негізгі көрсеткіштер 1.7-кестеде келтірілген [14, 15].

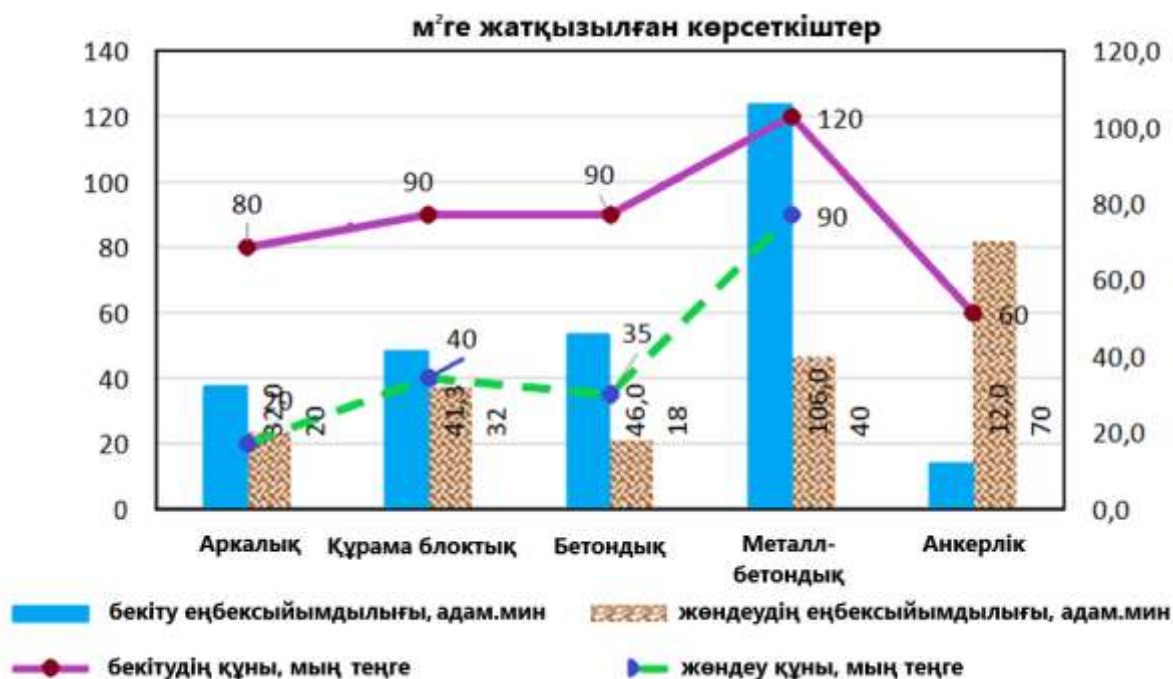
Кесте 1.7 – Қарағанды көмір бассейнінің шахталарында тіреулердің түрлерін пайдаланудың негізгі көрсеткіштері

Көрсеткіш	Өлшем бірлігі	Жұмыс жылдары						
		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Тіреумен бекітілген тау-кен қазбаларын жүргізу:	км	60	60	55	55	56	58	60
аркалық		35,4	34	29,8	13	14	11	12
аралас		11,8	13,5	20	31	31	32	28
анкерлік		4,1	6,5	10,7	11	11	12	20
Лавадағы қазбалардың саны	км/ лава	4	4,5	5	5	5	5	5
Құны:								
аркалық	мың.тг./м	75	78	85	100	100	100	100
аралас		60	60	66	80	80	80	80
анкерлік		50	55	60	65	65	65	65
Үңгілеудің меншікті көлемі	м/ қазба 1000 т	4,2	4,9	5,4	5,4	5,3	5,3	5,3
Ескерту – Әдебиет негізінде құралған [9, с. 18-21]								

Жайманың арнайы ауыр профильдерінен жасалған тіреулер (аркалы тіреу) тау-кен сілемінің айтарлықтай шиеленісті жағдайында қажетті тұрақтылықты және қазбаларды жөндеусіз ұстап тұруды қамтамасыз етпейді. Көлденең және көлбеу тау-кен қазбаларын салу кезінде қолданылатын басқа

тіреулердің үлесі онша маңызды емес және монолитті бетон тіреулер үшін – 8,6%, түтікшелі тіреу – 2,9%, анкер – 1,1%, металл шыңдары бар темірбетон тіреулер үшін – 1,1%, ағаш тіреу – 0,7% құрайды [4; 16].

Қарағанды бассейнінің шахталарында қолданылатын әр түрлі тіреулермен тау-кен қазбаларын бекітудің техникалық-экономикалық көрсеткіштері 1.5-суретте көрсетілген [14, с. 36].



Сурет 1.5 – Тау-кен қазбаларын бекітудің түрлерінің экономикалық көрсеткіштері

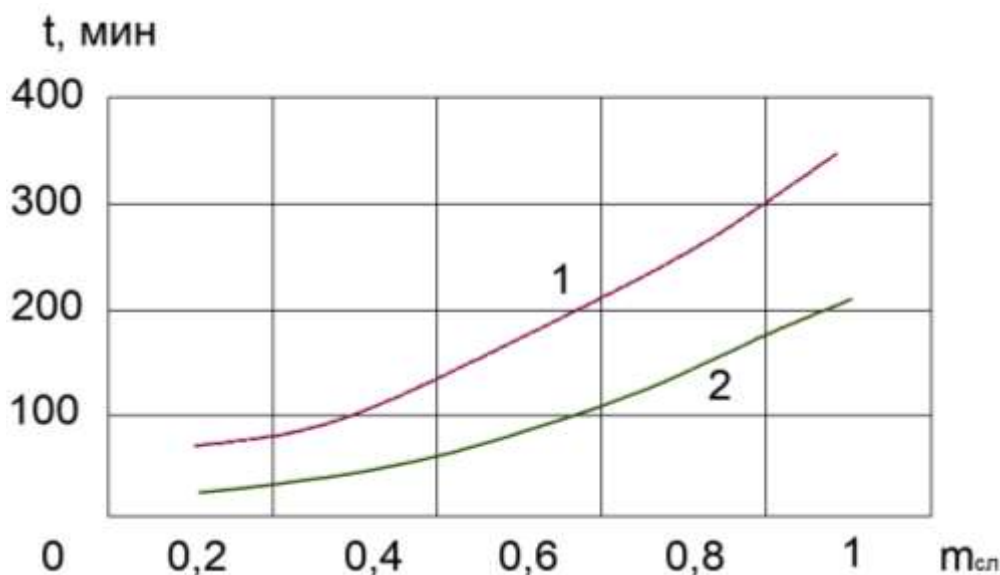
1.4 Қарағанды бассейні шахталарының тау-кен қазбаларының тұрақтылығын бағалау және ақауын талдау

Дайындық қазбаларында тау-кен қысымын басқару үңгілеудің әдісін, көлденең қиманың пішінін, ұңғыманың бағытын таңдау арқылы жүзеге асырылады. Егер бұл іс-шаралар жеткіліксіз болса, онда қазбаларды тұрақты күйде ұстау үшін оларда әртүрлі тіреулер орнатылады [17].

Қарағанды көмір бассейнінің шахталарында тау-кен қазбаларының тау жыныстарының орнықтылығын арттыру жөніндегі міндеттің күрделілігі негізінен тау-кен – геологиялық жағдайлардың алуан түрлілігіне-тақталардың құлау қуаты мен бұрышына, сыйымды жыныстардың құрылымы мен беріктігіне және т.б. байланысты [18].

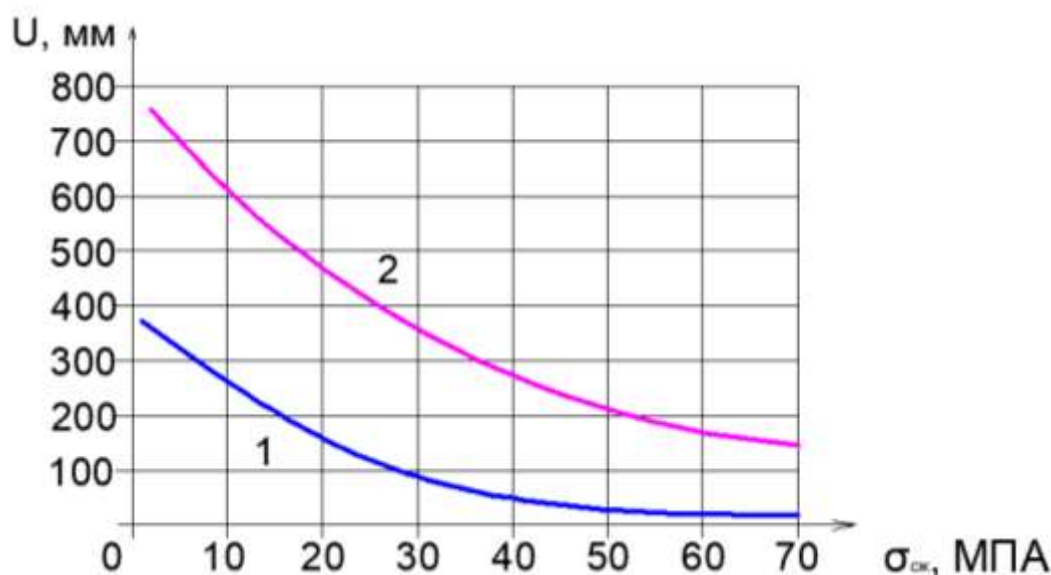
Тау жыныстарының тұрақтылығына айтарлықтай әсер ететін тау-кен геологиялық факторлардың бірі болып қабаттылық табылады - тақталардың бір осьті қысу күші 50-60 МПа және олардың қуаты 0,8 м-ден асатын болса, шатырдың тау жыныстары 2 сағаттан астам тұрақты күйді сақтайды [18, с. 171-174].

Тақтаның қуаты 0,1-ден 0,4 м-ге дейін және тау жыныстарының беріктігі 40 МПа-ға дейін қысылған кезде тұрақты күйдің уақыты бір сағат ішінде сақталады, ал тақталардың қуаты 0,1 м-ден аз болса, бұл жалған шатырға тән, олардың тұрақты күйінің уақыты [18, с. 171-173] 0,6-0,3 сағатқа дейін қабаттылықтың арқасында тақталардың шатыр жыныстарының беріктігі 1,5-4,0 рет төмендейді (1.6-сурет) [19].



1 – алевролиттер мен құмтастар; 2-қуаты 50-80 мм көмір тақталары қосылысы бар алевролиттер мен құмтастар

Сурет 1.6 – Шатырдың тау жыныстарының тұрақты күйінің уақытының (t) тақталарға қосылған кезде тақтаның қуатына ($m_{сл}$) тәуелділігі

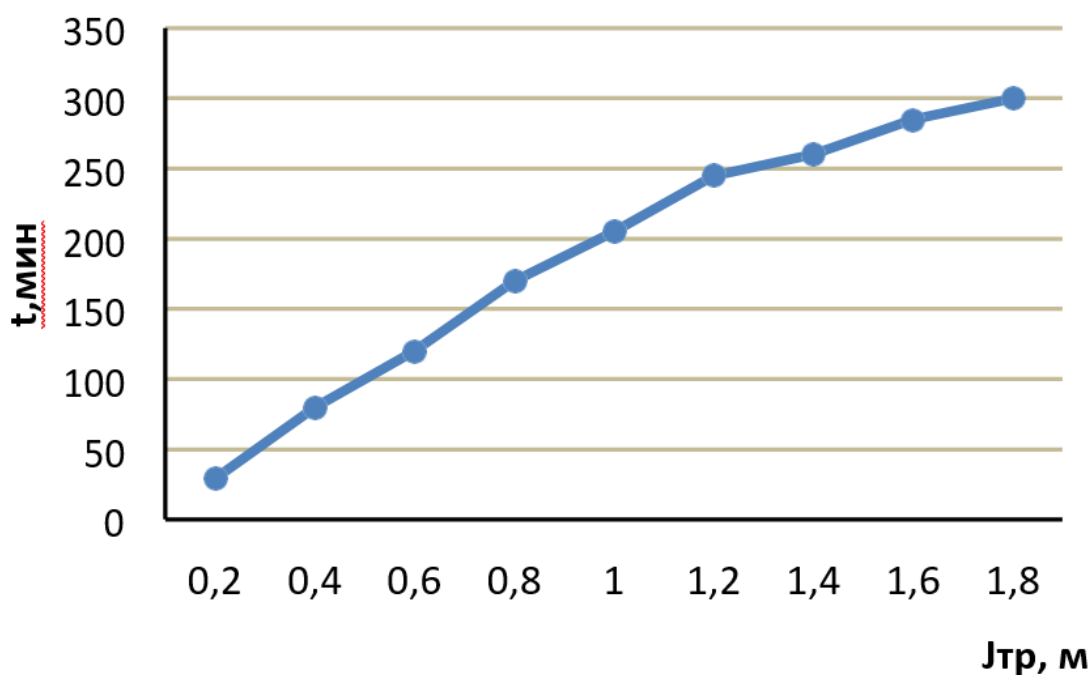


1, 2 – тау-кен жұмыстарынан тыс және әсер ету аймағында

Сурет 1.7 – Шатыр жыныстарының ығысуының (U) алевролиттердің қысу ($\sigma_{сж}$) күшіне тәуелділігі

1.7-суретте шатыр жыныстарының ығысуының алевролиттердің қысу күшіне тәуелділігі көрсетілген [20]. Шатырдың жеңіл құлайтын жыныстарының қысылуымен қазып алу қазбаларын жүргізу өзге де тең жағдайларда көлденең қиманың ауданын оларды үңгілеумен салыстырғанда 9-18%-ға ұлғайтуға әкеледі. Орташа тұрақтылықтағы және шатыр жыныстарын кесусіз тұрақты жабындары бар тақталар бойынша аралас кенжар қазбаларын жүргізу, кесумен салыстырғанда олардың ығысуының 1,3-1,4 есе төмендеуін қамтамасыз етеді. Қазбаларды тақтаның шатыр жыныстарын кесіп үңгілеу, әсіресе берік және қабаттылық тақталарда, шатырдың қабаттануымен бұзушылықтардың пайда болуына әкеледі.

Негізінен көмір тақталарының үстінде жатқан қатты жарылған, бұзылған жыныстарда (негізінен жалған шатыр), жарықтар арасындағы қашықтық 0,01-0,2 м, олардың тұрақтылығы әдетте 0,3 сағаттан аспайды, тау жыныстары әлсіз, қатты жарылған 0,3-0,5 м-ден, қысу кезінде беріктік шегі 20-40 МПа, 0,5-1,5 м-ге дейін тұрақты сағ, жыныстар сілемді, жарылған 0,6-1 м, беріктігі 40-50 МПа, 2,0-3,5 сағат бойы тұрақты. Жарықшақтың есебінен тақталардың шатыр жыныстарының беріктігі 3-15 есе төмендейді (1.8-сурет) [20, с. 66].



Сурет 1.8 – Тау жыныстарының тұрақты күйінің уақытының (t) жарықтар арасындағы қашықтыққа тәуелділігі (Jтр)

Карбонатты цементтегі құмтастар ылғалдылықтың жоғарылауымен беріктік сипаттамаларын шамамен 5% жоғалтады, кремнийлі және карбонатты кремнийлі цементтегі алевролиттер -14%, сазды цементтегі алевролиттер – 20-30%, сазды цементтердегі алевролиттер – 40-60% және көміртекті [18, с. 171-174] сазды цементтер – 80% дейін жоғалтады. Зерттеу барысында жүргізіліп жатқан тақта қазбаларының кенжар маңындағы кеңістіктегі шатыр жыныстарының тұрақтылығына ылғалдылықтың әсері анықталды:

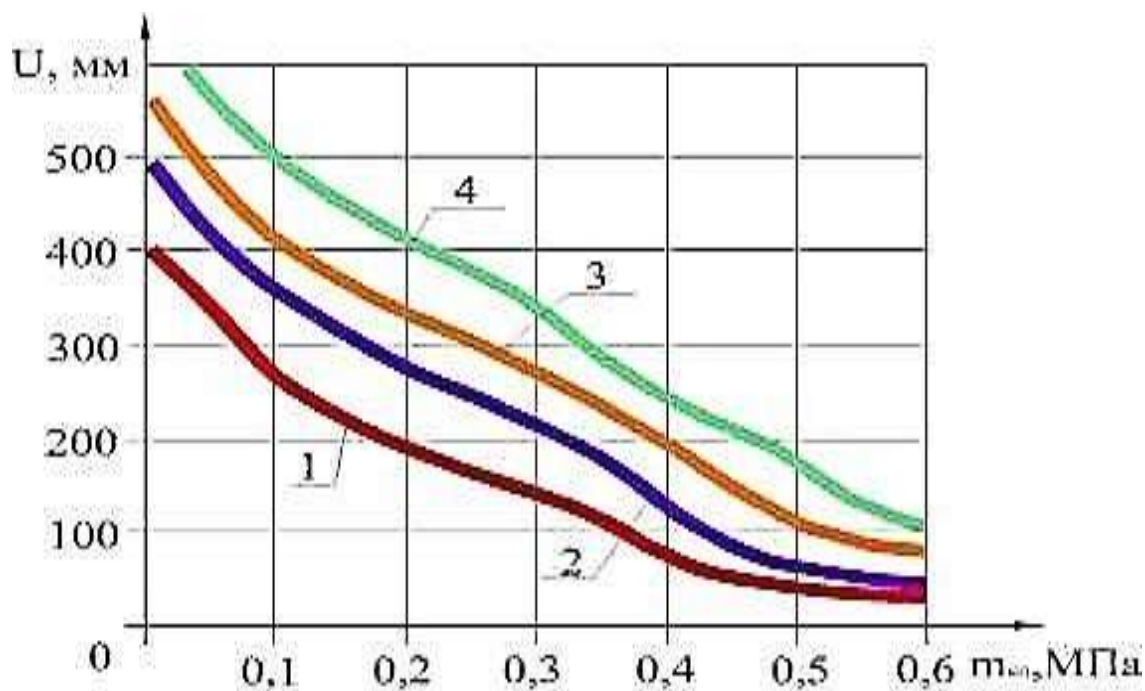
– құмтастар мен алевролиттер су ортасында болған уақытына қарамастан іс жүзінде суланбайды және жұмсарту коэффициенті $K_p = 0,97-1,0$;

– 3-9 сағат ішінде жоғары ылғалдылықта сазды, көміртекті сазды, әлсіз және бұзылған алевролиттер ылғалданып, ұсақ бөліктерге ыдырайды, нәтижесінде олар толықтай дерлік тұрақтылығын жоғалтады. Көміртекті және бұзылған алевролиттер мен саздықтардың жұмсарту коэффициенті 40 МПа-дан аз [17, с. 122] $K_p = 0,5-0,7$ [19, с. 73] құрайды.

Ең маңызды әсер ететін тау-кен факторлары анықталды:

– қазбаның ені – қазбаның ені 4-тен 5 м-ге дейін ұлғайған кезде, өндірістегі орын ауыстырулар 23-28%-ға артады [5, с. 25];

- орналасу тереңдігі – дайындық жұмыстарының нашарлауының негізгі себебі тау-кен жұмыстарының тереңдігінің өсуімен тау жыныстарының беріктігі мен геостатикалық [21] қысымға қатынасының төмендеуі болып табылады. Қуаттылығы 1,6-3,5 м тақталарда орналасу тереңдігінің 450-ден 600 м-ге дейін ұлғаюы жыныстардағы шатыр ығысуларының $\sigma_{сж} < 45$ МПа-дан 3-3,5 есе, $\sigma_{сж} = 45-80$ МПа жыныстарында-тиісінше 2,0-2,4 есе өсуіне алып келеді. 1.9-суретте тақталардың қуаттылығына ($m_{сл}$) және орналасу тереңдігіне (H) байланысты тазарту жұмыстарының әсерінен тыс және әсер ету аймағындағы қазбалардағы шатыр жыныстарының орын ауыстыру графигі келтірілген [20, с. 69].



Сурет 1.9 – Тақталардың қуатына ($m_{сл}$) байланысты тау-кен жұмыстарының (U) сыртындағы (1, 2) және әсер ету аймағындағы (3, 4) қазбалардағы шатыр жыныстарының орын ауыстыруларының тәуелділігі

Көмір массивінде - берік жыныстармен ($\sigma_{сж} < 50-65$ МПа) ұсынылған шатырдың ығысуы 40-50 мм-ден аспайды, орташа беріктігі бар жыныстар

($\sigma_{сж} < 30-40$ МПа) – 70-90 мм және әлсіз жыныстар (($\sigma_{сж} < 15-30$ МПа) – 110-150 мм.

300-400 м тереңдіктегі қазба штректеріне тірек қысымының әсері лава кенжарының алдында 40-45 м-ге, ал 500 м-ден астам тереңдікте 60-80 м-ге таралады. Тазарту жұмыстарының әсер ету аймағына енгенге дейін қазба жұмыстарының шатырының ығысуы әдетте біркелкі жүреді, тазарту жұмыстарының әсер ету аймағында лава жағынан көмір массивіне қарағанда 1,5-2,5 есе жылдам жүреді.

Өндірістің тұрақтылығына әсер ететін негізгі факторлардың бірі-өндірісті қорғау тәсілі:

- кентірексіз - лаваларды қазу жұмыстары көршілес бағаналардағы тазарту және дайындық жұмыстарының өзара әсерінің теріс әсерін кем дегенде 50-75 м қашықтықта – 450 м тереңдікте, 80-100 м тереңдікте 450 м-ден астам және 100-120 м тереңдікте-600 м-ден астам тереңдікте сезінеді.

- көрші лаваны өндегеннен кейін 10-12 ай немесе одан да көп уақыт өткен қазбаларда шатыр жыныстарының қызмет ету мерзіміндегі ығысуы көрші бағананы өндегенге дейін жүргізілген қазбаларға қарағанда 1,8-2,0 есе аз [6, с. 188].

Бөлім бойынша қорытындылар:

1. Қарағанды көмір бассейні шахталары қазбаларының жағдайын зерттеу нәтижелерін талдау және қорыту:

- ұңғыма сатысында олардың шамамен 25-30% - қауіпті деформациялар және тау жыныстарының тұрақтылығының жоғалуы орын алады [21, с. 72-76];

- пайдалану кезінде жоғары деформациялар тазарту жұмыстарының әсер ету аймағынан тыс орналасқан қазбалардың 40% -на және жұмыстарының әсер ету аймағында 60%-на тән.

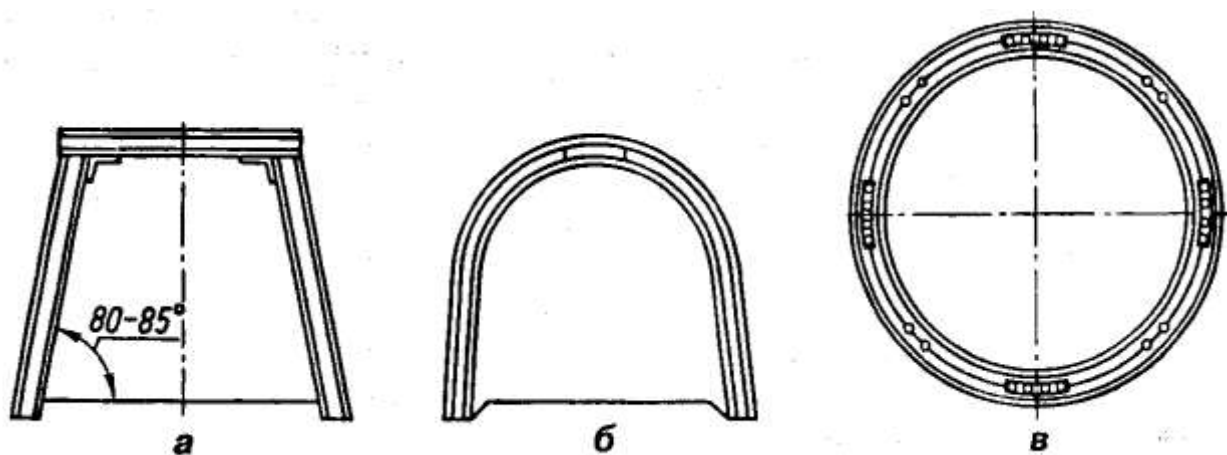
2. Тау жыныстарының орнықтылығының жоғалуы қазбаларды жүргізу жылдамдығының 40-45%-ға төмендеуіне және бекіту материалдарының шығынының ұлғаюына әкеледі. Сондай-ақ, тау-кен дайындық жұмыстарындағы жазатайым оқиғалардың 35-40%-ы тау жыныстарының тұрақтылығының жоғалуына және шатыр жыныстары мен қазбалардың бүйірлерінің құлауына байланысты. Өндірістегі тау жыныстарының үйінділерін бітеу жұмыстары көп уақытты қажет етеді және бекіту материалдарының қосымша шығынымен байланысты [18, с. 171-174; 20, с. 71].

2 РАМАЛЫҚ ТІРЕУЛЕРДІҢ КОНСТРУКЦИЯЛАРЫНЫҢ ҚОЛДАНЫСТАҒЫ ТҮРЛЕРІНЕ ШОЛУ

Тау-кен өндірісіндегі тіреулердің негізгі түрі болып болат рамалық тіреулер табылады. Қазақстанда олар тау-кен қазбаларының шамамен 86% бекітіледі және жақын болашақта бұл көрсеткіш айтарлықтай өзгермейді, өйткені тау-кен ығысуының тереңдігі мен тау-кен геологиялық жағдайларының күрделенуімен тау жыныстарының ығысуы едәуір өсті, ал тіреулердің рамалық болат конструкциялары көп жағдайда тау-кен қазбаларының қанағаттанарлық пайдалану жағдайын қамтамасыз ете алады.

Іілгіш рамалық тіреулерді бөлек қарастыру керек, олар тау-кен қазбаларын бұзбай өзгертуге бейімделудің бірегей қабілетіне ие, бұл тіреулерді қауіпсіз етеді.

XIX ғасырдың 40-жылдарында металл жаймасының өнеркәсіптік өндірісі басталды, сәл кейінірек Чехия мен Германия шахталарында болат рамалық тіреулер пайда болды. Бастапқыда тау-кен жұмыстарында рельстен немесе болат қоставр профильден жасалған қатты рамалар қолданылған (2.1-сурет).



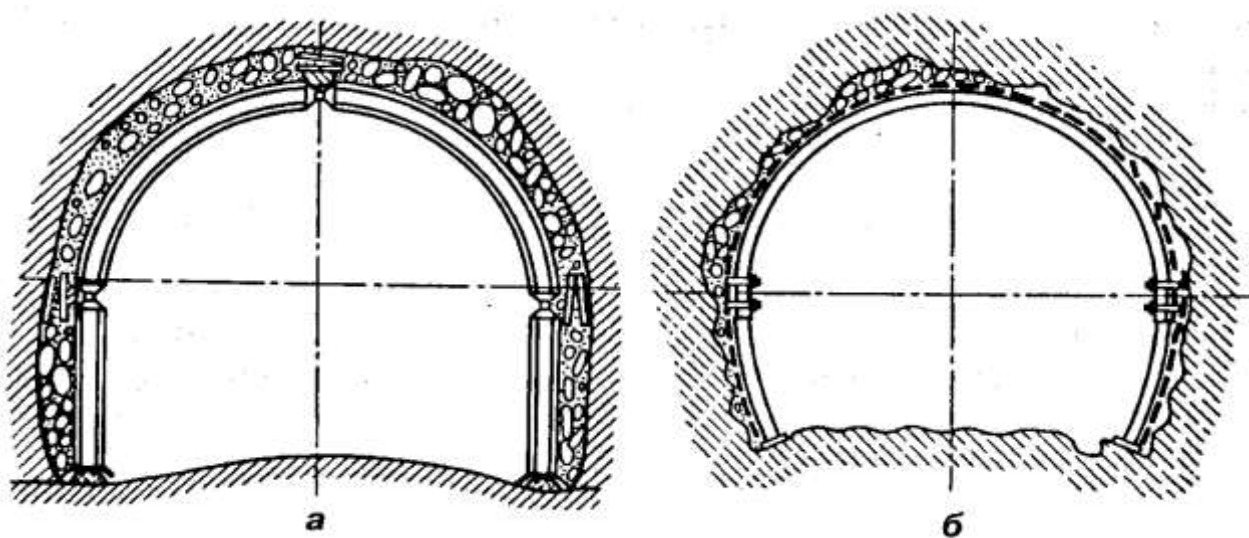
а – трапеция тәрізді; б – арка тәрізді; в – сақиналы

Сурет 2.1 – Болат қатаң рама тіреулері

Алайда, тау жыныстарының контурының едәуір ығысуы тіреудің қолайсыз деформацияларына және оны жөндеу қажеттілігіне әкелді, өйткені қатты құрылым тау жыныстарының ығысуына тек қалдық деформация бағасымен бейімделе алады, содан кейін рама элементтерінің бұзылуына әкеледі. Бұл жағдай XX ғасырдың басында металл конструкцияларын тау-кен қазбаларын бекітуге жарамсыз деп санауға негіз болды. Кейіннен болат рамалық тіреулерді жетілдіру олардың жұмыс қабілеттілігін және өндіріс қимасының өзгеруіне бейімделуін (адаптациялануын) арттыру жолымен жүрді. Бірінші кезеңде (1924) болат аркалы тіреудің конструкциясына қосымша топсалар енгізілді (2.2а-сурет), бұл сыртқы жүктемелердің біркелкі таралуын оларды қоршаған тау жыныстарына беру арқылы азайтуға мүмкіндік берді. Топсалы аркаларды енгізуге ерекше үлес қосқан "Ф.В. Моль және ұлдары"

компаниясына тиесілі, соның арқасында 30-40 жылдары болат рамалық тіреу Рур көмір шахталарында жаппай қолданыла бастады.

1932 жылы "Туссен-Хайнцман" (Германия) фирмасы әртүрлі мөлшердегі жұптастырылған профильдер мен олардың қосылыстарының сәтті конструкциясын жасады. Осының арқасында рамалық тіреу иілмелі болды және өз функцияларын сақтай отырып, тау жыныстарының контурының ығысуына бейімделіп, тау қысымынан жойылмай "кетуге" мүмкіндік алды. Екінші дүниежүзілік соғыстан кейін иілмелі тіреулер (2.2б-сурет) индустриалды дамыған елдердің көпшілігінде кең таралды. 50-ші жылдардың аяғында Германияда болат рамалық тіреуі барлық тау-кен жұмыстарының 50%-нан астам, Францияда – 60-тан астам, Англияда – 70-тен астам, Бельгияда – 90%-ға дейін сақталды.



а – Ф. Моль фирмасының топсалы тіреуі; б – Тессен-Хайнцман фирмасының иілмелі тіреуі

Сурет 2.2 – Болат рамалық тіреулердің дамыту

Сол жылдары бұрынғы КСРО шахталарында қазбаларды бекіту үшін болатты кеңінен қолдану басталды (өнеркәсіптік сынақтар алғаш рет 1947 жылы өткізілді).

80-ші жылдары Қазақстан шахталарында 3 мың км-ге дейін тау-кен қазбалары жүргізілді, ал бекітілетін қазбалардың жалпы ұзындығы жылына 16 мың км-ге жуық болды. Қарағанды көмір бассейні жағдайында әртүрлі мақсаттағы және қызмет ету мерзіміндегі қазбаларда тіреулердің көптеген түрлері мен кішітипті түрлері, көп жағдайда – шектеулі қолданылды. Деректер бойынша тіреулердің негізгі түрлерін пайдалану көлемі және олардың жағдайы бойынша жалпы мәліметтер 2.1-кестеде келтірілген.

Кесте 2.1 – Шахта тіреулерінің негізгі түрлерін қолдану көлемі

Тіреулер	Қолдану көлемі, %	Деформацияланған, көлемнің %	Жөнделді, деформацияланғандардың %
Бетон	5,9	35	28
Металл бетон	8,6	56	40
Болат қатаң	5,3	90	60
Болат иіlmелі	52,3	40	60
Темірбетон	6,4	72	30
Аралас	9,4	32	40
Бүріккіш-бетон	0,8	-	-
Басқалары	3,5	52	10

Кестелік деректерді талдау ең көп таралған болат иіlmелі тіреу (53,3%), одан кейін металл бетон (8,6%) және аралас (9,4%) екенін көрсетеді. Басқа конструкциялардың, соның ішінде анкерлік және бүріккіш бетон сияқты перспективалы құрылымдардың үлес салмағы шамалы. Бұл жағдай, бір жағынан, болат тіреуді жобалаудың қарапайымдылығымен және қолданудың әмбебаптығымен, ал екінші жағынан, көмір өндірісінің ғылымды қажет ететін технологияны және орындаушылардың жоғары кәсіби біліктілігін қолдануды талап ететін жаңа техникалық шешімдерге "қабылдағыштығы төмендігімен" байланысты.

Егер тіреулерді деформацияланған пайызбен салыстыратын болсақ, бұл олардың өндірістегі жұмысының сенімділігін көрсетеді, болат тіреуді ең қолайсыз жағдайларда орнатқанына қарамастан, оның пайдалану сенімділігі көрсеткіші тек аралас, бетон және ағаш тіреулерден төмен болады. Алайда, бұл бекіту түрлері, әдетте, тау қысымының көріністері шамалы болатын қолайлы жағдайларда қолданылатынын есте ұстаған жөн. Техникалық қызмет көрсету көрсеткіші бойынша болат иіlmелі тіреу барлық басқа конструкциялардан асып түседі және оны кеңінен қолдану өнімділік тұрғысынан негізделген. Тіреулердің басқа түрлері болат тіреу тиімді емес жерлерде қолданылады (ұзақ мерзімді күрделі тау-кен қазбаларында, жер асты суларының жоғары агрессивтілігі жағдайында, құрылымның суға немесе газға төзімділігінде, оның аэродинамикалық кедергісінде және т.б.).

2.2-кестеде көрсетілген шахта тіреуінің әртүрлі қолданылатын конструкцияларына техникалық-экономикалық талдау жүргізілетін [4; 5, с. 56] деректер қызығушылық тудырады.

1 м² қазба алаңын бекіту құны бойынша жарықта анкер және бүріккіш-бетон тіреулері ең тиімді болып табылады, олар аркалы иіlmелі (базалық) 2-3 есе арзан, дегенмен олардың көмір өнеркәсібінде дербес қолдану аясы өте шектеулі. Қалған тіреулер, егер оның болашағы төмен және жақында қымбаттаған құнына байланысты ағашты қарастырмаса, оның жобалау мен пайдалану кезінде жіберілген қателіктерге қарамастан бұл көрсеткіш бойынша болат иіlmелі тіреуден айтарлықтай төмен. Алайда, көптеген зерттеулерде қарастырылған техникалық көтергіштігі тіреудің сілеммен өзара әрекеттесуін

толығымен ескермейді, өйткені оның өзі қабылданған конструкция схемасына және тау жыныстарының сыртқы жүктемесінің тіреуге нақты таралуына байланысты айтарлықтай өзгереді. Сондықтан осы тау-кен-геологиялық жағдайларда тірекдің нақты жүк көтергіштігін пайдалану дұрысырақ болар еді.

Кесте 2.2 – Тіреулердің әртүрлі түрлерін қолданудың пайдалану көрсеткіштері

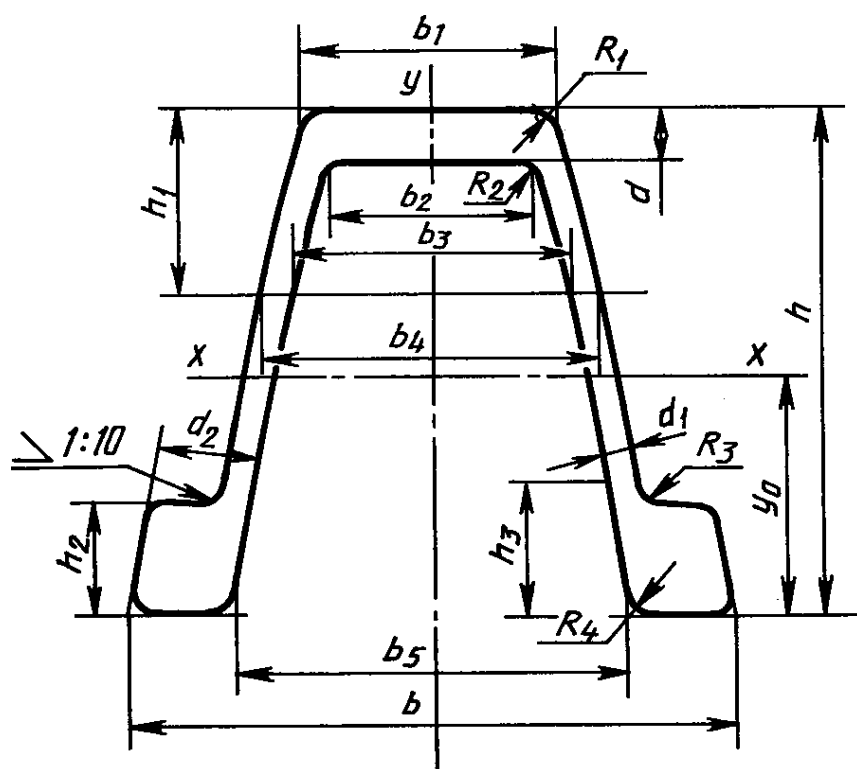
Тіреу түрі	Сенімділік	Қазба көлемін ұлғайту, %	Шығару көлемі, %	Жарықта 1 м ² алаңға жатқызылған көрсеткіштер				Тіреуді салуды механикаландырудың мүмкін дәрежесі
				бекіту құны, мың теңге	бекітудің еңбек сыйымдылығы, адам/мин	жөндеу құны, мың теңге	жөндеудің еңбек сыйымдылығы, адам/мин	
Металл иіlmелі	0,6	20	70	60-80	32	20	20	50
Анкерлік	0,8	8	10	25-30	12	-	-	80
Бүріккіш-бетон	0,9	8	-	35-30	10	-	-	95
Құрама блоктық	0,6	30	-	60-90	41,3	40	32	40
Бетон	0,76	30	-	80-90	46	35	18	71
Металл-бетон	0,4	35	10	100-120	106	60-90	40	27

Дегенмен, бұл көрсеткіш бойынша болат иіlmелі тіреу көмір өнеркәсібінде аз кездесетін анкер мен бүріккіш-бетон тіреулерден кейін екінші орында. Осылайша, жұмыстың құны мен сенімділігі тұрғысынан болат рамалық тіреу қазіргі уақытта бәсекеге қабілетті конструкция болып табылады.

2.1 Арка тіреулерінің даму тенденциялары

Тереңдіктің артуымен және тау-кен өндірісіндегі тау-кен геологиялық жағдайларының күрделенуімен көптеген елдер ауыр профильдерді қолдану арқылы тіреудің көтергіштігін арттырудың кең жолымен жүрді.

ААП-14 арнайы профилі 80-ші жылдарға дейін қолданыстан шықты, ААП-17 арнайы профилін пайдаланудың нақты көлемі төрт еседен астам төмендеді, ал ауыр арнайы профильдерді қолдану үш есеге өсті. Дәл осы жағдай металл жаймасының шығынының күрт өсуіне (30%-ға дейін) тау-кен қазбаларын жүргізудің бірдей көлемімен байланысты болды, бұл олардың айтарлықтай қымбаттауына әкелді. Кейінгі жылдары бұл үрдіс сақталды және 2003 жылға қарай ААП-17 де қолданыстан шықты. Жылдан жылға ААП-19 қолдану көлемі қысқаруда. Қазіргі уақытта негізгі өлшемдер ААП-22, ААП-27 және ААП-33 болып табылады, бұл үлкен профильдерден жасалған қолдау көрсетілетін қазбалардың қималарының ұлғаюына байланысты. 2.3-суретте арнайы ауыстырылатын профильдердің көлденең қимасы көрсетілген.



Сурет 2.3 – ААП көлденең қимасы

Профиль өлшемдері, көлденең қиманың ауданы, сызықтық тығыздық және осьтердің анықтамалық мәндері 2.3-кестеде келтірілген [21, с. 72-76].

Кесте 2.3 – ААП параметрлері

Профиль номері	h	h ₁	h ₂	h ₃	b	b ₁	b ₂	b ₃	b ₄	b ₅	d	d ₁	d ₂	Вес
	мм													кг/м
ААП 14	88,0	42,0	21,0	26,0	121,0	55,0	46,5	67,2	78,0	84,4	7,8	5,4	18,0	14
ААП 17	94,0	45,5	23,0	28,0	131,5	60,0	51,0	73,4	84,6	91,5	8,5	5,7	19,7	17
ААП 19	102,0	44,0	24,0	29,0	136,0	60,0	51,0	71,5	83,5	94,0	9,5	6,0	20,6	19
ААП 22	110,0	44,0	25,5	30,5	145,5	60,0	51,5	71,0	83,5	99,5	11,0	6,2	22,5	22
ААП 27	123,0	47,0	29,0	34,0	149,5	59,5	50,6	69,5	83,5	99,5	13,0	7,1	24,5	27
ААП 33	137,0	50,0	32,0	38,0	166,0	66,0	56,0	76,0	91,5	110,0	14,5	7,9	27,5	33

2.3-кестенің жалғасы

Профиль номері	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	y ₀	Көлденең қиманың ауданы, см ²	Сызықтық тығыздық, кг/м	Осьтердің анықтамалық мәндері				
	мм							х-х			у-у	
								1 _х , см ⁴	W _{хmin} , см ³	W _{хпл} , см ³	1 _у , см ⁴	W _у , см ³
ААП 14	6,0	7,0	5,0	6,0	42,7	18,7	14,7	184,0	40,7	55	282,3	46,1
ААП 17	6,0	7,0	5,0	6,0	45,6	21,73	17,1	243,4	50,3	69	382,3	57,9
ААП 19	6,0	8,0	5,0	6,0	49,3	24,44	19,2	322,8	61,3	83	464,0	67,0
ААП 22	6,0	8,0	5,0	6,0	52,7	27,91	21,9	428,6	74,8	99	566,3	77,8
ААП 27	6,0	10,0	5,0	6,0	58,5	34,37	27,0	646,1	100,2	137	731,5	97,8
ААП 33	6,0	11,0	6,0	7,0	64,8	42,53	33,39	999,5	138,5	190	1228,0	148,0

Оставшиеся типоразмеры стали повсеместно использоваться для всех горных выработок и горно-геологических условий, что привело к нерациональному использованию стального проката при креплении, повышению трудоемкости работ, стоимости сооружения выработок и, в конечном счете, повышению себестоимости угля.

2.2 Қолданылатын болат рамалық тіреуклердің ерекшеліктері (артықшылықтары мен кемшіліктері)

Үңгішілеулердің еңбек өнімділігін төмендететін тау-кен қазбаларын жүргізу қарқынының негізгі шектеу факторларының бірі - тау-кен қазбаларын бекіту процесі болып табылады. Тау-кен қазбаларын бекіту және қолдау процесі жер асты көмір өндірудің тиімділігін анықтайтын негізгі компоненттердің бірі болып табылады. Шахталарда дайындық жұмыстарын жүргізу кезінде тиімді және қауіпсіз жұмыс істеудің шарттарының бірі бекіту материалдарының ең аз шығыны кезінде олардың тұрақтылығын қамтамасыз ету болып табылады [10, с. 34-36].

Көмір шахталарында қазудың жалпы циклінде бекіту уақыт пен еңбек шығындарының 25-50% құрайды. Дайындық және капитал тау-кен қазбалары негізінен арнайы профильдегі металл аркалармен (86%) бекітіледі, олар элементтердің салыстырмалы түрде үлкен массасымен және шектеулі икемділігімен сипатталады. Қарағанды бассейнінің шахталарында қимасы 14,4 м² болатын қазбаның бір метрін бекітуге арналған шығындар: анкерлік тіреумен – 30, рамалық тіреумен ұштастыра анкермен – 40-60, металл аркалы – 60-80, темірбетонды рамамен – 55 мың теңгені құрайды.

Көмір өнеркәсібінде болат тіреуді қолданудың кең саласын оның белгілі бір артықшылықтарымен, ең алдымен, икемділік дәрежесін реттеу мүмкіндігімен (300-ден 1000 мм-ге дейін немесе одан да көп) икемді режимде жұмыс істеуімен түсіндіруге болады, бұл тіреуді бірегей етеді. Арнайы ауыстырылатын профильдің жақсы таңдалған формасы мен стандартты қатары оны илемдеудің қарапайымдылығын, кен жөндеу зауыттарында және шахталардың механикалық цехтарында әртүрлі өлшемдегі тіреу элементтерін дайындаудың ыңғайлылығын қамтамасыз етуге мүмкіндік береді.

Иілмелі тіреуде профильдің жүк көтергіштігі мен икемділікке төзімділіктің сәтті үйлесімі бар, олар шамамен тең. Соңғысы олардың қосылуының қарапайым конструкциясымен, бір-біріне салынған ААП профильдерінің сына әсерінің арқасында қамтамасыз етіледі. Әдетте 40-60 кПа шегінде тіреудің икемділігіне қол жеткізілетін кедергі көп жағдайда тіреудің үстінде пайда болатын құлау доғаларын ұстап тұру үшін жеткілікті. Тіреу элементтерінің ығысуы тұрақтылықты жоғалтпай және кенеттен бұзылусыз біркелкі жүреді, бұл оны ең қауіпсіз деп санауға мүмкіндік береді. Болат иілмелі тіреу сейсмикалық жүктемелерге ең төзімді және [4] зерттеулер көрсеткендей, бұзылмай, тау жыныстарының тербеліс жылдамдығына 125-150 см/с төтеп береді, бұл басқа құрылымдардың мүмкіндіктерінен 4-6 есе асып түседі. Ол тіпті деформацияланған күйде де жөндеуге жарамды. Оны

күшейтуге, жеке рамаларды ауыстыруға, алып тастауға және ұзақ уақытқа қайта бекітуге болады. Алынған тіреу элементтері қалпына келтіруге және қайта пайдалануға мүмкіндік береді, бұл өндіріс шығындарын айтарлықтай төмендетеді.

Сонымен қатар, ұзақ қолдану тәжірибесі көрсеткендей, болат рамалық тіреулер бірқатар маңызды кемшіліктерге ие. Ең алдымен, тау-кен қысымының қазба бойымен тіреу контуры бойынша біркелкі бөлінбеуі жағдайында олардың қанағаттанарлықсыз жұмысын атап өткен жөн. Сонымен қатар, бекітілген тіреу кеңістігінің өлшемдері қазбаның шатырында саңылауды орнату мөлшеріне (10-15 см) ұлғайтылуы керек, бұл үстіңгі жағын тіректерге "лақтыруға" мүмкіндік береді. Бұл 1 м өндіріске 0,3-0,5 м³ тау жыныстарын қосымша қазу міндетіне әкеледі. Орнатылған раманың тау жыныстары сілемімен байланысының болмауы кедергісіз (бекіту жағынан), сондықтан серпімді емес деформация аймағының тез өсуіне әкеледі. Бұл жағдайда тіреуге бір жақты жүктеменің жоғарылауы пайда болады, бұл оның істен шығуына себеп болуы мүмкін.

Кемшіліктерге металдың коррозиясы да жатады, әсіресе ауа алмасуы қарқынды шахталық ылғалға қаныққан ортада жоғары. Агрессивті шахта орталарында металдың беткі тақтасының ыдырау жылдамдығы жылына 0,2-0,54 мм дейін жетеді. Коррозия жыл сайын тіреу массасының 5-7% бұзады [12, с. 189]. Сондықтан тіреудің қызмет ету мерзімін ұлғайту және оны су басқан тау-кен қазбаларында қолдану аясын кеңейту үшін болаттарды және олардың коррозияға қарсы жабындарын (битум және таскөмір лактары, органосиликат, полимер және басқа жабындар) жақсартуды көздейтін металды коррозияға қарсы қорғау қажет.

Тағы бір кемшілігі-бұл қазбаны бекітудің көп уақытты қажет ететін процесі. Аркалы тіреуді салу бойынша операциялар уақыттың 50-75% - на дейін созылады. Тіреу элементтерін қосу, тіректер мен жақтауаралық байланыстарды орнату, рамалардың қазба бағыты бойынша бағдарлануы, тіреуді ажырату, қатайтуды орнату және тіреудің артындағы бос орындарды толтыру бойынша операцияларға айтарлықтай уақыт кетеді. Бұл жұмыстардың көпшілігін механикаландыру мүмкін емес. 2.4 және 2.5-кестелерде Қарағанды бассейнінің шахталарында қолданылатын әр түрлі тіреулерді бар тау-кен қазбаларын бекітудің технологиялық-экономикалық көрсеткіштері келтірілген.

Кесте 2.4 – Өртүрлі тіреулермен 1 м қазбаны бекітудің еңбек сыйымдылығы

Тіреу түрі	Еңбек сыйымдылығы, адам-ауысым		
	тіреуді жеткізу	тіреуді орнату	барлығы
Металл аркалық	0,539	1,071	1,61
Темірбетон рамалық	0,603	1,02	1,623
Металл рамамен біріктірілген анкерлік	0,473	1,067	1,54
Анкерлік	0,069	0,526	0,595

Кесте 2.5 – Тіреудің әртүрлі түрлерімен 1 м қазбаны бекітуге арналған шығындар

Вид крепи	Қазба қимасының ауданы, м ²	1 м қазбаны бекітуге арналған шығындар, мың теңге
Ағаш рамалық	9	38,6
Металл аркалық	9	46,8
Темірбетон рамалық	7,9	42,9
Ағаш рамамен біріктірілген анкерлік	6	17,2
Металл рамамен біріктірілген анкерлік	9	42,3
Анкерлік	9	18

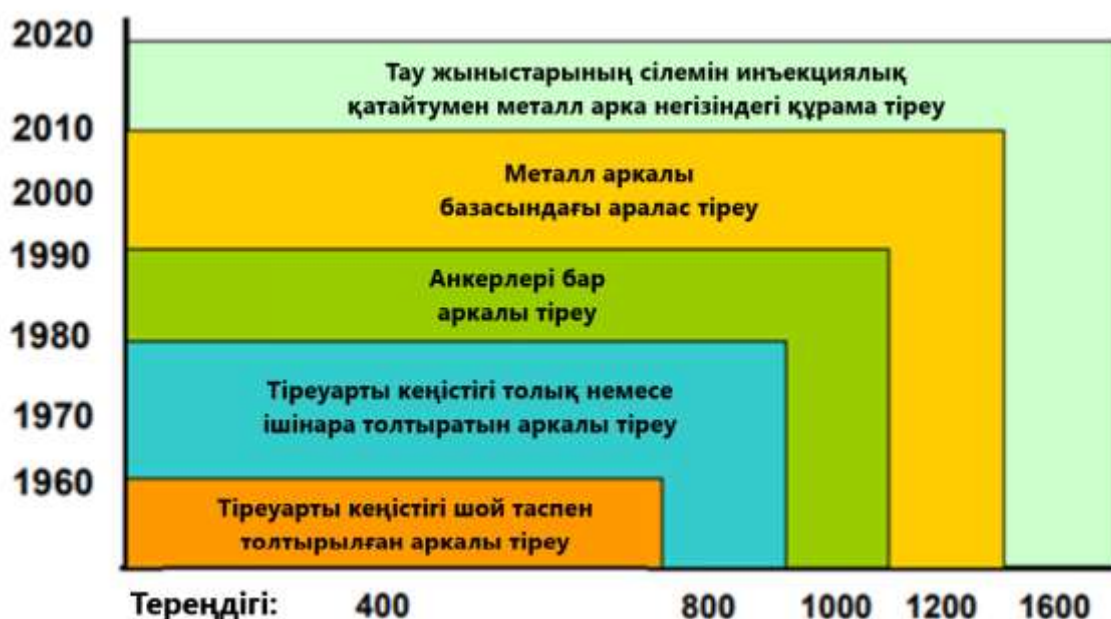
Бүгінгі таңда металл тіреулерді жетілдіру бойынша зерттеулер үш негізгі бағытта жүргізілуде [22]:

- ұтымды пішінді таңдау;
- тіреукдің және контур маңындағы жыныс сілемінің жанасу жағдайларын қамтамасыз ету;
- құлып бөлігінің жұмысын жақсарту.

Осы іс-шаралардың барлығы металл рамалық тіреуі бар қазбалардың пайдалану сапасын жақсартуға айтарлықтай әсер етпейді. Осылайша, даму тереңдігінің артуымен дәстүрлі тірек типті тіреу конструкцияларын қолдану шектеулі пайдалану аймағына ие екендігі дәлелденген деп санауға болады. Тіреу конструкцияларын жетілдіру, әлемдік тәжірибе көрсетіп отырғандай, бекітудің қолданыстағы түрлерін күшейту жолымен жүруі тиіс [22, с. 122].

Сонымен, Германия шахталарында жүргізілген көпжылдық зерттеулердің нәтижелері көрсеткендей, 1400 м тереңдікте, егер барлық белгілі техникалық шешімдер қолданылса, тау қысымын 80%-ға дейін басқаруға болады, және, ең алдымен: тіреуарты кеңістігін толтыру, штрек маңындағы құйма жолақтарды салу, сілем жүктемесін түсіру, оны тұтқырландырушы немесе анкермен нығайту және осы іс-шаралардың үйлесімі (2.4-сурет), сондай-ақ тазарту учаскесін дайындауды жобалау кезіндегі қосымша шаралар: қазбаларды төмен қысымды аймақтарда орналастыру; лавалар және т.б. тарапынан жоғары қысымның әсерін төмендету тәсілдерімен пысықтау [22, с. 123].

Көмір шахталарында болат тіреуді қолданудың қазіргі заманғы ауқымын, көмірдің өзіндік құнына әсер ететін елеулі әсерді, қазбалардың металл сыйымдылығын және оларды қайта бекіту еселігін ұлғайтуды, тау-кен жұмыстарының едәуір тереңдікке (700-1000 м) өтуін ескере отырып, тіреулер конструкцияларының тиімділігін арттыру, олардың құны мен материал сыйымдылығын төмендету жолдарын қарастыру қажет. Тіреудің көтергіш қабілетін арттырудың қабылданған экстенсивті тәсілі игеру тереңдігі мен қазбалардың көлденең қимасының өсуіне сәйкес ауыр профильдерді қолдануды және қазбаларды сенімді пайдалану мәселесін шешпейтін, экономикалық орындылық принциптеріне сәйкес келмейтін рамаларды орнатудың жоғары тығыздығына көшуді қамтиды.



Сурет 2.4 – Даму тереңдігінің өсуімен тіреу жүйелерін дамыту

2.3 Аркалы тіреудің көтергіш қабілетін арттыру саласындағы өнертабыстар

Тау қысымының жоғарылауына және тірек қысымының көріністеріне ұзақ уақыт әсер ету тіреулердің көтергіш қабілетін арттыру қажеттілігіне әкеледі. Көмір өнеркәсібінде қолданылатын рамалық арка тіреуінің тау қысымына төзімділігін оны ауырлату арқылы арттыру тәжірибесі, яғни кішігірім жайманың арнайы профильдерінен (ААП) үлкендеріне дәйекті ауысу одан әрі жалғасуы мүмкін емес, өйткені тірек жасалған болаттың ұлғаюы қазбаларды жүргізу мен бекітудің айтарлықтай қымбаттауына әкелді. Қарағанды бассейнінің шахталарында ААП-14 арнайы профилі 70-ші жылдары қолданыстан шыққан. Кейінгі жылдары бұл үрдіс сақталды және 2003 жылға қарай ААП-17 де айналымнан шықты. Қазіргі уақытта негізгі өлшемдер ААП-22, ААП-27 және ААП-33 болып табылады, бұл қолдау көрсетілетін қазбалардың орташа қималарының ұлғаюымен байланысты. Бұл үрдіс стандартты өлшемдегі ААП 33-тен үлкен профильдерден арка тіреуін жасау процесінің айтарлықтай күрделенуіне және қымбаттауына әкеледі, ал оны орнатуға байланысты операциялар көп уақытты қажет етеді.

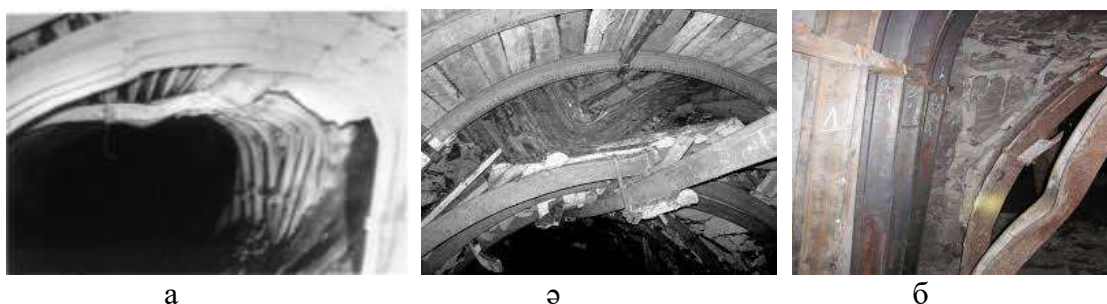
Тау қысымының жоғарылауы тіреудің тығыздығының артуына әкеледі, бұл табиғи түрде қазбаларды бекітуге және жұмыс күйінде ұстауға байланысты жұмыстардың күрделілігін арттырады. Жоғарыда айтылғандардың барлығы өндірілген көмірдің өзіндік құнының өсуіне әкеледі. Сондықтан қазбаларды бекіту шығындарын оның көтергіштігіне зиян келтірмей төмендету қазіргі уақытта көмір өнеркәсібінің өзекті мәселесі болып табылады.

Ең көп жүктелген аймақтарда оларды күшейту арқылы тіреудің шекті көтеру қабілетін арттыру әдісі бұрыннан зерттелген. Бұл мәселенің шешімі топсалы тіреулердің әртүрлі түрлерін қолдануда, құрама үстіңгі

тақталарды қолдануда көрініс тапты [23] және т.б. Мұндай шешімдердің логикасы металл конструкциясының материалын тиімді пайдалану принциптерінің біріне әкеп соғады – тіреу материалын мүмкіндігінше көп және біркелкі жүктеу, бұл сыртқы жүктемеге қарсы тұру кезінде құрылымның барлық учаскелерін (буындарын) тиімді пайдалануға ықпал етеді [23, с. 259-263].

Осы мәселені шешудегі тәжірибені қарастырайық.

Пайдалану процесінде қазбаның едәуір бөлігі қанағаттанарлықсыз жағдайға түседі және көбінесе қайта бекітуді қажет етеді. Бұл әсіресе дайындық жұмыстарына қатысты (2.5-сурет) [24].



а – маңдайшаның деформациялануы; ә – маңдайшаның ығысуы; б – тіректердің деформациясы

Сурет 2.5 – Рамалық тіреудің деформациясы

Мәселен, Мәскеу мемлекеттік тау-кен университетінің журналында жарияланған А.Н. Воробьевтің, И.К. Шаймьярдяновтың "Дон ГОК шахталарының жағдайлары үшін тау-кен қазбаларының рамалық тіреулерінің ұтымды параметрлерін анықтау" №4, 2004 мақаласында [24, с. 27], штректерді пайдалану мүмкіндігін ұзарту үшін олардың тіреулері екі жақтау түрінде күшейтілген, оларды жабуға және одан әрі деформациялауға дейін олардың арасында ағаш бөренелері (2.6-сурет) тіреу рамалары арасындағы иілмелі қабат рөлін атқарады [24, с. 27].

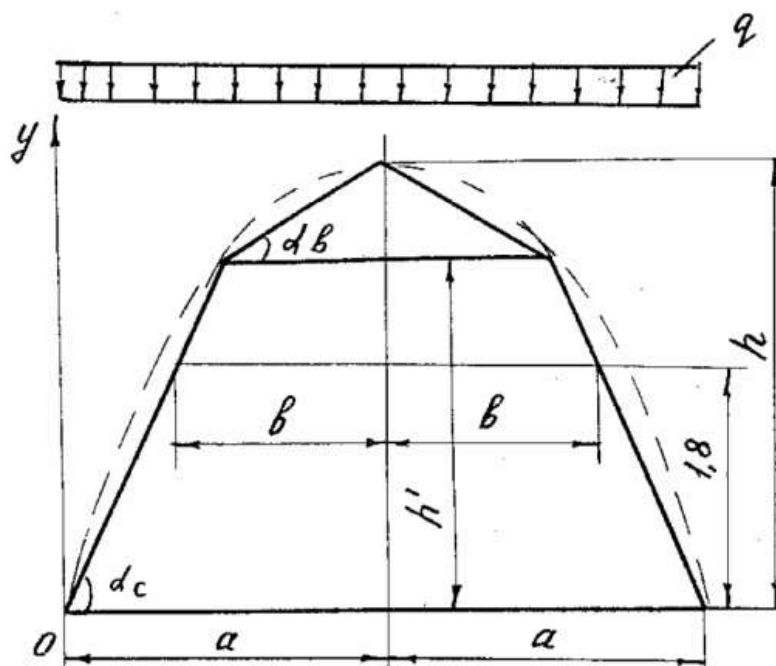


Сурет 2.6 – Ағаш бөренелерінің иілмелі қабаты бар қос жақтау түріндегі күшейтілген штрек тіреуі

Тіреудің бұл конструкциясы оның қызмет ету мерзімін біршама ұзартады, бірақ бекіту мәселесін шешпейді, өйткені жоғарғы жақтаудың отыруынан кейін оны пайдалану мүмкін болмайды.

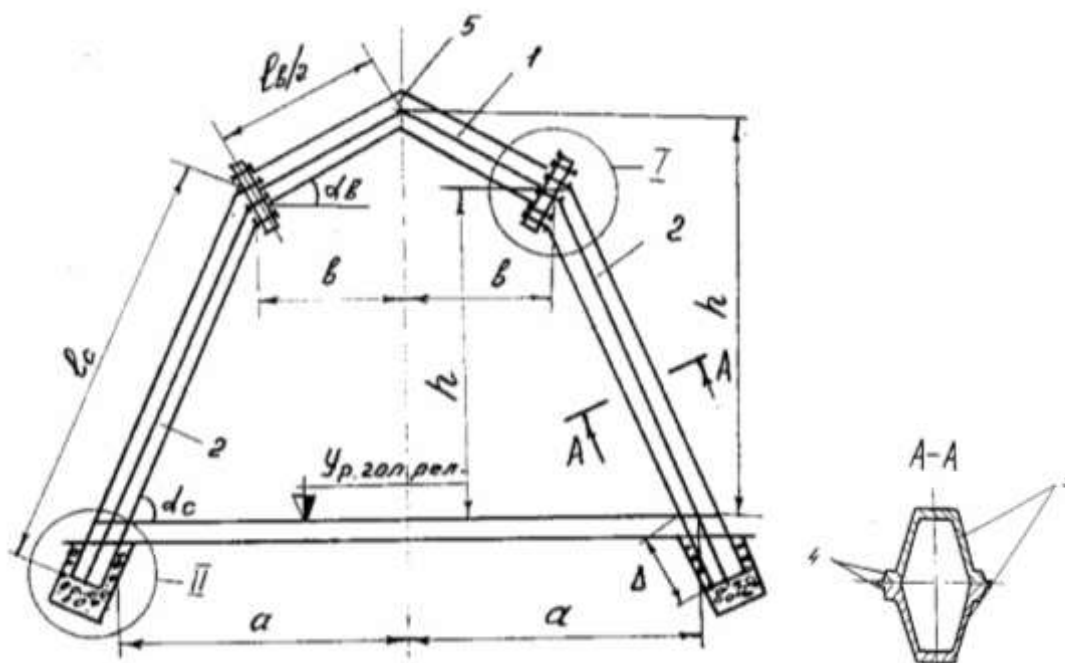
Осыған байланысты, 0,5 м бекіту қадамында рамалардың жүк көтергіштігін 0,5 МН/м дейін айтарлықтай арттыру арқылы штректерді қауіпсіз ұстауды қамтамасыз ету жолдарын іздеу ұсынылады. Бұл жағдайда иіlmелі түйіндерден бас тарту керек, өйткені олар бұл жағдайда үздіксіз доғатүзілу жағдайында тіреу құрылымын әлсірететін түйіндер болып табылады.

Тағы бір жол - жүк көтергіштігі жағынан тіреу рамаларымен сәйкес болатын және жұмысында сенімді иіlmелі түйіндері бар аз қуатты рама конструкцияларын жасау [24, с. 28].



Сурет 2.7 – Көтергіштігі жоғары рамалық тіреудің есептік сұлбасы

2.7-суретте тіреудің есептік сұлбасы, ал 2.8-суретте РФ №1810562 патенті бойынша раманың конструкциясының өзі көрсетілген [24, с. 30].

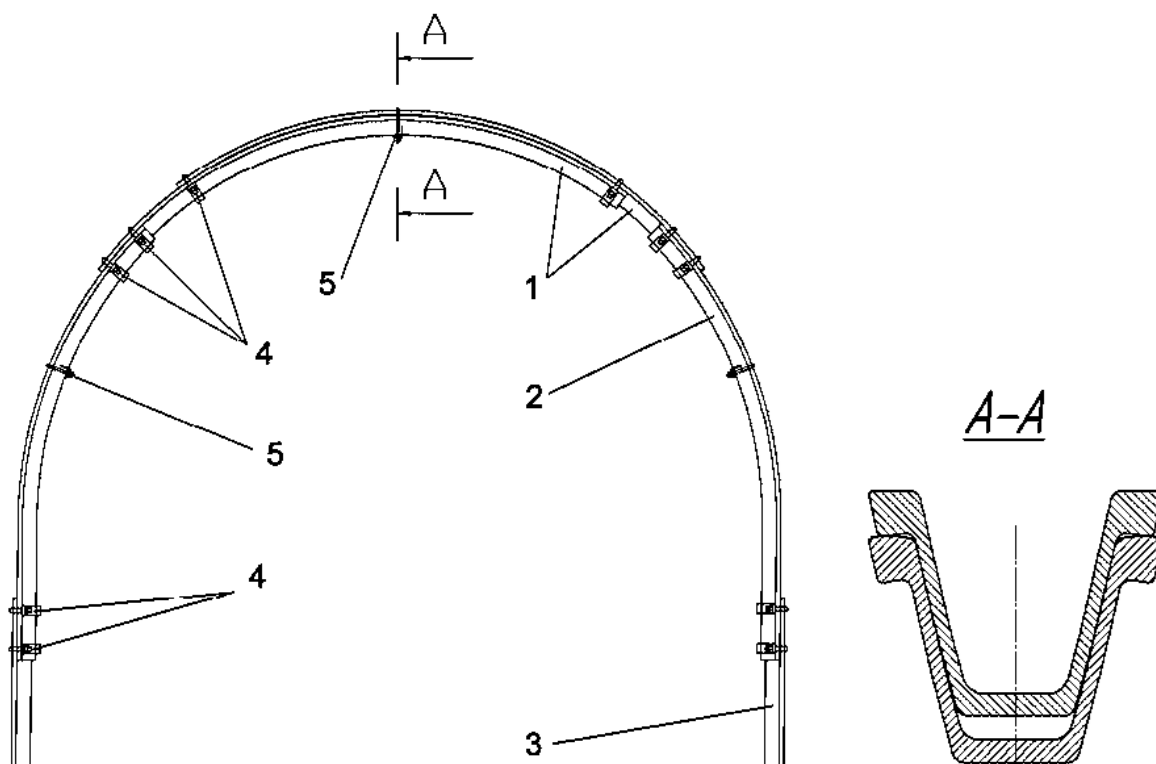


Сурет 2.8 – Көтергіштігі жоғары тіреудің рамасының конструкциясы

Арнайы профильдердің (ААП) негізгі кемшілігі олардың көлденең қималарының ашықтығы болып табылады, сондықтан айтарлықтай тау қысымы кезінде олар иілу деформациясынан басқа, бұралу деформациясын сезінеді. Арнайы профильдерді өз фланецтерімен біріктіріп, жабық көлденең қиманы қалыптастыру арқылы көлденең қималардың иілу үшін көтергіштігі төрт есе және бұралу үшін он есе артады.

Ю.М. Халимендиктің "Қос доғалы элементтермен күшейтілген иілгіш тіреуді қолдану" [23, с. 259-263] мақаласында шатыр тарапынан тау қысымының жоғарылауына тиімді қарсы тұратын тіреу жасау мақсатында жоғарғы элементті элементтердің қабаттасу аймағы ұлғайған қосылатын түйіні бар құрамдас бөлікке ауыстыру арқылы КМП-А3 тіреуінің үстіңгі тақтасын күшейту туралы шешім қабылданды [23, с. 259-263].

"Интер-инвест көмір" ЖШҚ шахтасында (Украинаның Луганск облысының Первомайск қ.) (бұрынғы шахта. В. Р. Менжинский) қайта пайдаланылатын дайындық штрекін А6 алты бұрандалы тіреумен бекіту бойынша өндірістік эксперимент жүргізілді, ол тіреу тіректерінде қосымша түзу сызықты элементтердің болуымен ерекшеленеді (2.9-сурет) [23, с. 259-263]. 2,9-суретте белгіленген: 1 – маідайша элементтері; 2 – тірек; 3 – қосымша түзу сызықты тірек; 4 – ЗПКМ құлпы; 5 – рамааралық тұтастырғыш құлпы [23, с. 259-263].

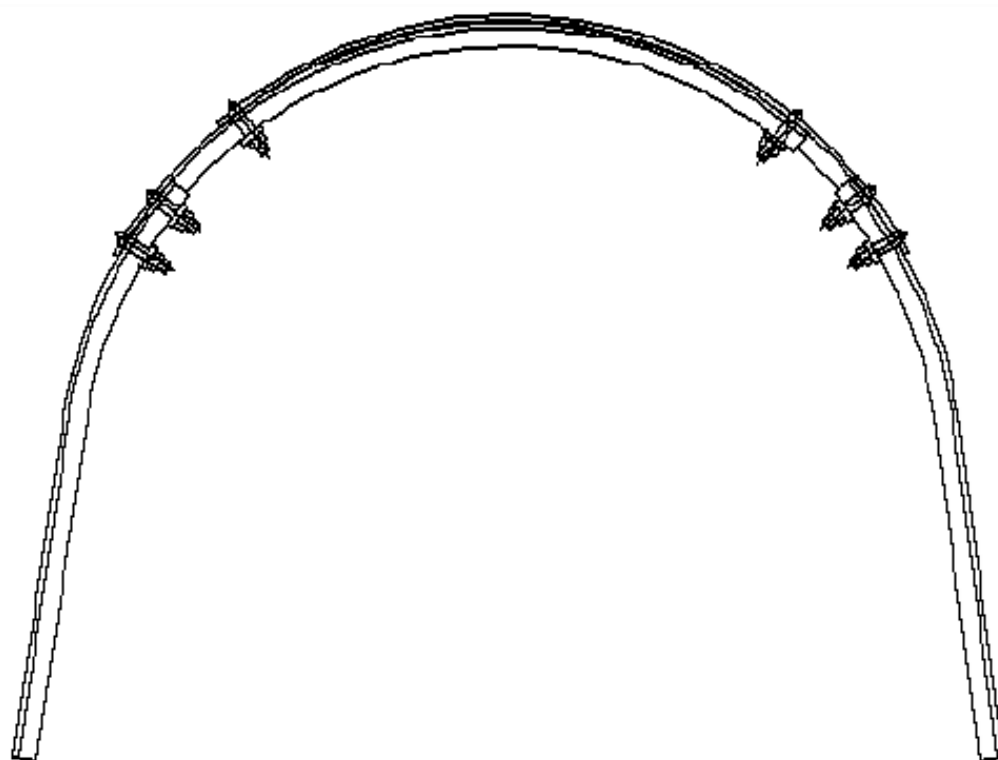


Сурет 2.9 – КПДВ қолданыстағы тіреудің сыртқы көрінісі

"Интер-инвест көмір" ЖШҚ шахтасында тіреу элементтерінің деформацияларын бақылау тіреуді одан әрі жетілдіру қажеттігін көрсетті [23, с. 259-263]. Оның жұмысының тұрақтылығы мен иілмелігін арттыру үшін келесі техникалық шешімдер қабылданды:

- тіректердің тік сызықты учаскелерінің вертикальға бұрышпен орналасуы;
- иілмелі құлып қосылыстарын вертикальға 50...60 градус бұрышта орналастыру, бұл вертикаль ығысулар басым болған кезінде тіреудің тиімді жұмысын қамтамасыз етеді;
- иілу моменттерінен көтерілген жүктемелерге түйіннің кедергісін арттыру мақсатында иілмелі түйін элементтерінің қабаттасу аймағын арттыру [23, с. 259-262].

Мұның бәрі тіреудің жаңа нұсқасын жасауға әкелді (2.10-сурет) [23, с. 259-262].



Сурет 2.10 – КПДВ тіреуінің жетілдірілген нұсқасы

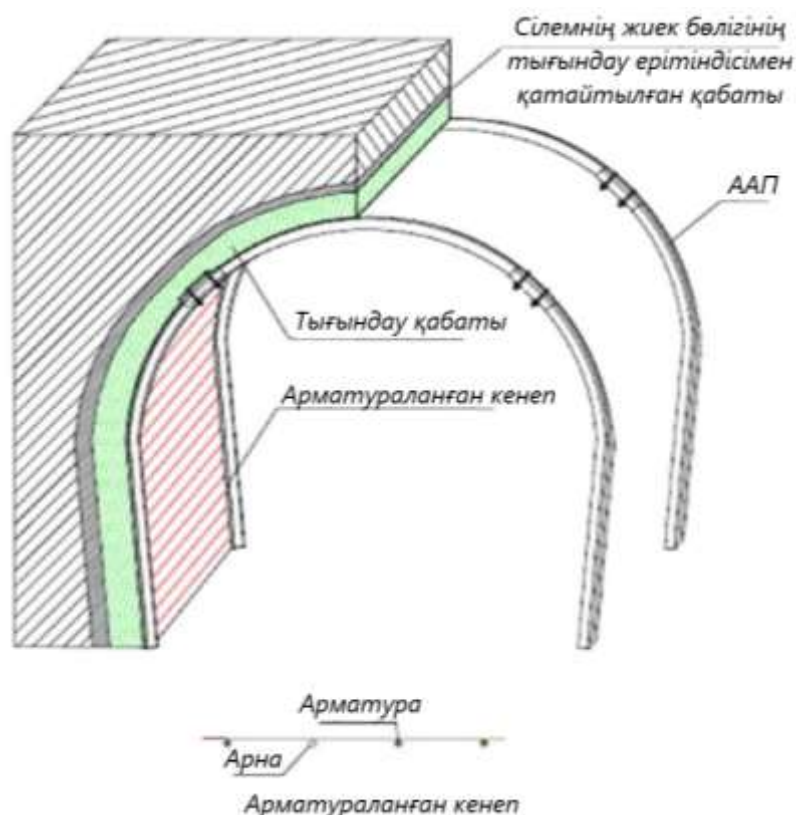
Мақала авторлары күшейтілген маңдайша бар тіреулердің геометриялық параметрлерін одан әрі жетілдіру және оларды күрделі тау-кен геологиялық жағдайларда көмір шахталарында қолдану мәселесін қарастыру орынды деген қорытындыға келді [23, с. 259-262].

Тіреудің көтергіштігін арттырудың тағы бір әдісі Кузбасс мемлекеттік техникалық университетінің журналында жарияланған В.П. Таценко, А.С. Лисковец, М.В. Саблина "Тіреусырты кеңістігін тампонаж материалымен толық толтыру арқылы рамалық тіреудің көтергіштік қабілетін арттыру" мақаласында қарастырылған, №2, 2018 [25].

Кузбастағы тіреусырты кеңістігінің тампонажы күрделі тау-кен-геологиялық жағдайларда тау-кен қазбаларын жүргізу кезінде кеңінен таралды [23, с. 259-263]. Кузнецк бассейнінің көптеген шахталарында тіреулердің дәстүрлі түрлерімен біріктірілген тау жыныстарының сілемін бекіту және инъекциялық қатайту технологиясы қолданылды.

Қазбалардың тұрақтылығын арттыру тәсілі ретінде инъекциялық қатайтуды қолдануды тежейтін негізгі себептер қысыммен тампонаждық ерітінділердің су шығынын ескере отырып, қазбаларды бекітудің геомеханикалық негіздемесінің болмауы, қысыммен тампонаждық ерітінділердің су шығуын ескере отырып, қазбаларды бекітудің геомеханикалық негіздемесінің болмауы, қазбалардың айналасында оқшаулағыш қабықшаларды, сондай-ақ жұмыс істейтін тампонаждық кешендерді тұрғызудың конструкциялары мен технологиясының болмауы болып табылады [25, с. 45-52].

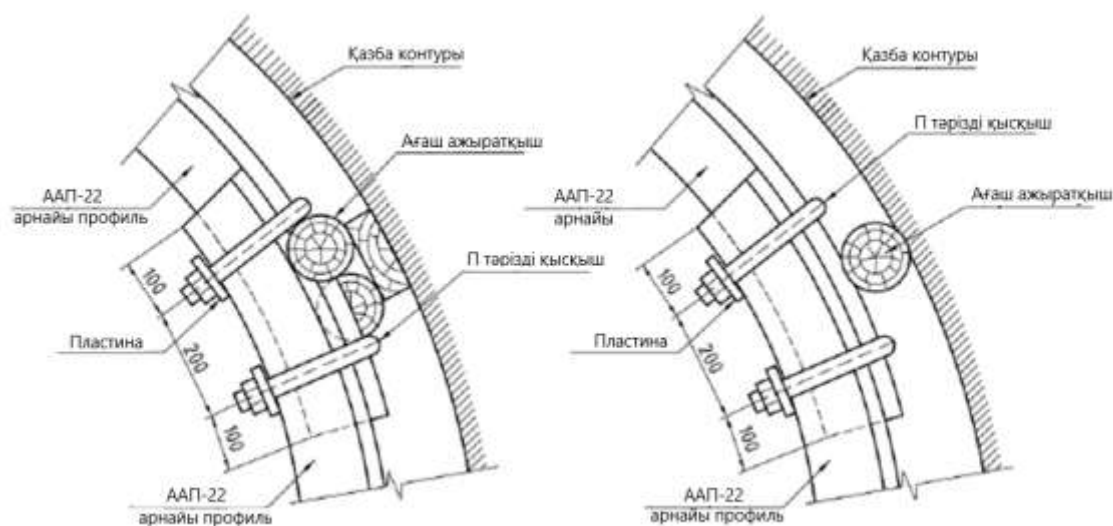
Тау-кен қазбасының рамалық тампонаждық тіреуі (2.11-сурет) металл рамалық тіреуден, тампонаждық қабаттан, арматураланған болаттан жасалған шыбықтар орналасқан ішкі көлденең арналары бар рамааралық жабын ретінде пайдаланылатын арматураланған кенептен тұрады [25, с. 45-52].



Сурет 2.11 – Тіреу конструкциясының сұлбасы

Сондай-ақ, Ю.С. Глубоковскийдің "Ажырату элементтері бар металл арка тіреулерінің жүк көтергіштігінің өзгеру заңдылықтарын зерттеу" тақырыбындағы диссертациялық жұмысында ішкі күштерді металл арка тіреулерінде алдын ала бекіту арқылы қайта бөлудің белгіленген заңдылықтарын қолдану қарастырылған [3, с. 14].

Ажырату элементтерін басқару күшінің әсері ретінде қолданудың артықшылығы - олардың минималды құны. Кемшілігі – ажырату элементтерін орнату қазбаны үңгілеп тіреу рамасын тұрғызу кезінде немесе қазбаны қайта бекіту кезінде ғана мүмкін болады. Себебі, ажырату элементтері тек иілу моменті тіреуді жыныс сілеміне қарай деформациялайтын аймақтарда ғана тіреу рамасымен әрекеттеседі (2.12-сурет) [3, с. 15].



Сурет 2.12 – Иілмелі түйіндері орналасқан жерлерде ажырату элементтерін орнату

Бөлім бойынша қорытындылар

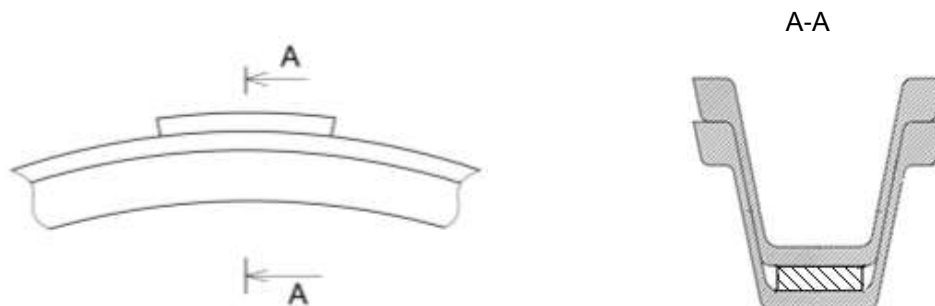
1. Қарағанды бассейнінің шахталары үшін тау-кен жұмыстарының тереңдеуіне, тау-кен-геологиялық жағдайлардың нашарлауына және қазбалардың жалпы ұзындығының өсуіне байланысты дайындық қазбаларының тұрақтылығын қамтамасыз ету проблемасы жыл сайын өзекті бола түсуде. Қазіргі уақытта бірқатар терең шахталарда жыл сайын қазбалардың жалпы ұзындығының 30-40%-на дейін жөндеу қажет. Қазбаларды жөндеу және күтіп ұстау жұмыстары қолмен орындалады, оларды механикаландыру өте қиын және тау-кен жұмысшыларына қауіп төндіреді.

2. Болат тіреулерді қолдану және жетілдіру мәселелеріне үнемі назар аударылады, бұған осы мәселе бойынша мерзімді басылымдарда өнертабыстар мен жарияланымдардың сарқылмас ағыны дәлел бола алады, бірақ соған қарамастан қолайлы шешім табылған жоқ.

3. Осылайша, күрделі тау-кен-геологиялық жағдайларда дайындық қазбаларының тұрақтылығын қамтамасыз ету тәсілдерін негіздеуге бағытталған ғылыми зерттеулердің өзектілігі сөзсіз деп айтуға болады.

3 КҮШЕЙТІЛГЕН ПРОФИЛЬДІ РАМАЛЫҚ ТІРЕУЛЕРДІ ЕСЕПТЕУ

Бұл жұмыста белсенді тау-кен қысымы аймағында өткен тау-кен қазбаларының тіреулерін пайдалану үшін арнайы прокат профильдерінің көтергіш қабілетін арттыру үшін күшейткіштерді қолдану ұсынылады. 3.1-суретте ААП қимасының күшейткішінің орналасу схемасы көрсетілген.



Сурет 3.1 – ААП қимасының күшейткіші

Бұл шешімнің мәні келесідей: металл арка тіреуі арканың әр қимасындағы иілу моменттерін анықтауға және белгілі бір учаскелердегі осы моменттердің ең үлкен мәндерін анықтауға мүмкіндік беретін есептеу негізінде таңдалатыны белгілі. Белгілі формулалар бойынша есептелген максималды иілу моментінің шамасын біле отырып, өрнектен тіреудің қимасының қажетті кедергі моменті анықталады:

$$M_{\max}/W_{\text{пр.}} \pm N/F_{\text{пр.}} \leq R/L$$

мұнда $M_{\max}$ – максималды иілу моменті, кНм;

$W_{\text{пр.}}$ – кедергі моменті, м³;

$M_{\max}$ – анықталған қимадағы қалыпты күш, кН;

$N/F_{\text{пр.}}$ – профильдің көлденең қимасының ауданы, м²;

R – 230 МПа қабылдауға болатын жайма болатының иілуіне болжамды кедергі;

L – тіреу қадамы - 0,33; 0,5; 0,75; 1 қабылданады [26].

Тіреудің кедергі моменттері және профильдердің көлденең қималарының ауданы 3.1-кестеге сәйкес анықталады.

Кесте 3.1 – Жайманың арнайы профильдерінің сипаттамалары

Профильдің типтік өлшемі	Салмағы 1 м, кг	Көлденең қиманың ауданы, F см ²	Кедергі моменттері W_x , см ³	Кедергі моменттері W_y , см ³
ААП-17	17,06	21,73	50,3	57,9
ААП-22	21,9	27,91	81,3	77,8
ААП-27	27,0	37,4	100,2	101,5
ААП-33	33,8	42,46	138,5	148,0

Нәтижесінде, тіреу раманың периметрі бойынша әр қимада максималды момент әсер ететіндей етіп таңдалады. Логикалық қорытынды-ең үлкен моменттер анықталған бөлімдердегі кедергі моменттерін көбейту жеткілікті (аркалы үш буынды тіреулер үшін иілу моменттерінің эпюрасында олардың саны үшеуі).

3.1 Күшейткіштер орнатылған рамалық тіреуді есептеу кезектілігі

Күшейтілген арка тіреулерінің параметрлерін есептеу төмендегі тізбекте жүргізілуі керек [3, с. 95]:

а) қосымша күшейту әсерлерін қолданбай тіреуді алдын ала есептеу жүргізіледі;

ә) тіреу рамасындағы моменттердің максималды қарқындылығы бар учаскелер анықталады;

б) тау жынысы сілемінің контурына қарай тіреу рамасына әсер ететін иілу моменттері экстремумдарының аймақтарында күшейткіш элементтер орнатылады;

в) тіреу рамасындағы максималды иілу моменті аймағының орналасуын есептеу және талдау жүргізіледі;

г) тіреу раасындағы күшейткіштер санын ұтымды көбейту мүмкіндігіне талдау жасалады.

Конструктивті және жұмыс сипаты бойынша аркалы металл рамалық тіреулерді екі негізгі түрге бөлуге болады: қатаң тілеулер (иілмелі түйіндері жоқ) және иілмелі түйіндері бар тіреулер [27]. Дайындық қазбаларының тіреулеріне жүктемелерді анықтау әдістері (Қосымша F)-да келтірілген. Болашақта рамалық тіреуді есептеу ҚарМТУ ПҚКӨ кафедрасының қызметкерлері әзірлеген бағдарламаның көмегімен компьютерде жүзеге асырылды.

3.2 Тіреу рамаларындағы ішкі күштердің өзгеруін зерттеу

Ұсынылған шешімді негіздеу үшін металл аркалы үш буынды тіреуде иілу моменттерін мен қалыпты күштерді анықтау қажет болды, ол компьютерде нақты, қолданыстағы жағдайларға арналған жоғарыда аталған бағдарламаның көмегімен жүзеге асырылады, содан кейін қажетті тіреу өлшемін таңдау керек болды. Тау-кен сілемі мен тіреудің кернеулі деформацияланған күйінің өзара әрекеттесуін талдау ANSYS бағдарламалық кешенінің көмегімен жүргізілді.

Профильдің және тіреудің аркалық формасының күрделі қимасы үшін оның кернеулі-деформацияланған күйі дәл аналитикалық есептеулерге келмейтіндіктен соңғы элементтер әдісі (СЭӘ) қолданылды [28].

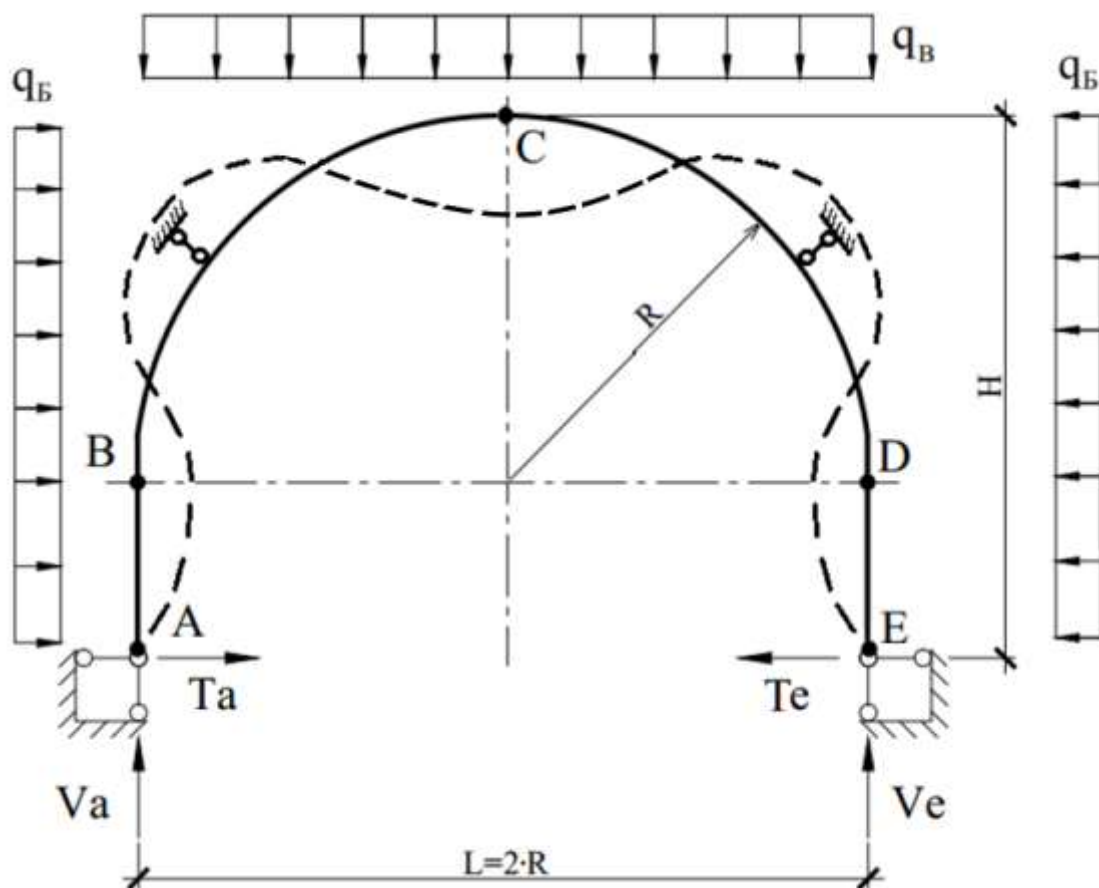
ANSYS жобалық әзірлемелерді орындауға, оларды талдауға және оңтайландыруға кең мүмкіндіктер береді, мысалы, құрылымдардың беріктігі, жылу беру және акустиканың күрделі мәселелерін шешу. Жобалық әзірлемелердің дұрыстығын тексеруді қамтамасыз ететін бұл бағдарлама қозғалыстарды, кернеулерді, күштерді, температуралар мен қысымдарды және

басқа да маңызды параметрлерді анықтауға арналған қуатты құрал болып табылады [29].

Кейбір жағдайларда үлгілерді сынау қажет емес немесе мүмкін емес. ANSYS бағдарламасын қолданатын әзірлеушілер жобаның мүмкін болатын кемшіліктерін анықтай алады немесе өнімді өндіруге немесе пайдалануға кіріспес бұрын оның ең жақсы нұсқасын таба алады. Әрине - ANSYS бағдарламасының көмегімен элементтік талдау конструкция мен өндіріс шығындарын едәуір азайтуға, әзірлеушіге ол қабылдаған шешімдердің дұрыстығына сенімділік қосуға көмектеседі. Сондықтан, осы мәселені шешу үшін ANSYS бағдарламалық кешені таңдалды.

3.3 Қатаң рамалық тіреулерді симметриялы жүктеу кезінде ішкі күштердің өзгеруін зерттеу

Қатаң тіреу рамасын симметриялы жүктемесін қарастырайық (иілмелі түйіндері жоқ) – металл рамалық аркалы тіреу. Қатаң тіреудің рамасын симметриялы жүктеу кезіндегі есептік сұлбасы мен иілу моменттерінің эпюрасы 3.2-суретте келтірілген. Берілген жағдайларда қосымша күшейту әсерлерін қолданбай иілу моменті эпюрасының конфигурациясын зерттей отырып, тіреу рамасының периметрі бойынша бұрыштық координаттары $\varphi_1=23^\circ$, $\varphi_2=157^\circ$ және $\varphi_3=90^\circ$ нүктелерде орналасқан иілу моменті экстремумдарының үш тән аймағы анықталды [3, с. 97]. Бұрыштық координаттары $\varphi_1=23^\circ$ және $\varphi_3=157^\circ$ болатын нүктелерде орналасқан иілу моменттері моменттің әсер ету аймағында тау жыныстарының контурына қарай тіреудің рамасына әсер етеді. $\varphi_2 = 90^\circ$ бұрыштық координатасында орналасқан иілу моменті моменттің әсер ету аймағында қазбаның ішіндегі тіреу рамасына әсер етеді. Қатаң тіреу рамасындағы максималды иілу моменті бұрыштық координаттары $\varphi_1=23^\circ$, $\varphi_2=157^\circ$ және $23 \text{ кН}\cdot\text{м}$ болатын нүктелерде орналасқан, өйткені күшейткіштерді қолдану тіреу рамасының көтергіштігін арттырудың арзан нұсқасы болғандықтан, алдымен оларды қолданудың ұтымды нұсқаларын қарастырайық [3, с. 22].



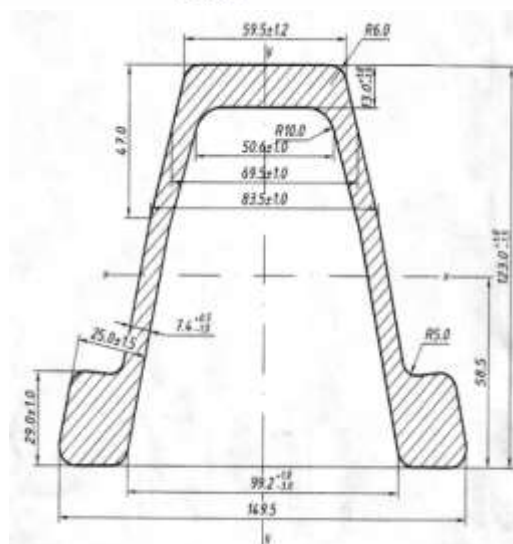
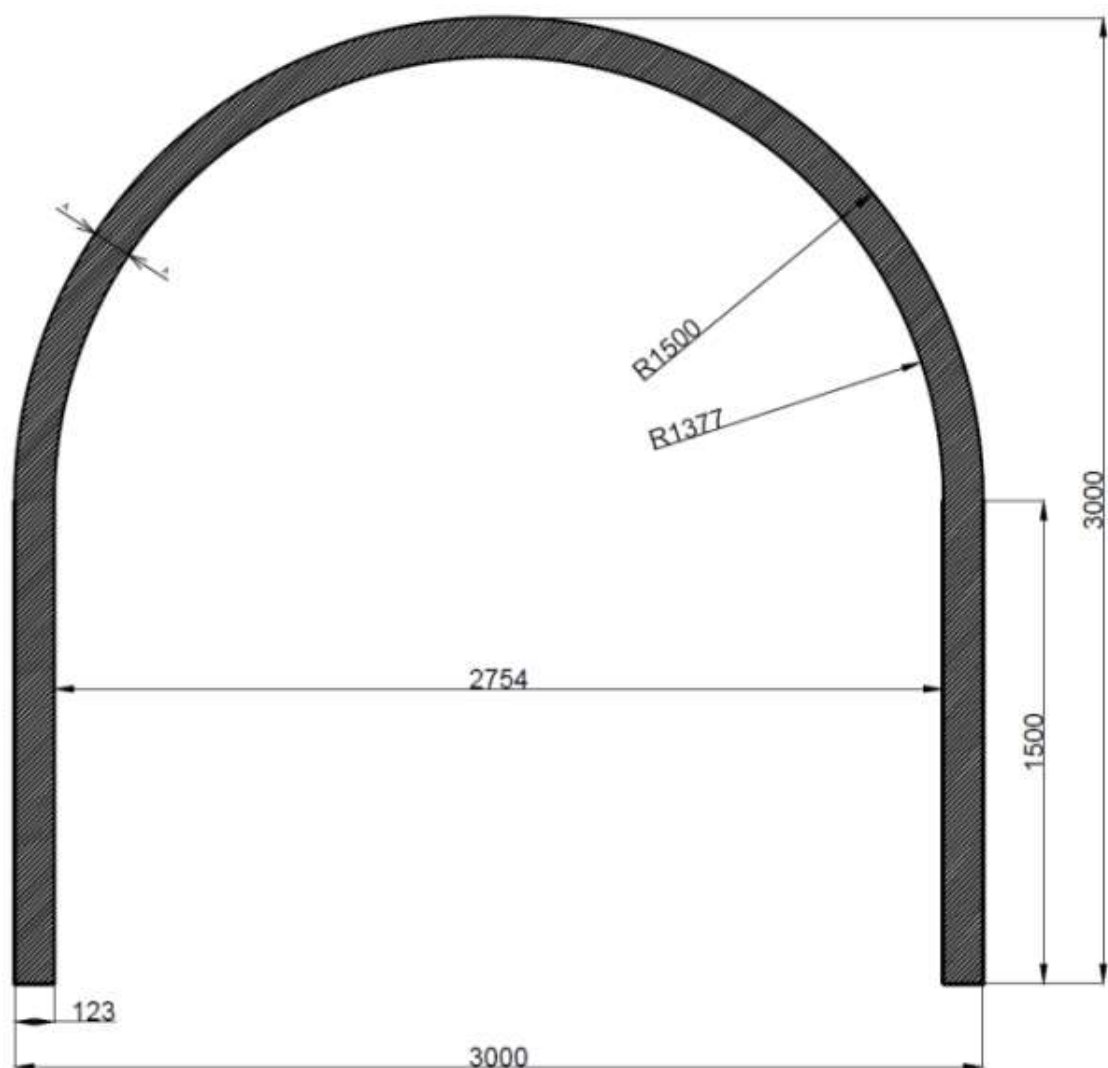
Сурет 3.2 – Қатаң тіреу рамасының симметриялы жүктемесі кезіндегі есептеу сұлбасы

3.4 Математикалық модельдеу әдісімен ұсынылған шешімнің негіздемесі

Мәселе үш нұсқада қарастырылған:

- күшейткішдерсіз тіреу;
- максималды иілу моменті бар учаскеде бір күшейткіш орнатылған тіреу;
- ең үлкен иілу моменттер жерлерінде орналасқан үш күшейткіші бар тіреу.

Математикалық модельдеу үшін біз ААП-27 арнайы профилінен жасалған тіреуді қолданамыз (3.3-сурет).



Сурет 3.3 – ААП-27 аркалы тіреу

Зерттелетін объектінің геометриялық моделін жасағаннан кейін біз аркалы тіреу материалының бастапқы параметрлерін орнатамыз. Тіреулердің құрылымдық элементтері ыстықтай илектелген болаттан жасалғандықтан,

есептеу кезінде біз осы материалдың тиісті деформациялық және беріктік сипаттамаларын қабылдаймыз [28, с. 56]:

- серпімділік модулі $2 \cdot 10^{11}$ Па;
- Пуассон коэффициенті $\nu = 0.3$;
- созылу беріктігі $4 \cdot 10^8$ Па.

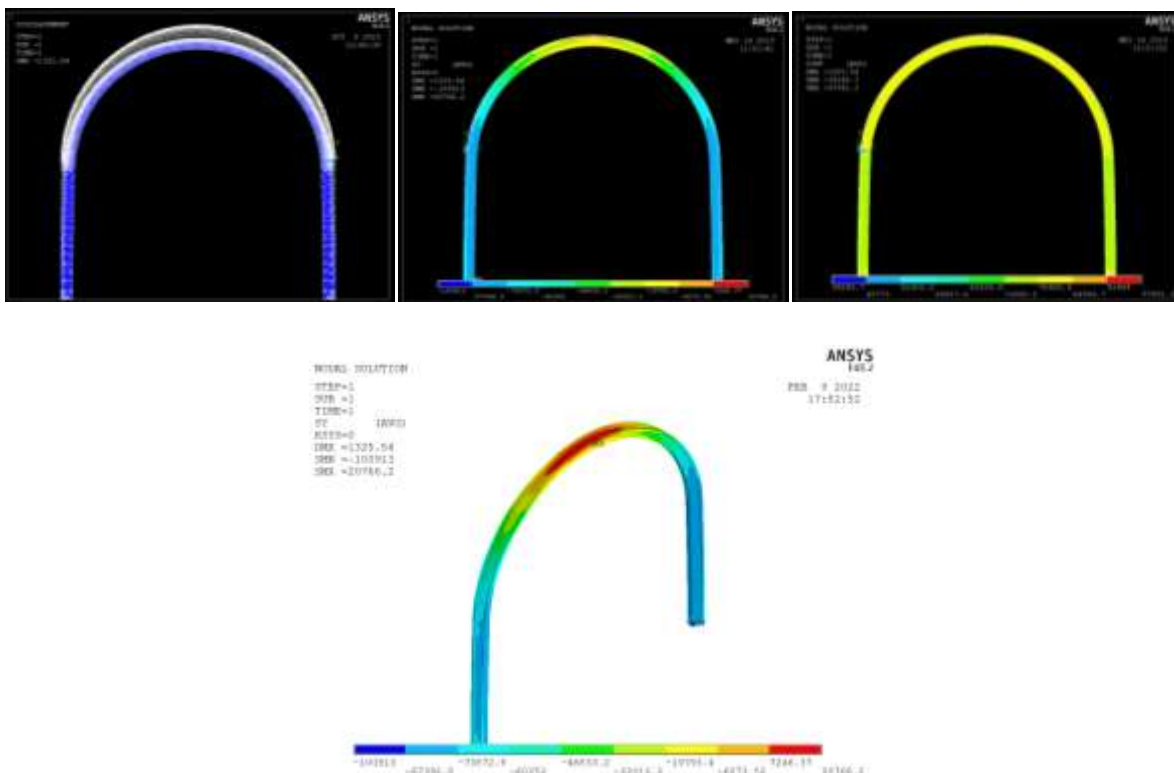
Бұл сипаттамалар толық деформация диаграммасын модельдеу кезінде есептеуге қабылданады. Толық деформация диаграммасының көрінісі шахта жағдайында жиі байқалатын рамадағы пластикалық деформациялардың пайда болуы мен дамуын ескеруге мүмкіндік береді. Бұл тәсіл модельдеудің нақты объектіге сәйкестігін арттыруға көмектеседі.

Содан кейін, соңғы элементтер әдісімен есептеу үшін тор салу керек, рамалық тіреудің негізін бекіту керек, X және Z координаттары бойынша қозғалғыштығын жабу қажет.

Алдымен біз күшейткіштерсіз аркалық тіреудің кернеулі-деформацияланған күйін есептейміз. Содан кейін 30 см ұзындықтағы осы тіреумен өлшемдерімен бірдей күшейткішті тіреудің жоғарғы бөлігінің ортасында, яғни максималды иілу моменті бар жерде модельдейміз. Әрі қарай, біз күшейткіштерді ең үлкен иілу моменттері бар үш жерге орнатамыз. Есептеулер қорытындысы бойынша статикалық талдау жүргізіледі. Процессордан кейінгі өңдеу X, Y, Z осьтері бойынша кернеу нәтижелерін, сондай-ақ максималды қозғалыстарды шығарды [30].

Тақта қазбасының тұрақтылығын бағалау міндеті дәстүрлі қабылданған идеялармен салыстырғанда кең мағынада қойылады. Қауіпсіздік қағидаларының тиісті талаптарын ескере отырып, қазбаның сенімді жұмыс істеуінің конструктивтік-технологиялық нормаларының кешені бойынша пайдалану сипаттамаларын сақтау (немесе жоғалту) тұрғысынан оның жай-күйін болжау қажет, олардың орындалуын бағалау қазба контурының болжамды орын ауыстыруларының диаграммалары бойынша және оның периметрінің белгілі бір учаскелеріндегі жол берілетін орын ауыстырулармен салыстыру бойынша жүргізіледі. Егер қазбаның сенімді және қауіпсіз жұмыс істеуінің талаптары орындалмаса, онда оның жасанды тау-кен құрылысы ретіндегі орнықтылығы мәселесі бірінші кезектегі маңызға ие болады, өйткені белгілі бір жөндеу-қалпына келтіру жұмыстарын жүргізбестен қазбаны одан әрі пайдалануға жол берілмейді [30].

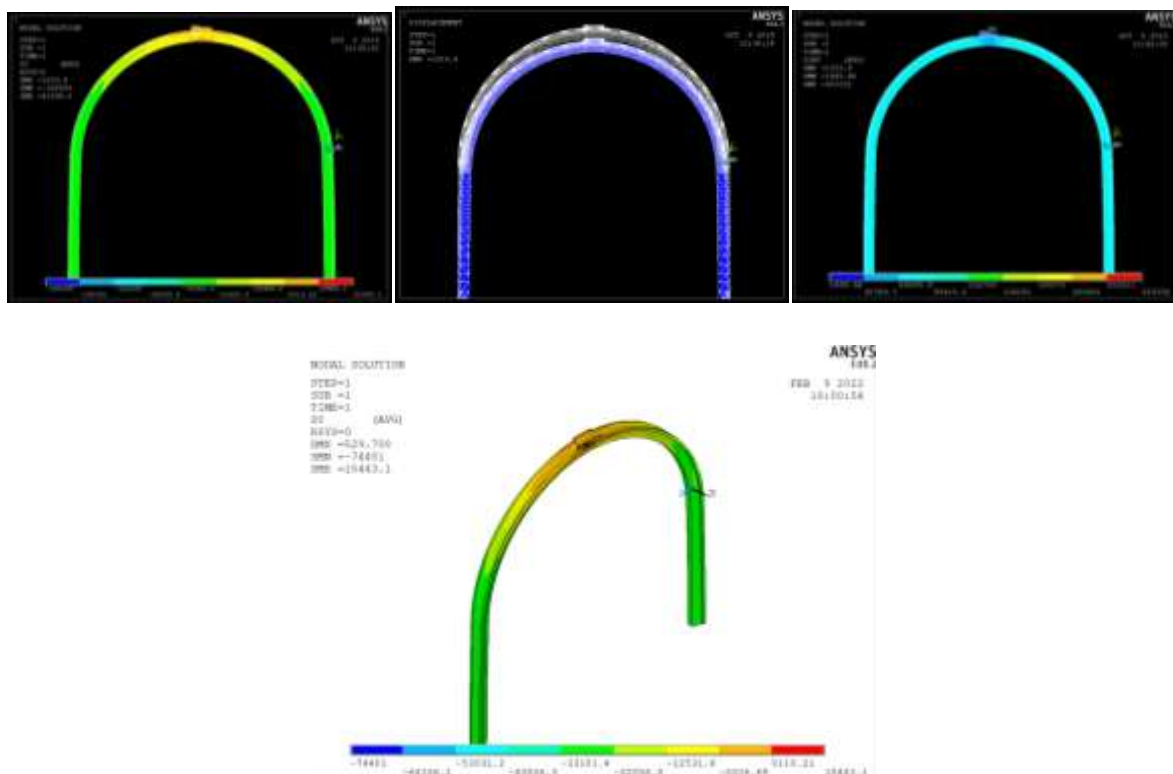
Модельдеу нәтижелері бойынша аркалық тіреудің кернеулі-деформацияланған күйінің графикалық бейнесі 3.4-3.6 суреттерде көрсетілген. Төменгі жағында кернеулердің әртүрлі түстеріне сәйкестік сызығы берілген [31].



Сурет 3.4 – Күшейткіштері жоқ тіреу аркасындағы кернеулер

3.4-суреттегі күшейтілмеген аркадағы 20,76 МПа мәніне сәйкес келетін қызыл кернеу өрісі ең үлкен кернеулердің шоғырлану аймағын көрсетеді. Рамалық тіреудің компьютерлік моделі оның конструкциялық ерекшеліктерін мүмкіндігінше көрсету шартымен жасалған. Рамадағы кернеудің максимумдары дөңгелектелген аумақта тұрақты орналасқан, бұл дәл осы жерде иілу моменттерінің жоғарылауымен түсіндіріледі, бұл шатырдағы контурлық жыныстардың қарқынды жылжуына және әлсіз қабатты жыныстарға тән қазба жақтарына байланысты. Осылайша, рамалық тіреу оның контуры бойымен пластикалық топсалардың тұтас сериясын қалыптастыру үшін шекті күйге өтеді, бұл бір жағынан рамаға ең көп жүктелген бөлімдерде икемділікті арттырады, ал екінші жағынан, қазбаны пайдалану мүмкіндігін болдырмайтын раманың деформациясына ықпал етеді [31, р. 84-90].

3.5-суретте 1 күшейткіші бар аркалы тіреудің кернеулі-деформацияланған күйі көрсетілген, мұнда Y осі бойынша кернеудің максималды концентрациясы 18.44 МПа құрайды. Рамалық тіреудің кернеулі деформацияланған күйіне, бір күшейткішті қолданған кезде, жақын жыныс тақталарының беріктік және деформациялық сипаттамалары да айтарлықтай әсер етеді. Сондықтан, қазбаның рамалық тіреуін негіздеп таңдау үшін негізгі әсер ететін геомеханикалық параметрлермен байланыстарды ескеру қажет [31, р. 84-90].

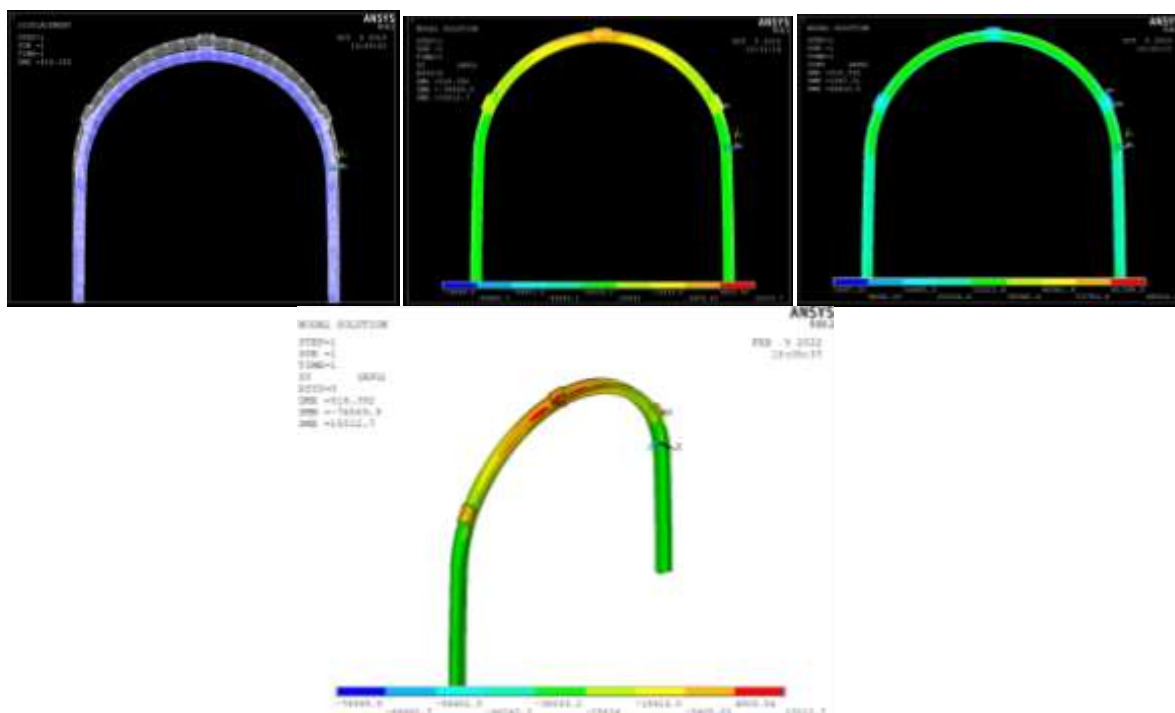


Сурет 3.5 – Бір күшейткішті қолданған кездегі тіреу аркасындағы кернеулер

3.5-суретте көрсетілген рамалық тіреу тік қысу кернеулерінің жоғарылауына және көлденең кернеулердің төмендеуіне ұшырайды, бұл жиынтықта келтірілген кернеулердің концентрациясын тудырады және тіректің қисық сызықты бөлігі мен оның тірегі аймағында пластикалық күйдің кеңейтілген аймақтарын қалыптастырады, бұл тіректер мен рамалық тіреулердің тұрақтылығын жоғалтуға әкелуі мүмкін [31, р. 84-90].

3.6-суретте үш күшейткіші бар аркалы тіреу көрсетілген. Кернеу шкаласынан көріп тұрғандай, Y осі бойынша максималды кернеу 15.01 МПа құрайды.

3.6-суретте көрсетілген рамалық тіреу жақын жыныс тақталарының деформациялық сипаттамаларына айтарлықтай тәуелді болмай, жеткілікті тұрақты кернеу күйінде (бағалау критерийі бойынша – кернеулердің шамасында) болады. Әлбетте, бұл раманың біркелкі жүктелуін қамтамасыз ететін, сондай-ақ рамадағы пластикалық топсалардың пайда болуымен, оның контуры бойынша иілу моментінің максимумдарын төмендететін шекті күйдегі жыныстардың деформация қабілетінің жоғарылауымен байланысты. Жыныс тақталарының деформация модулінің өзгеруі беріктік сипаттамаларының төмендеуімен де, жоғарылауымен де максимумға айтарлықтай әсер етпейді [31, р. 84-90].

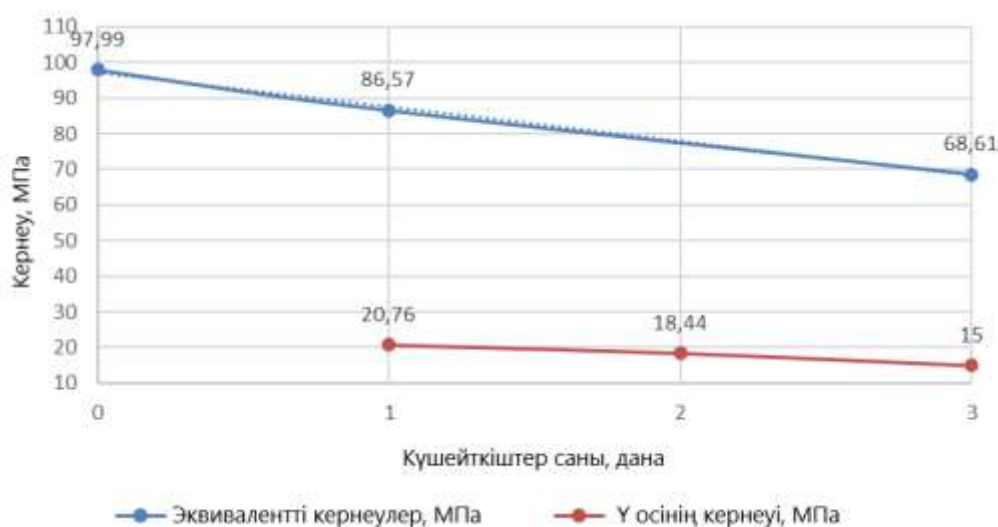


3.6 сурет - 3 күшейткіш орнатылған тіреу рамасындағы кернеулер

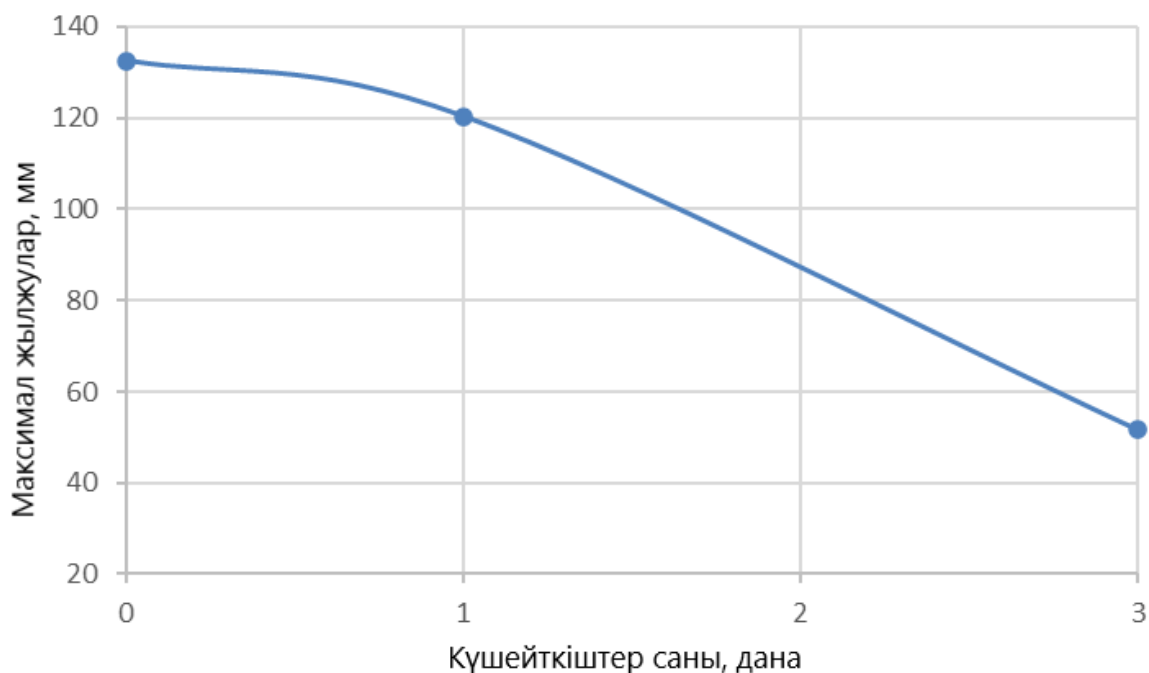
Модельдеу нәтижесінде алынған деректер жүйеленген және 3.2-кестеде және 3.7 мен 3.8-суреттерде келтірілген.

Кесте 3.2 – Тіреу аркасындағы КДК мәндері

Параметр	Күшейткіштері жоқ тіреу	1 күшейткіші бар тіреу	3 күшейткіші бар тіреу
Максималды ығысу, мм	132.554	120.34	51.64
X осі бойынша кернеулер, МПа	21.74	24.96	25.69
Y осі бойынша кернеулер, МПа	20.76	18.44	15.01
Z осі бойынша кернеулер, МПа	27.04	19.32	12.87
Фон Мизестің эквивалентті кернеуі, МПа	97.99	86.57	68.61



Сурет 3.7 – Кернеудің күшейткіштер санына тәуелділігі



Ри

Сурет 3.8 – Ығысудың күшейткіштер санына тәуелділігі

Модельдеу нәтижелерінен көріп отырғанымыздай, үш күшейткішті орнатқан кезде максималды қозғалыстар 2,4 есе, Y осіндегі кернеу 1,4 есе, кернеу қарқындылығы 1,8 есе азайды.

Бөліму бойынша қорытындылар:

1. Жүргізілген сандық эксперименттердің нәтижелерін талдау металл тіреулерді модельдеудің ұсынылған әдісі модельді нақты жағдайларға жақындатуға мүмкіндік береді деген қорытынды жасауға мүмкіндік берді. Берілген модельдеудің нәтижелері (аркалы күшейтілген қондырғысы бар қазба) қазбаның бүйірлері мен алда болатын кернеулердің азаюын көрсетеді, бұл кенеттен шығарындылар мен деформациялардың пайда болу ықтималдығының төмендеуін қолдайды, оның көтергіштігін арттырады.

2. Сандық зерттеу әдісін қолданудың басты артықшылығы-нәтижелерді алудың қарапайымдылығы мен жылдамдығы. Олар модельденген объектінің кернеулі-деформацияланған күйін екпінді бағалауға мүмкіндік береді. Осылайша, ANSYS бағдарламалық өнімі геомеханикалық процестерді модельдеуге жарамды. Дәл осы бағдарламалық жасақтаманың арқасында математикалық модельдеу экспериментін сапалы жүргізуге және соңғы элементтер әдісімен мүмкіндігінше дәл есептеуге болады [32].

3. Тіреулерді ең аз салмақ пен құн жүйесі ретінде жобалау үшін жүктемені бөлу заңына сәйкес құрылымдық материалды барлық жүк көтергіш элементтер үшін шамамен бірдей қауіпсіздік қорын қамтамасыз ететіндей етіп тарату қажет. Есептеу техникасының заманауи мүмкіндіктері соңғы элементтер әдісін қолдана отырып, тау сілемісен өзара әрекеттесудің нақты жағдайларына мүмкіндігінше жақын арка тіреуінің жұмысын модельдеуге мүмкіндік береді.

Арка периметрі бойынша әрекет етуші кернеулерді теңестіру бірдей беріктік элементтерін пайдалану принципінен бас тартуды талап етеді. Арка доғасының учаскесінде жүктеме шоғырланған жағдайда, маңдайшаны арнайы профиль элементімен күшейтіп, сонымен бірге раманың алдын-ала кернеуін құрған жөн [33].

4 КҮШЕЙТІЛГЕН ТІРЕУДІ ФИЗИКАЛЫҚ ЖӘНЕ САНДЫҚ МОДЕЛЬДЕУ

4.1 Арнайы профиль моделін эксперименттік зерттеу

Рамалық тіреудің көтергіш қабілетін күшейту элементтерін қолдану арқылы арттыру әдісін зерттеу шеңберінде, сондай-ақ сандық модельдеу нәтижелерінің физикалық элементтермен жақындасуын анықтау үшін GCTS PLT-2W гидравликалық прессінде ААП 1:50 масштабында ААП имитациялайтын балка түріндегі түзу тіреу маңдайшасы сыналды. Сынақ екі нұсқада-күшейткіштерді қолданбай және үш күшейткішті қолдана отырып жүргізілді [25, с. 45-52].

Сынақтардың мақсаты - тіреу элементтерінің параметрлерін салыстыру. Сынақтарды өткізу үшін балка түріндегі рамалық тіреудің маңдайшасы үлгілері дайындалды.



Сурет 4.1 – GCTS PLT-2W нүктелік жүктеме прессі

GCTS PLT-2W сынақтарға арналған нүктелік жүктеме құрылғысы (4.1-сурет) - өте дәл, жоғары беріктігі бар анодталған алюминийден жасалған,

пайдалануы оңай жүйе. Кішігірім конструкциясы арқасында сынақты зертханада да, далада да жасауға мүмкіндік береді. Жүйе деректерді автоматты түрде жинауға және талдауға және орташа шексіз күш туралы есеп беруге арналған бағдарламалық жасақтаманы қамтиды. Ол батареямен жұмыс істейді және деректерді жинауды жеңілдету және қажетсіз қателерді жою үшін iPhone, iPad немесе кез келген мобильді құрылғымен сымсыз байланыс орнатуға қабілетті. Жүйемен өлшенген барлық көрсеткіштер мобильді құрылғыдағы GCTS PLT қолданбасына жіберіледі, бұл пайдаланушыға деректерді тікелей көруге және талдауға мүмкіндік береді. Қолданба сонымен қатар пайдаланушыға жиналған деректерді қажет болған жағдайда өңдеуге мүмкіндік береді және олар дайын болған кезде деректерді тікелей GCTS қолданбасынан пайдаланушының қалауы бойынша кез келген электрондық поштаға жіберуге болады.

Нүктелік жүктеме сынағышына Бразилиялық, бір осьтік, Бринеллиялық және ультрадыбыстық жылдамдықты тексеруге мүмкіндік беру үшін қосымша мәліметтер қосылуы мүмкін. Бұл нүктелік жүктеме прессінің тау жыныстарының беріктігі параметрлерінің кең ауқымын тексере алатын шағын және арзан құрылғы болуына мүмкіндік береді.

Зертханалық сынақтар МЕСТ Р 50910-96 «Йілмелі рамалы металл тіреулер» [34] сәйкес орындалады.

Пресс жоғарыдан және төменнен жергілікті жүктемені тудыратындықтан, балкаға тік жүктемені біркелкі тарататын цилиндрлер, сондай-ақ қалыңдығы 3 мм металл пластина орнатылды. Бұл конструкция қалыңдығы 15 мм болат тірекке орналастырылды, шеттеріне балкалық тіректерінің «сырғып кетуіне» жол бермейді шектеулер қойылды (4.2-4.3-сурет).

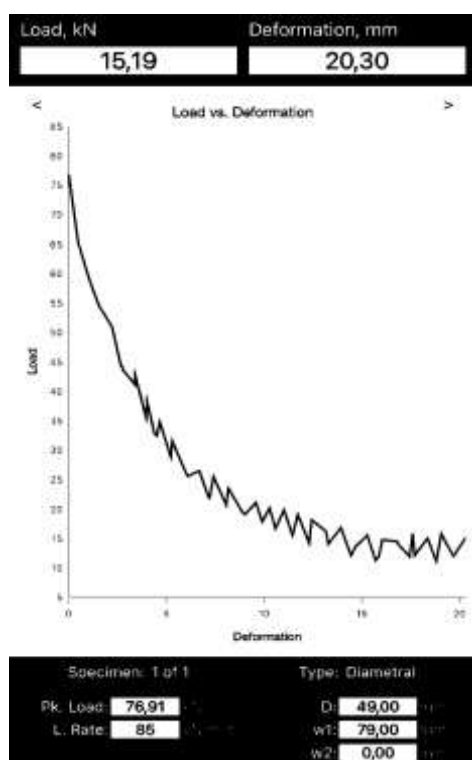


Сурет 4.2 – Күшейткіштері жоқ балканы сынау

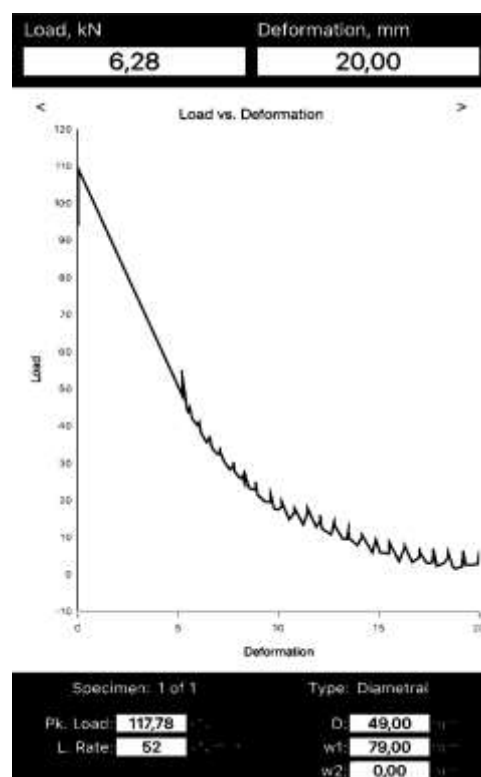


Сурет 4.3 – 3 күшейткіштері бар балканы сынау

Нәтижесінде сынақ үлгісінің деформациясы әкелетін жүктеме берілді. 4.4-суретте деформацияның жүктемеге тәуелділігі көрсетілген. Жүктеме күшейткіші жоқ балкада деформация 76.91 кН-нан, ал күшейткіштері бар балкада 117,78 кН-нан басталды. Сынақ нәтижелері 4.1-кестеде келтірілген.



а



б

а – күшейткіштер жоқ; б – күшейткіштермен

Сурет 4.4 – Балкаларды сынау нәтижелері

Кесте 4.1 – Балканың иіле бастауының жүктемесі туралы мәліметтер

Көрсеткіш	Күшейткіші жоқ балка	3 күшейткіш орнатылған балка
Ең үлкен жүктеме, кН	76,91	117,78

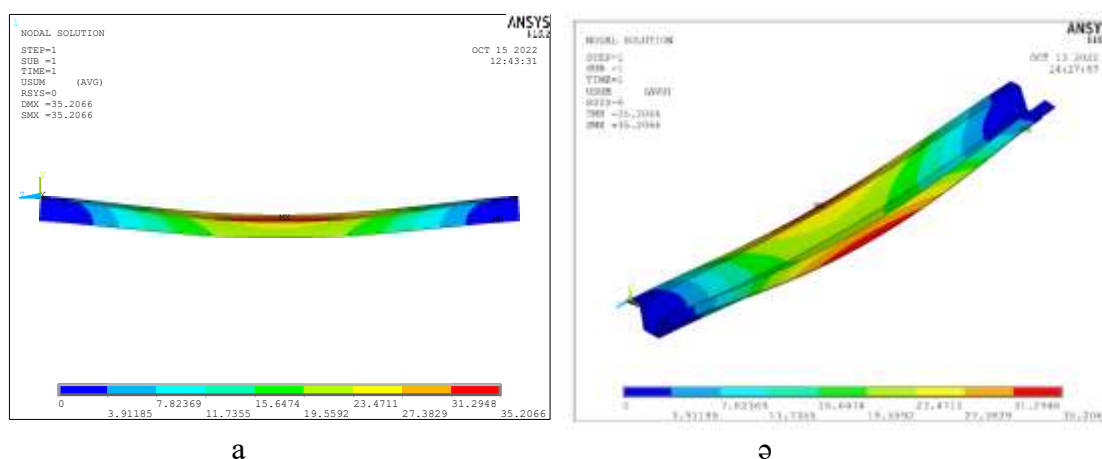
Тіреу элементтерін зертханалық сынау барысында:

– 95-тен 117,78 кН-ге дейінгі жүктемелер аралығындағы күшейткіші бар балка деформацияға ұшырамады, ал күшейткіштері жоқ балка 76,91 кН-да деформациялана бастады.

– ААП профиль күшейткіштерін қолдану балканың жүк көтергіштігін 53%-ға арттыруға мүмкіндік берді.

4.2 Зертханада сыналған арнайы профиль үлгісін сандық модельдеу

Бұл балка ANSYS Mechanical APDL бағдарламасында физикалық модельдегідей параметрлермен модельденген. Біріншіден, күшейткішсіз балка модельденді, оның шеттерінде барлық бағытта сызықтық шектеулер қойылды, жоғарыдан біркелкі тараған жүктеме қолданылады (4.5-сурет). Модельдеу алгоритмі (Қосымша Г)-да көрсетілген.

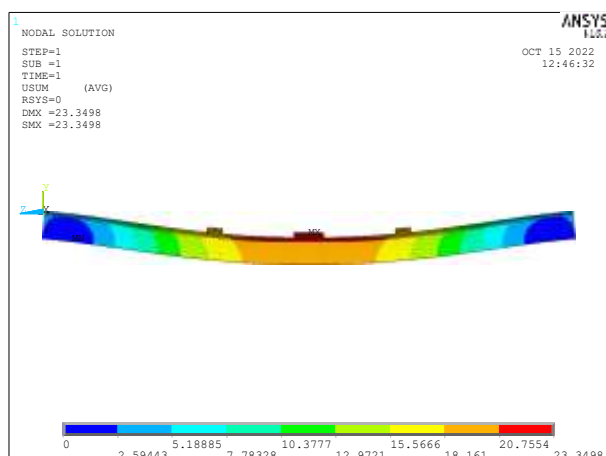


а – алдыңғы көрініс ; ә – кеңістіктіктегі көрініс

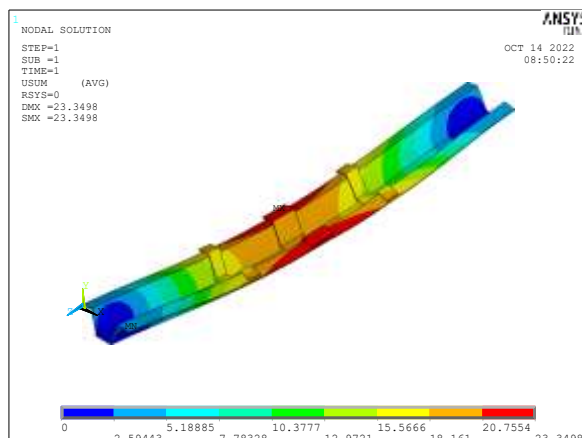
Сурет 4.5 – Күшейткішсіз балканың кернеуі

4.5-суреттерден көрініп тұрғандай, балканың орталық жоғарғы бөлігінде қызыл аймаққа сәйкес келетін максималды қисықтар пайда болды.

Әрі қарай, үш күшейткіші бар балка модельденеді (4.6-сурет). Бағдарламаның алгоритмі (Қосымша Д)-да көрсетілген.



а



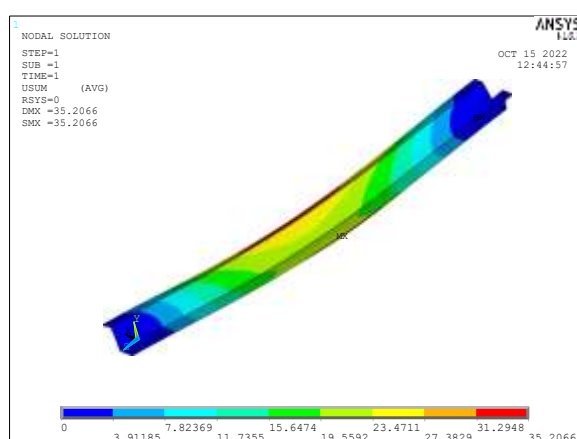
ә

а – алдыңғы көрініс ; ә – кеңістіктегі көрініс

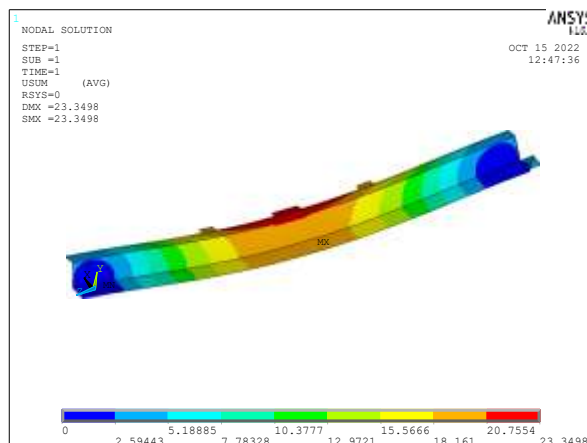
Сурет 4.6 – 3 күшейткіш орнатылған балка кернеуі

Модельдеу нәтижелерінен бірдей жүктеме кезінде төменгі орталық бөліктің әртүрлі кернеулерге ұшырағанын көруге болады (4.7-сурет):

- күшейткіші жоқ балкада – кернеу 35МПа;
- үш күшейткіші бар балкада- кернеу 23 МПа.



а



ә

а – күшейткіші жоқ балканың төменгі бөлігі ; ә – 3 күшейткіш орнатылған балканың төменгі бөлігі

Сурет 4.7 – Деформацияланған балканың төменгі көрінісі

4.3 Балканың кедергі моментін есептеу

Кедергі моменті – инерция моментінің ең алыс нүктеге дейінгі қашықтыққа қатынасы.

W_x және W_y кедергі моментін геометриялық параметрлердің функциялары ретінде қарастырайық [28, с. 61]:

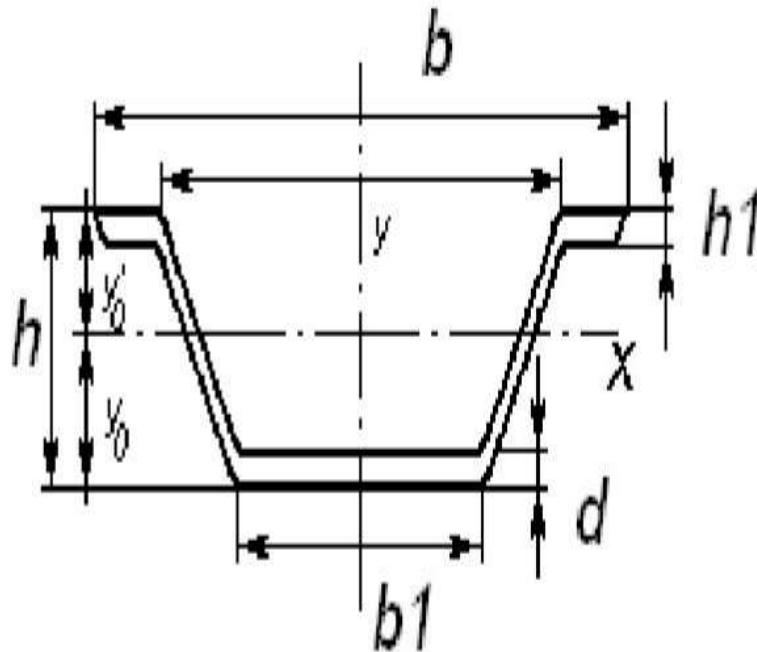
$$W_x = f(b, b_1, d, h, h_1)$$

$$W_y = f(b, b_1, d, h, h_1)$$

2. Канондық түрге түрлендірілген теңдеуді h -ге қатысты шешеміз.

3. ААП(d) өлшемдер типті қатары үшін h -ны азайта отырып, b және b_1 параметрлі сынақтан өтетін арнайы профильдің геометриялық өлшемдерін анықтаймыз.

Есептеу схемасы 4.8-суретте көрсетілген. Бастапқы деректер 4.2-кестеде келтірілген [28, с. 62; 35].



Сурет 4.8 – Есептік сұлбасы

Кесте 4.2 – ААП арнайы профилінің геометриялық параметрлері

Профиль	W_x	S	h	h_1	b	b_1	d	d_1
Балка	белгісіз	0,694	1,75	0,1	4,1	1,4	0,1	0,1

Профильдің көлденең қимасының ауданы, см^2 [35, с. 36-38]:

$$F = F_1 + F_2 + F_3,$$

мұнда F_1 , F_2 , F_3 – жеке профиль сегменттерінің аудандары [28, с. 72; 35, с. 36-38]:

$$F = \frac{1}{2}(a + b)h \text{ – трапеция ауданы [28, с. 75];}$$

$$F_1 = \frac{1}{2}(1,4 + 1,259)0,1 = 1,35 \text{ – негізі;}$$

$$F_2 = 3,86 \text{ – бүйір беттері;}$$

$$F_3 = \frac{1}{2}(0,9 + 0,83) * 0,1 * 2 = 1,73$$

$$F = F_1 + F_2 + F_3 = 0,694$$

$$J_{x1} = \frac{b_1 \cdot d^3}{12} + F_1 \cdot \left(y_0 - \frac{d}{2}\right)^2 = \frac{1,4 \cdot 0,1^3}{12} + 1,35 \cdot \left(0,875 - \frac{0,1}{2}\right)^2 = 0,9189$$

$$J_{x2} = \frac{|d_1 \cdot (h - h_1 - d)^3|}{6} + F_2 \cdot (y'_0 - y_0)^2 = \frac{|0,1 \cdot (1,75 - 0,1 - 0,1)^3|}{6} + 3,86 \cdot (0,875 - 0,875)^2 = 0,06206$$

$$J_{x3} = \frac{(b - b_2) \cdot h_1^3}{12} + F_3 \cdot \left[\frac{y'_0 - h_1}{2}\right]^2 = \frac{(4,1 - 1,259) \cdot 0,1^3}{12} + 1,73 \cdot \left[\frac{0,875 - 0,1}{2}\right]^2 = 0,26$$

$$J_x = J_{x1} + J_{x2} + J_{x3} = 1,24$$

мұнда y_0, y'_0 - х және у осьтеріне қатысты шеткі нүктелердің координаттары;

$J_x = J_{x1} + J_{x2} + J_{x3}$ - х осіне қатысты профильдің инерция моменті, см^4 ;

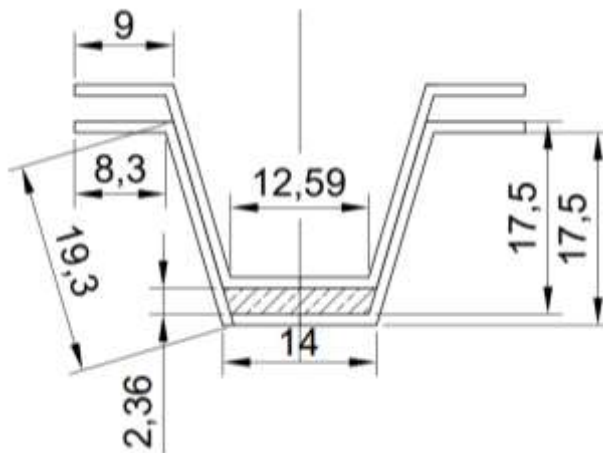
Жеке сегменттердің инерция моменттері [28, с. 76; 35, с. 36-38].

Х осіне қатысты профильдің кедергі моменті

$$W_x = \frac{J_x}{y_0} = \frac{1,24}{0,875} = 1,42 \text{ см}^3$$

4.4 Физикалық және сандық модельдеу нәтижелерін салыстырмалы талдау

Престе сыналған балканың көлденең қимасының ауданы (4.9-сурет) $0,694 \text{ см}^2$, ал ААП-27 көлденең қимасы - $34,37 \text{ см}^2$. Осылайша, сыналған балка көлденең қимасы бойынша нақты ААП-27-ден 49,5 есе аз. Балканың кедергі моменті $1,42 \text{ см}^3$, ал ААП-27 - кедергі моменті $100,2 \text{ см}^3$.



Сурет 4.9 – Сыналған балканың көлденең қимасы

Модельдеу нәтижелерін салыстыру нәтижесінде алынған мәліметтердің сәйкестігі 3%-ға, күшейткішсіз 13%-ға тең екенін көрсетті. Бұл нәтижелердің мәндері рамалық тіреулерді сынау және шығару кезінде рұқсат етілген ауытқулар диапазонында болады [4].

Тіреудің маңдайшасының түзу балкасының сандық және физикалық модельдеу нәтижелерін салыстыра келгенде бірдей деформация кезінде үш күшейткіші бар балканың жүк көтергіштігі 53%-ға жоғары екенін көрсетті. 1:50 модельдеу масштабында рамалық тіреудің маңдайшасы нақты жағдайларда шамамен 535 кН/арка жүктемесіне төтеп береді деп күтуге болады (анықтамаға сәйкес ААП-27 тіреудің жүк көтергіштігі 350 кН/арка) [36].

Жүк көтергіштік арттырудың ұсынылған әдісін тек аркалық тіреулерге ғана емес, сонымен қатар арнайы ауыстырылатын профиль немесе оған ұқсас профильден жасалатын трапеция, сақина және басқа тіреулерге де қолдануға болатынын айта кеткен жөн.

4.5 Жайма профильдерін күшейтудің экономикалық тиімділігі

Ұсынылған шешімнің болжамды экономикалық тиімділігін есептеу үшін Қарағанды көмір бассейнінің шахталарында кеңінен қолданылатын ААП 22 немесе ААП 27 рамалық аркалы үш буынды тіреумен бекітуді көздейтін қима таңдалды. Қима мен тіреудің негізгі өлшемдері 4.3-кестеде келтірілген.

Кесте 4.3 – Тіреудің конструкциясының элементтерінің негізгі өлшемдері мен сипаттамалары

Қазба қи масының ауданы, м ²		Про филь номе рі №	Маңдайша			Тірек			Байла ныстары мен байланысты рушы қап сырмалары бар арка сал мағы <i>m</i> , кг	Темір бетонды қатайт қыштар, саны, дана
Ұңғы мада	жа рық та		қисық тық радиусы <i>r</i> , м	ұзын ды ғы, м	сал мақ, кг	қисықтық радиусы <i>R</i> , м	ұзын ды ғы, м	сал мақ, кг		
10,4	8,0	22	1,74	3,2	70,5	1,72	2,95	65,0	0,255	37
11,4	8,8	22	1,74	3,2	70,5	1,98	3,10	68,2	0,261	39
12,8	10,0	22	2,00	3,65	80,5	1,98	3,10	68,2	0,272	41
14,7	11,6	27	2,27	4,20	113,0	2,25	3,10	83,6	0,348	44
18,5	14,9	27	2,27	4,20	113,0	2,80	3,80	105,0	0,389	52
20,2	16,4	27	2,52	4,65	125,6	2,80	3,80	105,0	0,402	54
21,3	17,3	27	2,67	4,90	132,0	2,80	3,80	105,0	0,408	55

Бекіту қадамым 0,5 м болғанда 100 м қазбаға болат аркалы тіреудің жалпы қажетті ұзындығы $l_{a.k.}$ құрайды:

$$l_{a.k.} = (P_{a.k.} - B_{a.k.}) \cdot (l_{\text{выраб}} \div L), \text{ м}$$

мұнда $P_{a.k.}$ – бір аркалы тіреудің периметрі, м;

$B_{a.k.}$ – аркалы тіреудің ені, м;

L – тіреу қадамы, м;
 $l_{\text{выраб}}$ – қазба ұзындығы, м.
ААП-22 үшін:

$$l_{\text{а.к.}} = 1694 \text{ м}$$

ААП-27 үшін:

$$l_{\text{а.к.}} = 2140 \text{ м}$$

2022 жылғы 10 қарашадағы жағдай бойынша Қазақстан нарығында ААП-22 және ААП-27 тіреулердің құны тиісінше 294 мың тг/т және 298 мың тг/т құрайды. 1 м профильдің салмағы сәйкесінше 22 кг және 27 кг екенін ескере отырып, 100 м өндіруге арналған тіреудің құны:

ААП 22 үшін:

$$C = 1694 \text{ м} * 294 \text{ 000 тг/т} * 0,022 \text{ т/м} = 10 \text{ 956 792 тг}$$

ААП-27 үшін:

$$C = 2140 \text{ м} * 298 \text{ 000/т} * 0,027 \text{ т/м} = 17 \text{ 218 440 тг}$$

30 см күшейткіш құны:

ААП-22 үшін:

$$C_{\text{н}} = 0,3 \text{ м} * 294 \text{ 000 тг/т} * 0,022 \text{ т/м} = 1940,4 \text{ тг}$$

ААП-27 үшін:

$$C_{\text{н}} = 0,3 \text{ м} * 298 \text{ 000/т} * 0,027 \text{ т/м} = 2413,8 \text{ тг}$$

1 күшейткіші бар 100 м қазбаға арналған бекіту рамаларының құны:

$$C_1 = C + l_{\text{выраб}}/L * C_{\text{н}}$$

ААП-22 үшін:

$$C_1 = 10 \text{ 956 792 тг} + 100 \text{ м}/0,5 \text{ м} * 1940,4 \text{ тг} = 11 \text{ 344 872 тг}$$

ААП-27 үшін:

$$C_1 = 17 \text{ 218 440 тг} + 100 \text{ м}/0,5 \text{ м} * 2413,8 = 17 \text{ 701 200 тг}$$

3 күшейткіші бар 100 м қазбаның құны:

$$C_1 = C + l_{\text{выраб}}/L * 3 * C_H$$

ААП-22 үшін:

$$C_3 = 10\,956\,792 \text{ тг} + 100 \text{ м} / 0,5 \text{ м} * 3 * 1940,4 \text{ тг} = 12\,121\,032 \text{ тг}$$

ААП-27 үшін:

$$C_3 = 17\,218\,440 \text{ тг} + 100 \text{ м} / 0,5 \text{ м} * 3 * 2413,8 \text{ тг} = 18\,666\,720 \text{ тг}$$

Күшейткіші жоқ ААП-27 үшін у осының кернеуі үш күшейткіші бар ААП-22 шамамен бірдей, сондықтан кейін екінші нұсқаны қолдануды қарастырған жөн.

ААП жайма профилін күшейтудің ұсынылған әдісі 100 м қазбадан үнемдеуге мүмкіндік береді:

$$C_{\text{ААП-27}} - C_{3 \text{ ААП-22}} = 18\,666\,720 - 12\,121\,032 = 6545\,688 \text{ тг}$$

Қазбалардың беріктігін қамтамасыз ету үшін жеңіл профильдер (№17) қолдану жеткілікті, бұл тіреудің материалдық сыйымдылығын төмендетеді және оны салуды жеңілдетеді (бірақ күшейткіштердің тиісті санымен).

Тіреуді металл сыйымдылығын төмендетпей күшейтуге болады-тау қысымының әсерінен тіреудің күтілетін деформациясы жағдайында, дайындық қазбаларын жөндеусіз ұстаудың басқа қосымша әдістері тиімсіз болғанда немесе көп уақытты, материалдарды және еңбек ресурстарын қажет етсе, мысалы: тірек қысымының өту кезіндегі жөндеуді орнату.

Бөлім бойынша қорытындылар

1. Иілмелі конструкциялы аркалы үш буынды тіреулердің эксперименттік сынақтары математикалық түрде соңғы элементтер әдісімен модельденеді. Маңдайшаның иілу мәнін есептеу нәтижелерінің ауытқуы 3-13% құрайды.

2. Үш күшейткіші бар ААП-27 аркалы тіреудің іс жүзінде сандық модельдеуге ұқсас оң нәтижелерді көрсету ықтималдығы өте жоғары, өйткені сандық және физикалық модельдеу нәтижелерінің сәйкестігінің айырмашылығы рұқсат етілген шектерде.

3. Жұмыста ұсынылған тіреудің көтергіш қабілетін арттыру әдісі ААП профилі қолданылатын тіреулердің барлық түрлерінде қолданылуы мүмкін.

ҚОРЫТЫНДЫ

Жүргізілген зерттеулер ААП жаймасының болат профилінен жасалған тіреудің көтергіш қабілетін арттырудың ұсынылған нұсқасы сол профильдегі күшейткіштермен бірге жоғары көтергіштіктің арқасында тау-кен жұмыстарының жағдайын едәуір жақсартып алады деп сенуге негіз береді. Ұсынылған шешім қазбалардың металл сыйымдылығын айтарлықтай төмендетеді, бұл қазбаларды бекіту жұмыстарының еңбек сыйымдылығын төмендетуге, ұңғыманың жылдамдығын арттыруға және айтарлықтай экономикалық әсерге қол жеткізуге мүмкіндік беретін айқын оң нәтиже болып табылады. Тіреудің жүк көтергіштігін арттырудың ұсынылған әдісін тек арқаға ғана емес, сонымен қатар металл тіреулердің басқа конструкцияларына және басқа металл жайма профильдеріне де қолдануға болады.

Айта кету керек, тіреу күшейткіштерді қолдану ең үлкен иілу күштері әсер ететін аймақтарды дәл анықтауды қажет етеді, әсіресе тіреуге асимметриялық жүктеме кезінде. Бұл тіреулерді есептеу әдістерін мұқият таңдау, жүктемелерді есептеу дәлдігін және тіреулердің көтергіштігін анықтайтын барлық маңызды параметрлерді ескеру міндетін қояды. Осы мақсаттар үшін қазбалардың тереңдігі, олардың көлденең қимасы, тікелей және негізгі шатырдың тау жыныстарының беріктігі, жарықшақтық, өткізілетін қазбаның көлбеу бұрышы және т.б. сияқты параметрлерді өзгерте отырып, тіреудің әртүрлі нұсқаларын модельдеуді қолдану қажет.

Жүргізілген зерттеулер негізінде ең жиі кездесетін нұсқалардың базасын құруға, әртүрлі параметрлердің бір-біріне функционалдық тәуелділіктерін шығаруға және сол арқылы қажетті түрді іздеудің күрделілігін, тау-кен қазбаларын жөндеусіз ұстап тұруға арналған тіреу конструкцияларын және, әсіресе, тазарту жұмыстарының әсері жоғары аймақта орналасқан дайындық тақталарын азайтуға болады [27, с. 25].

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Бурков Ю.В. Обоснование и разработка технологии крепления капитальных выработок на основе инъекционного упрочнения массивов горных пород: дис. ... док. техн. наук: 05.15.04. – Кемерово, 1998. – 361 с.
- 2 Томилов А.Н. Обоснование параметров проведения горных выработок с использованием технологии анкерного крепления: дис. ... док. PhD: 6D070700. – Караганда: КарГТУ, 2020. – 198 с.
- 3 Глубоковских Ю.С. Исследование закономерностей изменения несущей способности металлических арочных крепей с расклинивающими элементами: дис. ... канд. техн. наук: 25.00.22. – Екатеринбург, 2017. – 132 с.
- 4 Ахунбаев А. Состояние и перспективы угольной промышленности Казахстана // <https://www.gmprom.kz/production/sostoyanie-i>. 07.07.2020.
- 5 Корбашов М.А. Геомеханическое обоснование способов и средств повышения устойчивости слоевых выработок мощных пологих слоев: дис. ... канд. техн. наук: 05.15.02. – Новокузнецк, 1999. – 141 с.
- 6 Бенявски З. Управление горным давлением / пер. с англ. – М.: Мир, 1990. – 253 с.
- 7 Панюков П.Н. Инженерная геология. – Изд. 2-е, перер. и доп. – М.: Недра, 1978. – 296 с.
- 8 Кушев Г.Л. Карагандинский угленосный бассейн. – Изд. 2-е, расш. и доп. – Алма-Ата, 1963. – 346 с.
- 9 Демин В.Ф., Яворский В.В., Мусин Р.А. и др. Эффективность использования геомеханической системы "горный массив - анкерное крепление" для повышения устойчивости горных выработок // Уголь. – 2014. – №2(1055). – С. 18-22.
- 10 Демин В.Ф., Тутанов С.К., Демин В.В. и др. Проявления горного давления в вентиляционной выемочной выработке при технологии очистных работ с возвратноточной схемой проветривания // Тр. КарГТУ. – Караганда, 2009. – С. 34-37.
- 11 Карташов Ю.М., Матвеев Б.В., Михеев Г.В. Прочность и деформируемость горных пород. – М.: Недра, 1979. – 269 с.
- 12 Баймухаметов С.К. Проблемы безопасности разработки высокогазоносных угольных пластов. – Саарбрюккен: Lambert, 2015. – 219 с.
- 13 Миронов К.В. Справочник геолога-угольщика. – М.: Недра, 1991. – 365 с.
- 14 Стефлюк Ю.Ю. Разработка технологии управления устойчивостью контуров горных выработок в сложных горнотехнических условиях эксплуатации: дис. ... док. PhD: 6D070700. – Караганда: КарГТУ, 2017. – 127 с.
- 15 Демин В.Ф. Разработка прогрессивных технологических схем проведения подготовительных выработок с анкерным креплением // Инновационно-прикладная технологическая разработка. Караганда, типография «Арко», 2015. – 60 с.

16 Дёмин В.Ф., Томилов А.Н. Проблемы разработки технологических схем крепления выработок в условиях угольных шахт // Журнал КарГТУ. – 2017. – №1(66). – С. 42-45.

17 Проскураков Н.М. Управление состоянием массива горных пород. – М.: Недра, 1991. – 368 с.

18 Лукьянов В.Г., Третенков И.В. Исследование влияния геомеханических факторов и разработка способов повышения устойчивости породного обнажения в проводимых горизонтальных горных выработках // Вестник Томского государственного университета. – 2012. – №361. – С. 171-175.

19 Третенков И.В. Обоснование способов повышения устойчивости породных обнажений горизонтальных горных выработок угольных шахт на стадии их проведения: дис. ... канд. геол.-минер. наук: 25.00.16. – Томск, 2007. – 139 с.

20 Третенков И.В., Лукьянов В.Г. Устойчивость горных выработок. – Томск, 2015. – 134 с.

21 Демин В.Ф., Портнов В.С., Демина Т.В. и др. Исследование деформированного состояния приконтурного углепородного массива вокруг горной выработки с анкерным креплением // Уголь. – 2019. – №7. – С. 72-77.

22 Смирнов, А. В. Геомеханическое обоснование безопасной технологии подземной добычи угля в неустойчивых вмещающих породах: дис. ... док. техн. наук: 25.00.20. – Шахты, 2018. – 349 с.

23 Халимендик Ю.М. Применение податливых крепей, усиленных сдвоенными арочными элементами // Известия ТулГУ. – 2012. – №2. – С. 259-264.

24 Шаймьярдянов И.К. Математическое моделирование параметров крепей подготовительных и нарезных выработок для сложных горно-геологических условий: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.18. – М., 2005. – 149 с.

25 Тациенко В.П., Лисковец А.С., Саблин М.В. Увеличение несущей способности рамной крепи путем полного заполнения закрепного пространства тампонажным материалом // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2018. – №2(126). – С. 45-53.

26 Каретников В.Н., Клейменов В.Б., Нуждихин А.Г. Крепление капитальных и подготовительных горных выработок. – М.: Недра, 1989. – 571 с.

27 Инструкция по креплению горизонтальных горных выработок и их сопряжений на шахте «Соколовская» АО «ССГПО» / АО «Соколовско-Сарбайское горно-обогатительное производственное объединение». – Алматы, 2013. – 88 с.

28 Макшанкин Д.Н. Обоснование крепления горных выработок металлической крепью из шахтного профиля: дис. ... канд. техн. наук: 25.00.22. – Кемерово, 2012. – 165 с.

29 Кузнецов Е.С. Автоматизация проектирования виброзащиты ячеек электронной аппаратуры демпфирующими вставками: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.12. – Владимир, 2011. – 184 с.

30 Байкенжин М.А., Асанова Ж.М. Повышение несущей способности шахтной рамной крепи путем применения усилителей профилей металлического проката // <https://www.rudmet.ru/journal/2015/article>. 05.05.2021.

31 Baykenzhin M., Asanova Zh., Rashid Zh. et al. Modeling the influence of rolled profile strengtheners on the arch support load-bearing capacity // *Mining of Mineral Deposits*. – 2022. – №1. – P. 84-91.

32 Демин В., Мусин Р.А., Асанова Ж. и др. Управление геомеханическим состоянием приконтурного массива в зоне влияния горного давления // *Промышленность Казахстана*. – 2020. – №3. – С. 84-89.

33 Демин В., Мусин Р.А., Асанова Ж. и др. Обоснование параметров систем контурного крепления горных выработок с учетом геомеханики массива // *Горный журнал Казахстана*. – 2022. – №1. – С. 35-40.

34 Макшанкин Д.Н., Гоголин В.А., Ремезов А.В. и др. Возможность математического моделирования стендовых испытаний арочных крепей // *Вестник Кузбасского государственного технического университета*. – 2010. – №2(78). – С. 50-55.

35 Макшанкин Д.Н., Зайнулин Р.Р., Ремезов А.В. Определение области допустимых значений для нахождения параметров шахтных специальных профилей с улучшенными характеристиками // *Вестник Кузбасского государственного технического университета*. – 2007. – №3(78). – С. 36-39.

36 Байкенжин М.А., Асанова Ж.М., Абдибайтов Ш.А. и др. Совершенствование несущей способности арочной рамной крепи // *Горный журнал Казахстана*. – 2022. – №11. – С. 37-41.

ҚОСЫМША А

Оқу үдерісіне енгізу актісі

«УТВЕРЖДАЮ»
Член Правления-
Проректор
по академическим вопросам
ПАО «Карагандинский
технический университет
имени Абылкаса Сағинова»
А. Темербаева
« 30 » 08 2022г.

АКТ ВНЕДРЕНИЯ

результатов научно-исследовательской работы в учебный процесс

Настоящим актом подтверждаю использование результатов диссертации Асановой Жанар Мажитовны «Повышение несущей способности шахтной рамной крепи, путем применения усилителей профилей металлического проката», представленной на соискание степени доктора философии (PhD) по специальности 6D070700 - «Горное дело», ПАО «Карагандинского технического университета имени Абылкаса Сағинова» на кафедре «Разработка месторождений полезных ископаемых».

В рамках организации учебного процесса проведения лекционных занятий по дисциплине «Поддержание горных выработок» были внедрены результаты анализа исследований докторской диссертации на тему «Повышение несущей способности шахтной рамной крепи, путем применения усилителей профилей металлического проката». В частности, была присвоена тема лекций для магистрантов 1 курса образовательной программы 7M07203 «Горное дело».

Название лекции №6: «Способы поддержания выработок».

Краткая аннотация: Особое внимание при выборе способа управления горным давлением и очистных выработках уделяют поведению пород непосредственной кровли (в пределах призабойного пространства) и основной кровли (над призабойным и выработанным пространством). При этом учитывают способность пород кровли к обрушению, высоту зоны обрушения, размеры и длительность сохранения устойчивых обнажений (особенно непосредственном кровли и пределах призабойного пространства), свойства пород почвы (прочность, способность к ручению, сопротивляемость вдавливанию в нее стоек крепи и др.), применяемые системы разработки и виды крепи, скорость продвижения очистных забоев, количество и степень выбросоопасности разрабатываемых пластов, расстояние между ними, сроки и порядок их отработки, наличие на земной поверхности объектов, подлежащих защите от влияния горных работ, оснащенность забоев машинами и механизмами, их габаритные размеры и т.д.

Степень значимости каждого из перечисленных факторов часто зависит от конкретных условий: второстепенные в одних условиях могут оказаться

определяющими в других, и наоборот. Так, при отработке запасов полезного ископаемого под ответственными сооружениями, плотно застроенными территориями, крупными водными объектами нередко приходится применять системы разработки с закладкой выработанного пространства, тогда как по прочим факторам было бы вполне возможно применить в этих условиях другие, более производительные и экономичные системы разработки и способы управления горным давлением. При отработке защитных пластов, наоборот, предпочтительнее полное обрушение кровли, так как при этом способе управления горным давлением достигается наибольшая разгрузка пластов, опасных по выбросам угля и газа.

Вместе с тем имеются факторы, которые являются основными при выборе способа управления горным давлением в большинстве встречающихся на практике случаев. К этим факторам следует отнести прежде всего способность пород кровли к обрушению, которая положена в основу ряда классификаций.

В работе приведена классификация горных пород кровли по обрушаемости, в которой в качестве классификационного признака принят шаг обрушения. Согласно этой классификации к весьма легкообрушающимся отнесены породы, имеющие шаг обрушения менее 0,5 м, к легкообрушающимся - не менее 2 м, к среднеобрушающимся - менее 10 м и к весьма труднообрушающимся — более 10 м.

Наибольшее распространение при разработке угольных и ряда рудных месторождений получил способ управления горным давлением, носящий название полное обрушение кровли. Применение этого способа позволяет перенести обрушение пород за пределы призабойного пространства. Осуществляют его периодическими обрушениями (посадками) кровли путем выбивки или передвижения крепи, установленной на определенном расстоянии от забоя. Для регулирования обрушения непосредственной кровли применяют специальную крепь, выдерживающую большую нагрузку, чем обычная призабойная крепь. В качестве специальной крепи используют органические стенки, металлические костры, кусты из деревянных или металлических стоек, посадочные элементы механизированных крепей и т. д.

Теоретически методы решения задач механики горных пород и массива, позволяющие получить приемлемые результаты, как правило, требуют некоторой идеализации среды. В зависимости от степени идеализации среды, принятой в конкретной гипотезе, горный массив описывается соотношениями, свойственными для классических упругих, пластических и реологических моделей.

Однако, полученные в этих исследования результаты не всегда позволяют объяснить динамические явления в сложных горных массивах.

Эффект от внедрения: Методология исследований и использование фундаментальных положений геомеханики при создании моделей, обоснованностью принятых исходных предпосылок и соответствием полученных выводов при анализе результатов натурных шахтных наблюдений дает возможность для магистрантов получать более точные результаты

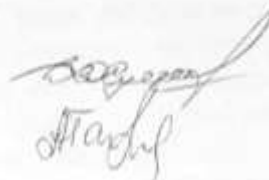
расчётов и экспериментальных исследований на численных моделях для условий Карагандинского бассейна.

Методы определения изгибающих моментов и нормальных сил в металлической арочной трехзвенной крепи для конкретных, существующих условий, с последующим выбором требуемого типоразмера крепи приведены в 3 главе «Исследования изменений внутренних усилий в раме крепи».

Место и время внедрения: Были проведены исследования в лаборатории кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых» и применены в учебном процессе в ЦАО «Карагандинского технического университета имени Абылкаса Сагинуова» на кафедре «Разработка месторождений полезных ископаемых» для магистрантов 1 курса образовательной программы 7M07203 «Горное дело» на 2 семестре обучения.

Форма внедрения: Лекция по дисциплине «Поддержание горных выработок» на тему «Способы поддержания выработок».

И.о. директора ДНИИ



Б.Сулеев

Руководитель УПО



А.Шахатова

Зав.кафедрой РМПИ, PhD



А.Имашев

Научный консультант,
к.т.н., доцент кафедры РМПИ



М. Байкенжин

Докторант



Ж.Асанова

ҚОСЫМША Ә

Өндіріске енгізу актісі

Диссертационный совет
по специальностям
(образовательным программам)
8D07201 «Геология и разведка
месторождений полезных
ископаемых», 8D07202 «Горное
дело», 6D070700 «Горное дело»,
6D070600 «Геология и разведка
месторождений полезных
ископаемых» при НАО
«Карагандинский технический
университет имени Абылкаса
Сагитова»

АКТ ВНЕДРЕНИЯ

Мы, нижеподписавшаяся комиссия, в составе:

Дубин Р.Н. – главный инженер ш. Кузембаева, УД АО «Арселор
Миттал Темиртау»,

Байкенжин М.А. – к.т.н., доцент кафедры РМПИ НАО
«Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагитова»,

Асанова Ж.М. – докторант кафедры РМПИ НАО «Карагандинский
технический университет имени Абылкаса Сагитова» составили настоящий
акт о том, что основные положения диссертационной работы Ж.М. Асановой
на тему «Повышение несущей способности шахтной рамной крепи путем
применения усилителей профилей металлического проката» докладывались и
получили одобрение на заседании научно-технического совета ш.
Кузембаева.

Проведенные научные исследования можно характеризовать как
научно обоснованные разработки, которые имеют практическую ценность и
рекомендуются к внедрению и использованию при проведении научно-
исследовательских и опытно-промышленных работ.

Настоящим письмом подтверждаем положительные итоги внедрения
научно-практических результатов диссертации, которые планируются к
использованию в будущих проектах, реализуемых ш. Кузембаева.

Данный акт внедрения не является основанием для предъявления
каких-либо финансовых претензий, а также требований, связанных с
авторскими правами.



Дубин Р.Н.

ҚОСЫМША В

Сертификат



ҚОСЫМША Г

БМҒЗИ әдістемесі

Қарағанды көмір шахталарында және еліміздің басқа бассейндерінде тау-кен қазбаларының иілімелі металл рамалық тіреулерінің параметрлерін таңдау және есептеу жұмсақ, көлбеу, тік көлбеу және тік тақталар бойынша тазарту жұмыстарының әсер ету аймағында 1991 жылы БМҒЗИ әзірлеген нұсқаулыққа сәйкес анықталады [31, р. 84-90].

БМҒЗИ әдістемесі бойынша көмір шахталарының көлденең қазбаларының тұрақтылығын болжау үшін тұрақтылық критерийі ретінде (Г.1) формуласы бойынша айқындалатын, бекітілмеген қазбаның бүкіл қызмет ету мерзімі ішінде қимасының контурында күтілетінмещысулардың шамасы қабылданады:

$$u = K_{\alpha} * K_{\theta} * K_s * K_B * K_t * U, мм_T \quad (Г.1)$$

мұнда u_T – графиктер бойынша айқындалатын орын ауыстырулар (үлгілік) (Г.1-сурет).

K_{α} – тау жыныстарының пайда болу бұрышының әсер ету коэффициенті және тау жыныстарының кеңеюіне немесе жарықтың негізгі жазықтықтарына қатысты өндірісті жүргізу бағыты, Г.1-кестесі бойынша анықталады;

K_{θ} – шатыр немесе топырақ жағынан (тік бағытта) ығысуларды анықтау кезінде тау жыныстарының бағытын ескеретін және 1 мәнін қабылдайтын коэффициент. Тау жыныстарының бүйірлік ығысуларын (көлденең бағытта) анықтау кезінде Г.1-кесте бойынша K қабылданады;

K_s – шатыр мен топырақ үшін өндіріс аралығының әсер ету коэффициенті $K_s = 0,2$ (b-1), өндіріс жақтары үшін $K_s = 0,2$ (h1) (b - қазба аралығы, h - қазба биіктігі) [31, р. 84-90];

K_B – жалғыз қазбалар үшін 1-ге тең басқа қазбалардың әсер ету коэффициенті; қазбаның біржақты түйісуі жағдайында -1,4; екіжақты түйісу немесе қиылысатын қазбалар түріндегі қазбалардың түйісуімен күрделі түйісу үшін -1,6. Параллель қазбалар үшін бұл коэффициент [31, р. 34-90]:

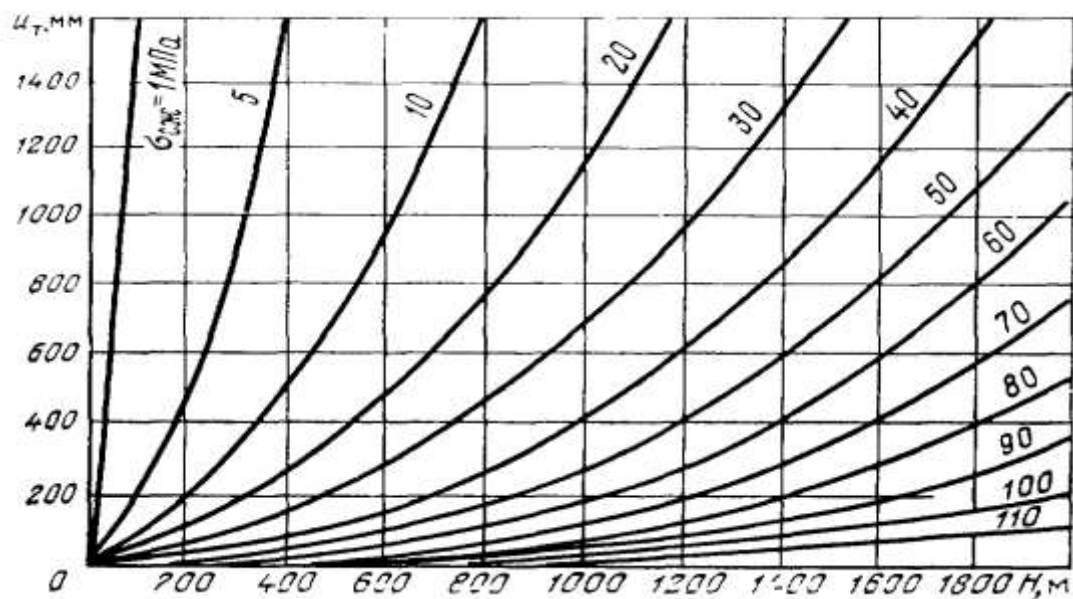
$$K_b = \frac{(b_1 + b_2) * K_L}{L} \quad (Г.2)$$

мұнда L – қазбалар арасындағы қашықтық, м;

b_1 және b_2 өзара әсер ететін қазбалардың аралықтары, м

K_L - Г.2-кесте бойынша қабылданатын коэффициент.

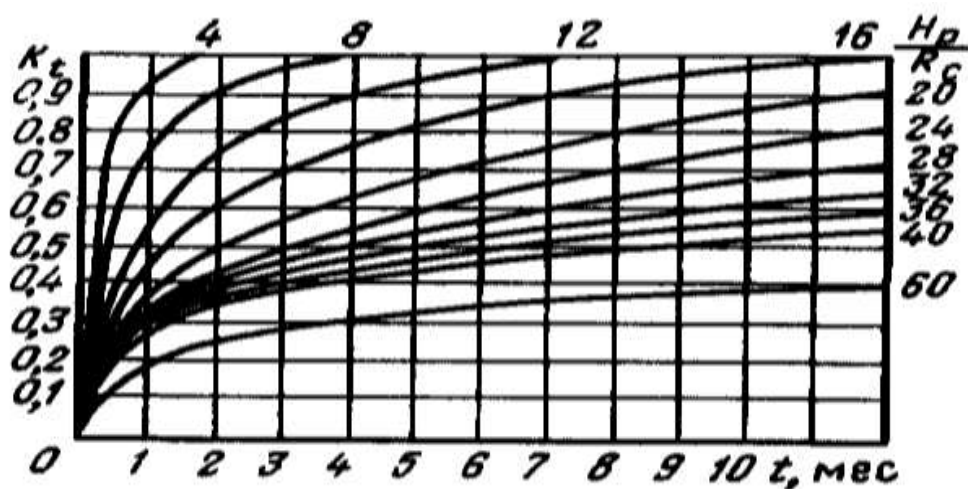
K_t - қызмет ету мерзімі 15 жылдан асатын қазбалар үшін 1-ге тең және Г.2, Г.3-кестелері бойынша қабылданатын уақыттың әсер ету коэффициенті.



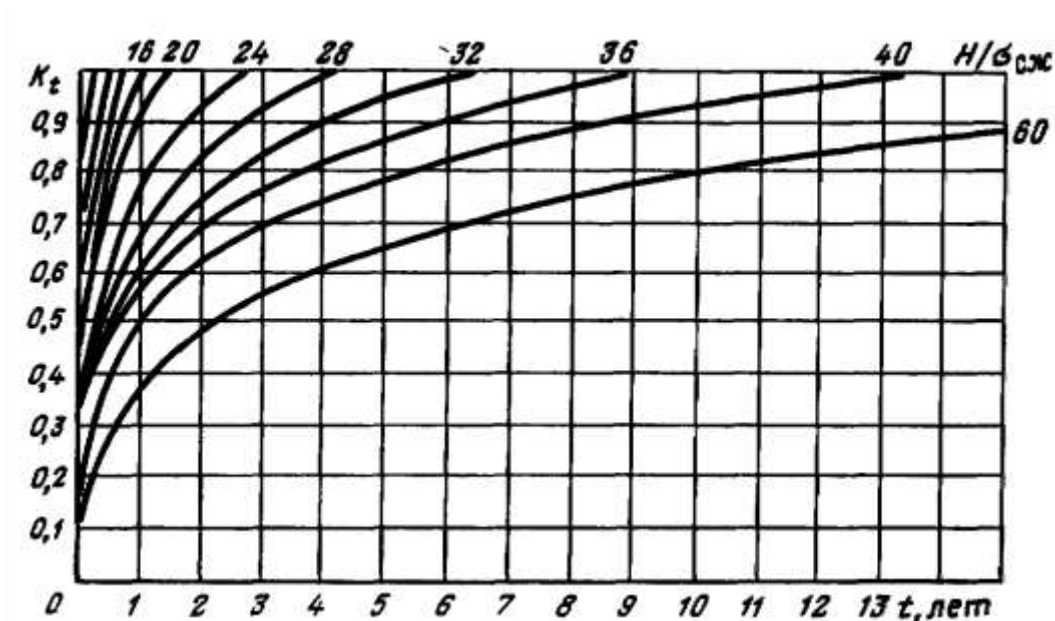
Сурет Г.1 – Тау жыныстарының типтік ығысуын анықтауға арналған графиктер

Кесте Г.1 – Тау жыныстарының бүйірлік ығысуын анықтау (көлденең бағытта)

Қазбаны үңгілеу бағыты	Тау жыныстарының α құлау бұрышына байланысты K_α және K_θ коэффициенттері									
	20 дейін		21-30		31-40		41-50		50 астам	
	K_α	K_θ	K_α	K_θ	K_α	K_θ	K_α	K_θ	K_α	K_θ
Созылу бойынша	1	0,35	0,95	0,55	0,8	0,8	0,65	1,2	0,6	1,5
Созылуға қарама- қайшы	0,7	0,55	0,6	0,8	0,45	0,95	0,25	0,95	0,2	0,8
Созылуға бұрышпен	0,85	0,45	0,8	0,65	0,65	0,9	0,45	1,05	0,35	1,1



Сурет Г.2 – Қазба мерзімі бір жылдан асатын K_t коэффициентін анықтауға арналған графиктер



Сурет Г.3 – Қазба мерзімі бір жылдан кем K_t коэффициентін анықтауға арналған графиктер

БМҒЗИ нұсқаулыққа сәйкес тазарту жұмыстарының әсер ету аймағынан тыс жерлерде де, тазарту жұмыстарының әсер ету аймағында да қазбалардың тіреуіне P есептік жүктемесі шатыр жыныстарының, топырақтың және қазбаның бүйірлерінің ығысуының есептік шамасына сүйене отырып анықталады. Металл иіlmелі тіреудің рамаларын қазбаның 1 м ұзындығына орнатудың n тығыздығы өрнектен анықталады [30]:

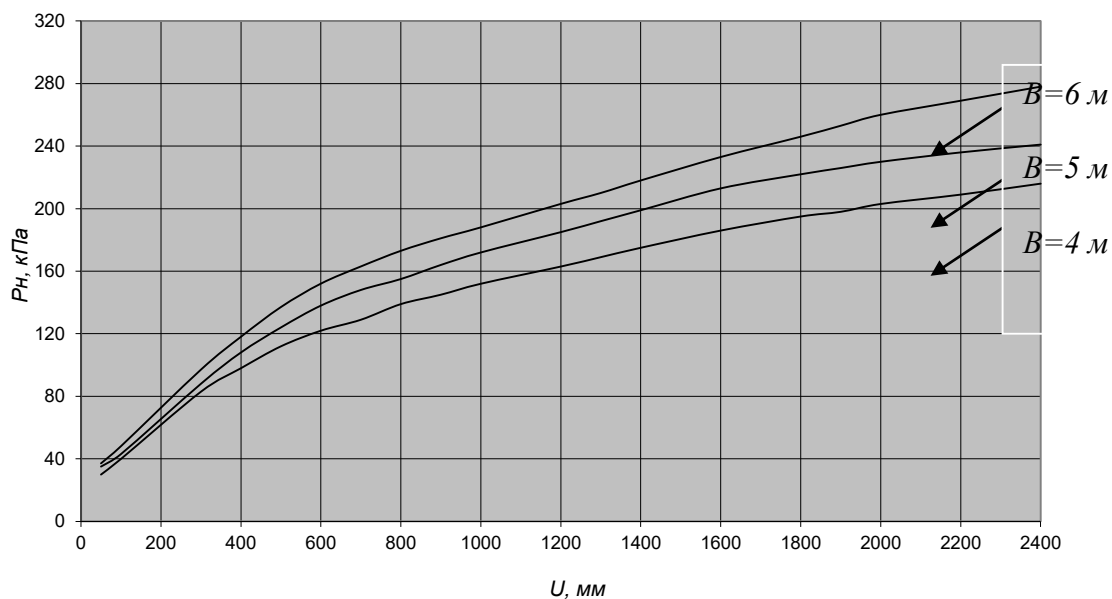
$$n \geq \frac{P}{P_n} \quad (\text{Г.3})$$

мұнда P – есептік жүктеме, кН:

P_n – раманың жүк көтергіштігі (кедергісі), кН.

Нұсқаулық тіреуді орнатудың паспорттық тығыздығын қатардағы қазба ұзындығының 1 м n рама санының ең жақын мәні бойынша қабылдау ұсынылады: 0,8; 1; 1,25; 1,33; 1,43; 1,67; 2; 2,25; 2,5; 2,67; 3; 4. Иіlmелі металл рамалық тіреудің шекті тығыздығын 3 рама/м деп санау ұсынылады. Нұсқаулықта әртүрлі тәсілдермен қорғалатын және тазарту жұмыстарының әсерін сезінетін тау-кен қазбаларындағы тау жыныстарының ығысуын анықтау әдістемесі келтірілген.

Ашық тіреуге арналған нормативтік жүктемелер U жыныстарының ығысуына және қазбаның еніне байланысты Г.4-суреттегі графиктерге сәйкес анықталады. Егер өндірістің бүйірлеріндегі тау жыныстарының қасиеттері әртүрлі болса, онда күтілетін ығысулар U және ығысулармен анықталатын нормативтік жүктемелер бүйірлік жүктемелер де бір-бірінен өзгеше болады. Бұл жағдайда қосымша есептеулер үшін бүйірлік нормативтік жүктеменің орташа мәні және топырақ тарапынан нормативтік жүктеме қабылданады.



Сурет Г.4 – Тіреудің нормативтік жүктемесін анықтау графигі

Жабық тіреудің нормативтік жүктемелері де шатырға, топыраққа және бүйірлерге бөлек Г.4-суреттегі графиктер бойынша анықталады. Орташа тік жүктеме шатыр мен топырақ жағынан нормативтік жүктемелердің мәндері бойынша, орташа көлденең жүктеме - бүйірлік жағынан нормативтік жүктемелердің мәндері бойынша анықталады.

Бүйір жағынан 1 м қазбаға есептелген жүктеме (Г.4) формуласы бойынша анықталады:

$$P_{\sigma} = k_n * k_n * k_{np} * P_{\sigma}^H, \text{кПа} \quad (\text{Г.4})$$

мұнда k_n - жүктеменің өзгергіштігін ескеретін шамадан тыс жүктеме коэффициенті (Г.2-кесте);

k_n - негізгі ашу қазбалары үшін 1,1-ге тең қабылданатын коэффициент; қалғандары үшін-1;

k_{np} - бұрғылау-жару тәсілімен қазбаларды жүргізу кезінде 1-ге тең қабылданатын қазбаларды жүргізу шарттарының коэффициенті. Егер қазбаларды үңгілеу комбайн әдісімен жүргізілсе Г.3-кестесі бойынша қабылданады;

P_{σ}^H - нормативтік тік жүктеме [31, p. 84-90].

Егер қазбаның бүйірлеріндегі тау жыныстарының қасиеттері әр түрлі болса, онда күтілетін орын ауыстыру U және орын ауыстырумен анықталатын реттеуші жүктемелер, бүйірлік жүктемелер де бір-бірінен өзгеше болады [31, p. 84-90].

Кесте Г.2 – k_n коэффициентінің мәні

U, мм	қазбалар үшін k_n мәні	
	ашушы	дайындаушы
50 дейін	1,25	1,1
51-200	1,1	1,05
201-500	1,05	1
500 астам	1	1

Кесте Г.3 – k_{np} коэффициентінің мәні

H_p/R_c	16 дейін	16-20	20-25	25 астам
k_{np}	0,6	0,8	1,0	1,1

Бүйір жағынан 1 м қазбаға есептелген жүктеме (Г.5) формуласы бойынша анықталады [31, р. 84-90]:

$$P_{\sigma} = k_n * k_n * k_{np} * P_{\sigma}^H, \text{кПа} \quad (\text{Г.5})$$

мұнда P_{σ}^H - нормативтік көлденең жүктеме, кПа.

ҚОСЫМША Ғ

Күшейткішсіз балканы модельдеу алгоритмі

/PREP7 !препроцессорге кіру	FITEM,2,10
ET,1,solid 92 !элемент типін таңдау	FITEM,2,11
MPTEMP,,,,,,,, !температура жайлы	AL,P51X !сызықтар бойынша аудан жасау
мәлімет көрсетпеу	VOFFST,1,10, ,
MPTEMP,1,0	VOFFST,2,10, ,
MPDATA,EX,1,,200000 !серпімдік модулін	VOFFST,15,10, ,
беру	VOFFST,28,10, ,
MPDATA,PRXY,1,,0.3 !Пуассона	VOFFST,41,10, ,
коэффициентін беру	VOFFST,54,10, ,
! /REPLOT,RESIZE	VOFFST,67,10, ,
K,1,0,0,, !геометриялық фигураны	VOFFST,80,10, ,
нүктелермен салу	VOFFST,93,10, ,
K,2,9,0,,	VOFFST,106,10, ,
K,3,14,2,-17.5,,	VOFFST,119,10, ,
K,3,14.2,-17.5,,	VOFFST,132,10, ,
K,4,26.7973,-17.5,,	VOFFST,145,10, ,
K,5,32,0,,	VOFFST,158,10, ,
K,6,41,0,,	VOFFST,171,10, ,
K,7,41,-1,,	VOFFST,184,10, ,
K,8,32.7027,-1,,	VOFFST,197,10, ,
K,9,27.5,-18.5,,	VOFFST,210,10, ,
K,10,13.5,-18.5,,	VOFFST,223,10, ,
K,11,8.2973,-1,,	VOFFST,236,10, ,
K,12,0,-1,,	VOFFST,249,10, ,
L, 1, 2 !нүктелер бойынша сызық	VOFFST,262,10, ,
жасау	VOFFST,275,10, ,
L, 2, 3	VOFFST,288,10, ,
L, 3, 4	VOFFST,301,10, ,
L, 4, 5	VOFFST,314,10, ,
L, 5, 6	VOFFST,327,10, ,
L, 6, 7	VOFFST,340,10, ,
L, 7, 8	VOFFST,353,10, ,
L, 8, 9	VOFFST,366,10, ,
L, 9, 10	VOFFST,379,10, ,
L, 10, 11	VOFFST,392,10, ,
L, 11, 12	VOFFST,405,10, ,
L, 12, 1	VOFFST,418,10, ,
FLST,2,12,4	VOFFST,431,10, ,
FITEM,2,12	VOFFST,444,10, ,
FITEM,2,1	FLST,3,1,6,ORDE,1
FITEM,2,2	FITEM,3,18
FITEM,2,3	VGEN,2,P51X, , ,3.36, , ,0
FITEM,2,4	FLST,3,1,6,ORDE,1
FITEM,2,5	FITEM,3,19
FITEM,2,6	VGEN,2,P51X, , ,3.36, , ,0
FITEM,2,7	FLST,3,1,6,ORDE,1
FITEM,2,8	FITEM,3,12
FITEM,2,9	VGEN,2,P51X, , ,3.36, , ,0

FLST,3,1,6,ORDE,1	FITEM,2,151
FITEM,3,25	FITEM,2,160
VGEN,2,P51X, , , 3.36, , , 0	FITEM,2,164
FLST,2,4,6,ORDE,2	FITEM,2,173
FITEM,2,37	FITEM,2,177
FITEM,2,-40	FITEM,2,186
VDELE,P51X, , , 1	FITEM,2,190
	FITEM,2,199
SMRTSIZE,4 !сетка өлшемін беру	FITEM,2,203
MSHKEY,0	FITEM,2,212
MSHAPE,1,3d !соңғы элементтерге бөлу	FITEM,2,216
FLST,2,36,6,ORDE,2	FITEM,2,225
FITEM,2,1	FITEM,2,229
FITEM,2,-36	FITEM,2,238
VADD,P51X	FITEM,2,242
MSHKEY,0	FITEM,2,251
MSHAPE,1,3d	FITEM,2,255
CM,_Y,VOLU	FITEM,2,264
VSEL, , , , 37	FITEM,2,268
CM,_Y1,VOLU	FITEM,2,277
CHKMSH,'VOLU'	FITEM,2,281
CMSEL,S,_Y	FITEM,2,290
VMESH,_Y1	FITEM,2,294
CMDELE,_Y	FITEM,2,303
CMDELE,_Y1	FITEM,2,307
CMDELE,_Y2	FITEM,2,316
FINISH	FITEM,2,320
/SOL !есеп шешушіге кіру	FITEM,2,329
FLST,2,72,5,ORDE,72	FITEM,2,333
FITEM,2,4	FITEM,2,342
FITEM,2,8	FITEM,2,346
FITEM,2,17	FITEM,2,355
FITEM,2,21	FITEM,2,359
FITEM,2,30	FITEM,2,368
FITEM,2,34	FITEM,2,372
FITEM,2,43	FITEM,2,381
FITEM,2,47	FITEM,2,385
FITEM,2,56	FITEM,2,394
FITEM,2,60	FITEM,2,398
FITEM,2,69	FITEM,2,407
FITEM,2,73	FITEM,2,411
FITEM,2,82	FITEM,2,420
FITEM,2,86	FITEM,2,424
FITEM,2,95	FITEM,2,433
FITEM,2,99	FITEM,2,437
FITEM,2,108	FITEM,2,446
FITEM,2,112	FITEM,2,450
FITEM,2,121	FITEM,2,459
FITEM,2,125	FITEM,2,463
FITEM,2,134	/GO
FITEM,2,138	SFA,P51X,1,PRES,6.28
FITEM,2,147	FLST,2,36,5,ORDE,36

FITEM,2,6
 FITEM,2,19
 FITEM,2,32
 FITEM,2,45
 FITEM,2,58
 FITEM,2,71
 FITEM,2,84
 FITEM,2,97
 FITEM,2,110
 FITEM,2,123
 FITEM,2,136
 FITEM,2,149
 FITEM,2,162
 FITEM,2,175
 FITEM,2,188
 FITEM,2,201
 FITEM,2,214
 FITEM,2,227
 FITEM,2,240
 FITEM,2,253
 FITEM,2,266
 FITEM,2,279
 FITEM,2,292
 FITEM,2,305
 FITEM,2,318
 FITEM,2,331

FITEM,2,344
 FITEM,2,357
 FITEM,2,370
 FITEM,2,383
 FITEM,2,396
 FITEM,2,409
 FITEM,2,422
 FITEM,2,435
 FITEM,2,448
 FITEM,2,461
 /GO
 SFA,P51X,1,PRES,6.28
 FLST,2,2,4,ORDE,2
 FITEM,2,46
 FITEM,2,814
 /GO
 DL,P51X, ,ALL, !сызықтарды барлық
 осьтер бойынша бекіту
 ! /STATUS,SOLU
 SOLVE !шешушіні жіберу
 FINISH !шешушіден шығу
 /POST1 !нәтижелерді көру үшін
 постпроцессорге кіру

ҚОСЫМША Д

Үш күшейткіш орнатылған балканы модельдеу алгоритмі

<pre> /PRER7 !препроцессорге кіру ET,1,solid 92 !элемент типін таңдау MPTEMP,,,,,,,, !температура жайлы мәлімет көрсетпеу MPTEMP,1,0 MPDATA,EX,1,,200000 !серпімдік модулін беру MPDATA,PRXY,1,,0.3 ! Пуассона коэффициентін беру !/RELOT,RESIZE K,1,0,0,, !геометриялық фигураны нүктелермен салу K,2,9,0,, K,3,14,2,-17.5,, K,3,14.2,-17.5,, K,4,26.7973,-17.5,, K,5,32,0,, K,6,41,0,, K,7,41,-1,, K,8,32.7027,-1,, K,9,27.5,-18.5,, K,10,13.5,-18.5,, K,11,8.2973,-1,, K,12,0,-1,, L, 1, 2 !сызықтарды нүктелер бойынша салу L, 2, 3 L, 3, 4 L, 4, 5 L, 5, 6 L, 6, 7 L, 7, 8 L, 8, 9 L, 9, 10 L, 10, 11 L, 11, 12 L, 12, 1 FLST,2,12,4 FITEM,2,12 FITEM,2,1 FITEM,2,2 FITEM,2,3 FITEM,2,4 FITEM,2,5 FITEM,2,6 FITEM,2,7 FITEM,2,8 </pre>	<pre> FITEM,2,9 FITEM,2,10 FITEM,2,11 AL,P51X !сызықтарды 1 ауданға біріктіру VOFFST,1,10, , !итеру операциясы VOFFST,2,10, , VOFFST,15,10, , VOFFST,28,10, , VOFFST,41,10, , VOFFST,54,10, , VOFFST,67,10, , VOFFST,80,10, , VOFFST,93,10, , VOFFST,106,10, , VOFFST,119,10, , VOFFST,132,10, , VOFFST,145,10, , VOFFST,158,10, , VOFFST,171,10, , VOFFST,184,10, , VOFFST,197,10, , VOFFST,210,10, , VOFFST,223,10, , VOFFST,236,10, , VOFFST,249,10, , VOFFST,262,10, , VOFFST,275,10, , VOFFST,288,10, , VOFFST,301,10, , VOFFST,314,10, , VOFFST,327,10, , VOFFST,340,10, , VOFFST,353,10, , VOFFST,366,10, , VOFFST,379,10, , VOFFST,392,10, , VOFFST,405,10, , VOFFST,418,10, , VOFFST,431,10, , VOFFST,444,10, , FLST,3,1,6,ORDE,1 FITEM,3,18 VGEN,2,P51X, , ,3.36, , ,0 FLST,3,1,6,ORDE,1 FITEM,3,19 VGEN,2,P51X, , ,3.36, , ,0 FLST,3,1,6,ORDE,1 </pre>
---	---

```

FITEM,3,12
VGEN,2,P51X, , , 3.36, , 0
FLST,3,1,6,ORDE,1
FITEM,3,25
VGEN,2,P51X, , , 3.36, , 0
FLST,2,2,6,ORDE,2
FITEM,2,1
FITEM,2,-2
VGLUE,P51X !фигураларды жабыстыру
FLST,2,2,6,ORDE,2
FITEM,2,1
FITEM,2,-2
VADD,P51X
FLST,2,10,6,ORDE,3
FITEM,2,3
FITEM,2,-11
FITEM,2,41
VADD,P51X
FLST,2,11,6,ORDE,2
FITEM,2,26
FITEM,2,-36
VADD,P51X
FLST,2,7,6,ORDE,3
FITEM,2,2
FITEM,2,20
FITEM,2,-25
VADD,P51X
FLST,2,9,6,ORDE,3
FITEM,2,1
FITEM,2,12
FITEM,2,-19
VADD,P51X
FLST,2,2,6,ORDE,2
FITEM,2,2
FITEM,2,-3
VADD,P51X
FLST,2,2,6,ORDE,2
FITEM,2,37
FITEM,2,-38
VADD,P51X
BOPTN,KEEP,0
BOPTN,NWARN,0
BOPTN,VERS,RV52
BTOL,1,
FLST,2,4,6,ORDE,4
FITEM,2,1
FITEM,2,-2
FITEM,2,39
FITEM,2,-40
VADD,P51X
SMRTSIZE,4 !соңғы элементті торды құру
MSHKEY,0

```

```

MSHAPE,1,3d
CM,_Y,VOLU
VSEL, , , , 3
CM,_Y1,VOLU
CHKMSH,'VOLU'
CMSEL,S,_Y
VMESH,_Y1
CMDELE,_Y
CMDELE,_Y1
CMDELE,_Y2
LSTR, 136, 503
LSTR, 136, 503
LSTR, 503, 502
LSTR, 502, 137
LSTR, 137, 136
LSTR, 208, 455
LSTR, 455, 454
LSTR, 454, 209
LSTR, 209, 208
LSTR, 292, 527
LSTR, 527, 526
LSTR, 526, 293
LSTR, 293, 292
FLST,2,4,4
FITEM,2,256
FITEM,2,915
FITEM,2,958
FITEM,2,917
AL,P51X
FLST,2,4,4
FITEM,2,400
FITEM,2,923
FITEM,2,886
FITEM,2,937
AL,P51X
FLST,2,4,4
FITEM,2,568
FITEM,2,947
FITEM,2,994
FITEM,2,1033
AL,P51X
VOFFST,106,-10, ,
VOFFST,132,-10, ,
VOFFST,213,-10, ,
VOFFST,135,-10, ,
FLST,2,2,6,ORDE,2
FITEM,2,2
FITEM,2,4
VADD,P51X
MSHKEY,0
MSHAPE,1,3d
CM,_Y,VOLU

```

VSEL, , , , 1	FITEM,2,251
CM,_Y1,VOLU	FITEM,2,264
CHKMSH,'VOLU'	FITEM,2,277
CMSEL,S,_Y	FITEM,2,290
VMESH,_Y1	FITEM,2,303
CMDELE,_Y	FITEM,2,329
CMDELE,_Y1	FITEM,2,342
CMDELE,_Y2	FITEM,2,355
MSHKEY,0	FITEM,2,368
MSHAPE,1,3d	FITEM,2,381
CM,_Y,VOLU	FITEM,2,394
VSEL, , , , 6	FITEM,2,407
CM,_Y1,VOLU	FITEM,2,420
CHKMSH,'VOLU'	FITEM,2,433
CMSEL,S,_Y	FITEM,2,446
VMESH,_Y1	FITEM,2,459
CMDELE,_Y	FITEM,2,473
CMDELE,_Y1	FITEM,2,501
CMDELE,_Y2	FITEM,2,515
MSHKEY,0	/GO
MSHAPE,1,3d	SFA,P51X,1,PRES,6.28
CM,_Y,VOLU	FLST,2,36,5,ORDE,36
VSEL, , , , 5	FITEM,2,8
CM,_Y1,VOLU	FITEM,2,21
CHKMSH,'VOLU'	FITEM,2,34
CMSEL,S,_Y	FITEM,2,47
VMESH,_Y1	FITEM,2,60
CMDELE,_Y	FITEM,2,67
CMDELE,_Y1	FITEM,2,73
CMDELE,_Y2	FITEM,2,86
FINISH !препроцессорден шығу	FITEM,2,99
/SOL !шешушіге кіру	FITEM,2,112
ANTYPE,0 !анализ типін таңдау	FITEM,2,125
FLST,2,37,5,ORDE,37	FITEM,2,138
FITEM,2,4	FITEM,2,164
FITEM,2,15	FITEM,2,177
FITEM,2,17	FITEM,2,190
FITEM,2,30	FITEM,2,203
FITEM,2,43	FITEM,2,216
FITEM,2,56	FITEM,2,255
FITEM,2,69	FITEM,2,268
FITEM,2,82	FITEM,2,281
FITEM,2,95	FITEM,2,294
FITEM,2,108	FITEM,2,307
FITEM,2,121	FITEM,2,333
FITEM,2,134	FITEM,2,346
FITEM,2,159	FITEM,2,359
FITEM,2,-160	FITEM,2,372
FITEM,2,173	FITEM,2,385
FITEM,2,186	FITEM,2,398
FITEM,2,199	FITEM,2,411
FITEM,2,212	FITEM,2,424

FITEM,2,437	FITEM,2,344
FITEM,2,450	FITEM,2,357
FITEM,2,463	FITEM,2,370
FITEM,2,477	FITEM,2,383
FITEM,2,505	FITEM,2,396
FITEM,2,519	FITEM,2,409
/GO	FITEM,2,422
!* SFA,P51X,1,PRES,6.28 !ауданға жүктеме түсіру	FITEM,2,435
FLST,2,36,5,ORDE,36	FITEM,2,448
FITEM,2,6	FITEM,2,461
FITEM,2,19	FITEM,2,475
FITEM,2,32	FITEM,2,503
FITEM,2,41	FITEM,2,517
FITEM,2,45	/GO
FITEM,2,58	!* SFA,P51X,1,PRES,6.28
FITEM,2,71	FLST,2,1,5,ORDE,1
FITEM,2,84	FITEM,2,159
FITEM,2,97	SFADELE,P51X,1,PRES
FITEM,2,110	FLST,2,1,4,ORDE,1
FITEM,2,123	FITEM,2,46
FITEM,2,136	/GO
FITEM,2,162	DL,P51X, ,ALL, !сызықтарды барлық осьтер бойынша бекіту
FITEM,2,175	FLST,2,1,4,ORDE,1
FITEM,2,188	FITEM,2,814
FITEM,2,201	/GO
FITEM,2,214	DL,P51X, ,ALL, !сызықтарды барлық осьтер бойынша бекіту
FITEM,2,253	! /STATUS,SOLU
FITEM,2,266	SOLVE !шешушіні жіберу
FITEM,2,279	FINISH !шешушіден шығу
FITEM,2,292	/POST1 !нәтижелерді көру үшін
FITEM,2,305	постпроцессорге кіру
FITEM,2,331	