

**ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ**

**Б. Бахмагамбетов
М. Жараспаев
Т. Кабетенов
С.Т. Рүстемов**

**ТАУ-КЕН КӘСІПОРЫНДАРЫ
АЭРОЛОГИЯСЫНЫҢ НЕГІЗДЕРІ**

Оқулық

Алматы, 2013

ӘОЖ 622.32 (075.8)

КБЖ 65.304.11 я 73

Т 24

*Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігінің «Оқулық»
республикалық ғылыми-практикалық орталығы бекіткен*

Пікір жазғандар:

Н. С. Буктуков – ҚР ҰҒА мүше-корреспонденті,
техника ғылымдарының докторы, профессор;

Д. Г. Букейханов – техника ғылымдарының докторы, профессор;

Р. Г. Кулбаев – “Взрывтехнология” ЖШС директоры.

Т 24 Б. Бахмагамбетов, М. Жараспаев, Т. Кабетенов, С. Т. Рүстемов
Тау-кен кәсіпорындары аэрологиясының негіздері: Оқулық. /
Авторлар ұжымы: Б. Бахмагамбетов, М. Жараспаев, Т. Кабетенов,
С. Т. Рүстемов Алматы, ЖОО студенттеріне арналған оқулық. 2013.
– 416 б.

ISBN 978-601-225-620-8

Оқулықта кеніш ауасындағы газдардың құрамы, тау-кен қазбаларындағы газ бөліну үдерістері және газды желдетіс ағынымен тасымалдау, кеніш шаңдарының жарылғыштық қасиеттері және онымен күресу шаралары, шахталардың жылулық режимі, тау-кен қазбалары мен шахталық ауа арасындағы жылу алмасу үдерістері, сонымен қатар кеніштік аэростатика және аэродинамика, шахталарды желдетуді жобалау мен карьерлерді желдету әдістері мен сұлбалары, ашық кенорнындағы негізгі ластаушы көздер, тиеу-түсіру жұмыстарын гидро-шаңсыздандыру, бұрғылау-аттыру кезіндегі шаңды басуға қажетті судың меншікті шығынын анықтаудың аналитикалық негізі және т.б. қарастырылған.

Оқулық ЖОО тау-кен факультетінің студенттеріне, магистранттарына, сонымен бірге кен инженерлері мен кенөндіру кәсіпорындарын жобалау және ғылыми-зерттеу институттарының қызметкерлеріне тигізер көмегі зор.

ӘОЖ 622.32 (075.8)

КБЖ 65.304.11 я 73

ISBN 978-601-225-620-8

© Б. Бахмагамбетов, М. Жараспаев,
Т. Кабетенов, С. Т. Рүстемов, 2013

© ҚР Жоғары оқу орындарының
қауымдастығы, 2013

КІРІСПЕ

Тау-кен кәсіпорындарының аэрологиясы – кеніш ауасының қасиеттерін, ауа қозғалысының заңдарын, тау-кен қазбаларында және жыныс массивтерінде ауаның газ тәріздес қоспаларын, шаң мен жылудың тасымалдануын зерттейтін тау-кен ғылымының бір саласы. Бұлар шахталарды желдету әдістері мен құралдарын ойлап табуда, инженерлік шешім жасауға ғылыми негіз болады.

Атмосфера (жердің ауалық қабыршағы) – адамның өмір сүру ортасы. Ауаның тұрақты қозғалыста болуынан газ бөліну мен сіңірілу үдерістерінің өзара теңгерілуінен, атмосфераның жер бетіндегі газдылық құрамы ұдайы бірқалыпты болады. Сондықтан да, жер бетінде адам өмір сүру үшін қажетті ауаның газдылық құрамын жасанды түрде сақтаудың керегі болмайды. Бірақ, жер бетінен толық немесе жартылай оқшау орналасқан, шектелген кеңістікте бұл факторлар әлсірейді, не болмаса жоғалады, өндірістік үдерістер (процестер) әсерінен (немесе онда адамдардың болуынан) газ бөлінісінің өзгеруі жүретіндіктен, оны желдетудің (ауаны жаңарту) қажеттілігі туады. Кеңістікті желдетудің мәні – шектелген жерастылық кеңістікке таза ауаны жеткізу, оны тарату және лас ауаны тысқа шығару болып табылады.

Жерасты қазбалары жер бетінен жартылай немесе толық оқшауланғандықтан температураның жоғарылауынан, жарық сәулесінің болмауынан (мұның биологиялық және гигиеналық әсері зор), оттегіні тұтыну мен газдардың бөлінуі салдарынан қазбалардағы ауаны тазартудың қажеттілігі туындайды.

Жерасты қазбасындағы ауаны тазартумен адамдар ерте заманнан айналысқан. Бұдан шамамен 2000 жыл бұрынғы Рио-Тинто (Испания) кен орнынан табылған қалдықтарды зерттегенде, ұзындау етіп көлденең қазылған қуыстардың, ауа сору үшін тік қазылған қуыстармен жалғастырылуы мұны дәлелдейді. Шахтадағы ауаны табиғи жолмен сорудың жасалу әдістерін Рим жазушысы Үлкен Плиннің (I ғасырда) “Естественная история” еңбегінде де сипаттаған. Жерасты кенорнының ауасын тазарту туралы деректер

жазушы Георгий Агриколаның “О горном и заводском деле” (XVI ғасыр) еңбегінде келтіріледі. Ол кезде жерастылық қазбаларды желдетудің техникалық мүмкіндігі шектеулі болды. Шахтадағы ауа қозғалысы, ауа тығыздығының өзгеруіне (табиғи сорылу) немесе жел энергиясына негізделді, ал оған екпін беру құралдары желпу, пеш немесе жалынмен ауаны қыздыру арқылы оның табиғи қозғалысы күшейтілді. Шахтаны желдету мүмкіндігінің шектеулі болуы тау-кен жұмысының дамуын тежеді. Осылайша, алғашқы желдетістік тосқауыл (вентиляционный барьер) пайда болды [7].

Бұл тосқауыл Ресейлік тау-кен инженерлер корпусының генерал-лейтенанты А. А. Саблуковтың 1832 жылы механикалық желдеткішті ойлап табуымен өз шешімін тапты. Шахтаға механикалық желдеткішті орнату ұзақ уақытқа дейін желдетіс факторына байланысты кедергілерді жойып, тау-кен жұмыстарын жүргізу аумағын едәуір кеңейтуге мүмкіндік берді. Шахтадағы жанатын және жарылыс тудыратын метан газының бөлінуі желдетіс жұмыстарын одан әрі жетілдіруге қажет болды (шахтадағы метанның жарылысы мен жануы кеншілерге XVI ғасырдан бері таныс. Ресейде мұндай жағдай алғаш рет 1878 жылы Донбасс көмір шахтасында орын алды). Қазіргі кезде тау-кен жұмыстарының едәуір тереңдеуінен және көмір шахтасында кенжарға түсетін жүктеменің артуынан метан көп мөлшерде бөлінеді (орташа метанмолдылық Донецк және Қарағанды көмір бассейндерінде, тиісінше 30 және 90 м³/мин тең) [7].

Мұндай, газ мөлшерімен “дәстүрлі” әдістермен күресу (метан араласқан ауаны желдету ағынымен шахтадан айдап шығару), шахтаға орасан мол ауа айдаудың қажеттігі және оның қазбалармен қозғалу жылдамдығын мүмкін шектен асыруға болмайтындығына байланысты мүмкін болмады. Осылайша, желдетіс жұмыстары қайтадан тау-кен жұмыстарының дамуын тежеуші жаңа факторға айналды. Екінші (газды) желдетістік тосқауыл пайда болды.

Кен қазу жұмыстарының тереңдеуіне байланысты кенорнындағы ауа температурасы жоғарылайды. Енді арнайы ауа салқындататын құралдарды ойлап табу қажеттігі туды, мұнсыз кен қазу жұмыстарын одан әрі тереңдету мүмкін болмады. Желдетудің үшінші (жылулық)

желдетістік тосқауылы пайда болды. Кеніштік аэрология желдетістің аталған кедергілерін жоюдың әдістері мен құралдарын ойлап табу жолында қарқынды зерттеу жұмысымен айналысады.

Қазіргі шахталардың желдетіс жүйесі (система вентиляции) жерастылық қазбаларының ұзындығымен, желдету торабының күрделілігімен, бас желдеткіштің аса қуаттылығымен ерекшеленеді. Қазіргі заманауи шахталардағы ауа жүретін қазбалардың жалпы ұзындығы 120 км-ге дейін, ал оның саны бірнеше жүзге жетеді. Ірі шахталарды желдетуге 20÷40 мың м³/мин ауа беріледі (1 т өндірілетін пайдалы қазбаға 15 т-ға дейін ауа жұмсалады). Ірі бас желдеткіштердің жұмыс дөңгелегінің диаметрі 5 м, электр қозғағышының қуаты 4000 мың кВт-қа дейін жетеді. Олар 600 м³/сек ауа беру үшін 9000 Па-ға дейін қысым жасайды. Бұрынғы КСРО-ның тек қана Көмір өнеркәсібі министрлігі мен Қара металлургия министрлігіне қарасты шахталарда 5000 ірі желдеткіш жылына 7 млрд кВт•сағ. электр энергиясын жұмсаған. Басқару тұрғысынан алғанда қазіргі шахталардағы желдетіс жүйелері, ол аса күрделі техникалық құрылымдардың бірі [7].

Кеніштік аэрология ғылымы саласында алғашқы ғылыми-зерттеу жұмыстары М. В. Ломоносовтың “О вольном движении воздуха в рудниках примеченном” (1742 жылы) трактатынан басталды, онда ол шахтадағы ауаның табиғи жолмен сорылуы мен пайда болу заңдылықтарын алғаш рет түсіндірді. Тау-кенаэрологиясының ғылым ретінде дамуына орыс ғалымдары біршама үлес қосты. Олардың жер қыртысындағы газдың таралуын, тау жыныстары мен газдың байланысу түрлерін, шахтаның газмолдығын болжау, шахтадағы метанның бөлінуін басқару әдістерін, кенорнындағы әралуан бекіту конструкциясының аэродинамикалық кедергілерін есептеу, кеніштегі шаң мен газдың тасымалдану үдерістері, шахтадағы жылу бөліну үдерісін, шахталық желдетісті жобалау әдістерін, шахтадағы желдетіс жүйелерінің беріктігін бағалау сияқты шахтаны желдетудің түйінді мәселесін шешуде алдыңғы қатардан көрінгені даусыз.

XIX ғасыр шахта атмосферасының құрамы мен қасиетін жоғары ғылыми деңгейде зерттеумен басталды. Көптеген зерттеу жұ-

мыстары (кенорындарының аэродинамикалық кедергілері, шахта ауасының құрамы мен кенорнынан бөлінетін газдың қасиеттері, кен жыныстары мен ауаның температурасы, ылғалдылығы) орындалды және тиісті өлшеу құралдары жасалды. Бұл кезеңдегі шахта атмосферасын зерттеген ғалымдардан Узатисті (Ресей), Шандорфты (Германиядан), Вуданы (Ұлыбританиядан), тау-кен қазбаларындағы аэродинамикалық кедергілерді зерттеген Жирар, Добюиссон, Мюрг, Птиді (Франциядан) және Аткинсонды (Ұлыбритания) атаған жөн [7].

Ресейде ХХ ғасырдан бастап кеніш аэрологиясын зерттеу қарқынды басталды. Бұл кезең А. А. Скочинскийдің “Рудничный воздух и основной закон движения по выработкам” (1904 жылы) атты іргелі жұмысымен басталды, мұнда ол шахта ауасының құрамы мен қасиетін зерттеген көптеген ғалымдардың еңбегін қорытындылады және оның қозғалысына алғашқы рет Бернуллидің белгілі теңдеуін қолданды [7].

Петербург, кейін Мәскеу тау-кен институтының профессоры Александр Александрович Скочинскийдің (1874-1960 ж.) қызметі кеніш аэрологиясының дамуында айрықша орын алады. Ол кеніштік аэродинамика және газодинамика, шахталық атмосфера және оны бақылау әдістері, көмір мен газдың кенеттен лақтырысы, шахта өрті, кеніш шаңы бойынша кең көлемді зерттеу жұмыстарын орындады. Ленинград тау-кен институтының профессоры В. Б. Комаровпен бірге үш рет баспа бетін көрген “Рудничная вентиляция” оқулығын жазды. Мұның авторларына мемлекеттік сыйлық берілді. Социалистік Еңбек Ері, КСРО мемлекеттік сыйлығының лауреаты КСРО Ғылым академиясының академигі А. А. Скочинский кеніштік аэрология ғылымының негізін қалады [7].

Орыс ғалымдарының ішінде, революцияға дейінгі кезеңде кеніштік аэрологияның дамуына, кенорындарын диагоналды жалғастырудың қарапайым шешімін табуымен үлес қосқан Г. О. Чечеттаны, көмір қабаттары мен тау жыныстарындағы метанды және оны желдетіс ағынымен шахтадан шығарудың ғылыми-зерттеу жұмыстарын алғаш бастаған Н. Н. Черницынды атаған жөн [7].

Елімізде кеніштік аэрология Қазан революциясынан кейін қарқынды дами бастады. Бұл кезеңдегі ғылыми-зерттеу жұмыстарының өзіндік ерекшелігі ұжымдық болды да, ал тақырыптары отандық тау-кен өндірісіндегі кезек күттірмейтін мәселелерді шешуге бағытталды.

Біздің елімізде және Ресейде кеніш аэрологиясының дамуына сүбелі үлес қосқан ғалымдар: А. С. Попов, М. М. Протодьяконов, В. Б. Комаров, К. З. Ушаков, А. И. Ксенофонтова, В. Н. Воронин, Ф. А. Абрамов, Л. Н. Быков, И. М. Печук, А.И. Мустель, А. М. Карпов, А. Н. Шербань, Г. Д. Лидин, В. С. Никитин, И. И. Медведев, П. Ч. Чулаков, Цой С. В., Рогов Е. И., Волохов М. И. және т.б. болды.

Осы оқулық келесідей төрт бөлімнен тұрады:

1. Кеніштік атмосфера. Бұл бөлімде тау-кен қазбаларымен қозғалыс кезінде ауа құрамының өзгеруі, кеніштік атмосфераны құраушы газдардың қасиеті, кеніштік ауаға газдардың түсуі, кеніштік шаң жарылысының себептері және онымен күресу шаралары, кеніштің жылулық режимі және кеніш ауасын салқындату қарастырылады.

2. Кеніштік аэромеханика. Мұнда, ауа қозғалысының заңдылықтары, кеніште газбен шаңның бөлінуі және олардың желдетіс ағындарымен тасымалдануы, ауа мен тау-кен жыныстары арасындағы жылу алмасу заңдылықтары қарастырылады.

3. Кеніштік желдетіс. Бұл бөлімде кеніштік желдетісті қамтамасыз ететін техникалық әдістер мен құралдар және кеніште желдету мен бақылауды ұйымдастыру шаралары қарастырылады. Бұл бөлімнің ең маңызды бөлігі – жоғарыда келтірілген бөлімдердің талабына сүйене отырып, кеніштік желдетісті жобалау.

4. Карьерлерді желдету. Мұнда карьердегі микроклимат және карьер орналасқан ауданның климаттық жағдайы, карьерлер атмосферасын желдету және табиғи ауа алмасу сұлбалары, сонымен қатар, тиеу-түсіру жұмыстарын гидрошаңсыздандыру, бұрғылау-жару жұмыстары кезіндегі шаңмен және газбен күресу шаралары қарастырылады.

Көптеген кеніштерде желдету үдерісі тазартыс кенжарына түсетін жүктемені және қазбаларды жүргізу (өту) қарқынын анықтайды.

Тау-кен өндірісінің ерекшелігі сол, мұнда жұмыс шарттары ұдайы өзгеріп отырады. Кен инженері мұндай өзгерісті алдын ала көре біліп, жұмыс орнын қажетті таза ауамен қамтамасыз етуді, зиянды газ бен шаңды уақытылы алмастырудың қысқа мерзімде дұрыс шешімін қабылдап, тиімді ұйымдастыра білуі қажет. Жер асты өрті, жарылыс, газдардың кенеттен лақтырысы сияқты апаттық жағдайда қабылданған желдету режимі – шахтада апатты жағдайда қалып қойған кеншілерді ауамен қамтамасыз етіп, апат салдарын жедел жоюға бағытталуы тиіс.

I БӨЛІМ

КЕНІШТІК АТМОСФЕРА

§1. Кеніш ауасы

Кеніш ауасы деп жерасты қазбаларындағы газдар мен булардың жиынтығын айтады. Атмосфералық ауа жер бетінен жерасты қазбаларына түсіп өзінің құрамын өзгертеді. Егер бұл өзгерістің және кеніштік ауа өзінің құрамы бойынша атмосфералық ауадан айырмашылығы болмаса немесе аз болса, онда оны таза ауа, ал атмосфералық ауадан айырмашылығы жоғары жағдайда лас ауа деп атайды.

Атмосфералық ауаның негізгі құрамдас бөліктері: оттегі, азот, көмір қышқыл газы және инертті газдардан құралады. Ауа құрамының алғашқы бөлігі көлемі бойынша тұрақты: N_2 – 78,08%; O_2 – 20,96%; CO_2 – 0,04% және инертті газдар 0,92%-ды құрайды.

Кеніштік ауаның атмосфералық ауадан айырмашылығы – әр уақытта оттегі, көмір қышқыл газы, азот және су булары кеніш ауасында өзгеше құрамда болады. Сондықтан академик А. А. Скочинскийдің көрсетуі бойынша кеніштік ауа: атмосфералық ауадан + белсенді газдардан + өлі ауадан тұрады.

Атмосфералық ауа. Кеншілердің еңбек өнімділігі, денсаулығы, тіпті өмірі атмосфералық шарттарға: ауаның тазалығына, оның қозғалу жылдамдығы мен температурасына тәуелді.

Атмосфералық ауа – газ және бу құрамынан тұратын, жерді қоршаған қабықша. Ол үздіксіз қозғалыста болады. Оның үстіне оның температурасы, қысымы және құрамы өзгеріп отырады. Температура өзгерісі жыл мезгіліне, осы орынның ендігіне, теңіз бетінен биіктігіне тәуелді және кең көлемдік ($-80^{\circ}C$ -ден $+50^{\circ}C$) шектікте ауытқиды. Атмосфералық ауаның қысымы теңіз бетінен 101,3 кПа-ға тең деп қабылданған. Шындығында, ауа қысымы оның ылғалдылығына, температурасы мен ауа ағынының қозғалу жылдамдығына тәуелді болып, ол 80-120 кПа аралығында өзгеріп отырады. Атмосфералық қысымының басқа да шарттары бірдей болғанымен, теңіз бетінен биіктеген сайын кеми береді.

Белсенді газдар деп жерасты қазбаларында пайда болатын әртүрлі улы және атылғыш газдарды айтады.

Өлі ауа деп кеніш ауасындағы атмосфералық ауамен салыстырғанда артық мөлшерде болатын көмір қышқыл газы мен азоттың қосындысын айтады.

Кеніштік ауа құрамында мынадай газдар: оттегі, көмірқышқылы газы, азот, көміртегі тотығы, күкіртті сутегі, күкіртті газ, азоттың тотықтары, сутегі, метан, радиактивті қоспалар және т.б. жиі кездеседі. Мұның алғашқы үшеуі кеніштік ауаның негізгі құрамдас бөліктері, ал қалғандары улы, атылғыш және радиактивті қоспалары деп саналады.

1.1. Тау-кен қазбаларымен қозғалыстағы ауа құрамының өзгеруі

Шахтаға таза ауа беретін құрылғыны ауа беруші желдеткіш деп, ал ластанған ауаны шығаратын құрылғыны ауа тазартқыш немесе желдетістік желдеткіш деп атайды.

Тау-кен қазбасымен қозғалатын ауа құрамының өзгеруі деп, көмір қышқыл газы, азот, метан, көмір тотығы, басқа да газдар мен шаң-тозаңның артуы және оттегінің кемуін айтады. Бұдан басқа, ауаның атмосфералық қысымы, ылғалдылығы, температурасы өзгеріске ұшырайды. Ауаның ластану көздері табиғи және техногендік көздер (тау-кен жұмыстарының технологиясына тәуелді) болып бөлінеді. *Техногендік көзге* өндірістегі жару (аттыру) жұмыстары, іштен жану қозғалтқыштарының жұмысы, пайдалы қазбаларды негізгі массивтен бөлу үдерісі (процесі), т.б. жатады. *Табиғи көзге* тау-кен массивін аршу, уатылған тау жыныстарымен көмір кесектері, тау-кен қазбаларымен түйіскен минералды көздер, т.б. жатады.

Ауадағы газ көлемі олардың концентрациясымен сипатталып, ол берілген газдың барлық газды ауалық қоспалар мөлшерінің қатынасына (көлемі немесе массасы бойынша) тең болады. Сонымен бірге, газдардың концентрациясы оның массасының қоспа көлеміне (мг/л) қатынасымен де анықталады. Газдың көлемдік концентрациясы белгілі болса, онда газдың массалық концентрациясы:

$$C_M = 0,446 M C_K,$$

формуласымен анықталады.

Мұнда, M – газдың салыстырмалы молекулалық массасы; C_K – газдың көлемдік концентрациясы, %.

Тау жынысының температурасы белгілі бір тереңдіктен бастап оң мәнге ие болатындықтан, кеніш ауасының жылдық орташа температурасы жер бетіндегі ауаға қарағанда жоғары болады. Температураның мерзімдік және тәуліктік ең жоғары ауытқуы ауа өздігінен түсетін қазбада, ал ең азы желдеткіші орналасқан қазбада болады.

Көптеген кеніштерде жерасты су көздерінің әсерінен, судың қазбаларға түсуі орын алады, сондықтан шахта ауасы жер бетіне қарағанда ылғал келеді. Гидрошахта мен көмірді сумен жеткізетін шахталарда ылғалдылық жоғары болады. Ал су тамшылалары болмайтын шахталарда (тасты тұз және калийлік шахталарда) ылғалдылық тау-кен жыныстарының температурасы мен жер бетінің ылғалдылығына (жазда төмен, қыста жоғары) тәуелді. Қазбадағы ауаның қысымы кен қазу жұмыстарының төмендеуіне тәуелді, қазу жұмыстары тереңдеген сайын ауаның қысымы да жоғарылайды. Қазба жұмысының қазіргі заманғы тереңдігінде, ол 120-130 кПа және одан да жоғары болуы мүмкін. Таулы ауданда орналасқан кеніштердегі қысым, теңіз беті деңгейіндегі қысымға қарағанда төмен болып келеді. Айдама желдеткіш жұмыс істейтін қазбада қысым артады, ал сорма (сорушы) желдеткіштің жұмысы кезінде қысым кемиді.

1.2. Шахтының газмолдылығы

Газмолдылық учаске, тұтас шахта аумағында жекелеген қазбаларға түсетін газдың қарқындылығымен сипатталады. Газмолдылық салыстырмалы және абсолютті болып бөлінеді. Шахтаның *абсолютті газмолдылығы* деп уақыт бірлігінде бөлінетін барлық қазбалардағы газдың мөлшерін айтады. Шахтаның абсолюттік газмолдылығы ($\text{м}^3/\text{мин}$):

$$Q_{\Gamma} = Q_{\text{ш}} \frac{C - C_o}{100},$$

формуласымен анықталады.

Мұнда, $Q_{\text{ш}}$ – шахтаға түсетін ауа мөлшері, м³; C_o – шахтаға түскен ауадағы газ мөлшері, %; C – шахтадан шыққан ауа ағынындағы газ мөлшері, %.

Салыстырмалы газмолдылық шахтада бөлінетін газдың 1 т немесе 1 м^3 қазылған кеннің массасына қатынасы, м³/т. Шахтаның газмолдылығы:

$$q_{\Gamma} = \frac{Q_{\Gamma}}{A},$$

формуласымен анықталады.

Мұнда, A – шахтаның өнімділігі, т/мин; Q_{Γ} – газ мөлшері, м³/мин.

Газмолдылық пайдалы қазба мен тау жынысының газдылығына байланысты. Газдылық дегеніміз – табиғи жағдайдағы бұзылмаған 1 м^3 немесе 1 т массивтегі газдың (м³) мөлшері. Тау-кен жынысының газдылығы кенорнының шығу тегіне (генезисіне) тәуелді. Магмалық кенорнында кен мен тау жыныстары кеуектілігінің аз болуымен, газ өткізгіштігімен, сорбциялық белсенділігіне және таралу қасиетінің төмендігімен сипатталады. Метаморфты жыныстар (кварцит, мрамор, графит, мыс кені және басқалар) өзінің газдылығы жағынан магмалық жыныс пен шөгінді жыныс арасынан орын алады.

Көмір шахтасының абсолюттік газмолдылығы $200 \text{ м}^3/\text{мин}$, салыстырмалы – $250 \text{ м}^3/\text{т}$ жетеді. Кейбір полиметалл кеніштерінде абсолюттік газмолдылық $0,5 \text{ м}^3/\text{мин}$, ал алтын кеніштерінде – $2,5 \text{ м}^3/\text{мин}$ дейін жетеді.

1.3. Кеніш ауасының негізгі құрамдас бөліктері

Оттегі (O_2) – түссіз, дәмсіз және иіссіз газ. Оның ауамен салыстырғандағы тығыздығы $1,11$, молекулярлық салмағы – 32 . 1 л оттегінің 0°C және $101,3 \text{ кПа}$ қысымдағы массасы $1,43 \text{ г}$ тең. Оттегі суда нашар ериді (0°C көлемінің 5% ғана), көптеген заттармен байланысқа жеңіл түседі. Тотығу үдерістерінде катализатор рөлін атқаратын су буы, ол оттегінің белсенділігін арттырады. Сондай-

ақ, көміртегі тотығының жалынын абсолютті құрғақ оттегінің атмосферасына енгізетін болсақ, ол бірден сөнеді. Оттегі адамға тыныс алу үшін қажет. Егер адам тамақсыз 30-40, сусыз 10-12 күн өмір сүре алатын болса, ал оттегісіз 3-5 мин. артық өмір сүре алмайды. Оттегі тыныс алу жолдарымен өкпе арқылы, қанға өтіп, бүкіл ағзаға (организмге) тарайды. Қаннан өкпеге көмір қышқыл газы қайтады да, дем шығарумен сыртқа айдалады. Адам тыныштық жағдайда минутына 0,3 л-ге жақын оттегі пайдаланады, ал ауыр жұмысы кезінде – 3-4 л/мин жұмсайды. Адам ағзасы тек ауадағы оттегінің 20%-ын ғана игере алады. Демді ішке тартқанда ауада 21% оттегі болса, шығарғанда – 17% жақын келеді. Дем шығарғандағы көмір қышқыл газының мөлшері сіңірілген оттегі мөлшерінен біршама төмен. Бірдей уақыт аралығында дем шығару кезіндегі көмір қышқыл газы мөлшерінің, сіңірілген оттегі мөлшеріне қатынасы тыныс алу коэффициенті деп аталады. Жеңіл жұмыста тыныс алу коэффициенті <1 , ал ауыр жұмыста >1 болады. Адам тыныштық кезінде минутына 16-18 рет тыныс алады. Адамның ауаны бір рет жұту көлемі 0,4-0,5 л, ал бір минутта пайдаланатын ауа 8 л құрайды. Қауіпсіздік ережесі бойынша жерасты жұмысшысына 6 л/мин таза беру қажет.

Атмосфералық қысым көтерілгенде (шахтаға түскенде) оттегінің парциалдық қысымы артады, бұл адам ағзасына (организміне) ауадағы оттегінің шамасы көбейген тәрізді қабылданады. Қалыпты атмосфералық қысымда, таза оттегімен 5-6 сағат бойында тыныс алу ағзаға теріс салдар туғызбайды. Бақылау, ауадағы оттегінің шамасы 90% болса, ағзада алғашқы тәулікте күтпеген өзгерістер әкелетінін (дене температурасы төмендейді, тамыр соғысы бәсеңдейді, т.б.) көрсетті. Ауада оттегі 40-60% болса, бірнеше сағат бойы (кейде тәулікке дейін) адам ағзасына теріс әсерін туғызбайды. Атмосфералық қысым кемігенде (мысалы, шахтадан көтерілу кезінде) оттегінің парциалдық қысымы төмендейді, бұл адамға оттегі жетіспегендей сезіледі.

1.1-кестеде теңіз бетінен биіктігіне байланысты атмосфералық және парциалдық қысымның өзгеру тәуелділігі келтірілген.

Егер атмосфералық ауаның құрамы өзгермей, тек атмосфералық қысым ғана өзгерсе, онда адам оттегінің 8,6-12кПа парциалдық қысымында да өмір сүре алады, бұл 9-12% оттегі мөлшерімен сәйкес

келеді. Оттегінің кемуі алғашында денені қоздырады, адамды себепсіз көңілдендіреді, даусын көтеріп, сөйлегіш болады, мұнан соң көңілсізденеді, (жалпы әлсіздікті, шаршауды сезінеді, бүкіл дене ауыр тартады) енжарлық басады, өмірге қызығушылығы кемиді, бастың самай бөлігі, маңдай және желке тұсы қысып ауырады. Оттегі 9-10% болғанда, бетте көгерген таңба байқалады, температура 1-2°C-ге көтеріледі, қалтырау басталады. Өкпеден, мұрыннан қан кетеді, дыбыстық және көру елесі пайда болады. Жер асты жағдайында оттегінің 17%-ға кемісе ентігу мен жүрек соғысының жиілеуі басталады. Ал оттегі 12% болғанда адам естен танады немесе өледі. Желдетілмеген тау-кен қазбаларында (әсіресе, тұйық қазбада) оттегі мөлшері тотығу үдерісі жүруінен бірнеше тәуліктің өзінде-ақ 3÷5% дейін төмендеуі мүмкін. Нашар желдетілетін қазбада (әсіресе тұйықталған) пайдалы қазбамен араласқан тау жынысынан бөлінетін улы емес газдан, сондай-ақ газдың кенеттен бөлінуі кезінде, ауадағы оттегінің мөлшері соншалықты төмендеп, тіпті тыныс алуға жарамсызданады. Мұндай қазбаға кіру өмірге аса қауіпті. Қауіпсіздік ережесі бойынша жұмыс жасап тұрған қазбадағы оттегінің мөлшері 20%-дан кем болмағанда ғана адамға жұмыс істеуге рұқсат етіледі.

1.1-кесте

Теңіз бетінен биіктіктің өсуіне байланысты атмосфералық және парциалдық қысымның өзгеру тәуелділігі

<i>Көрсеткіштер</i>	<i>теңіз бетінен биіктігі, км</i>								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
<i>Атмосфералық қысым, кПа</i>	103,3	89,9	75,5	70,1	61,6	54	47,2	41,1	35,6
<i>Парциалдық қысым, кПа</i>	22,1	18,8	16,7	14,7	12,9	11,3	10	8,8	7,1
<i>7,6 кПа қысымға есептелген оттегінің мөлшері, %</i>	20,9	18,4	16,4	14,5	13,5	11,3	10	8,8	7,1

Жерастындағы тотығу үдерісінің және жерасты қазбаларынан бөлінетін газдардың (метан, көмір қышқыл газы және т.б.) салдарынан жерасты қазбаларында қозғалыстағы ауа құрамындағы

оттегінің мөлшері азаяды. Мұнан басқа, қазбалардағы оттегінің мөлшерінің азаюына аттыру жұмыстары және дәнекерлеу (сварка), өздігінен жүретін жабдықтардың қозғалтқыштарының жұмыстары, кеніштік өрт, метанның және шаңдардың атылысы әсер етеді.

Азот (N_2). Түссіз, иіссіз және дәмсіз инертті газ. Оның ауамен салыстырғандағы тығыздығы 0,97, молекулярлық салмағы – 28. Бір литр азоттың 0°C -тағы қысымы 101,3 кПа кезіндегі массасы 1,25 г, судың 100 көлем бірлігіне, азоттың 1,54 көлемі ериді (20°C температурада). Ауадағы азот мөлшері еркін жану шекарасында жатады (атмосферадағы оның мөлшері 3-4% ұлғайса, еркін жануға мүмкін болмас еді).

Азот күрделі органикалық қосылыс түрінде (белоктық заттар), өсімдіктер мен жануарлардың ағзасының құрамына еніп, өмірде аса маңызды рөл атқарады. Адам қанында әр уақытта азот кездеседі. Атмосфералық қысым артқанда, оның мөлшері ұлғаяды. Қысымның кенеттен кемуі кезінде (кессондағы апаттық жағдайда, сүңгуірдің су бетіне жылдам көтерілуі кезінде) қандағы азот көпіршіктеніп, кессондық ауру тудырады, тіпті өліп кетуі де мүмкін. Жоғары қысымдағы ағзаның азотпен қанығуы улануды тудырады. Теріс салдарды болдырмау үшін, декомпрессия ережесінің сақталуын жіті қадағалайды, ал өте тереңдегі су асты жұмысында азотты басқа газбен (мысалы, гелиймен) алмастырады.

Г. Д. Лидинаның зерттеуі бойынша, көмір қабатындағы азот мөлшері $2 \text{ м}^3/\text{т}$ жетуі мүмкін. Шахта ауасындағы азот мөлшері мөлшерленбеген.

Көмір қышқылы газ (CO_2) – түссіз, аздап қышқылтым дәмді газ. Оның ауамен салыстырғандағы тығыздығы 1,52. Молекулярлық салмағы – 44, қалыпты жағдайдағы көмір қышқыл газының 1 литрінің салмағы – 1,98 г. Ол суда жақсы ериді (20°C , 100 көлемдік суда 88 көлем көмірқышқыл газ ериді).

Көмір қышқыл газы адам ағзасында тұрақты тотығу үдерісінің нәтижесінде пайда болып, тыныс алуға себепкер болады.

Денеге түсетін күш кемігенде, тыныс алу қалыпты күйге түседі, өйткені көмір қышқыл газының бөлінуі қысқарады. Ауадағы көмір қышқыл газы 3% болғанда дем алу жиілігі тіпті тыныштық күйдің өзінде 2 есеге, ал 5% болғанда 3 есе жиілейді. Газ мөлшері $5 \div 8\%$

болғанда, көздің шырышты қабығы мен тыныс алу жолының жоғарғы бөлігінің қабыну белгісі байқалады, адамның басы ауырады, құлақ шыңылдайды, басы айналады, ыстығы көтеріледі, жүрек соғады, енгіседі, құсқысы келеді, артериялық қысым артады. Газ мөлшері 20%-ға жеткенде (оқшаулаушы респиратормен жұмыста) терінің қызаруы байқалады, шаншуды сезінеді. Көмір қышқыл газының 20-25% мөлшері өмірге аса қауіпті. Шахтадағы көмір қышқыл газының негізгі бөліну көздері, ол шіру үдерісі және ағашпен көмірдің тотығуы, тау жынысының қышқылды суда ыдырауы және қазбалардан бөлінуі. Мұнан басқа көздерге, метанның жарылысы, көмір шаңтозаңы және өрт кіреді. Ауадағы көмір газының мөлшері қауіпсіздік ережесі бойынша келесі мәндерден: жұмыс орны мен учаскелерден шығатын ауа ағыншаларында 0,5%; деңгейжиектерден және қанаттардан және жалпы шахтыдан шығатын ауа ағыншаларында 0,75%, қазбаны үйіндіден кейінгі қалпына келтіру жұмыстарында 1% аспауы қажет.

1.4. Кеніш ауасының улы, жарылғыш және радиоактивті қоспалары

Шахталық ауаның улы қоспаларына көмір тотығы, азоттың тотықтары, күкіртті газ, күкіртті сутегі, т.б. жатады. Улы газ аздаған мөлшерде пайдалы қазбалардан мен жанас жыныстардан, кен қазбасымен түйіскен минералды көздерден бөлінуі мүмкін. Жару (аттыру) жұмыстары және іштен жану қозғалтқышты машиналардың жұмысы кезінде өте көп мөлшерде бөлінеді. Кеніш ауасындағы улы газдардың мөлшері белгілі мөлшерлермен (нормалармен) қатаң қадағаланады. Жұмыс аумағындағы ауаның улы затпен қанығуының шектік мүмкіндігі деп күнделікті 8 сағат жұмыс (демалыс күндерінен басқа) немесе басқа ұзақтықтағы (аптасына 41 сағ. көп емес) бүкіл жұмыс өтілі бойынша, қазіргі зерттеу әдістерімен байқауға болатын, жұмыс үдерісінде қазіргі және келешек ұрпақтың денсаулығына ауытқу, ауру (кәсіби дерт) тудырмайтындай мөлшерін айтады.

Көміртегі тотығы (CO) – түссіз, иіссіз және дәмсіз газ. Оның ауамен салыстырғандағы тығыздығы 0,97, молекулалық салмағы – 28. Қалыпты жағдайдағы көміртегі тотығының 1 л массасы 1,25 г.

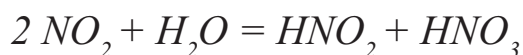
Суда өте нашар ериді (20°C температурадағы судың 100 көлеміне көміртегі тотығының үш көлемі ериді). Көміртегі тотығы жанады, ауамен қоспасы 16,2-73,4% болғанда жарылыс береді, мұндай қоспаның тұтану шегі 630-810°C.

Адамның көміртегі тотығымен улану себебі қандағы қызыл түйіршіктен (эритроцит) тұратын гемоглобин, оттегімен салыстырғанда 300 есе көп көміртегімен белсенді әрекеттеседі, сөйтіп ағзада оттегінің жетіспеушілігіне ұшыратады. Қандағы 10-20% көмір тотығы жұмыс істеп жатқан адамдардың тынысын жиілетеді, бас ауру белгілері пайда болады.

Көміртегі тотығы қанда 20-40% болған жағдайда бас ауруы күшейеді, бас айналады, психикасы бұзылады, жалпы әлсіздік, жиіркену, құсу, жүрек соғуы жиілейді. Қандағы көміртегі тотығы бұнан әрі өсетін болса естен танады, содан соң өледі. Ұзақ уақыт санитарлық нормадан жоғары көмір тотығы бар газды ортада болған адам өткір уланудан басқа, созылмалы (хронический) улануы да мүмкін. Созылмалы улану кезінде орталық нерв жүйесі зақымданады, көруі нашарлайды (түсті сезіну бұзылады, көру жазықтығы тарылады) жүрек және гипертониялық дерттер пайда болады. Жару (аттыру) жұмысынан соң, үздіксіз желдетілгеннен кейін көміртегі тотығының немесе көміртегінің шартты тотығының мөлшері 0,008% аспаған жағдайда ғана адамдар кенжарға жіберілуі мүмкін. Жұмыс істеп тұрған қазба ауасында көміртегі тотығы шектік рұқсат етілген мөлшері 0,0017%-ға тең.

Азот тотықтары. Шахта ауасында азот тотығы NO , азоттың қос тотығы NO_2 , азоттың еселенген қос тотығы N_2O_4 , азоттың бестік тотығы N_2O_5 болуы мүмкін. Азот тотықтары қара-қоңыр түсті, өткір иісті. Ауада NO_2 мен N_2O_4 тұрақты келеді. Азоттың қос тотығы ауадан 1,59 есе ауыр. Олар суда жақсы еріп, азот қышқылы мен азоттылау қышқыл түзеді.

Еру үдерісі:



реакция бойынша жүреді.

Азоттың еселенген қос тотығы N_2O_4 ауадан 3,18 есе ауыр. Бұл да суда жақсы ериді. Азот тотықтарымен адамның қатты улануы

бірнеше сатыдан өтеді. Алғашқы сатысында аздаған жөтел, бас ауруы, әлсіздік байқалады. 30-60 минуттан соң жалған сауығу латенттік (жасырын) кезеңі басталады. Бұл 3-6 сағатқа немесе мұнан да ұзаққа созылады. Бұл уақытта өкпенің ісінуі басталады. Бұл үлкейе келе көкіректі ауыртады. Жөтеледі, еңтігу күшейеді, алқынады, мұның соңы өлімге алып келуі мүмкін. Азот тотықтарының ауадағы мөлшері 0,025% асатын болса, қауіпті. Жұмыс жасап тұрған қазбадағы газдың, азоттың қос тотығына NO_2 шаққандағы рұқсат етілетін мүмкін қанығуы 0,00026% тең.

Күкіртті газ (SO_2) – түссіз, күшті тітіркендіретін иісті, дәмі қышқылдау газ. Ол ауадан 2,3 есе ауыр. 20°C-дегі судың бір көлеміне күкіртті газдың 40 көлемі ериді. Күкіртті газ өндірістік жару (аттыру) жұмыстарында қазбадағы өртте, жартылай сульфидтердің ауадағы оттегімен тотығуы кезінде пайда болады. Ол тау-кен жыныстарынан, (жартылай сульфидті кендермен сұр колчеданға бай кенді игеру кезінде) тас көмірден бөлінеді. Күкіртті газ улы, көз бен жоғарғы тыныс алу жолдарын тітіркендіреді, ал оның көбірек мөлшері өкпені зақымдайды. Апатты жағдайдағы күкіртті газ мөлшерінің 0,05%-ы тұншығу салдарынан адам өлімін жылдамдатады.

Күкіртті газдың ауадағы мөлшері 0,0005% болғанда иісі сезіледі. Ауадағы рұқсат етілген мөлшері 0,00018%.

Күкіртті сутегі (H_2S) – түссіз, шіріген жұмыртқа иісті газ. Ол ауадан 1,19 есе ауыр. 20°C температурадағы судың бір көлемінде күкіртті газдың 2,5 көлемі ериді. Күкіртті сутегі жанады, ауамен араласып (6% мөлшерде) жарылғыш қоспа түзеді. Шахталық ауада күкіртті сутегі күкіртті газбен бірге жиі кездеседі, дәл осылай полисульфид пен колчеданның тотығуында да бірге пайда болады. Күкіртті сутегі мұнай, озокерит және көмір шахтасындағы бос кеңістіктерден, жарықшақтардан бөлініп шығады. Сондай-ақ ол органикалық заттардың шіруі мен жару жұмыстарын жүргізу кезінде де пайда болады.

Адам күкіртті газбен жеңіл уланғанда көздің шырышты қабығы мен жоғарғы тыныс алу жолдарының тітіркенуі байқалады, көз ауруы, жарықтан қорқу, көзден жас ағу, жарық көзі төңірегінде түсті дөңгелектің пайда болуы, жөтелу, көкірек қысылуы пайда болады. Орташа уланғанда жүйке жүйесі зақымданып, бас ауруы, бас ай-

налу, әлсіздік, құсу, меңіреулік жағдайлар пайда болады. Күкіртті сутегімен уланудың ауыр түрінде құсу, қан-тамыр жүйесі мен тыныс алудың бұзылуы, естен тану жағдайымен өлімге соқтырады. Күкіртті сутегі ұзақ уақыт әсер еткен адамда көздің созылмалы ауруы, асқазан жұмысының ауытқуы, ұйқының бұзылуы, гипертониялық аурулар және т.б. байқалады. Күкіртті сутегінің ауадағы мөлшері 0,0001-0,0002% болғанда сезіледі. 1% мөлшері тіпті аз ғана уақыт әсер еткеннің өзінде аса қауіпті улануды тудырады. Адамның иіс сезу мүшелерінің жансыздануына байланысты күкіртті сутегінің жоғары мөлшерін адам сезбеуі де мүмкін. Оның ауадағы рұқсат етілген мүмкіндік шегі 0,00071%. Шахтадағы қауіпсіздік ережесі бойынша, онда күкіртті сутегі байқалуының өзі газды қауіпті шақтыға жатқызылады. Мұндай шахталарды газдық режимге көшіреді.

Сутегі (H₂) – түссіз газ. Ауамен салыстырғандағы тығыздығы 0,07, оның қалыпты жағдайдағы тығыздығы 0,09 кг/м; 0°С температурада 101,33 кПа қысымда бір өлшем көлемдік суға 2,1% сутегі ериді. Ол жанғыш және ауадағы мөлшері 4,74% болғанда жарылыс береді. Сутегінің тұтану температурасы 100-200°С, метанның тұтану температурасынан да төмен. Сутегі басқа газдан жеңіл, кеуек қоршаудан диффундацияланады. Шахталық ауаға ол калий, көмір жыныстарынан бөлінеді (метаморфизмнің орта дәрежесінде) аккумулятор батареясын зарядтау кезінде де пайда болады. Шахталардағы (кенді және бикен немесе кенқайран кенорындарында) ең болмағанда бір қазбадан сутегі байқалса, ол газдылық бойынша қауіпті шақтыға жатқызылады. Газ қауіпті шақтылар 1.2-кестеде көрсетілген төрт категорияға бөлінеді.

1.2-кесте

<i>Шахтаның категориясы</i>	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>Жоғары категориялы</i>
Өндірілген 1 м ³ кен массасына тиесілі 1 тәулікте бөлінетін жанғыш газдардың (метан, сутегі) мөлшері	≤ 7	7-14	14-21	> 21

Шахталарды категорияға бөлу кезінде 1 м^3 сутегінің мөлшері 2 м^3 метанға эквивалентті деп алынады. Ауада сутегінің рұқсат етілген шектік мөлшері 0,5%.

Акролеин CH_2CHCOH – ұшқыш сұйық (тез буланады) газ. Күйген май иісті. Бұл шахты ауасында дизель қозғалтқышы бар машиналарды қолданған жағдайда кездеседі. Акролеин буы ауадан 1,9 есе ауыр. Суда жеңіл ериді. Акролеин тітіркендірушілік әсер етеді. Тіпті, адамға қысқа уақытқа әсер еткеннің өзінде конъюнктивит (көзден жас ағу, көздің күйіп ауруы) тудырады. Қабак ісінеді, жоғары тыныс жолдарының шырышты қабығы тітіркенеді, тамақтың тырнауы сезіледі, жөтеледі. Асқазан ішек жұмысының бұзылуы, ішектің бүріп ауруы, лоқсу, құсу, ерін көгеруі мүмкін. Уланудың ауыр жағдайында аяқ қол мұздайды, сілекей ағады, тыныс алу баяулайды, есінен танады, қайтыс болады. Атмосферадағы акролеиннің мөлшері 0,014% болған ауамен 10 минут тыныс алудың өзі өмірге қауіпті. Ауадағы акролеиннің шектік рұқсат мөлшері - 0,0008%.

Формальдегид (CH_2O) – (құмырсқа альдегиді) өте өткір иісті газ. Оның ауамен саластырғандағы тығыздығы 1,4. Ол суда тез ериді. Ол іштен жану қозғалтқышы жұмысы кезінде бөлінеді. Формальдегид көздің шырышты қабығы мен тыныс алу органдарына тітіргендіргіштік әсері бар. Орталық жүйке жүйесін, теріні зақымдайды. Ауадағы рұқсат етілген мөлшері – 0,00040% тең.

Аммиак (NH_3) – түссіз, өзіне тән өткір иісті газ. Оның ауамен саластырғандағы тығыздығы 0,59. Аммиак суда жақсы ериді, оның ауамен аралас қоспасы (мөлшері 16-26% болғанда) жарылыс береді. Аммиак апатитті-нефелин жыныстарынан, жару жұмыстарын жүргізгенде, өрт сөндіру кезінде (сумен аса қатты қызған көмірдің өзара әрекеттесуінен), шахта ауасын салқындатуға арнаған жербетінде орналасқан мұздатқыш машиналардың ақауынан бөлінеді. Ол улы, жоғары тыныс жолдарының шырышты қабығын қатты күйдіреді, тіл, тамақ ісінеді. Аса қауіпті бронхит пайда болып, артериалдық қан қысымы бірден түседі, есінен танып сандырақтайды, көз тітіркенеді, көзге түскен аз ғана мөлшерінің өзі соқырлыққа ұшыратады. Аммиактың рұқсат етілген мөлшері – 0,002%.

Радон (R_n) – иіссіз, түссіз және дәмсіз радиоактивті газ, ауадан 7,6 есе ауыр, суда жақсы ериді. Радонның жартылай ыдырау

периоды 3,8 тәулікке тең, радийдің алғашқы ыдырауының жемісі. Ол радиоактивті кендерді өндіру кезінде бөлінеді. Радиоактивтік заттармен жұмыс кезінде сыртқы сәулеленумен бірге, радиоактивті газ бен шаңның өкпе арқылы ішке өтуінен ішкі органдарда, сондай-ақ асқазан ішек жолдары да сәулемен зақымданады. Адам ағзасына енген радиоактивті заттар қан арқылы адамның әртүрлі мүшелеріне тарайды, сүйтіп ішкі сәулеленудің көзіне айналады. Иондаушы әртүрлі сәулеленудің әсерінен сәулелік ауру пайда болуы мүмкін. Радиоактивтік сәуленің биологиялық әсерінің ерекшелігі, тіпті сәулеленудің қауіпті дозасының өзінде, организм оны сезінбейді. Қауіптің салдары уақыт өте келе байқалады. Иондаушы сәуленің адамға теріс әсерін болдырмау үшін сәулеленудің рұқсат етілген дозасының шегі (1.3-кестеде) берілген.

1.3-кесте

<i>Сәулемен зақымданатын адамдардың категориясы</i>	<i>Бүкіл организмнің сыртқы сәулеленуінің мүмкін дозасы, бэр</i>	
	<i>бір аптаға</i>	<i>бір жылға</i>
<i>А. Иондаушы сәуле көзімен тікелей жұмыс жасаушылар</i>	0,1	5
<i>Б. Сәуле көзімен бөлмелерде және оған жақын жерде жұмыс жасайтындар</i>	0,01	0,5
<i>В. Санитарлық аймақ шегіндегі территорияда тұратын барлық халықтар</i>	0,001	0,005
<p>Ескерту. Бэр (Биологический эквивалент рада) дегеніміз – 1 рад рентген немесе γ сәулесінің биологиялық әсеріне эквивалентті кез келген иондаушы сәуленің сіңген дозасы.</p> <p>Рад – сәулеленген заттың 1 кг-на тиесілі 0,01дж-ға тең иондаушы сәуленің сіңген дозасы.</p>		

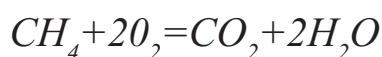
§2. Метан

2.1. Метанның физикалық-химиялық қасиеті

Метан (CH_4) – түссіз, дәмсіз, иіссіз газ. Кенорындарындағы пайдалы қазбалардан бөлінетін газ қоспасынан тұратын көмір шахтасындағы кеніш газының негізгі құрамдас бөлігі. Кеніш газының құрамы тау-кен жыныстарының қасиетіне байланысты. Көмір шахталарындағы оның құрамы негізінен метаннан (100% дейін), сутегінен (5% дейін), азоттан біренеше (%) метан гомологтарынан (14%), көміртегі тотығының (0,5-1,5%) қоспасынан тұрады.

Метанның ауамен салыстырғандағы тығыздығы – 0,5539 тең. Салыстырмалы молекулалық массасы 16,03 тең. 1 л метанның қалыпты жағдайдағы массасы – 0,716. Температура 20° болғанда, қалыпты қысым жағдайында судың бір көлеміне метанның 0,035 көлемі ериді. Метан әдеттегі жағдайда өте инертті, тек галоидтармен ғана қосылысқа түседі. Аз мөлшердегі метан зиянсыз келеді, метанның ауадағы мөлшерінің көбеюі оттегіні ығыстырып, оның азаюына байланысты қауіптілігі артады. Бірақ ауадағы метан мөлшері 50-80% болғанда оттегінің қалыпты мөлшерінің өзінде ол күшті бас ауруын туғызып ұйқы шақырады. Метанның этан, пропан қосылысы ауаға әлсіз есірткілік қасиет береді. Метан бозғылт-көгілдір түспен жанады, метанның бұл қасиетін бензиндік шамдардың жалыны көлемі және ауадағы метанның қоспасын табуға (метан мөлшерін бензин шамның жалыны үстіндегі метан жалынының биіктігімен анықтайды) пайдаланған.

Метанның жануы мына реакцияға сай жүреді:



Жерасты қазбасында реакция оттегінің жетіспеуінен жүретіндіктен метанның жануы көміртегі тотығының пайда болуына жағдай жасайды. Мұнда келесі реакция жүреді.



Метанның тұтану температурасы 650-750°C. Ол ауадағы метанның құрамы мен қысымына, сондай-ақ тұтандырушы көзге тәуелді. Метанның жану кезіндегі жылу $78470 \cdot 10^3$ Дж/кг тең. Метан ауамен және газбен бірігіп жарылғыш қоспа түзеді (2.1-сурет).

Ауадағы метан мөлшері 5% дейін болғанда ол жылу көзінен бөлінетін жылудың әсерінен ақ түспен жанады, 5-14% болғанда жарылады, ал 14%-дан артқанда жанбайды, жарылыс бермейді, бірақ сырттан оттегі ағыны болғанда жылу көзі жанында жана алады. Жарылыс күші метанды қоспаның мөлшеріне тәуелді.

Метанның ауадағы мөлшері 9,5% болғанда жарылыс ең үлкен күшіне жетеді.

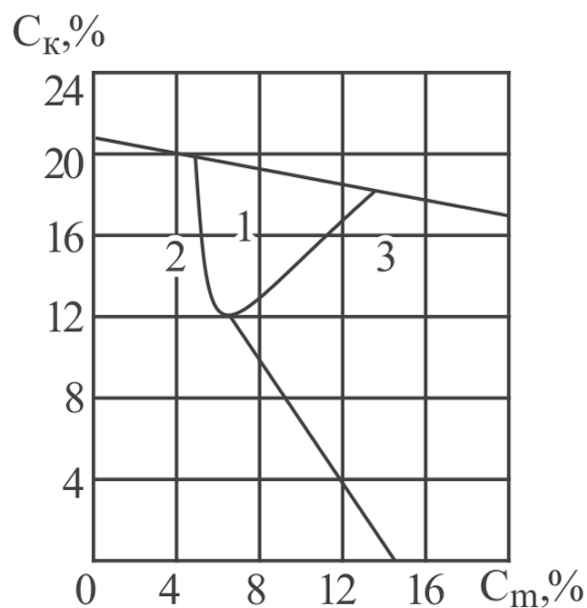
Метанның ауадағы мөлшері жоғары болса оттегінің жетімсіздігінен оның бірталайы жанбай қалады. Метанның жылу сиымдылығының жоғарлығынан әлгі бөлігі жарылыс жалынын суытып жібереді. Ауадағы метан мөлшері 14-16%-дан жоғары болғанда өзін өзі толық сөндіруі жүреді, яғни жарылыс болмайды. Метанның 7-8% метанды-ауалық қоспасы неғұрлым жылдам тұтанады.

Жанғыштық құрамы жағынан бір-біріне жақын, бірнеше компоненттерден тұратын (мысалы, метан, этан, сутегі, т.б.), қоспаның жарылыс туғызатын ең төменгі (%) мөлшерін Леташелье формуласымен анықтайды:

$$C_c = \frac{100}{\frac{c_1}{N_1} + \frac{c_2}{N_2} + \dots + \frac{c_m}{N_m}}$$

мұнда, $C_1, C_2 \dots C_m$ – жанатын компоненттердің қоспадағы мөлшері, % (жанатын барлық компоненттердің қоспасы 100% болуы шарт); $N_1, N_2 \dots N_m$ – әрбір жанғыш компоненттің ауадағы қалыпты құрамының жарылыс тудыратын ең аз мөлшері, %.

Метанды ауа құрамының жарылғыштық шегі, оның бастапқы температурасы мен қысымының көтерілуіне байланысты өсе түседі.



2.1-сурет. Метанның ауамен қосылғандағы атылғыштығын анықтайтын графигі

Сонымен, метан қоспасының алғашқы қысымы 1 Мпа, қоспадағы метанның мөлшері 5,9-17,2% болғанда қоспа жарылады.

Метан жылу көзіне түйістірілген соң біршама уақыттан кейін индукциялық кезең деп аталатын уақытта тұталады.

Индукциялық кезең тұтану температурасын көтергенде жылдам қысқарады, ал метанның ауадағы мөлшерін көбейткенде елеусіз ғана өзгереді (2.1-кесте). Шахта жағдайындағы атмосфера қысымының өзгерісі индукциялық кезеңнің ұзақтығына іс жүзінде әсер етпейді.

Индукциялық кезеңнің болуы сақтандырғыш АЗ қолдану кезінде, метанның тұтануын алдын ала ескертуге мүмкіндік береді. Мұнда метанның тұтану температурасынан төмен жарылыс өнімінің суыну уақыты индукциялық кезеңнің ұзақтығынан аз болуы қажет.

Шектелмеген көлемдегі метанның қопарылу өнімінің температурасы 1875°C, ал шектелген көлем ішінде – 2150-2650°C.

Жарылыс болған орындағы орташа ауа қысымы, метанды-ауа қоспасының жарылысқа дейінгі бастапқы қысымнан 8 есе ұлғаяды. Алдын ала сығылған қоспаның жарылыс толқыны сияқты тарауы, жарылыс қысымының жоғарылауына жағдай жасайды (3 Мпа жоғары).

<i>Ауадағы метанның мөлшері, %</i>	<i>Тұтану температурасындағы (градус), индукциялық кезеңнің ұзақтығы (с)</i>			
	775	875	975	1075
6	1,08	0,35	0,12	0,039
7	1,15	0,36	0,13	0,041
8	1,25	0,37	0,14	0,042
9	1,30	0,39	0,14	0,042
10	1,40	0,41	0,15	0,049
12	1,64	0,44	0,16	0,055

Жарылыс толқынының қазбаны қуалай тарау жылдамдығы, метанның мөлшерін 5-6% арттырғанда әуелі көбейеді, ал метан мөлшері одан әрі 14-15% дейін арттырғанда нөлге дейін кемиді. Жарылыс толқынының жүру жолының үстінде суық бет болғанда тарау жылдамдығы кемиді, ал кедергілер (тарылу, кедір-бұдырлық, жолда кездесетін әртүрлі заттар және т.б.) қысымының көтерілуіне жағдай жасап, оның жоғарылауын туғызады.

Метанның жарылуы кезінде жылдамдық бірнеше ондық метрден, секундына бірнеше жүздеген метр ұлғаяды. Шахтадағы метан жарылысы тура және кері соққы тудырады.

Тура соққы жарылыс толқынының тұтану көзінен шетке қарай тарап, жарылыс орталығынан қашығырақ орналасқан метан көлемін жандырады. Кері соққы жарылыс орталығындағы өнімінің суынуы, жарылыс кезіндегі су буының конденциясының сиреуіне байланысты жарылыс толқынының орталыққа қарай жүруі. Кері толқын тура толқынға қарағанда әлсізірек келеді.

Осыған орай бірінші текті және екінші текті жалын деп бөледі. Бірінші текті жалын – жарылыс жалыны. Екінші текті жалын метан жарылысы жолындағы іргелес қазбадан оттегінің енуінен жанбай қалғандардың, одан әрі жануы нәтижесінде пайда болады.

2.2. Шахтада метанның бөліну түрлері

Тау-кен қазбаларында метан көп мөлшерде көмір қабаттарының аршылған бетінен, игерілген кеңістіктегі уатылған көмірден, аз мөл-

шерде жыныстың аршылған бетінен бөлінеді. Көмірдің аршылған бетінен бөлінетін метанды қарапайым, суфлярлық және кенеттен (кенеттен лақтырыс) бөліну деп бөледі. Метанның қарапайым бөлінуі аршылған көмір массивіндегі жіңішке (көрінбейтін) жарықшақтар арқылы жүреді. Оның мөлшері газдың қысымы, көмірдің газ өткізгіштігі мен газдылығы көп болған сайын арта түседі. Алғашқы қабат аршылған кезінде метанның бөлінуі аса қарқынды жүреді (аршылған қабаттың 1 м²-тан 5-50 л/мин) мұнан соң метанның бөліну қарқыны бірден кемиді де, 6-12 айдан соң іс жүзінде мүлдем тоқтайды. Метанның аршылған қабаттан бөлінуі өндіріс үдірісіндегі массивті газсыздандыру шарттарының өзгеруіне де байланысты. Мысалы, көмірді қазу мен ұңғымаларды бұрғылау кезінде мүлде газсыздандырылмаған қабаттың жылдам аршылуынан, едәуір мөлшерде метан бөлінеді. Сондықтан, қауіпсіздік ережесі абсолюттік метанмолдық 3м² мин және одан да жоғары учаскеде, сондай-ақ метанның суфлярлық бөлінуі мен атқылауға қауіпті қабаттағы қабаттың аз газсыздандырылған учаскесі аршылғанда метан едәуір бөлінуі мүмкін. Сондықтан тазартыс қазбадағы комбайн мен үңгілеу машиналары маңында метан мөлшерін автоматты бақылауды жүзеге асыру қажет. Комбайн, үңгілеу машинасы мен бұрғылау жабдықтары маңында метан мөлшері 2% немесе одан да жоғары болса машиналардың жұмысы мен қоректендіргіш кабельдерге ток кернеуін беруді доғару қажет. Машиналарды қайтадан жұмысқа қосуға метан мөлшері 1%-ға дейін төмендетілгенде ғана рұқсат етіледі.

Көмірді қазып алуға аттыру әдісін қолданғанда массивтің жылдам аршылуы мен ұнтақталуы салдарынан метан бөліну едәуір ұлғаяды. Уату балғаларын пайдаланып, көмірді қазу кезінде елеулі газ мөлшерінің көтерілуі байқалмайды.

Суфлярлық деп тау-кен массивінің бос қуысынан, ірі (көрінетін) жарықшақтардан метанның бөлінуін айтады.

Бұлардың дебиті тәулігіне бірнеше ондаған мың кубметрге жетеді, ал пайдалану ұзақтығы бірнеше жылға созылуы мүмкін. Бұлар күтпеген жерден пайда болуымен қауіпті және метанның қазбада қабаттала жинақталуға түрткі болады.

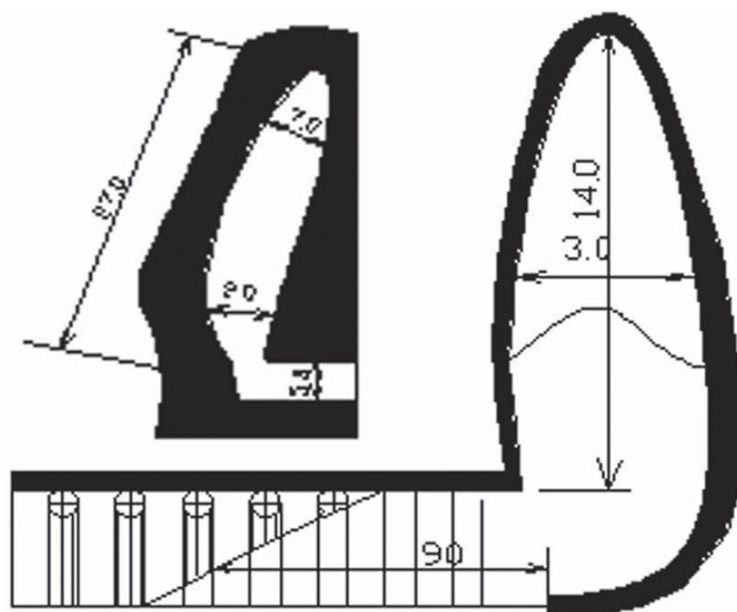
Суфлярлық бөлініс шығу тегі жағынан тұтынымдық және табиғи болып бөлінеді, табиғи суфляр пиликативтік және дизъюнктивтік сипаттағы геологиялық ауытқу аймағында кездеседі. Пиликативтік ауытқу аймағындағы суфлярлық әрекеттесу ұзақтығы, дизъюнктивтік ауытқу аймағына қарағанда көп те, дебиті аз. Олар негізгі жабынның бірінші қирауынан-ақ байқауға болады. Суфлярмен күресу үшін массивті алдын ала газсыздандырады (қорғасын қабатын қазып алу алдында алдыңғы қатарлы бұрғылау жабдықтарын пайдалану, қазбаның төбе жыныстарын басқарудың тиісті әдісін қолдану), суфляр бөлінетін кеңістіктерге берілетін ауа мөлшерін молайту, газды каптирлеуді жүргізу. Газды каптирлеу кезінде суфлярдың сағасынан газды жер бетіне шығаруға арналған үйшік (қыш пен тастан) салынады.

Кенеттен лақтырыс (атқылау) кезінде көмір қабатынан өте қысқа уақыт аралығында көп мөлшерде газ бен көмірдің (кейде кендік) ұсақ бөлшектері бөлінеді. Бұл уақытта қабатта әртүрлі (2.2-сурет) формада бос кеңістік пайда болады, ал қазба кенжардан ондаған жүздеген метр жерде көмірдің ұсақ бөлшектерімен газдармен толығады. Лақтырыс кезінде метанның бөлінуі 50 мың м³ және онанда жоғары, ал тау-кен массасының көлемі – 15 мың т. жетуі мүмкін. ТМД еліндегі ең үлкен қауіпті метанның кенет лақтырысы Донбасс көмір қабатында болды. Мұнда барлық кенет лақтырыстың 85% орын алды (1973 жылы Ю. А. Гагарин атындағы шахтадағы кенеттен лақтырыс кезінде 180 мың м³ метан бөлініп қазбаға 14 мың т. дейін көмір тасталған). Осы шамалас газ көлем Печорск бассейніндегі «Северный» шахтасында да тіркелді, ал Кузбастағы «Кокс» шахтасында 60 мың м³ газ лақтырылды.

Бұрынғы КСРО шахтасындағы лақтырылған жыныс мөлшері 50 м³ (Воркута) дейін жетті. Көмір мен метанның кенеттен лақтырысы (атқылауы) Оралда, Кузнецк, Қарағанды, Печора көмір бассейндерінде де байқалады. Кенеттен лақтырыс көбіне жыныс учаскесінен көмір байламдарының өзі тұрған жыныспен байланысының төмендегінен, беріктігінің кемдігіне байланысты.

Кенеттен лақтырыстың қауіптілігі қабаттың газдылығының көбеюінен, яғни тау-кен жұмыстарының тереңдегінің өсуіне қарай артады. Әдетте кенеттен лақтырыстың (атқылаудың) алдында мы-

надай белгілер байқалады: соққы, дүмпу, көмір массасындағы ызың, көмір кесектерінің ыршып түсуі, көмірдің сығылуы, метан бөлінісінің жоғарылауы. Соққылау құралдарының жұмысынан болатын соққы, жару жұмыстары, қысымның ұлғаю аймағының пайда болуы (сүйір бұрыштар мен қуыстарда) кенеттен лақтырыстың өсуіне жағдай жасайды.



2.2-сурет. Газ бен көмірдің кенеттен лақтырысы кезінде пайда болатын көмір тақтасындағы бос кеңістіктің формасы

Кенеттен лақтырыс тау-кен қысымының әсерінен көмір қабат көптеген бөлігін зақымдайтыны белгілі. Тіреу қысымының аймағынан тыс тұратын көмір қабатының учаскесі (бұл, тіпті газсыздандырылмаған) қысымының өзіне түсуінен қирайды, осының нәтижесінде сорбцияланған көмірдегі газ жылдам еркіндік жағдайға көшеді де, қазбаға қарқынды бөліне бастайды. Десорбция үдерісінде бөлінген газ қысымы мен жоғары газдылық қарастырып отырған учаскедегі қабаттың потенциалдық энергиясы көмір қабатын ұнтақтап қазбаға едәуір мөлшердегі көмірдің лақтырысын тудыра алады. Ол көмірдің ауырлық күшінің әсері нәтижесінде тік бос бағытта қозғалады. Лақтырыстың пайда болуына әсер ететін факторлар: тау-кен қысымы көмір бойындағы газ энергиясы, көмір қабаттарының қысымы мен көмір бойындағы газ энергиясы, көмір қабаттарының

механикалық-физикалық қасиеті. Кенжардағы көмірдің опырыла құлауы, оның кенеттен қысылуына байланысты газдың бөлінуі де өзінің сипаты жағынан кенеттен лақтырысқа жақын келеді. Бірақ мұның қарқыны мен қауіптілігі кенет лақтырыстан әлдеқайда төмен келеді.

Негізінен, уатылған көмірден газдың бөлінуі оны массивтен бөліп алу және тиеу кезінде байқалады. Көмір уатылғаннан соң едәуір газсыздандырылып оның газдылығы кемиді. Осы жағдай және көмір кесегінің ірілігінің салыстырмалы үлкен болмауы газ бөлінісін тоқтатады. Көмірден 10-12 сағат өткеннен соң газ бөліну іс жүзінде тоқтайды. Қалған газ шамасы (кейбір бөлінбей қалған газ мөлшері) көмірдің көп бөлігі үшін $2 \div 5 \text{ м}^3/\text{т}$ шегінде жатады. Бірақ шахтаны жаппай конвейерлендіру жағдайында тасымалдау жолының ұзақтығынан өндірілген көмір ағынынан газ бөлінісінің ұлғаюы мүмкін.

Игерілген кеңістіктен метанның бөлінудің негізгі көзі – көршілес жатқан көмір тақталары (жақын орналасқан немесе серіктес тақталар деп атайды), кейде жабын жыныстар, игерілген кеңістікте қалдырылған көмір, штрек маңындағы дінгектер. Мұның нәтижесінде сорбцияланған метанның бір бөлігі еркіндік жағдайға көшеді де, қабат арасындағы пайда болған жарықшақтар арқылы, игерілген кеңістіктің кен өндіріліп жатқан қабатына жетеді.

Игерілген кеңістіктен бөлініп желдету штрегінің қандай да бір учаскесіне түсетін метан мөлшері осы учаскенің басы мен соңындағы ауамен тасымалданатын метан мөлшерінің айырмасына тең.

Тау-кен қазбаларынан метанның бөлінуінен тыс, жарықшақты жыныстар арқылы жербетінде жақын кеңістіктерге (помещения) метанның түсуі де тіркелген. Метанның мұндай бөлінісімен күрес, оны жербетінде орналасқан ұңғымамен сору арқылы немесе жарықшақтарға цемент ерітіндісін құю арқылы жүргізіледі.

2.3. Көмір шахтасындағы газдылық баланс

Шахтаның газдылық балансы деп оның метан бөліну көздерінің метан бөлу қосындысынан тұратын абсолюттік метанмолдығын айтады.

Ол кен қазу жүйесіне, төбені басқару әдісіне, серіктес-тақтаның болуына, игерілген кеңістік көлеміне, тазартыс және даярлау жұмыстарының дамуына, көмірдің қасиеті мен тау-кен геологиялық шарттарға тәуелді.

Негізгі көмір бассейндеріндегі шахталардың газдық балансы (жалпы газ бөлінісінен %-дық шамамен) келесі мәліметтермен анықталады: Донбасста өндірілетін қабаттар мен игерілген кеңістіктердің метанмолдылығы, тиісінше 65-75 және 25-35%; Кузбасста 20-55 және 10-70% (оның ішінде тазартыс кенжарлары мен даярлау қазбаларында, тиісінше 15-55 және 5-55%, қазбаға түсетін ауа ағындарында $\leq 7\%$); Қарағанды көмір бассейнінде 40-50 және $\leq 35\%$ (оның ішінде тазартыс кенжарлары мен даярлау қазбаларында, тиісінше 25-50 және 15-50%) кен өндіру учаскесі аумағында 15-35%; учаске аумағынан тыс жерлерде $\leq 35\%$, %, қазбаға түсетін ауа ағындарында $\leq 10\%$).

Шахтаның газдылық балансын білу оның желдету жұмыстарын дұрыс ұйымдастыруға мүмкіндік береді (ауаның қажетті мөлшері мен оның қазбада таралуын анықтайды). Салыстырмалы метанмолдық және метанның бөліну түріне қарай шахталар 5 категорияға бөлінеді (2.2-кесте).

Шахтаның салыстырмалы метанмолдылығы (көмірқышқылына молдылығы) ай сайын шақтыдағы газдарға өлшеу жүргізу қорытындысы бойынша қаңтар айында белгіленіп, келесі формуламен анықталады:

$$q = 1440 \left(\sum_{i=1}^n I_{ci} N_i \right) / \sum A_i,$$

мұнда, A_i – ағымдағы жылдың i айындағы объектіде өндірілген көмір мөлшері, т; I_{ci} – объектідегі i айдағы орташа метанбөлінісі, м³/мин; N_i – i - айдағы көмір өндірудегі жұмыс күндерінің саны; n – жыл бойғы объектідегі жұмыс айның саны.

Шахтаның категориясы учаскенің, қанаттың, деңгейжиектің (горизонттың), қабат, тұтас шахтаның ең үлкен салыстырмалы метанмолдығымен анықталады. Ең болмағанда бір қазбада метан байқалса, онда оны метанға қауіпті шахтаға жатқызады.

Шахтаның салыстырмалы метан-молдылығы, м ³ /т	5	5-10	10-15	>15	Кенеттен лақтырыс қаупінің болуы
Шахтаның метан бойынша категориясы	I	II	III	Жоғары категориялы	Кенеттен лақтырыс бойынша қауіпті

Кен өндіру қарқынының артуы және шахтаның қазу тереңдігінің өсуі, оның метанмолдылығын жоғарылатады. Осылайша, 1971-1981 жылдары ТМД елдеріндегі көмір шахталарының учаскелерінде абсолютті метанмолдылық екі есе артты. Мысалы, Қарағанды бассейнінде орташа абсолютті метанмолдылық тиісінше 40-90 м³/мин құрады. Қазіргі кезде кейбір шахталардағы салыстырмалы метанмолдылық 100-140 м³/т құрайды. Метанмолдылық артуына байланысты шахтадағы жұмыстың қауіптілігі мен көмір өндіретін машиналар мен агрегаттардың өндірістік мүмкіндігі шектеледі.

2.4. Тау-кен қазбаларындағы метанның рұқсат етілген мөлшерлері

Газды шахталардағы жұмыс қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін қазбадағы метанды-ауа қоспасы жарылысының төменгі шегі 5%-дан едәуір кем болуы керек. Қауіпсіздік ережесі бойынша, шахта ауасындағы метан мөлшері 2.3-кестеде келтірілген мәндерден аспауы қажет. Көмір шахтасы учаскесінен шығатын желдетіс ағынындағы метан мөлшерінің көрсеткіші 1,3%-дан аспауы қадағалануы тиіс. Егер, көрсетілген мөлшерден артқан жағдайда стационарлы автоматты құралдар электр энергиясын ажыратуды қамтамасыз етуі керек.

<i>Желдетіс ағыны</i>	<i>Метанның мүмкін емес шектік мөлшері (көлемі бойынша)</i>
Кен өндіру учаскесі мен камерадан, тұйық қазба немесе тазартыс кенжарынан шығарылатын ағындарда	> 1

Шахта қанатынан немесе шахтадан шығарылатын ағында	$> 0,75$
Кен өндіру учаскесі, тазартыс, тұйық қазбалардың кенжары мен камераға түсетін ауа ағынында	$> 0,5$
Тазартыс, тұйық және басқа қазбаларда метанның жергілікті жиналуы	≥ 2
Ескерту. Кен өндіру учаскесі деп тазарыс немесе оған іргелес жатқан даярлау қазбасының бірге желдетілуін түсінеді (тазартыс қазбасы мен оған іргелес даярлау қазбасын тізбекті желдету кезінде)..	

2.3-кестеден метанның рұқсат етілген мөлшері оның орташа тұтану шегінен едәуір аз, сондықтан ол жұмыстың қауіпсіздігін қамтамасыз етеді. Метанның жергілікті жиналуында оның шектік рұқсат мөлшерінің жоғары болуы (2%), онда салыстырмалы түрде метанның көлемі көп болмауы себепті қауіптіліктің аздығымен түсіндіріледі.

Шақтыға түсетін ағындардағы метанның шектік мөлшерін шектеу жерасты жұмыстарының қауіпсіздігі мен тазартыс кенжарға түсетін жүкті көбейту мүмкіндігін арттыру үшін қажет.

2.5. Желдету құралдары арқылы метанмен күресу шаралары

Шахтада метанның қауіпті жинақталуы мен тұтануын алдын ала ескерту, жарылу себептерін шектеу мақсатында онымен күресудің арнайы шаралары бекітіледі. Метан жинақталуын болдырмау мақсатында жасалатын негізгі шара ол – желдету, бұл шахтада барлық жұмыс істейтін қазбаларда метанның шектік мөлшерін сақтай алса ғана тиімді. Шахта және оның жекелеген учаскесіне берілетін ауаның қажетті мөлшерін көбейту, шахтадағы аэродинамикалық кедергінің көмегімен қазбадағы ауаның таралуына газдық баланстың сәйкес болуымен қол жетеді. Сондай-ақ шахтадағы ауаның жоғалуын төмендету қажет, өйткені бұлар негізгі тұтанушыға баратын ауа мөлшерін азайтады. Метанның қабаттала жинақталуында көбіне оның орта бөлігінің қазбадан шығарылғанда метанның шектік мөлшеріне

сәйкес келіп, ал қабаттала жинақталуында кейбір учаскеде шектік мөлшерден жоғары болуы мүмкін. Мұны болдырмау үшін қабат шегіндегі ауаны араластыруды күшейту шарасын жасайды. Тұйық қазбадағы желдеткіш, метан мен ластанған ауаны сорып алып, оны қайтадан кенжарға айдайтын рециркуляциялық жағдайда болуы мүмкін. Осының салдарынан кенжарда метан жинақталып, оның мөлшері мүмкіндік шегінен артып кетеді.

Ауаның қайта айналымын болдырмау үшін ауаның таза ағынын шығарылатын ауа ағынан бөлу қажет (желдеткіштің орналасуы немесе соратын құбырдың соңы таза ауада болуын қадағалау).

Сондай-ақ қазбаны көктей өтетін лас ауа жұмыс орнына баратын таза ауаға қосылып кетпеуі қажет. Ауа араласуының жетімсіздігінен метан қазбаның жоғарғы бөлігіне орналасады. Сондықтан шығатын ағын төменнен жоғары бағытталуы керек (метанның табиғи қозғалу бағытымен). Қабаттың құлау бұрышы $>10^\circ$, метан бөлінуі қарқынды болғанда тазартыс кенжардағы ауаны жоғарыға шығаратын өрleme ағыны болуы қажет.

Тазартыс кенжардағы ауаның төменге ылдилай қозғалуына астыңғы горизонттағы тазартыс кенжарға кіретін қазбаға қосымша жаңа ауа беретін желдеткіш сұлбасын қолдануға рұқсат етіледі.

Бұл жағдайда кенжар маңы кеңістігіндегі ауа жылдамдығы ≥ 1 м/с болуы керек.

Кенеттен лақтырыстан қауіпсіз тақтадағы ылдилай қозғалатын желдету ағынына қазбаның көлбеулік бұрышы $>10^\circ$ кезінде, ондағы ауа қозғалысының жылдамдығы ≥ 1 м/сек, қазба бекітпесі (тазартыс кенжарға кіретіннен басқа) жалғайтын немесе электр жабдықтары мен кабельдері жоқ кезде рұқсат етіледі.

Тазартыс және даярлау қазбаларындағы ауаның қозғалыс жылдамдығы $\geq 0,25$ м/с болғанда ғана желдетіс ағынындағы метан жеткілікті қарқынмен ауамен араласады. Газ шахтасындағы желдеткіштің, тіпті қысқа уақытқа болсын тоқтатылмауы тиіс. Соңғы уақытта шахта тереңдігінің өсуі мен көмір өндірудің қарқын алуынан газмолдықтың жылдам өсуі байқалады. Бұл кезде шахтаны желдетіп тазарту өз мүмкіндігін тауысуы мүмкін, бұл өз кезегінде қазбаның газсыздандыруы басты мақсат болатын метанмен күресудің басқа арнайы шараларын жүзеге асыруды талап етеді.

Газды шахтаның тұйық кенжардағы желдеткіші ұдайы жаңа ауамен ауыстырып тұратын айдау әдісімен желдету керек. Шахтадағы метан жарылысының мүмкін салдарын тежеу үшін, желдететін торап, өзара тәуелсіз учаскелердің үлкен санынан тұруы қажет, ал оған келетін жаңа ауа мен шығарылатын ауа бір-бірінен сенімді бөлінуі керек.

Суфлярмен күресу жұмысы қазбадағы ауа беруді көбейтумен (аз суфляр кезінде) болмаса газды қаптерлеу арқылы жүргізіледі. Суфлярды қаптаждау үшін оның сағасына құбыр арқылы газды бұратын камера салады. Кейде суфлярды тампонаждау да жүргізіледі.

Көмір мен газды кенеттен лақтырыстан сақтандыру мақсатында қабатты газсыздандыру қабатқа түсетін қысымды азайту, кенжарды бекіту мен ұйымдастыру техникалық шараларды жүргізеді. Кенет лақтырысқа қауіпті қабатты газсыздандыруды қабат бойынша газсыздандыру ұңғысын бұрғылау арқылы (кенжармен бірге немесе алдын ала) немесе басқа әдістермен жүзеге асырылуы мүмкін. Қауіпті қабатты аршуды жыныс үлгісі арқылы анықтап, алдын ала газсыздандыруды (ұңғы мен не сұйықпен айыру) жүзеге асырады. Қабаттағы қысымды кемітуді кенжардағы бұрыштарды кеміту жолымен, төбені толық құлатумен басқару және тербелте жарумен, қабатты атқылаумен (торпедирование), тау-кен жұмысына соққы әрекетті механизмдер мен машиналарды қолданбау арқылы жүзеге асырады. Кенжарды бекіту оны сенімді күтіп-ұстауға арналған бекітпелерді қолдану арқылы жүргізіледі.

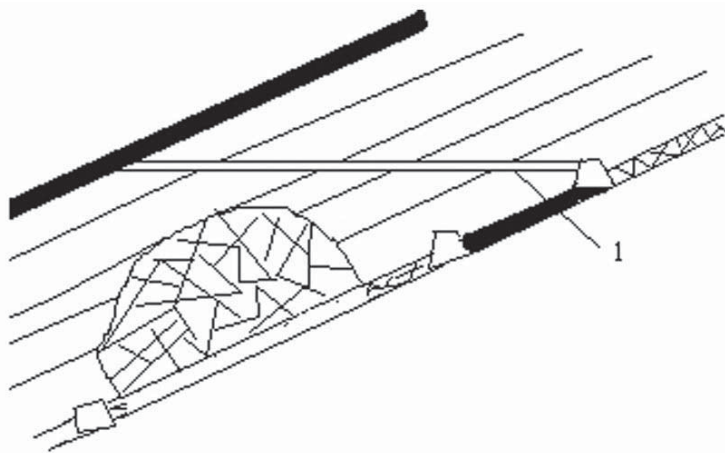
2.6. Тау-кен қазбаларын газсыздандыру

Тау-кен жұмыстарының қарқынды жүруімен тереңдеуінің өсуімен көмір шахтасындағы метанға молдықтың өсетіні сондай, көптеген жағдайда метан өсуінің мүмкіндік шегін, әдеттегі бір ғана құрал желдеткішпен ұстауға мүмкін болмай қалады (орасан мол ауа мөлшерін қажет етеді, қазбада ауа қозғалысының мүмкіндік шегінен асырып жібереді, бұл арнайы желдеткіш жасауды қажет етеді). Егер қазбаға келетін газ мөлшерін жасанды азайтса, яғни газсыздандыруды қолданса, онда шахтадағы метанмолдықты желдету арқылы шешу жеңілдейді, «қазбаны газсыздандыру мен

тау-кен жұмысын газсыздандыру» түсінігін ажырата білу керек. Соңғысына жыныстың газдылығын азайту шаралары кіреді. Қазбаны газсыздандыру кеңірек ұғым, бұған қабат газдылығын кеміту шараларымен бірге қабаттағы газды консервациялау және қабаттан бөлінетін газ мөлшерінің газдылығын елеулі кемітпей-ақ суфлярды каптаждау шаралары кіреді. Газсыздандыру, қазбадағы газ бөлінуін кемітуді қамтамасыз етеді, жұмыстың қауіпсіздігін арттырады, тазартыс кенжарындағы жүктемені көбейту мүмкіндігі артады. Суфлярдан шығатын метанды каптаждау арқылы жасанды газсыздандыру әрекеті XVIII ғ бірінші жартысында-ақ жасалды.

Ресейде бұлар XX ғасыр басында жүзеге асты. Біздің елімізде шахтадағы газсыздандыру кең көлемде 40 жылдың соңында қолдана бастады. Қазіргі кезде газсыздандыру еліміздің негізгі көмір ошақтарының барлығында да қолданылады. Газсыздандыру жедел өңдеу (қабат, учаске, блок) және дер кезінде (тазалау жұмысына дейін) деп бөлінеді. Газсыздандыру тиімділігі берілген уақыттағы газсыздандыру үдерісінде бөлінетін газ мөлшерінің осы уақыттағы жалпы газ бөліну қатынасына тең болатын газсыздандырудың тиімділік коэффициентімен бағаланады.

Жақындасқан тақтаны ұңғымен газсыздандыру – шахтадағы кең қолданыс тапқан әдістердің бірі. Мұның мәнісі қазбадағы өндірілетін қабаттан (әдетте штректен) жақындасқан тақтаға қарай ұңғы бұрғыланып осы арқылы құбырдың көмегімен және вакуум сорғымен метан сорылады. (2.3-сурет).

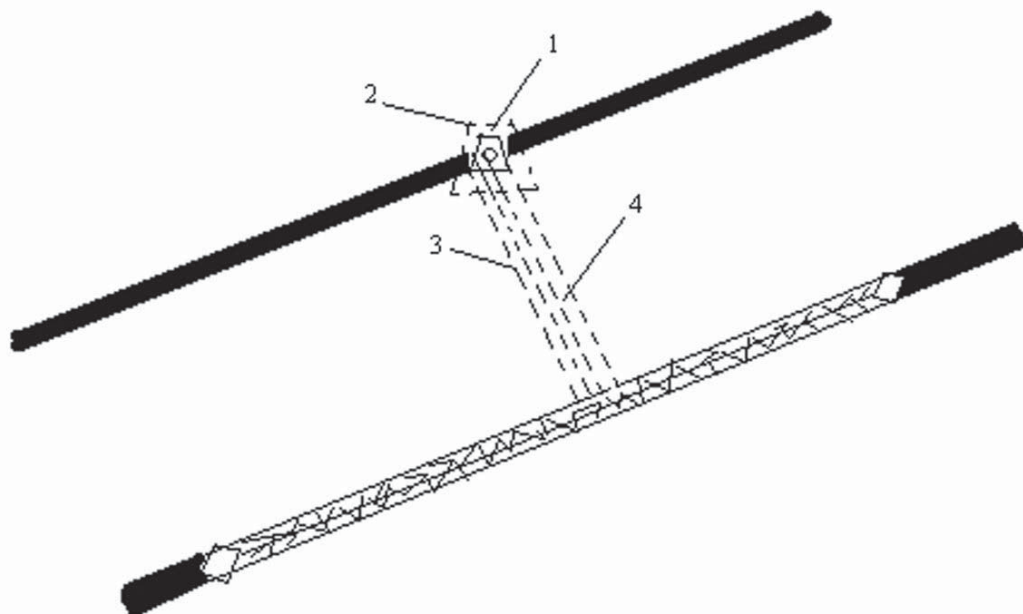


2.3-сурет. Жақын тақталарды ұңғымалармен газсыздандыру:

1 – ұңғыма.

Газсыздандырудың жоғары тиімділігіне ұңғыманы дұрыс салу арқылы қол жеткізеді. Ұңғыны бұған тазалғыш кенжарға қосылғанша бұрғылайды. Мұнда олар тау қысымынан босаған аймақтағы шенесетін тақта қабатты қиюы керек және лаваның жылжуында белсенді құлау аймағына түспеуі керек. Егер ұңғы шендес тақта қабаттың босаған аймағына өтсе, онда оның метан дебиті жоғары болады, өйткені қабаттың босауы кезінде бұрынғы сорбцияланған метанның едәуір бөлігі еркіндік жағдайға көшеді, ұңғының белсенді құлау аймағына өтуі ұңғының бүтіндігін бұзып, құлату кеңістіктегінен аздаған метан араласқан метанды-ауалық қоспаны сорады, яғни газсыздандыру тиімділігі кемиді.

Таралу әсері бойынша ұңғылардың өзара қашықтығы олардың тиімді әрекетінің кезегіне шендесетін тақтаға дейінгі қашықтыққа, оның қуаты мен көмір маркасына, қабат аралық жыныстың қасиетіне, лава жылжуының 25-200 м шегінде өзгеру жылдамдығына байланысты. Ұңғыманың диаметрі 100 мм-ден кем болмауы керек. Ұңғының сағасы магистралды газ құбыры мен жалғасатын темір құбырға цементтеліп бекітілетіндіктен диаметрі үлкен болады. Ұңғы сағасын цементтеу қазбадағы ауаның сорылуын кемітуге мүмкіндік береді. Магистралдық құбырға барлық әрекет етуші ұңғымалар қосылады, ал құбырдың өзі жер бетінде орналасқан вакуум-сорапқа жалғанады. Ұңғыманың ең үлкен дебиті шендес қабаттың қысымынан босауының ең үлкен кезеңінен байқалады. Содан соң, ол кемиді де бірнеше айдан соң ұңғы босайды. Ұңғыманың мақсатқа сай жұмыс істеу кезеңінің ұзақтығы 10 айға дейін созылады. Ұңғымадағы сорып алынған метанды-ауа қоспасындағы метан мөлшері 60-100% шегінде жатады, ал оның ең үлкен дебиті 2-10 м³/мин құрайды. Ұңғымамен шендескен тақтаны газсыздандырудың тиімділік коэффициенті 0,5-0,8 құрайды. Шендес тақта қабатқа дейінгі қашықтықтың өсуіне орай ол ұлғаяды. Қазбамен шендес тақтаны газсыздандырудың мәні дренаждық қазба қабатынан жоғары жатқан өндірілетін қабатына тиесілі учаскені көмірді өндіру басталғанға дейін газсыздандыру болып табылады. Қазба кен өндірілетін қабат және гезенкпен жалғастырылып, вакуум-сорапқа қосылған құбыр далдамен жабылады (2.4-сурет).



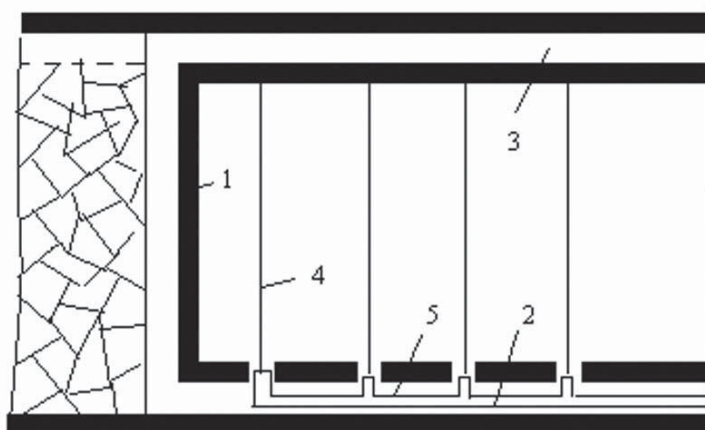
2.4-сурет. Жақындасқан тақталарды қазбалармен газсыздандыру сұлбасы:

*1 – дренаждық қазба; 2 – далда;
3 – гезенк; 4 – құбыр өткізгіш.*

Дренаждық қазбаның газсыздандыру тиімділігін, қабаттағы газсыздандыру ұңғымасын бұрғылау арқылы жоғарылатуға болады. Шендес тақта қысымнан босасымен (іргелес қабаттағы тазарту жұмысын жүргізу салдарынан) ондағы сорбцияланған метанның бір бөлігі еркіндік жағдайға көшеді де, ол дренаждық қазба арқылы вакуум-сораппен сорылып алынады.

Газсыздандырудың бұл әдісі шендес тақтаға дейін 20-30 м қашықтықта неғұрлым тиімді. Бұл әдіспен қабаттағы тиімділік коэффициенті 0,6-0,75 құрайды.

Қарағанды, Кузнецк және Печора көмір бассейндерінде кен өндірудің бағаналық жүйесінде өндірілетін қабаттағы газсыздандыру ұңғыманың қуаты ≥ 4 м болғанда жүзеге асырылады. Бұл әдістің мәні тақтада тазарту жұмысымен салыстырғанда біршама бұрын, метаны айдалатын, вакуум-сорапқа қосылған газсыздандыру ұңғысымен бұрғыланды (2.5-сурет).



2.5-сурет. Жұмыс істеп жатқан тақтаны ұңғымалармен газсыздандыру сұлбасы:

*1 – тазартыс кенжары; 2 – тасымалдаушы итрек;
3 – желдетуші итрек; 4 – ұңғыма; 5 – газсыздандыру құбыры.*

Газсыздандырудың тиімділігі ұңғының өзара қашықтығына, оның тұтыну ұзақтығына тәуелді.

Сонымен, Қарағанды көмір бассейнінде, ұңғыманың өзара қашықтығы 10-20 м, тұтыну ұзақтығы 6-8 ай болғанда лаваның газмолдығы 2-2,5 есе кемиді (газсыздандырудың тиімділік коэффициенттері 0,3-0,5 құрайды).

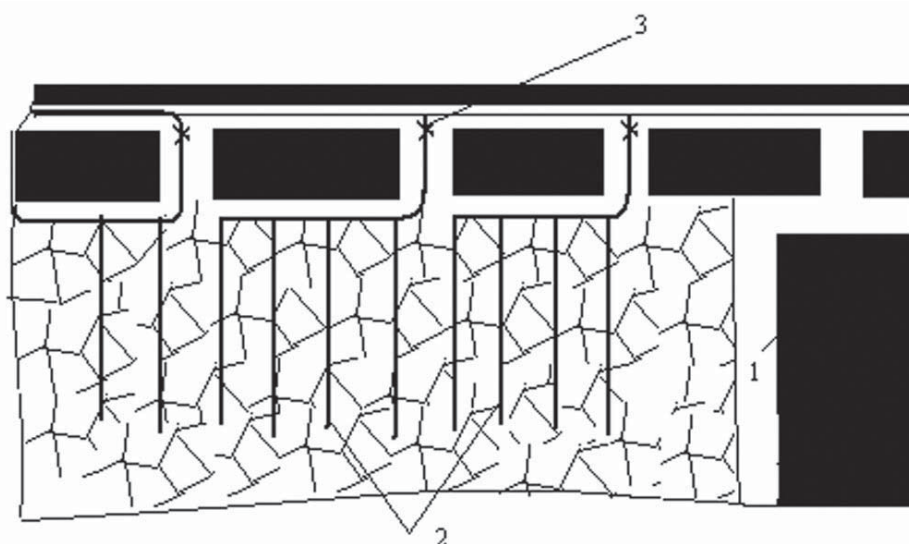
Қазбадағы өндірілетін қабатты газсыздандыру кезінде, дайындалған учаске мойнақпен жабылады, соңғысына қазбадан бөлінетін метанды соратын немесе шахтадан жалпы ағынмен сыртқа шығарылатын құбыр жалғанады. Газсыздандырудың бұл әдісі Қытайда аршылған қабат бетінің алғашқы газбөліну ұзақтығы $1\text{ м}^2 \leq 7\text{ м}^3/\text{м}$ болғанда қолданған. Газсыздандырудың тиімділік коэффициенті 0,2-0,5 болғанда, газсыздандыру ұзақтығы 1,5-2,5 жылды құрайды.

Игерілген кеңістіктегі тазартыс участогын газсыздандыру жақындасқан тақта, қабаттан едәуір газ бөлінуі кезінде, лаваның үстіңгі бөлігінде жоғары метан концентрациясы пайда болғанда қолданылады.

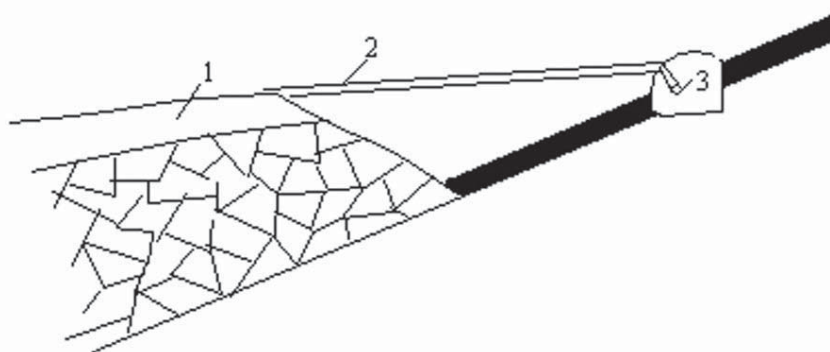
Төбе жыныстарды толық құлату арқылы басқарған жағдайда газсыздандыру әдетте игерілген кеңістіктің жоғарғы бөлігімен тартылған, ұзындығы 10-30 м саңылауланған құбыр арқылы метанды

сорып алу (2.6-сурет) немесе құлату күмбезі горизонтынан жоғары жатқан (2.7-сурет) тасымалдау штрегінен немесе желдеткіштен бұрғыланған дренаждық ұңғыма арқылы жүзеге асады.

Сондай-ақ игерілген кеңістікті шектес қазбадан далдамен оқшаулануы да мүмкін. Далдаға игерілген кеңістікке түскен метанды сорып алатын құбырды қосады. Игерілген кеңістіктегі газсыздандырудың тиімділік коэффициенті 0,2-0,7. Игерілген кеңістікті газсыздандыру кезінде, құбыр өткізгіште едәуір мөлшерде таза ауаның сорылуы болады, нәтижесінде сорылған қоспадағы метан мөлшері жарылуға қауіпті шамаға дейін кемиді. Сондықтан игерілген кеңістікті қазбадан оқшаулау қажеттігі туындайды (мысалы, пенопласт көмегімен).



2.6-сурет. Игерілген кеңістікті газсыздандыру сұлбасы:
1 – тазартыс кенжары; 2 – перфорацияланған құбыр; 3 – шағыр.



2.7-сурет. Игерілген кеңістікті ұңғымалармен газсыздандыру сұлбасы:
1 – отырылу күмбезі; 2 – ұңғыма; 3 – құбыр.

Көмірді өндіру кезінде шаң бөлінуді азайту мақсатымен тақтаға су айдалғанда, көмірдегі саңылаулар мен жарықшақтар айдалған су-Ыдың қысымынан және капиллярлық күштен бітеліп метанның бір бөлігі консервацияланады. Бұл құбылыс әлі зерттеліп болған жоқ, бірақ ылғалданған көмірді өндіру кезіндегі өлшеу газ көлемінің едәуір кемуін (20-40%) көрсетеді.

Газсыздандырудың физикалық-химиялық әдісі ылғалдылыққа бейім жынысқа арнайы ерітінді айдауға негізделген, бұл ерітінді көмір кеуектеріне, қуыстарына барып қатады да, көмірдегі метанды өткізбейді. Газсыздандырудың тиімділік коэффициенті 0,75-0,45.

Қабатты тілу немесе өндеуде газсыздандыру әдісі шендесетін қабатты алдын ала қазып алудан тұрады. Бұл кезде өңделетін қабат тау-кен қысымынан босайды, қазбадағы өңделетін қабат жарықшақтары мен жұмыс кезінде газ бөліну, қабаттағы газ мөлшері едәуір десорбцияланады. Төмен жатқан қабатты қазу ұзақтығы бірнеше айдан бірнеше жылға өзгереді.

Қабатты газсыздандыру әдісі оның гидробөлшектерімен немесе гидро үзігімен көмірдің газ өткізгіштігін арттыру үшін бұрын бар ұңғыманы (гидробөлшектену) ашып немесе жаңадан жарықшақ (гидроүзік) жасалған қабатқа сұйық айдаумен оны соңынан кепкеннен кейін метанын сорып алудан тұрады. Сұйық жер бетінен немесе жерасты қазбасында бұрғыланатын ұңғыдан айдалады.

Әдістің артықшылығы – газсыздандырудың тау қысымынан болатын жыныс қабатының босаңсуына тәуелсіздігі, тіпті оны аршуға дейін газсыздандырудың мүмкіндігі нәтижесінде оны газсыздандыру нәтижесі жоғарылайды.

Газсыздандырудың нәтижесінің өсуі, сонымен бірге қабаттың газ өнімділігін жасанды, ұлғайтуға жағдай жасайды.

Қарағанды көмір бассейніндегі өндірістік эксперимент осы әдіспен қазбадағы газмолдықты 80%-ға дейін кемітуге болатынын көрсетті. Газсыздандырудың микробиологиялық әдісі кейбір бактериялардың өмір сүруі үдерісінде метанның тотығуына негізделген. Мұның мәні қабатқа бактерия суспензиясын ауамен қосып қабатқа айдаудан тұрады.

Зерттеу қабатты және игерілген кеңістікті осы әдіспен газсыздандыру жүргізу кезінде газсыздандырудың тиімділік коэффициенті тиісінше, 0,45-0,6 және 0,2 болатынын көрсетеді.

§3. Кеніш шаңы

3.1 Жалпы мәлімет

Шаң деп органикалық және минералдық қатты заттан пайда болатын ұсақ дисперсиялық бөлшектердің жиынтығын айтады. Өзінің қасиеті жағынан шаң коллоидтық жүйеге жатады. Коллоид туралы ілім бойынша, бір зат бөлшектеніп, екінші бір заттың ішінде, аз немесе көп майда бөлшек түрінде үздіксіз құрылым жасаса, онда оны дисперсия деп атайды. Бөлшектенген затты, жүйенің дисперсиялық фазасы дейді, ол үздіксіз құрылым жасайтын затты – дисперсиялық орта дейді. Демек, егер осы түсінікті шаңға аударсақ, шаң түйіршігі жүйенің дисперсиялық фазасы, ал әлгі түйіршіктер жүретін ауа дисперсиялық орта. Дисперсиялық жүйенің дисперсиялық фазасындағы бөлшектердің өлшемі 10^{-5} -тен 10^{-7} см болса, күл деп аталады. Егер дисперсті жүйенің ортасы ауа болса, онда мұндай жүйе аэрозоль деп аталады. Аэрозольға шаң, тозаң, түгін жатады.

Дегенмен өмірде бұл термин мен неғұрлым ірі дисперсиялық, біршама уақыт аэрозольдық жағдайда теңгеріліп тұра алатын, бөлшек өлшемі 10^{-3} - 10^{-7} см болатыны да белгіленеді. Көлемі 10^{-3} үлкен болатын бөлшектер ауадан түсе бастайды. Қазба бетіне қонған шаңды аэрогел деп атайды.

Бөлшектің ірілігіне қарай шаңды: макроскопиялық (өлшемі > 10 мкм), микроскопиялық (өлшемі $10-0,25$ мкм), ультра-микроскопиялық (өлшемі $0,25-0,01$ мкм), субмикроскопиялық (өлшемі $< 0,01$ мкм) деп бөледі.

Қозғалмайтын дисперсиялық ортада макроскопиялық түйіршіктер үдемелі жылдамдықпен қона бастайды. Микроскопиялық түйіршіктер тұрақты жылдамдықпен қонады. Ультромикроскопиялық және субультромикроскопиялық түйіршіктер газды ортада молекуламен тұрақты соқтығысатындықтан, броундық қозғалыс жағдайында болады да іс жүзінде қонбайды.

Шаң қасиетіне (өртке қауіпті жарылғыштығы силикозға – қауіптілігі, т.б.) баға беруде айрықша оның дисперсиялық құрамына, яғни бөлшектің әртүрлілігінің сандық қатынасына мән беріледі.

Өндірістік жағдайда пайда болған шаң полидисперсиялық, яғни оның бөлшегі кең көлемде шекте құбылады. Сондықтан іс жүзінде шаң ағынындағы бөлшектердің өлшемдері бойынша таралуын білу маңызды.

Мұндай таралу әрі нақты жағдай үшін эксперименттік жолмен дисперсиялық талдау әдісін қолдануымен анықталады немесе таралу қисығымен өрнектеледі, немесе кестелік мәлімет түрінде беріледі. Десекте, мұны пайдаланып әртүрлі теориялық және практикалық мәселені шешу өте ыңғайсыз. Себебі әрбір нақты жағдай үшін дисперсиялық талдау жасау қажеттілігі туады. Неғұрлым тиімдісі аэрозольдік дисперсиялық сипаттамасын функция түрінде көрсету. Әдебиеттерде, бөлшектерді көлеміне қарай таралуын өрнектейтін эмпирикалық теңдеулер қатары белгілі. Бұл теңдеулердің қолданылуы шектеулі, өйткені олар нақты бір ғана жағдай үшін дұрыс.

3.2. Шаңды қоспаның жанғыштық және жарылғыштық қасиеті

Ауадағы жинақталған шаң бұзу, атылу және жану жағынан үлкен қауіп туғызады. Мұнан былай шаңды аэрозоль жағдайында деп ұғынуымыз керек. Газбен қатты зат арасындағы өтетін химиялық реакция заттың бетінде өтеді. Мұндай реакцияның жылдамдығы реакцияға түсетін заттардың бетпен жанасу шамасына байланысты. Реакцияның осы немесе басқа объектіге таралуының сызықтық жылдамдығына сәйкес: жану, (жылдамдығы 10 м/сек артық емес), дефлаграция (дыбыс жылдамдығына артық емес), және жарылыс (жылдамдығы дыбыс жылдамдығына тең немесе одан жоғары) деп бөліп көрсетеді. Жанудың ерекшелігі реакцияның жылдам жүруіне қажетті шартты оның өзіне өзі жасауы.

Бұл шарттың мәні не жоғары температура не реакцияны жылдам жүргізетін белсенді (катализдік) өнімдерінің концентрациясының жоғары болуы. Шаң тұтануына екі шарт қажет: оттегінің жеткілікті мөлшері, көмір түйіршіктерінің белгілі температураға дейін қызуы. Реакция өтуінің екі режимін бөліп көрсетеді: диффузиялық (реакция жылдамдығын молекулярлық немесе алғашқы компоненттің турбуленттік диффузиясы анықтайды) және кинетикалық (жану про-

цесінің жылдамдығын химиялық реакцияның өту жылдамдығын анықтайды). Реакцияның өту режимін анықтау, қазбадағы көмір шаңдарының жарылғыштық қасиетін шешуде міндетті. Жанғыш заттардың фазалық жағдайы мен тотығуын есепке алып жанудың үш түрін бөліп көрсетеді: газ тәрізді жанғыш заттардың жануы – гомогендік жану (газ – газ жүйесі), қатты сұйық заттардың жануы – гетерогендік жану (қатты дене жүйесі – газ немесе сұйық – газ), жарылғыш заттардың жануы – (конденсацияланған жүйе).

Н. В. Лавровтың пікірінше катализатор отындағы газдандырумен жану үдерісінде, қатты отын мен газдың тотығу реакциясына, химиялық шала жанудың кемуіне, ұшпалы заттардың пиролиз үдерісіне, метанның жану реакциясына әсер ете алады. Сондықтан реакцияның дара типі үшін көмір немесе күл қалдығында, катализатордың бар-жоғын тексеру қажет. Тек жоғарыдағы факторларды есепке алып, қалқу жарылғыштығының төменгі шегін анықтау үшін аналитикалық өрнек алуға, көмір шаңының жарылуына қарсы қорғаныс құралдарын бақылауға болады.

Аэрозолдың жану үдерісі газ қоспасының жану үдерісінен біршама өзгешелеу. Бірақ олардың арасында көптеген ортақтық бар. Олардың жылу эффектісі өте ұқсас: 10%-дық 1 м³ метанды-ауа қоспасының таралуы мен жарылуынан шыққан жану эффектісі теориялық жағынан 1 м³ ауадағы жана алатын көмір шаңының ең көп мөлшерінің жарылысындағы жылу эффектісіне тең.

Массасы 1283 г 1 м³ ауада оттегі мөлшері 23% болғанда жана алатын көмір мөлшерінің ең үлкен мөлшері – 111,5 г.

Метанды-ауа қоспасы мен көмір шаңының тұтану температурасы тиісінше 650-750 және 700-800°С құрайды.

Зерттеулер арқылы мыналар анықталған:

- шаң метанның толық болмауында да толық жарыла алады және ол кішкене мөлшердегі метан жарылысын үлкен мөлшердегі жарылыс күшіне айналдыра алады;

- ауадағы ұсақ және құрғақ көмір шаңдары метанды-ауа қоспасының жарылғыштығының төменгі шегін төмендетеді (қоспа метан мөлшері <5% болғанда жарылғышқа айналады);

- жарылыс өнімінде әр уақытта болатын көп мөлшердегі көмір тотығуы адам ажалының себебі болуы мүмкін.

Көмір шаңының жарылуының мынадай ерекшеліктері бар:

- шаң бұлтының жарылуы, шаңның диспериялық дәрежесіне, оның агрегациялық қабілетіне, ылғалдылық мөлшері, тұтану көзіне тәуелді;

- шаңның химиялық құрамындағы ұшпалы заттар жарылысқа себепкер болады;

- жарылыстан соң газ тәрізді заттардың пайда болуымен тотығу реакциясының нәтижесінде жылу мөлшері жинақталады;

- көмір бұлты электрмен өздігінен зарядталуға қабілетті, шаңның майда бөлшегінің өзара үйкелісі, қолайлы жағдайда электр разрядының ұшқынын туғызып, шаң бұлты тұтануы мүмкін;

- көмір шаңы жарылғанда көп мөлшерде көміртегі тотығы, ал метанның жарылысында, негізінен көмірқышқыл газы пайда болады.

Жарылыс жұмысын жүргізгенде шаң бұлтының жарылуының алдын алу үшін су құйылған полиэтилен қапшықтарын арнайы ЖЗ жарғыштарының көмегімен жару арқылы пайда болған су бұлты тосушасын қолданады.

Қапшықтың сыйымдылығы 20-20 және 40-50 л.

Біріншісін қазбаның табанына, екіншісін жер бетіне орналастырады. Қалталарды сумен толтыру және оны ілу жұмыстармен дайындық ауысымындағы жұмысшылар айналысады.

Жаруға СП-1 оқшаны немесе угленит Э-6 қолданылады. Шпурлық зарядтың электрдетонаторы мен сулы қаптағы заряд ортақ жару тізбегімен тізбектей жалғастырылады және бір жару импульсімен аттырылады.

Метан мен көмір шаңының детонацияланған немесе жанғыш зарядтан сақтану үшін, ұзақ әрекет ететін форсункалы су тосушасын жасайды. Суды дисперсиялау үшін Факел формасын есепке алып тосушаға форсунка жиынтығын жасайды.

3.3. Көмір шаңының жарылғыштығына әсер ететін факторлар

Шаңның химиялық құрамы. Көмір шаңының жарылуға бейімділігінің негізгі факторларының бірі – ұшпалы заттардың бөлінуі.

Көмір шаңының жарылғыштығына ұшпалы заттардың негізгі компоненттері себепкер болады, олар: шайырлы заттар, сутегі, этан және шектеусіз көмірсутегі. Дистиляцияланған көмірдің газ тәрізді қоспасының жарылғыштығының төменгі шегі іс жүзінде тұрақты және вариация коэффициенті 5,6% болғанда 4,23% тең.

Ұшпалы заттар 15%-дан кем бөлініп шыққанда, көмірдің пиролиздік өнімінде көміртегі тотығы мен күкірт сутегі мөлшерінің өзгеру заңдылығы өз күшін жояды. Тек, метан мөлшері, ұшпалы заттардың мөлшері 25-30% ұлғайғанда ғана осы заңдылықпен өзгереді. Сонан соң қанығу аумағы басталады, яғни ұшпалы зат артқан сайын метан мөлшері тұрақты болып, көмір шаңының жарылғыштық дәрежесі артады. Жарылғыштық дәрежесі жарылыс болған орынның қысымына байланысты. Ұшпалы заттың шығуының артуына орай жарылыс болған орындағы қысым да артады. Ұшпалы заттар бөлініп шығатын межелі (критическое) мәні болады, мұнан төмендеген жағдайда көмір шаңы жарылыс бермейді.

Ұшпалы заттардың бөлінуі 15% және онан да жоғары болатын, сондай-ақ шаңның жарылғыштығын зертханалық зерттеу арқылы анықталған ұшпалы заттары аз шығатын қабаттар (антрацит) шаңдылық бойынша қауіпті қабатқа жатады. Польшада, Чехияда және Нидерландыда ұшпалы заттардың шығуы 12%, Ұлыбританияда 20%, АҚШ-та – 3,1-7,9% болса, онда шаңға қауіпті көмір қабатына жатқызылады. Көмір шаңы әлсіз (ұшқыш зат мөлшері $< 15\%$) және күшті жарылғыш (ұшқыш зат мөлшері $\geq 15\%$) шаң болып бөлінеді.

Шаңның дисперсиялығы. Көмір шаңының дисперсиялық құрамы оның жарылғыштығына ықпал ететін, шешуші фактор болып табылады. Көмір шаңының жарылғыштық дәрежесі, оның ұсақталу дәрежесіне қарай артады. Жекелеген жағдайдағы жарылыс күші өзінің ең үлкен мәніне түйіршіктің диаметрі < 10 мкм де жетеді. Шахтадағы газ бөлінетін көзден ұзаған сайын, шаңның қауіптілігінің потенциалдық мүмкіндігі арта түседі.

Шаңның жарылғыштығын зерттеу шаңның түйіршігі ұсақталған сайын, шаң бұлты жалынының қуалай таралу жылдамдығы артатынын көрсетеді. Сұр көмір шаңының жарылуының төменгі шекарасы негізінен оның дисперсиялық құрамымен анықталады. Шаңның тұтану температурасы оның фракциясының көлемінің кемуімен төмендейді.

Шаң фракциясы $\leq 0,1$ мм болғанда шаңның тұтану температурасы тұрақтайды.

Атмосфера құрамы. Шаңның жарылғыштық дәрежесіне түпкілікті әсер ететін жарылыс жасайтын атмосфераның құрамы. Егер шахталық ауада метан болса, көмір шаңының аз мөлшерінде де жарылыс болуы мүмкін. Күшті жарылатын шаңның жарылғыштығының төменгі шегі 11-15 г/м³ болатыны атмосферадағы метан мөлшері 2,5% болғанда 3-5г/м³ дейін төмендейтіні анықталған.

Әлсіз жарылғыш шаңдар үшін (ұшпалы заттың бөлінуі 10-15%) төменгі шегі 50г/м³.

Мак НИИ-дің дәлелдеуі бойынша, жарылғыштың жоғарғы шегі 300-400 г/м³. Кейбір көмір қабаттарындағы (тақталарындағы) шаң жарылысының төменгі шегі 3.1-кестеде келтірілген.

3.1-кесте

Тақтаның геологиялық символы	Бөліктерінің құрамы, %		Өлшенген көмір шаңының (г/м ³) метан концентрациясы болған кезіндегі жарылғыштығының төменгі шегі, %				
	жанбайтын	жанатын	0	0,5	0,75	1,00	2,00
l_1	6.2	41.2	11	8	6	5	3
m_6	10.7	37.1	11	8	7	6	3
l_5	6.8	32.2	13	9	7	7	3
m_3	9.1	15.6	32	23	18	16	8
k_7	6.5	11.5	39	31	25	20	10
h_{10}	5.2	8.5	198	148	123	100	40
k_5	4.1	26	15	14	11	9	5
m_2	25	23.6	32	25	22	18	8

Ауадағы метан 1% болғанда, жарылғыш шаңының жарылмайтын шаңға айналуы үшін талап етілетін қосымша заңдылық (%) мына формуламен анықталады:

$$\Delta N = (100 - N) / 5$$

мұнда, ΔN – ауада метан 1% болғанда шаң жарылмас үшін қажетті қосымша күлділік; N – берілген шаңның метан жоқ кезінде жарылмайтын күлділігі %; 5 – метанның жарылғыштығының төменгі шегіне сай көрсеткіш.

Бұл формула, егер шаң толығынан күлдене тұрса да, ауадағы метан 5% болғанда бәрібір жарылыс болады деген оймен қорытылған.

Шаңның ылғалдылығы. Шаңның жарылғыштығын бағалау кезінде ылғалдылық айрықша рөл атқарады. Ылғалдылық инертті қоспа іспетті әсер етеді. Өйткені судың жылу сыйымдылығы инертті газдың жылу сыйымдылығынан көп және оның булану үдерісінде су жылуды инертті газдан 5 есе көп жұтады. Шаңның жарылғыштығына ылғалдылықтың әсерін екі позицияда қарастыру қажет.

Біріншіден, ылғал ұсақ бөлшектердің ірірек бөлшекке коагуляциялануына жағдай жасайды, нәтижесінде олардың меншікті сыртқы беті кеміп, беттік химиялық реакция бәсеңсиді. Сондықтан кейбір жағдайда жарылыс болмайды. Екіншіден, жылу балансы кішірейеді. Дегенмен жарылысты болдырмау үшін жарылыс кезіндегі температура 600°C-ге дейін төмендету қажет. Жарылыс мүмкіндігі тұтандырғыш көздің қуаттылығымен оның шаңдық аэрозольға от беру ұзақтығына байланысты.

Шахта ауасындағы тұман ылғалдылықтың кез келген мөлшері кезінде тұтандырудың қуатты көзі болса, жарылыс бере алады. Сондықтан ылғалдың жарылыс әсері, оның қонатын шаңмен байланысында көрінеді, бұл оның тұманды жағдайға көшуін ескертеді.

Күлдің құрамы жыныстың құрамы ішіндегі қоспаға тәуелді және ол негізінен шығу тегі жағынан минералды болады.

Күл инерттік қосымша ретінде көмір шаңының жарылғыштығына теріс ықпал жасайды. Көмір шаңының жанғыш бөлшектерінен жылу бөліну жанбайтын заттардың бөлшектерін қыздыруға жұмсалып, жалын температурасын төмендетеді.

Аэрозоль күйдегі көмір шаңындағы жанбайтын бөлшектер қоспасы, жанатын бөлшектердің концентрациясын кемітеді. Термиялық пиролиз сатысында жанбайтын бөлшектер жылуды тартып алып (жылу өткізгіштік есебінен) реакциялық тізбектің үзілуіне жағдай жасайды. Мұнан басқа жанбайтын бөлшектер жылу сәулесін тосады (экрандап), бұл да жылу балансының кемуіне әкеледі. Метаморфизмнің әртүрлі дәрежесінде көмір шаңының жарылғыштығына жанбайтын бөлшектердің әсері бірдей емес.

Көмір шаңының жарылғыштық дәрежесі ұшпалы заттардың бөлінуі <15% және күлділігі 20-30% болғанда айтарлықтай кемиді.

Ұшпалы заттардың бөлінуі $>15\%$ шаңның жарылғыштық дәрежесіне күлділіктің табиғи әсері кемиді. Ұшпалы заттардың бөлінуі $>30\%$ болғанда шаңның жарылғыштық дәрежесіне табиғи күлділіктің әсері болмайды.

3.4. Жанғыш сланец шаңының жарылғыштығы

Жанғыш сланец шаңы көмірге ұқсас газдылық фазасында жарылады (қопарылады). Сланецтың температуралық жағдайда ыдырауы кезінде күкіртті газ, сутегі, метан, көмір тотығы, көміртегінің шектелмеген қатары т.б. бөлінеді; Жанғыш сланец шаңының жарылғыштығының төменгі шегі эмпирикалық формуламен анықталады:

$$\delta_g = \delta_c + \delta_c^{0,252} (W^3 + W\delta_c) 0,04$$

мұнда, δ_g және δ_c тиісінше ылғал және құрғақ шаң үшін алынған жарылғыштықтың төменгі шегі, г/м³; W – алынған шаң ылғалдылығы, %.

Жанғыш сланецтың құрғақ шаңының жарылғыштығының төменгі шегі ұшпалы заттың 6-400 г/м³ шегінде өзгеруіне тәуелді. Шөгетін шаңның жарылғыштығының төменгі шегі тұманданатын шегінен едәуір жоғары. Шөгінді шаңның ылғалдылығы 20% болғанда тұмандық күйге көшу қабілетін жоғалтады, жарылмайды.

3.5. Шахтадағы көмір шаңының жарылу ерекшеліктері

Көмір шаңы жарылысының бірқатар ерекшелігі бар. Жалынның тарау жылдамдығы мен газ тәрізді өнім қозғалысына қарай келесідей бөлінеді:

- шаң ауа қоспасындағы оттегі мөлшері жетімсіздігінен баяу (тұтана) жануы;
- жарқылдау (қысым $\leq 15 \cdot 10^{-3}$ және жану жылдамдығы 4-10 м/сек, болғанда);
- жарылу (жану жылдамдығы >100 м/с.) жану шебінің тарау жылдамдығы >100 м/с.

– шахтада детонацияның пайда болуына жағдай жоқ. Қазбадағы шаңды-ауалық қоспасының жарылғыштығы біртіндеп пайда болады (жарылудың дамуына қарай). Сондықтан шахтадағы көмір шаңының жарылысын дефлаграция дейді.

Көмір шаңының жарылуы кезінде қазба бойымен жалын алдында дыбыс жылдамдығы мен сығылу толқыны қозғалады, артында алғашқы қысымынан 22 МПа жоғары болатын ауа 30 м/с жылдамдықпен қозғалады. Соққы толқыны қазба қабырғасында тұрған шаңды боратып, қазбаның ұзындығын қуалай жалын мен сығылған толқын арасында жарылғыш шаң ауа қоспасын жасайды. Басқа жағдайлары бірдей болғанда шаңның көзден от алып жарылу мүмкіндігі түзу сызықты қазбада көбірек тарамдалғанында азырақ келеді. Жарылудың тарау жылдамдығы оның қозғалысына кедергілер (бұрылыс, тұйықтық) болғанда, көлденең қимасы кемігенде азаяды.

Қазбаның қимасы артқанда жарылу қарқыны да ұлғаяды. Шахтадағы көмір шаңының жарылысын тізбектеле жүретін екі құбылыстың нәтижесі деп қарауға болады: жанбас бұрын шаңның тұмандық күйге келуі, шаңның тұтануы, ыстық орамнан басқа орамға берілуі.

Жарылғыш шаңды-ауа қоспасының пайда болуы жарылыстың алғашқы қоспасына тәуелді, өйткені бұл қысымның әсерінен шаңды ауаның қарқыны құйындап қозғалу жылдамдығы бірден артады.

Қонған шаңның тұмандық күйге көшу үдерісін келесі түрде көрсетуге болады. Соққы толқынының шаң қонбасы бетімен таралуы кезінде, оның орамында сығылу толқыны пайда болады. Бұл толқын шебінің қысымы толқын шебінен кейінгі газдың қысымы мен дәл келеді. Бұл толқын қазба қабырғаларынан көмір шаңы орамының бос бетінен шағыла отырып, орамда қысылу мен жазылу толқынының пайда болуына әкеледі, бұл шаңның тұмандық күйге көшуіне жағдай жасайды. Жарылыс кезінде көмір шаңының жануы мен тұтануына тәуелді негізгі факторлар, шаң ауа қоспасының температура-сымен ондағы оттегінің бар болуы. Әдетте жарылыс кезінде шаңның ұсақ бөлігі жанады да, ал ірілері оттегінің жұмсалып қоюынан бықсуға көшеді.

Жану температурасы шаңның жану жылуына және аэрозолдың жылу сыйымдылығына тәуелді.

Жарылыс ортасы дифузиялық араласудан пайда болатын газ жарылыстан өзгеше, шаң жарылысына шаң бұлтының жарылғыштық концентрациясын жасау үшін қосымша энергия қажет етеді.

Жылу теориясы бойынша көмір шаңының жарылуын келесі түрде көрсетуге болады. Тұтану көзінің жылу есебінен көмір қылаулары қызып, онан әрі қылау төңірегіндегі газ қабықшасымен қоршалған жарылатын пиролиздік өнім бөледі. Бұл қабықшадағы газ концентрациясы жарылудың қауіпті шегіне жетісімен, тұтануына сәйкес температуралық шарт орындалып от алады.

3.6. Шахтадағы көмір шаңының жарылысымен күресудің негізгі шаралары

Шаң бұлты мен шаңының пайда болуына кедергі келтіретін шараларға:

- көмір өндіру кезінде, мүмкіндігінше шаңды аз бөлетін машиналарды қолдану;
- қабатты алдын ала ылғалдандыру;
- қонған шаң мен шаң пайда болатын орындарды суландыру;
- қазбаны тиімді желдету;
- тасымалдау және желдетіс қазбаларын ұдайы шаңнан тазартып отыру (жылына 3-4 рет) жатады.

Сұрыптаушы және байыту фабрикасының шаңы шахтаға түспейтіндей етіп орналастырған абзал. Шаңда тұтану көздердің пайда болуына кедергі келтіретін шараларға мыналар жатады: қорғанысты АЗ қолдану; жару құралы; электрмен жару, жарылуға қауіпсіз электр жабдықтар; ашық от пен темекі тартуға тиым салу.

Шаң жарылуынан басу мен оқшаулау шараларына қазбаны сланецтау мен сланецтік және су тосқауылдарын қолдану жатады. Қазбаны сланецтау – қазбадағы шаңға стандартты инертті шаң қосумен шаңның күлділігін жасауды арттыру. Инертті шаң шөкпеуі, ылғал сіңірмеуі, ұшпалы зат шығарылуы $\leq 5\%$ болғанда кремнийдің еркін тотығы мөлшері $>10\%$ болуы қажет.

Отандық шахтада көбірек қолданыс тапқаны, сазды сланецпен әктастан дайындалған инертті газ. Барлық тасымалдау және жел-

детістік қазба беттері сланецпен өңделеді. Қазбаны сланецтеу нормасы әр елде әртүрлі 50-80% аралығында өзгереді.

Инертті шаңның жұмсалуды қазбаны сланецпен өңдеудің белгіленген нормасына сәйкес келуі қажет. Мұнда қазбада жинақталған инертті шаң мен көмір қоспасындағы жанбайтын заттардың мөлшерін ескеру қажет. Қазбаның беті инертті шаңның қабатымен тұтас жабылуы үшін оның мөлшері қазбаның 1 м³ не 1 кг кем емес болуы керек.

Біздің елімізде шахта қабатын сланецпен өңдеу әр тақта үшін жеке дара жүргізіледі.

Кейінгі уақытқа дейін бұл норма МакНИИ мен ВостНИИ зертханаларында ұшпалы шығатын заты $\leq 15\%$ көмір үшін араға жыл салып, ұшпалы шығатын затты $\geq 15\%$ көмір үшін үш жылда бір рет эксперименттік жолмен тағайындалып келді.

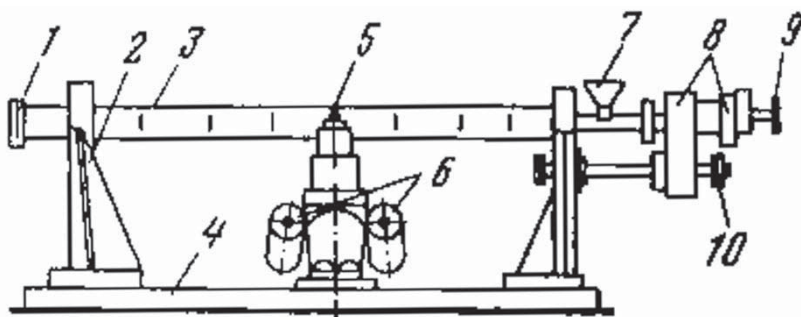
Қазбаны сланецпен өңдеуді механизмдермен және қолмен жүргізеді. Сланецпен өңдеуді механикаландыру еңбекті аз жұмсай отырып қазбаның инертті шаңмен біртекті жабуға көбірек мүмкіндік береді. Шахтада қазбаны сланецпен өңдеуге бақылау қою көзделген, мұның мәні қонған шаңның үлгісінің жарылғыштығын сынауға негізделген.

Сынаудан бұрын үлгіні №6 електен өткізеді. Сынақ шаңжелдетіс қызметіне жауапты адамның қатысуымен қиын балқитын шыныдан жасаған сынағыш түтік ішіне шаң айдайтын қондырғысы бар ПКО-1М (3.1-сурет) құралымен жүргізеді. Сынағыш түтікке оның ұшына бірдей қашықтықта нихром сымнан жасалған қыздырғыш орнатылған, ал түтіктің соңына шаң айдау кезінде ауа қозғалысының жылдамдығын азайту үшін диафрагма қойылған. Түтік жарылыс жалынының ұзындығын анықтайтын бөліктерге бөлінген. Шаң айдайтын құрал поршенді цилиндрден тұрады, поршень қозғалысқа тетікті басқанда пружина арқылы келеді.

Құрал спиральдың температурасын бақылау үшін екі индикаторлық шаммен жабдықталған. Шамның біреуі спиральдың температурасын берілген температураға сәйкес келгенде жанады, ал келесі – температураның жоғарғы шегінде. Сланецпен өңделген

шаңның жарылғыштығы 1150°C қызған спиральға айдау кезінде оның тұтанғыштығымен анықтайды. Сынау бес рет қайталанады.

Барлық сынауларда түтікте жалынның болмауы шаңның жарылмайтынын көрсетеді. Осы қазбадан алынған шаң үлгісінің тіпті бір сынауда болса да түтікте кішкене жалын тілінің білінуі, осы қазбаны дереу сланецпен өңдеу қажеттігін тудырады. Шаңның неғұрлым қарқынды түзілген орындарда сланецпен өңдеуді қайталаудың ең аз мерзімін қойған жөн. Мысалы, желдету штрегіне жанасқан лава ұзындығы ≤ 50 м учаскесінде тәулігіне бірден кем емес сланецпен өңдеу ұсынылады.



3.1-сурет. ПКО-1М аспабының сұлбасы:

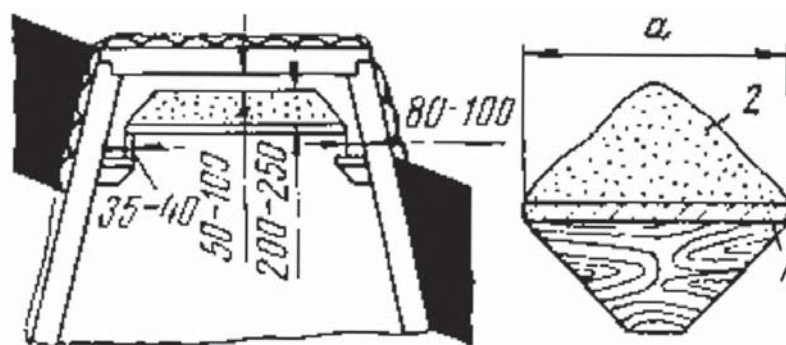
- 1 – диафрагма; 2 – тіреуіш; 3 – кварцті құбыр; 4 – ұстын;
 5 – тұтату спиралі; 6 – бақылау шамдары; 7 – құйғыш;
 8 – шаң беру құрылғысы; 9 – шаң беру құрылғысының поршені;
 10 – кронштейн (құбырды шаңнан тазалау кезіндегі шаң беру құрылғысын қозғалту үшін қажет).

Сланецтік тосқауыл қазбаның жиегіне көлденең қойылған (3.2-сурет) инертті газ орналасқан сөрелер қатары сияқты.

Сланецтік тосқауыл негізгі және көмекші, стационарлық және көшпелі болып бөлінеді. Сланецтік тосқауылды қауіпсіздік ережесі бойынша қазбаның тосқауыл қойылған жердегі қимасының ауданы 1 м^2 не 400 кг келетін инертті газ мөлшерімен анықтайды. Тосқауылдағы инертті шаңның массасы, кг:

$$G = 400S$$

мұнда, S – қазбаның таза қима ауданы, м^2 .



3.2-сурет. Инертті шаң тосқауылының сұлбасы:

1 – сөре; 2 – шаң.

Бір сөреде орналастыруға болатын шаң мөлшері (кг) мына формуламен анықталады:

$$q = 0,83 \cdot 10^{-6} a^2 (3l - a) \rho \operatorname{tg} \alpha_{om}$$

мұнда, a – сөренің ені, мм; l – сөренің ұзындығы, мм; ρ – инертті шаңның тығыздығы, кг/м³; α_{om} – табиғи көлбеулік бұрышы (инертті шаң үшін $\alpha_{om} = 35^\circ$).

Инертті шаңды орналастыруға арналған сөре саны: $n_n = G/q$. Инертті шаңды қолдану жылу энергиясының инертті газды қыздыруға жұмсалу нәтижесінде салқындату әрекетіне негізделген.

Қауіпсіздік ережесі бойынша, негізгі сланецтік тосқауыл, қазбаның түзу сызықты учаскесінде даярлау кенжары мен тазартыс қазбадан 60-300 м қашықтықта орналастыру қажет. Тосқауыл ұзындығы 20 м кем болмауы тиіс.

Даярлау кенжарында шаң жарылысын ескертуге еріксіз іске қосылатын алғашқы тосқауыл қолданылады.

Су тосқауылы, сумен толтырылған сыйымдылығы ≤ 80 л көлденеңнен қимасы төңкерілген трапеция тәрізді келеді. Оларды қазбаның ұзындығы ≤ 250 м бойына бірінен кейін бірін орналастырады.

Тосқауылдағы судың массасы, қазбаның таза қимасының 1 м² немесе 400 л есебімен алынады (тосқауыл орнататын жерде). Тосқауылдың жалпы ұзындығы ≥ 20 м, ал жеке ыдыстардың арақашықтығы – 0,5 м болу керек. Қазбаның төбесі мен ыдыстың

жоғары жиегінің арасы 100-400 мм, ал қазбаның жоғары жиегімен бекітпенің арасы 150 мм болу керек. Науалық қазбада орнатылатын су тосқауылы – стационарлық тосқауыл. Олар өзара ≤ 250 м қашықтықта, көршілес конвейерлік қазбаның тоғысуы мен жүк түсіретін пункттен 75-250 м қашықтықта орнатылады. Ыдысты сумен толтыру жиілігін сипаттайтын мәлімет 3.2-кестеде келтірілген.

3.2-кесте

Ауаның салыстырмалы дымқылдығы, %	Ауаның қозғалыс жылдамдығы кезіндегі ыдысты сумен толтырудың қажетті жиілігі, м/с								
	0,5	1	2	3	4	5	6	7	8
75	15	12	10	9	8	7	6	5	4
85	20	15	14	12	10	9	8	7	6
90	30	25	20	17	15	12	10	9	8
93	40	35	30	25	20	15	12	10	9
95	60	50	40	35	30	25	20	15	12
97	160	90	70	60	50	40	35	30	25
99	250	210	180	140	125	110	100	90	80

3.7. Күкіртті және сульфидті шаңдардың жарылғыштығы

Мыс және күкірт күкірт колчеданын өндіруде үлкен қауіп сульфид шаңының жарылысы, нәтижесінде көп мөлшерде күкіртті газ пайда болады. Сульфидті шаңның жарылысы колчеданды кендердің көп мөлшерде (50-90%) болуына байланысты.

Сульфидті шаңның тұтану көзі – жарылыс кезінде пайда болатын газ өнімі. Сульфидті шаңның электр ұшқынынан не ашық жалыннан тұтану ықтималдығы аз. Сульфид шаңының үлкен тығыздығынан, ол өзі пайда болған орнынан алысқа тарамайтыны іс жүзінде дәлелденген.

Сульфидті шаңның жарылғыштығы күкірт мөлшеріне, бөлшектің ірілігіне, оның күлділігі мен ылғалдылығына тәуелді.

Сынау түтігіндегі жалын ұзаруы күкірт көлемінің өсуіне тура келетіні дәлелденген, бұл шаңның жарылғыштығының өсу дәлелі. Тәжірибе сульфид жарылысты шаңының жарылысы болғанда жүретінін көрсетті. Шахтадағы жарылысты талдау көп жағдайда

сульфидті шаңның жарылуы күкірт мөлшері 40% немесе онан да көп болғанда болатынын дәлелдейді. Шахтадағы пайда болу мүмкіндігі зертханалық жағдайға жақындығын ескеріп, сульфидті кенді өндіретін орындағы күкірт 35% жоғары болатын барлық шахталарды жарылысқа қауіпті категорияға жатқызады.

Сульфидті шаңның неғұрлым қауіптісі оның құрамындағы ірілігі 10-100 мкм шаң фракцияларының болуы, шаңның ірілігі 250 мкм болғанда жарылыс болмайды. Сульфидті шаңының ылғалдылығы өскенде жарылғыштығы кемиді. Ылғалдылығы 9-9,5% болғанда шаң атылмайды (жарылыс бермейді). Күкірт шаңы, сульфидтік немесе көмір шаңына қарағанда қауіптірек, өйткені оның концентрациясының төменгі шегі мен тұтану температурасы көмір немесе сульфид шаңына қарағанда едәуір төмен.

Күкіртті шаңының температурасындағы тұтану мен жарылғыштығының ең төменгі (минимум) мәні 3.3-кестеде келтірілген.

3.3-кесте

Күкірт түрлері	Ең төменгі температура, °С	
	Тұтануы	Жарылуы
Комды	290	340
Кристалды	275	320
Флотоконцентрат	275	320

Күкірт шаңының ауадағы мөлшері 5-15 г/м³ (төменгі шек) болғанда жарылғыш затқа айналады. Жарылғыштың жоғары шегі 600-1000 г/м³, күкірттің толық жануы ауадағы шаң мөлшері 286 г/м³ жүреді.

Барлық шахталар, күкірт шаңының жарылғыштығына қарай екі топқа, кендегі күкірттің орташа мөлшеріне сәйкес бөлінеді:

I топқа – 12-ден 18% дейін; II топқа 18% жоғары. Кенорнындағы күкірт <12% болғанда газ және шаң бойынша қауіпсіз топқа жатады.

Сульфидті және күкіртті шахтаның шаңдылық режимі бірдей болады. Олар шаң пайда болуына кедергі келтіретін шараларды қарастыруы тиіс (жуу мен суландыру арқылы бұрғылау; қазба беттеріне қонған шаңды жуып кетіру). Сондай-ақ шаңның тұтану

көздерін болдырмау қажет (сақтандырғыш ЖЗ қолдану, электрлік аттыру, жарылысқа қауіпті электр құралдары мен ашық от және темекі тартуға тиым салу).

Күкіртті шахтаның әрбір кенжары үшін бас инженер шпурлардың орналасу сұлбасын және сақтандырғыш АЗ шектік зарядының шамасын бекітеді. Баяу әрекет ететін электрлі детонаторларды қолдануға тиым салынады.

3.8. Шаңмен желдету құралы арқылы күресу

Шахтаны шаңнан желдетудің мақсаты – қонған шаңды алу және оны шығару арқылы шаң концентрациясын кемітуді қамтамасыз ету. Ауаның шаңдануы белгілі бір шекке дейін, ауа қозғалысы артқанда кемиді, мұнан әрі желдеткіш ағымының жылдамдығын арттырғанда отырған шаңның көтерілуімен седиментация үдерісінің баяулауынан артады.

Шаңданған ауа қозғалысының тиімді жылдамдығы көптеген факторларға тәуелді, олардың бірі көмір комбайнының жұмысы кезінде шаңның алғашқы көтерілуі.

Мұнда пайдалы қазбалардың физикалық-химиялық қасиеттері (әсіресе ылғалдылығы) мен шаң қонатын бет айрықша рөл атқарады.

Шаңсыздандыру кезінде желдетудің атқаратын рөлін толық ашып көрсетіп, мәлімет алу үшін Донецк, Қарағанды, Кузнецк және басқа да көмір бассейндерінің шахталарында зерттеу жұмыстары жүргізілді.

Желдету ағынының жылдамдығы 0,4-0,6 ÷ 1,6-2,1 м/с жоғарыласа, лава маңы кеңістігіндегі шаңды шығару есебінен ауаның шаңдануы кемиді, ал ауа ағынының жылдамдығы 1,5-2,5 м/с болған кезде ең төменгі шегіне (минимум) жетіп шаңдануы азая түседі. Желдету ағынының жылдамдығын 1,8-2,5 нан 4-5 м/с арттырғанда ауаның шаңдануы, бұрын қонған шаңның көтерілуіне, седиментация үдерісінің бәсеңдеуіне байланысты тағы да артады.

Комбайнмен көмір өндіру кезінде беру жылдамдығын 0,6-08 ден 3-4 м/мин арттырса, желдету ағынының тиімді жылдамдығы артады. Соңғысы құлатылған көмір көлемінің артуымен кенжар маңындағы

атмосфераға көмір шаңының бөлінуі жоғарылағанына байланысты. Өндірілген көмірдің көбеюі мен шаңды тасымалдау факторының артуынан ауа ағынының тиімді жылдамдығының ауысуына әкеледі.

Тәжірибе көрсеткеніндей тақтаға су айдау кезінде көмірде ылғалдылықтың артуы, осыған байланысты шаңдану кеміп ауа ағысының тиімді жылдамдығы үлкен жаққа ығысады, мұның салдарынан ауаға шаң көтерілу мөлшері кемиді.

Типті суландыру жүйесінде желдетіс ағынының жылдамдығы комбайынның көмір өндіру қарқынына байланысты 1,5-2,2 м/сек болғанда, ал тұтастай көмір массивін алдын ала ылғалдандыру – 1,5-2,5 м/сек жылдамдығына жеткенде шаңдыбасудың неғұрлым тиімді шамасына (60-90%) қол жеткізуге болады. Тазартыс кенжары күрт құлама кенорнындарын қазу кезінде өрлеме ағынмен желдетіледі.

3.9. Ауаның шаңдылығын өлшеу әдістері

Шаңды бақылаудың метрологиялық ерекшеліктері. Шаңның концентрациясын өлшеу күрделі метрологиялық мәселе. Бұл шаңның күрделі жүйе, бір-екі параметрмен сипаттауға болмайтынымен түсіндіріледі. Шаңға негізінен полидисперсиялық сипат тән (бөлшек өлшемі 10^2 -ден 10^2 -мкм дейін, ал шаң концентрациясы – 10^{-8} -ден 10^5 кг/м³) мұнан басқа, шаң бөлшектерінің физикалық-химиялық қасиеті мен формасы әр алуан болуы мүмкін. Шаңның қасиеті уақыт бойынша өзгертінін де ескерген жөн. Мұның барлығы шаң концентрациясын өлшеудің әмбебап әдісін жасауға мүмкіндік бермейді. Белгілі аналитикалық әдістер шаңның сандық мөлшерін, концентрациясын тек тар аралықта қолдану үшін пайдаланады. Өлшеудің химиялық та, физикалық та әдісін негізге алатын газоанализатордан өзгеше шаң өлшеуге тек физикалық әдіс қана қолданылады.

Орнықсыз аэродисперсиялы жүйе болып табылатын шаңның газ қоспасынан бөлшектердің бөлінуі сүзгілеу (ортадан тепкіш, инерциялық электростатистикалық күшті қолданумен) немесе термодиффузия әдісімен жүргізілуі мүмкін. Фильтрация әдісі атмосфералық шаң мен өндіріс кеңістігіндегі шаң концентрациясын, сонымен бірге өндіріс орындарындағы шығатын газды анықтау кезінде көп қолданыс тапқан.

Оны зерттеу ауа көлемін сүзгі (фильтр) арқылы аспирациялық құралдармен жүргізуге негізделген. Тұмандық бөлшектері ортадан тепкіш күштің көмегімен бөлінуі циклонда жүзеге асады. Шаң бөлшектерінің инерциялық қонуы соплодан өтуі кезіндегі бөлшектің алған кинетикалық энергиясын қолдануға негізделген.

Шаңның тұмандық күйде бөлінуі электростатикалық күшпен зарядталған бөлшектің электростатикалық өрісте қозғалу қабілетіне негізделген.

Шаң түйіршігін зарядтау жоғары кернеумен жасалатын тәждік разрядталуға негізделген.

Шаң түйіршігінің тұмандық күйге термодиффузия әдісімен бөлінуі, оның жылы беттен суық бетке көшуіне, оның бетке қону қабілетіне негізделген.

Температуралық градиент жазықтығында бөлшекке әсер ететін күш, температуралық градиент пен бөлшектің диаметріне пропорциональ. Ол бөлшектің жылу өткізгіштігімен азаяды. Термодиффузиямен электростатикалық қону (тұну) әдісімен шаң бөлшегінің ірілігі $\leq 0,01$ мкм, фильтрация әдісімен – ірілігі $\leq 0,1$ мкм, инерциялық қону (тұну) әдісімен – ірілігі $\leq 0,5$ мкм ортадан тепкіш қону – ірілігі > 1 мкм бөліп алуға болады.

Шаң концентрациясын өлшеудің, оның алдын ала отыруына негізделген келесі әдістері бар:

1. Салмақтық әдіс, мұның мәнісі шаң газ ағынынан шаң түйіршігін бөлу мен оның салмағын анықтау жатады.

2. Радиоизотопты әдіс, мұның мәніне радиоактивтік сәулеленудің шаң бөлшектерінің жұтылу көлеміне негізделген.

3. Оптикалық әдіс, мұның мәніне шаң бөлшектерінің сүзгіге алдын ала қонуы мен шаң тұнбасының оптикалық тығыздығын анықтау алынған. Атмосфералық ауадағы шаңның концентрациясының оның флуоресциялатын ерітіндімен өңдеуге сүзгіге қонуын анықтау жолмен оны кейіннен қарқынды өлшеу арқылы анықтайды.

4. Пьезоэлектрлік әдіс, екі нұсқада белгілі, пьезокристалдың оның бетіне шаң бөлшектері қонғандығы тербеліс жиілігін өлшеуге, пьезокристал мен шаң бөлшегінің соқтығысуына пайда болатын электрлік импульсті санауға негізделген.

5. Шаң бөлшектерін сумен толық қамти ұстап, мұнан әрі оны газдан оқшаулауға негізделген әдіс. Шаң газ ағынын су арқылы шаң концентрациясын анықтайды.

Су суспензиясынан пайда болатын лай арқылы өтетін жарық ағынының қарқынымен таза су арқылы өтетін жарық ағынының қарқынын салыстыру арқылы анықтайды.

6. Әдіс, тербелетін элементтің өзіне шаң қону кезінде тербелу жиілігінің өзгеруіне негізделген.

7. Әдіс, шаң газ ағынының тұрақты жылдамдық пен сүзгінің шығар жері мен кіреріндегі өтуі кезіндегі қысымының түсуін өлшеуге негізделген. Бұл әдісті шаң концентрациясына үздіксіз қолдануға болады.

Шаң концентрациясын оның алдын ала отырғызусыз оптикалық (абсорбациялық, голографиялық, интегралдық жарық сейілуі мен лазерлік зондау), электрлік (индукциялық, контактылық-электрлі, сийымдылықты пьезоэлектрлік) және акустикалық әдістермен өлшеуге болады. Абсорбациялық әдіс жарықтың шаң газды ортадан өтуі кезіндегі жұтылуына негізделген. Интегралдық жарықсейілу әдісі, сейілген жарықтың қосындысын өлшеу арқылы анықтауға мүмкіндік береді. Атмосферадағы шаң концентрациясын өлшеу үшін, сейілген жарықтың қарқыны бойынша бөлшектерді есептеу әдісі қолданылады.

Географиялық әдіс алыс өрістегі бөлшектің жарық көзіндегі өрісінің дифракциялық картинасын және қабаттасқан фраунгофер голограммасын салуға негізделген. Бұл әдіс бөлшектің өлшемі мен концентрациясы және оның кеңістікте орналасуы жайлы ақпарат алуға мүмкіндік береді.

Атмосфераның үлкен кеңістіктегі шаң концентрациясы мен өндіріс орындарының атмосфераға лақтырылатын шаңын өлшеу орнынан 10 км аралықта өлшегенде лазерлік зондау әдісі қолданылады. Индукциялық әдіс өлшеу камерасындағы электродтың шаңның зарядталған бөлшегін камераға өткенде индукциялатынын анықтауға, ал контактылық-электрлі әдіс шаңды бөлшектердің қатты материалмен жанасуында электрлену қабілетіне негізделген. Сыйымдылық әдісте пластина арасына шаң түйіршігі өткенде конденсатордың сыйымдылығының өзгеруін өлшеу негізге алынған.

Акустикалық әдіс дыбыс көзімен қабылдағыш арасындағы кеңістікке шаң түйіршігі пайда болғанда акустикалық өріс параметрлерінің өзгеруін өлшеуге негізделген.

Шаңды диспериялық талдау әдісі. Диспериялық әдісті тура және жанама деп бөледі. Тура әдіске шаң түйіршігінің өлшемі белгілі бір масштаб (микроскоп шкаласы немесе елек ұяшықтары) арқылы тікелей өлшеуді айтады. Жанама әдіске түйіршіктің нақты өлшеміне тікелей тәуелді болатын қандай да бір белгілерін өлшеуді айтады (мысалы: тұтқыр ортада тұну жылдамдығы, еру жылдамдығы, суспензиялардың жарықпен шағылуы, адсорбциялық қабілеті).

А. Н. Колмогоров теориясы бойынша бөлшектеуде бөлшектің өлшемі бойынша таралымы логарифмдік қалыпты заңға жақындайды, яғни бөлшектердің өлшемі бойынша таралған тығыздығы мына функциямен сипатталады:

$$n_r = (\sqrt{\pi} \ln \beta r)^{-1} \exp \left[(\ln r - \ln r_c)^2 / (2 \ln^2 \beta) \right],$$

мұнда, n_r – r -ден $r + \Delta r$ -ге дейін болатын шаң мөлшерінің үлесі; β -бөлшектің мөлшерге сәйкес таралу көрсеткішін сипаттайтын шамашарттар; r_c – бөлшектердің орта өлшемі, м; $\pi = 3,14$.

Автордың бұл функциясының эксперименттік тексеруі тараудың логарифмдік заңын әртүрлі өндіріс үдерісіндегі шаң бұлты бөлшектерінің өлшемдері бойынша таралу заңына қолдануға болатынын көрсетті.

Шаңның заттық құрамы, өндірілетін жыныстың құрамына тәуелді. Көмір шахтасындағы шаң негізінен көмір және жыныс бөлшектерінен тұрады. Мұның үстіне, кесетін құралдардың жонуы кезінде пайда болатын металл бөлшектері де кіреді.

§4. Шахтаның жылулық режимі

4.1. Тау-кен қазбаларының микроклиматы

Тау-кен қазбасындағы ауаның орташа физикалық күйін оның микроклиматы анықтайды. Ол ауаның температурасына, ылғалдылығына, қысымы мен қозғалыс жылдамдығына тәуелді. Шахтадағы бұл параметр әртүрлі. Қазбаның бас кіреберісінде жер бетіндегі климаттың әсері өте күшті болады да, мұнан ұзаған сайын кен-геологиялық факторлардың әсері өсе береді. Терең шахтадағы ауаның физикалық күйі жер бетіндегі климатқа іс жүзінде тәуелсіз. Онда шахталық ауа қозғалысы кезіндегі жылу-ылғал алмасу үдерісіне айрықша тәуелді, өзіндік микроклимат қалыптасады. Шахталық микроклимат тау жыныстарының физикалық-химиялық қасиетіне және қазба мен ондағы құрылыстардың қауіпсіздігіне әсер етеді. Шахталық микроклиматтың өзгерісінде, желдетіс құрылыстары мен желдеткіш құралы арналарының бүлінуі, штольня, шахта оқпанының қатуы, мұзды шахтадағы сақтандыратын дінгектердің, мәңгі мұз аймағындағы кен қабырғасының қобарсуымен терең шахтадағы желдеткіш оқпанының сулануы мен қалың булануы т.б. пайда болуы мүмкін. Қазбадағы микроклимат жер астындағы жұмыс жасайтын адамдардың физиологиясы мен еңбек гигиенасына әсер етеді. Адам ағзасында үздіксіз жылу энергиясы алмасып отырады (тыныштық күйдегі сергуде 90 дж/с-ден ауыр физикалық жұмыс істегенде 500 дж/м дейін, онан да жоғары). Адам денесінің жылу берілісі (мұндағы температура 36,9°C тұрақты ұсталады), тіршілік ету үдерісінің қалыпты өтуіндегі маңызды шарт. Адам денесінің артық сууы, салқын тиюді тудырады, ал ондағы жылудың баяулауы – ыстықтаудан, күн тиюден, жылудан стресс пайда болып, адамның көңіл күйі мен еңбек өнімділігінің төмендеуіне әртүрлі жарақаттар мен ауруларға алып келеді.

Адам денесінің төңірекке жылу беруі конвекция, жылулық сәулелену (радиация) және термен булану арқылы жүзеге асады. Адам денесін ауа ағынының орап өтуі кезінде конвекциялық жылу берілуі жүреді. Аршылған дене бөлігінің суыну қарқыны ауа мен тері

бетінің температура айырмашылығына және орап өтуші ағынның жылдамдығына байланысты.

Ауа температурасы тері температурасынан жоғары болғанда ауа ағыны адамды қыздырады. Киім, киім мен дене аралығындағы қозғалмайтын ауа қабаты конвекциялық жылу алмасуды тежейді. Мұндай қоршаудағы жылу алмасу оның жылу өткізгіштігімен сінетін ауаның конвекциясы арқылы өтеді.

Адам денесінің (инфрақызыл толқынына сәулелену арқылы) қоршаған ортаға беретін жылу мөлшері, жылу радиациясының, коэффициентіне, дененің жалаңаш бетінің ауданына, орта мен тері температурасының айырмасына тәуелді. Тау-кен қазбасының беткі температурасы 30°-35°С болғанда адамның жылулық сәулеленуі нөлге жақын. Қазба беті қабатының жоғары температурасында адам денесінде температураның кері ағынының сәулелік энергиясы пайда болады (қазба бетінен адамға). Бұл энергияның бір бөлігі терінің беткі қабатында ұсталынады (толқын ұзындығы 6-14 мм болатын инфрақызыл сәуле), қалған бөлігі адам денесіне бірнеше сантиметр кіреді (толқын ұзындығы 0,76-1,4 мм сәулелер).

Адамның терлеуі ең маңызды жылу реттеуші механизм. Бөлінген тердің булануына жағдай жасалғанда, дененің салқындауы жүреді. Тер буланғанда, дене салқындайды. Булану үдеріс бәрінен бұрын ауаның салыстырмалы ылғалдылығына тәуелді. Тер бөліну белсендігі сыртқы температурасының өсуіне байланысты. Адам қолайлы климаттық жағдайда ауыр дене жұмысын атқарғанда 1 сағатта 2,5 л немесе одан да көп тер бөледі. Осындай тер бөлгенде бөлінетін жылу, адам үшін ең жоғарғы мүмкіндік шамасына жетеді (орташа 2500 кдж/сағ). Мұндай энергияның шығындалуы бүкіл жұмыс уақытында жалпы бөлінетін энергия ≤ 2000 кдж болатындай аз жүктемемен жиі-жиі алмастырылып отыру керек. Адам ағзасының жылу реттегіштігі ең тиімді өтетін микроклиматты, комфортты жағдай дейді. Шахталық жағдайда микроклиматты комфортты жағдайда ұстау өте қиын.

Сондықтан Қауіпсіздік және Санитарлық ережелер бойынша (4.1-кестеде) еліміздің көмір шахталарында микроклиматтың мүмкін нормалалары белгіленен.

4.1-кесте

Ауа қозғалысының ең төменгі жылдамдығы, м/с	Салыстырмалы ылғалдылықта %, ауаның рұқсат етілген температурасы (°C)		
	60-75	76-90	90
0,25	24	23	22
0,50	25	24	23
1,5	26	25	24
2	26	26	25

Ескерту. Егер ол қазбалардың қауіпті газданбауына жеткілікті болса, тазартыс және даярлау қазбаларындағы ауаның температурасы $<16^{\circ}\text{C}$ төмен болғанда ауа қозғалысының жылдамдығы $\leq 0,75$ м/с болуы керек.

Санитарлық ереже бойынша шахталардағы ауаны жасанды түрде суыту кезінде, жұмыс орындарындағы ең төменгі температура (4.2-кесте) және қазбадағы жұмысшылардың қозғалысы кезіндегі температураның максимум төмендеуі (4.3-кесте) нормаланып берілген.

4.2-кесте

Ауа қозғалысының төменгі жылдамдығы, м/с.	Салыстырмалы ылғалдылықта (%), ауаның рұқсат етілген температурасы (°C)	
	60 – 75	76 – 90
0,5	18	19
1	19	20
1,5	20	21
2	21	22

4.3-кесте

Ауаның ең жоғарғы (максимум) температурасы, °C	Ауаның жылдамдығына (м/с) байланысты, ең төменгі температурасы, °C							
	1	2	3	4	5	6	7	8
28	10	12	14	16	18	20	22	24
26	9	11	13	15	17	19	21	23
24	8	10	12	14	16	18	20	22
22	7	9	11	13	15	17	19	21
20	6	8	10	12	14	16	18	20

Әлемдік тәжірибеде шахталық микроклиматты бірыңғай нормалау әдісі жоқ. Бұл мақсат үшін кататермометрия, американдық және белгиялық эффективті температура, француздық нәтижелік температура, жылу кернеуінің индексі, адамның жылулық балансы т.б. қолданылады. 4.1, 4.2 және 4.3-кестелерде келтірілген нормативтік мәліметтер, отандық шахталардың басқа елдердің нормативтік мәліметтерімен салыстырғанда неғұрлым ыңғайлы климаттық жағдайларын қамтамасыз етеді.

Кен қазбасымен ондағы құрылыстардың қыс жағдайында қатып қалмауына жол бермеу үшін, шахтаға берілетін ауа $\geq 2^{\circ}\text{C}$ температураға дейін қыздырылуы қажет.

4.2. Шахта ауасының жылуылғалдылық шамашарттары

Шахталық ауа үлкен ылғалдылығымен сипатталады. Соңғысы сыртқы беттің ауасының ылғалдылығы мен температурасына қазбаның ылғалдылығына қазба бетінің температурасының өзгеруіне, желдету ағынының жылдамдығына, ауаның қысымына тәуелді. Ылғал ауа дегеніміз құрғақ ауа мен су буының қоспасы, ылғал ауаның физикалық қасиеті, идеал газдардың физикалық заңдарында баяндалған. Ылғал ауаның негізгі параметрлері: температура, қысым, тығыздық, абсолюттік және салыстырмалық ылғалдылық, ылғал мөлшері, жылу мөлшері (энтальпия) болып табылады. Ылғалды ауа күйінің теңдеуі (Клайперон-Менделеевтікі) мына түрде жазылады:

$$P/\rho = RT \quad (4.1)$$

мұнда, P – ауа қысымы, Па; ρ – ауаның тығыздығы, $\text{кг}/\text{м}^3$; T – абсолютті температура, К; R – газды тұрақтылық, $\text{Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$.

Ылғал ауаның қысымы Дальтон заңы бойынша мына түрде өрнектеледі:

$$P = P_c + P_n \quad (4.2)$$

мұнда, P_c , P_n – тиісінше, құрғақ ауа мен су буының қысымы, Па. Ауа қысымының тығыздығы,

$$\rho = \rho_c + \rho_n \quad (4.3)$$

мұнда, ρ_c , ρ_n – тиісінше, құрғақ ауаның және су буының тығыздығы, кг/м³.

1 м³ ылғал ауадағы су буының сандық мөлшерін ауаның абсолюттік ылғалдылығы деп атайды, яғни ауаның абсолюттік ылғалдылығы – P_n су буының парциальдық тығыздығы. Берілген температурадағы ауадағы бу мөлшері оның қанығу шегіне дейін көбейе алады. Қанығу жағдайындағы ауаның абсолюттік ылғалдылығы оның температурасының өсуімен ұлғаяды.

Ауаның (%) салыстырмалы ылғалдылығы ауаның су буына қанығу дәрежесімен сипатталып, мына формуламен анықталады:

$$\varphi = \rho_n / \rho_{n.n} \quad (4.4)$$

мұнда, $\rho_{n.n}$ – қанығу жағдайындағы ауаның абсолюттік ылғалдылығы, кг/м³.

Берілген температурадағы бу күйі үшін (4.4) өрнегі (4.1) теңдеуін есепке алғанда мына түрге келеді:

$$\varphi = P_n / P_{n.n} \quad (4.5)$$

мұнда, $P_{n.n}$ – берілген температурадағы қанығатын ауадағы су буының парциальдық қысымы (4.4-кесте).

4.4-кесте

$t, ^\circ\text{C}$	$\rho_{n.n}, \text{г/м}^3$	$\rho_n, \text{Па}$	$t, ^\circ\text{C}$	$\rho_{n.n}, \text{г/м}^3$	$\rho_n, \text{Па}$
-20	1,1	120,0	15	12,8	1693,2
-15	1,5	186,7	20	17,2	2319,8
-10	2,3	280,0	25	22,9	3546,4
-5	3,4	413,3	30	30,1	4213,0
0	4,9	613,3	35	39,3	5586,2
5	6,8	866,6	40	50,8	7319,4
10	9,4	1226,6	45	64,9	9519,2

Кеніш ауасының температурасы оның кенжарға қарай қозғалу үдерісінде өседі. Егер бұл кезде қазбада судың қарқынды булануы жүрсе, онда ауаның салыстырмалы ылғалдылығы біртіндеп 95%-ға жетуі де мүмкін. Желдетудің шығу ағынының температурасы кемісе, бұл да салыстырмалы ылғалдылықтың онан әрі артуымен су буының қанығуына әкеледі.

Ылғалдылық мөлшері (кг/кг) – бұл су буы тығыздылығының, құрғақ ауа тығыздығына қатынасы, яғни

$$X = \rho_n / \rho_c \quad (4.6)$$

(4.1) және (4.6) өрнегінен (4.2) өрнегін есепке алып табамыз:

$$X = \frac{R_c}{R_n} \cdot \frac{P_n}{P - P_n} \quad (4.7)$$

мұнда, $R_c = 287,04$ – құрғақ ауаның газдылық тұрақтылығы, Дж/(кг·К); $R_n = 461,66$ – су буының газ тұрақтылығы, Дж/(кг·К).

Жылу мөлшері (Дж/кг) – бұл газдың 1 кг массасындағы жылу энергиясының сандық мөлшері. Ылғал ауаның жылу мөлшері мына формуламен анықталады.

$$J = c_c t + X (r + c_n t) \quad (4.8)$$

мұнда, t – ауаның температурасы, $^{\circ}\text{C}$; c_c – тұрақты қысымдағы құрғақ ауаның жылу сыйымдылығы, Дж/(кг·К); r – буланудың жақырын жылуы, Дж/кг; c_n – тұрақты қысымдағы су буының жылу сыйымдылығы, Дж/(кг·К).

Қалыпты жағдайда ($t = 0^{\circ}\text{C}$; $p = 101\,325$ Па), $c_c = 1005$ Дж/(кг·К), $r = 2,5 \times 10^6$ Дж/кг және $c_n = 1926$ Дж/(кг·К).

c_c және c_n шамаларының өзгерісін есепке алмай отырып, аламыз:

$$J = 1005t + 2,5 \cdot 10^5 X. \quad (4.9)$$

Ылғалды ауаның тығыздығы мына формуламен анықталады.

$$\rho = \frac{1}{T} \left(\frac{Pc}{Rc} + \frac{Pn}{Rn} \right) \quad (4.10)$$

$$\rho = \frac{0,00348}{T} (P - 0,378Pn) \quad (4.11)$$

Шахталық жағдайда ауаның салыстырмалы ылғалдылығы мен температурасы аспирациялық психрометрмен өлшенеді.

4.3. Шахта мен желдетіс ағынының жылулық балансы

Тау-кен қазбасына түсетін ауаның шығу көзінің түрі бойынша жылу энергиясының таралуы, нақты кен-геологиялық және кен-техникалық шарттарына байланысты. Әдеби көздердің мәліметі бойынша, 1000 м тереңдіктегі көмір шахтасының жылу балансы мынадай: жыныстан жылу бөліну, тотығу және машиналардың жұмыс үдерісі кезінде тиісінше 48,5; 28,8; 8,5% болады. Шахтаның тереңдігі артқан сайын, жыныстың жылу бөліну үлесі ауаның сығылуы мен ұлғаюының термодинамикасы есебінен арта түседі. 1000-2000 м тереңдікте термодинамикалық әсерден жылу бөліну үлесі 30% жетеді. Желдету ағынының қозғалуы мен бағыттас жылу энергиясының екі көлденең қимасы арасындағы өсімшесі мына формуламен анықталады:

$$\Delta\psi = \rho Q (J_2 - J_1) \quad (4.23)$$

мұнда, J_1 , J_2 – тиісінше, бірінші және екінші қимадағы ауаның энтальпиясы (жылу мөлшері) Дж/кг.

(4.23) және (4.8) теңдеулерінен жылу масса алмасу үдерісі кезіндегі желдету ағысын жылу балансының теңдеуін аламыз:

$$\Sigma\psi = \rho Q c_{n.o} (t_2 - t_1) + \rho Q_r (X_2 - X_1) \quad (4.24)$$

мұнда, $\Sigma\psi$ - нәтижелік жылу ағыны, Вт; X_1 , X_2 – тиісінше, бірінші, екінші қимадағы ауаның ылғал мөлшері, кг/кг; r – бу құралуының жасырынды меншікті жылуы, Дж/кг.

Нәтижелік жылу ағыны ауаның температурасына (ақиқат жылу) және оның ылғалдығына (жасырын жылу) әсерін (4.24) теңдеуінен көруге болады. Ылғал тау-кен қазбаларында судың қарқынды булануы және температура өсімшесінің кемуі байқалады. Су буы қанығу нәтижесінде ылғалдылық өсуі бәсеңдейді де, оның жылу мөлшері арта бастайды.

Желдету ағынының жылу балансын жеке қазба мен желдетіс торабының учаскесі үшін өлшеулері негізге алынған шахта үшін немесе ауаның салыстырмалы ылғалдылығы, қысым мен температураның болжанған мәні үшін анықтайды.

4.4. Шахта ауасын салқындату, жылыту

Санитарлық-гигиеналық талаптарға сай келмейтін шахта ауасының температурасын реттеу қажеттігі туындайды. Ауаның термомылғалдылық жағдайын өзгертетін шаралардың жиынтығын ауаны кондиционерлеу деп атайды.

Шахта ауасын кондиционерлеу тау-кен қазбаларын үздіксіз желдетуге, ауаға түсетін жылу ағуларын шектеу, ауаны құрғату мен жасанды салқындату жолымен шахтаға түсетін ауаны жасанды қыздыру арқылы жүзеге асырады. Тау-кен қазбасын қарқынды желдетуге желдетіс ағынының жылдамдығын арттыру арқылы қол жеткізеді. Желдету ағынының салқындату әсері оның жылдамдығын 0,5-тен 4 м/с өскенде күштірек сезіледі. Жылдамдық мұнан әрі өскенде салқындау әсерінің күші кемиді де, ауа температурасы төмендейді, яғни ауаның температурасы белгілі бір тұрақты температураға асимптоталық жақындайды. Егер соңғысы рұқсат етілген шектік максимум температурадан жоғары болса, онда екпінді желдету мен қоса ауаны жасанды салқындатады. Ауаға жылудың түсуін, қазба беті мен құбырды жылудан оқшаулау арқылы, төмен температуралы көмір мен ағаштың тотығуын шектеу, жергілікті жылу көзінің қуаты мен санын шектеу, қуатты жылу көздерін (трансформатор камералары, сорап бекеттері, көтергіш құралдар, т.б.) арнайы желдету, шахталық құбырға ауаны айдау алдында

салқындату, желдету ағынына түсетін ауаның қозғалысын тиімді таңдау көмегімен шектейді. Жаңа жүргізілген қазбадағы жыныс температурасы $>40^{\circ}\text{C}$ болғанда жылудан оқшаулауды жүргізу тиімді болатындығы іс жүзінде дәлелденген. Жылу оқшаулаушы материалдар арзан, жеңіл, ыңғайлы, гигроскопиялық және өртке қауіпсіз болуы керек. Бұл шарттарға домналық және қазандық қождар (шлак) жауап береді, бұларда $\lambda=0,17\div 0,29$. Қазіргі кезде пенопласт ($\lambda=3,5\div 5,8$) шахтада жиі қолданыс тапқан, себебі мұның шахта атмосферасының әсеріне төзімділігі жоғары және қазба бетін механизммен жабуға салыстырмалы түрде жеңіл келеді. Жылу оқшаулау белгілі бір температураны ұстау үшін желдетіс ағынының жылдамдығын кемітуге мүмкіндік береді. Бірақ, әрбір нақты жағдай үшін желдету мен жылуды оқшаулаудың техникалық-экономикалық нұсқаларын салыстыру қажет.

Тотығу үдерісі нәтижесінде болатын жылу бөлінуді қазба орнындағы майда заттар мен көмір шаңының мөлшерін кеміту мен көмір бетін саз және басқа материалмен жабу, өндірілген көмірдің тасымал ұзақтығын кеміту, ағаш бекітпелерден бас тартып, немесе ағашты шірітуге кедергі келтіретін ерітінді қолдану арқылы қысқартады.

Жыныстың жоғары температурасы кезінде, желдету сұлбасы, қазба орнындағы кен техникалық табиғи жағдайға сәйкес желдету ағынының ұзындығына, қазбаның желдету ұзақтығына, желдету торабындағы ауаның жоғалуына сәйкес жер бетінен жұмыс орнына дейін қозғалуында оның ауасының қызуы мен ылғалдануына айрықша ықпал жасайды.

Мұнан басқа, шахта ауасының температурасы тау-кен жұмысының концентрациясы мен қарқындылық дәрежесіне байланысты жылу факторы бойынша желдетудің тиімді сұлбасын таңдау, қазу жүйесін таңдаумен бір мезгілде жүзеге асырылады. Бұл мәселе сондай-ақ шахтаның жылу режимін (соның ішінде ауаны жасанды салқындатуда бар) реттейтін барлық техникалық құралдар кіретін көп нұсқалы техникалық-экономикалық есептемелер негізінде шешіледі.

Ауаны жасанды салқындату мен құрғатуды ауа мен жанасатын беті неғұрлым үлкен болатын ауамен салыстырғанда температурасы неғұрлым аз болатын (ауа суытқыш) ауа ағынын арналар мен құрылғылар арқылы өткізумен жүзеге асырады:

$$\Delta\psi_{ox} = -\rho Q(c_{n.o} \Delta t_{ox} + r\Delta X) \quad (4.25)$$

мұнда, $\Delta\psi_{ox}$ – ауа салқындатқыштың жалпы қуаты, Вт; Δt_{ox} – суыту тереңдігі, °С; ΔX – ылғал мөлшерінің кемуі, к/кг.

Салқындату ауаның ашық жылуын кемітіп, оның салыстырмалы ылғалдылығын 100%-ға көтеруге мүмкіндік береді. Ауа температурасы мұнан әрі төмендегенде, суық қабырға бетінде су буының қанығуы жүреді (терлеу мен судың сырғанауы), бұл өз кезегінде ауа құрғауына жағдай жасайды. Ішкі кеңістікте ауа салқындауын жүзеге асырып, салқындату үдерісін ұстап тұру үшін суық судың қозғалысы пайдаланады.

Су ағыны ашық (су мөлшері жеткілікті болғанда) не жабық айналымда болады. Жабық айналымында суытқыш машиналармен салқындатылады.

Шахта ауасын жасанды салқындату – суытылған, мұздатылған арналар арқылы ауаны өткізу, сұйық ауаның булануы, сығылған ауаның ұлғаюы, су тосушасын қолдану, т.б. арқылы жүруі мүмкін. Ауаны салқындатудың мұздатылған арналармен жүргізу жолы солтүстік аудандарда қолданыс табуы мүмкін.

Шахтаға берілетін ауаны жасанды жылыту бу, су және электр-калорифері арқылы жүзеге асады. Калорифер, шахтаға түсетін ауаның бір бөлігі өтетіндей арнаулы арнаға орнатылады.

Қыздырылған ауа 1,5-2 м қашықтықта жербетінде орналасқан саңылау арқылы желдеткіштің көмегімен шахта оқпанына беріледі. Шахта оқпанының сағасына түсетін суық ауамен жақсы араласуы үшін жылы ауаны шахта оқпанының көлденең қимасына белгілі бір бұрышпен бағыттайды.

Калорифер қондырғысының қуаты келесі тәуелділікпен анықталады:

$$\Delta\psi_{кал} = \rho_1 Q_1 c_{n.o} (t_1 - t_n) \quad (4.26)$$

$$Q_2 = \frac{\rho_1}{\rho_2} Q_1 \frac{t_1 - t_n}{t_2 - t_n}, \quad (4.27)$$

мұнда, $\Delta \Psi_{kal}$ – қондырғының жылу өнімділігі, Вт; Q_1, Q_2 – тиісінше, желдету мен қыздырылған ауа ағындарынның жалпы дебиті, м³/с; t_1, t_2 – жалпы ағынмен араласқаннан кейінгі және калорифер ағынындағы тиісті ауа температуралары, °С; ρ_1, ρ_2 – осы орындағы ауа тығыздығы, кг/м³; t_n – ауаның үстіңгі беттегі температурасы, °С;

t_2 температурасы техникалық-экономикалық негіздеме бойынша 60-70°С шегінде қабылданады, араласқаннан кейінгі ауаның температурасы (t_1) $\geq 2^\circ\text{C}$ болуы керек.

II БӨЛІМ

ШАХТАЛЫҚ АЭРОМЕХАНИКА

§5. Аэростатиканың негізгі заңдары

5.1. Аэростатиканың негізгі теңдеуі

Аэростатика – газдардың (ауаның) тепе-теңдігі туралы ғылым. Ол ауаның қозғалмайтын жағдайда бола алатын күйін – тепе-теңдік шарттарын зерттейді. Аэростатиканың негізгі мәселесінің бірі – қозғалмайтын ауа қысымының биіктіктің немесе тереңдіктің өсуіне сәйкес өзгеруін анықтау, сондай-ақ ауа ортасында тұратын дененің тепе-теңдікте тұратын шарттарын зерттеу. Аэростатикадағы қарастырылатын қысымды аэростатикалық қысым деп атайды. Ол жоғарғы қабатты алып жатқан ауа салмағының әсерінен болады. Аэростатиканың координат өсіне проекциясының негізгі теңдеуі мынадай болып келеді:

$$dp = \rho (Xdx + Ydy + Zdz) \quad (5.1)$$

мұнда, p – қысым; ρ – ауаның тығыздығы, X, Y, Z – масса бірлігіне келетін көлемдік күштің координат өсіндегі проекциясы; x, y, z – координаттар.

Егер Oz өсін тік төмен бағыттасақ, онда $X = Y = 0$ және $Z = g$. Сонда (5.1) теңдеуі

$$dp = \rho g dz \quad (5.2)$$

мұнда, g – еркін түсу үдеуі.

Егер координаттың бас нүктесін жер бетіне (оқпанның сағасына) орналастырса, онда $z = h$ тереңдігіндегі қысымды (5.2) теңдеуін $Z = 0$ және $p = p_0$ шекаралық шартпен интегралдау арқылы табады. Яғни:

$$p = g \int_0^h \rho dz + p_0 \quad (5.3)$$

Егер қандай бір қазбада $\rho = const$ немесе $\rho \neq const$ болса, онда оның қандай да бір орта шамасын табуға болады, онда (5.3) теңдеуінен аламыз:

$$p = p_0 + g\rho h \quad (5.4)$$

мұнда, h – кенорнының басы мен соңындағы биіктіктер айырмасы.

5.2. Атмосфералық қысымды анықтау формулалары

Ауаның термодинамикалық күйіне орай оның тығыздығы тереңдіктің артуына тәуелді өзгереді. Газ күйінің теңдеуін мына түрде жазайық:

$$p = g\rho RT \quad (5.5)$$

мұнда, R – газ тұрақтысы, T – абсолюттік температура. (5.2) теңдеуін Z – тің O ден h дейінгі өзгерісін интегралдап және (5.5.) теңдеуімен шекаралық жағдайда. $Z = 0; p = p_0; T = T_0; p = p_0$ болатындықтан, атмосфералық қысымның формуласы изохоралық үдерісте,

$$p = p_0 + g\rho_0 h \quad (5.6)$$

изотермиялық үдерісте,

$$p = p_0 \exp (h/ RT_0) \quad (5.7)$$

(5.7) формуласы ең қарапайым, адиабаттық және политроптық үдерістегі нәтижеге тым жақын нәтиже береді.

(5.6) және (5.7) формулалары шахтаның әртүрлі тереңдіктегі аэростатикалық қысымын анықтауға мүмкіндік береді. Бұл формулалардан көрінетіндей статикалық қысымның өсімшесі ауа бағанының көлденең қимасының ауданына тәуелсіз. Яғни, қазбаның қысымы оның қимасының ауданына тәуелді болмайды.

5.3. Қысымның тең әсерлі күшін анықтау

Паскаль заңы бойынша ауаның берілген нүктесіндегі қысымы барлық бағытқа бірдей, ал кез келген нүктедегі қысым өзгерісі басқа кез келген нүктеде дәл осындай қысым өзгерісін тудырады. Паскаль заңынан көрінетіндей кеңістікте орналасқан платинкаға түсетін қысым оның кеңістіктегі орналасу бағытына тәуелді болмайды. Яғни, пластинканың бір бетіне түскен қысыммен келесі бетіне түсетін қысым тең (5.1) болады. Бұдан шығатын қорытынды бір биіктіктегі қозғалмайтын ауаның қысымы қазбаның барлық қабырғаларына бірдей қысым түсіреді. Сол сияқты қысым бетке нормаль бойынша әсер ететіндіктен пластинкаға түсетін құраушы күш нөлге тең. Яғни аэростатикалық қысым дененің орын ауыстыруын туғызбайды.

Ауа ортасында орналасқан басқа текті денеге әсер ететін күшті алып қарайық. Бұл қазбаның көлденең қабатын толтырған ауа тығыздығынан өзге, тығыздығы бар Ω көлемдік газ болсын (5.2-сурет). Бұл көлемнің S бетінің әрбір нүктесіне әсер ететін ішкі нормаль сыртқы бетке P -векторы әсеріндей күш векторымен әсер етеді.

Барлық күштердің бас векторы:

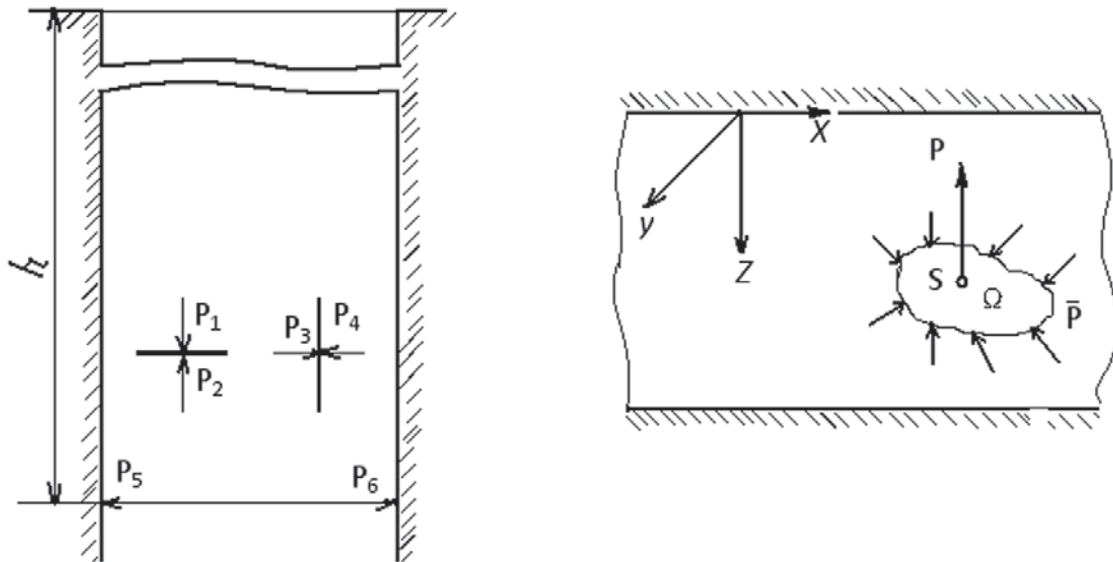
$$\bar{P} = \int_S \bar{p} dS \quad (5.8)$$

Бас вектордың координат осіне проекциясы (5.2-суретке қараңыз) мына түрде болады:

$$P_x = \int_S p \cos \alpha dS$$
$$P_y = \int_S p \cos \beta dS \quad (5.9)$$

$$P_z = \int_S p \cos \delta dS$$

мұнда, $\cos \alpha$, $\cos \beta$, $\cos \delta$ – бетке тұрғызылған ішкі қалыпты (нормалды) бағыттаушы косинустар.



5.2-сурет. Ауада орналасқан денеге әсер ететін күштің сұлбасы

Аэростатикалық қысым (5.4) теңдеуімен анықталады. $\rho = const$ болғанда 0-ден z -ке дейін интегралдап және шекаралық жағдайдағы $z = 0$ және $p = p_0$ шартынан табамыз:

$$p = p_0 + g\rho z \quad (5.10)$$

p_0 – қарастырып отырған қазбаның көлденең қабатына көрші қазбадан берілетін сыртқы қысымы.

(5.10) теңдеуін пайдаланып және беткі интегралдан көлемдік интегралға көшу формуласынан аламыз:

$$\int_S \bar{p} dS = - \int_{\Omega} grad p d\Omega$$

сондай-ақ x, y, z координатының тәуелсіздігі ескеріліп, қысым күшінің бас векторының құраушылары үшін:

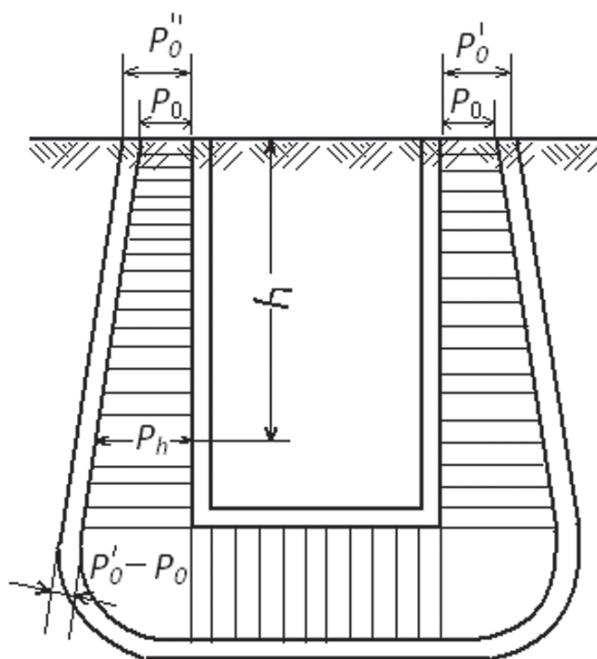
$$P_x = 0; \quad P_y = 0; \quad P_z = -gp\Omega \quad (5.11)$$

(5.11) өрнегінен шығатындай ауада тұрған өзге текті денеге түсірілген барлық тең әсерлі күш тік жоғары бағытталған және дененің көлеміндегі ауа салмағына тең. P_z – құраушы күші итеріп шығаратын күш деп аталады. Дененің салмағы W – тең болсын. Сонда (5.11)

өрнегінен $W > P_z$ болғанда тереңге баратыны, ал $W = P_z$ болғанда тепе-теңдік күйде тұратыны және $W < P$ болғанда қалқып шығып жүретін көрінеді.

5.4. Шахтадағы атмосфералық қысым

Атмосфералық қысым – жер атмосферасындағы аэростатикалық қысым. Аэростатикалық қысым тереңдік өскен сайын ұлғаяды және әр тереңдікке өзінің P_h – қысымы сәйкес келеді (5.3-сурет). Сондықтан да шахта ауасындағы атмосфералық қысым бірдей болмайды (терең емес шахтада терең шахтаға қарағанда ол аз). Паскаль заңы бойынша жер бетіндегі атмосфералық қысымның өзгеруі, шахтадағы атмосфералық осындай қысым өзгерісін тудырады.



5.3-сурет. Шахта қазбасындағы атмосфералық қысымның эпюрасы

§6. Шахта аэродинамикасының заңдары мен негізгі түсініктері

6.1. Қозғалыстағы ауа қысымының түрлері. Депрессия

Ауа ағынына беттік және көлемдік күш әсер етеді. Беттік күш деп қандай да болмасын бетке әсер ететін күшті айтады (мысалы, бір дененің екінші денеге түсіретін қысым күші, үйкеліс күші). Көлемдік күш деп ағынның әрбір көлемінің элементіне (мысалы, салмақ күші) әсер ететін күшті айтады.

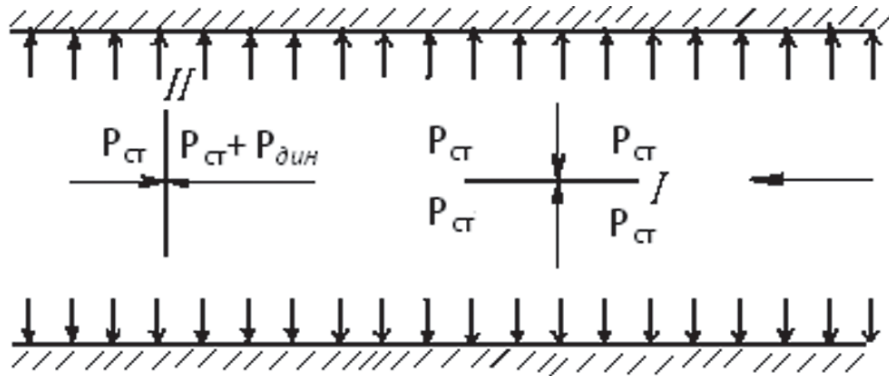
Қысым түрлері. Қозғалыстағы ауаның кез келген аумағынан әрбір көлеміне аэростатикалық қысым түсіретін оның қабатын табуға болады. Қозғалыстағы кез келген дененің кинетикалық энергиясы болатыны және оның жолындағы қандайда бір кедергіге қысым түсіретіні, оның шамасы кинетикалық энергияның шамасына байланысты екені белгілі. Қозғалыстағы ауа материалдық субстанция болғандықтан, осы заңға бағынады. Егер ауа ағынына қандайда бір денені, (мысалы, пластинка) ендірсек, онда оған қозғалыстағы ауаның кинетикалық энергиясымен анықтауға болатын қысым түседі. Бұны **динамик** немесе жылдамдықты қысым деп атайды. Сонымен, аэростатикалық және динамикалық қысым – қозғалыстағы ауаның толық қысымының құрамдас бөлігі.

Қысымның энергетикалық кескіндемесі. Қозғалмайтын атмосферадан аэростатикалық қысымда тұрған, әйтеуір бір көлемшені бөліп алайық.

Егер осы көлемше төңірегіндегі ауаны сиретуге жағдай жасасақ, онда көлемше ішіндегі қысым сыртқы ауа қысымына теңелгенше оның көлемі ұлғаяды. Ауаның көлемі ұлғаю кезінде жұмыс жасалады. Демек, ауаның статикалық қысымының кемуі белгілі бір жұмыстың орындалуымен қатар жүреді. Бұл статикалық қысым, энергияның бір түрі (потенциалдық энергия) екенін белгілі бір жағдайда ол жұмысқа айнала алатынын көрсетеді. Сондықтан ауаның статикалық қысымын, осы көлемнің қысымы $P = 0$ болғанша ұлғаю жұмысымен өрнектеуге болатын потенциалдық энергия деп қарастыруға болады. Статикалық және динамикалық қысым

(Па) ауа көлемінің бірлігіне келетін энергиямен сипатталады. Ал динамикалық қысымға қозғалыстағы ауа себепші болғандықтан, ол кинетикалық энергиямен сипатталады. Массасы M болатын I жылдамдықтағы дененің кинетикалық энергиясы:

$$E_K = Mu^2/2$$



6.1-сурет. Ауа ағынындағы статикалық және динамикалық қысымды түсіндіру сұлбасы

Ал мұны көлемнің өлшем бірлігіне келтірсек тең болады.

$$e_k = \rho u^2/2$$

Егер $p_{дин} = e_k$, яғни кинетикалық энергия динамикалық қысымға ауысса, онда:

$$p_{дин} = \rho u^2/2 \quad (6.1)$$

Жалпы жағдайда $u \neq const$ динамикалық қысым нүктенің функциясы болады.

Бұл уақытта статикалық қысым көлденең қиманың барлық нүктесінде бірдей болады да, ал динамикалық қысымы қазбаның көлденең қимасында өзгереді.

Ауа ағының көлем бірлігіне келетін толық энергия оның потенциалдық және кинетикалық энергиясының қосындысына тең. Потенциалдық энергия ауа ағынының статикалық қысымымен, ал кинетикалық энергия – динамикалық қысыммен тең сипатталатындықтан оның толық қысымы (Па) тең болады:

$$p = p_{ct} + p_{дин} \quad (6.2)$$

Паскаль заңы бойынша статикалық қысымы ауа ағыны қамтитын бүкіл бетке әсер етеді (ауа ағынында тұратын дене беті) (6.1-сурет). Ал динамикалық қысым ауа жүріп өтетін бетке, яғни ауа қозғалысындағы көлденең бетке (мысалы, ауа ағынына тосатын пластинканың беті) әсер етеді. Сонымен пластинкасы ауа ағынына параллель болса тепе-теңдік күйде тұрады (6.1-суретке қараңыз) ал пластина II-ге әсер ететін күш тең болады:

$$[(p_{ct} + p_{дин}) - p_{ct}]S_n = p_{дин} \cdot S_n$$

мұнда, S_n – пластина ауданы.

Кеніштік желдетісте депрессия деп қысымдар айырмашылығын айтады (белгілі компрессия термині ескірген). Статикалық қысым айырмасын статикалық депрессия, жылдамдық қысым айырмасын жылдамдықты депрессия, ал толық қысымдар айырмасын – толық депрессия дейді.

6.2. Аэродинамиканың негізгі заңдары

Массаның сақталу заңы. Ауаның қозғалу заңына орай бұл заңды былай тұжырымдауға болады: ауаның біртекті бөлшектен тұратын кез келген көлемінің массасы, оның қозғалысы кезінде тұрақты болып қалады. Яғни, массаның уақытқа байланысты өзгерісі нөлге тең.

Егер ауа ағынындағы, тұрақты тығыздығы бар ауаның элементар көлемін бөліп көрсетсек, онда масса сақталу заңы былай өрнектеледі:

$$dM/dt = 0 \quad (6.3)$$

мұнда, M – бөлінген көлемдегі ауа массасы: t – уақыт.

(6.3) теңдеудегі ағын жылдамдығының координат осьтеріне проекциясы мына түрде болады:

$$\partial p / \partial t + \partial(pu) / \partial x + \partial(pv) / \partial y + \partial(p\omega) / \partial z = 0 \quad (6.4)$$

мұнда, u , v , ω – ағын жылдамдығының координат осьтегі проекциясы.

(6.4) өрнегі ағынның үздіксіздігінің теңдеуі деп аталады. (6.3) теңдеуінен уақыт бойынша толық алынған туындысымен (6.4) теңдеуінен уақыт бойынша дербес алынған туындысында айырма болады. Толық туынды дифференциалданатын шаманың уақыт бойынша даму үдерісімен кеңістіктегі қарастырылып отырған көлемнің қозғалысын есепке алса, ал дербес туынды кеңістіктегі көлемнің орын ауыстыру өзгерісін есепке алмайды.

Ағын сипаты (тығыздық, жылдамдық, қысым, т.б.) стационар қозғалыс (қалыптасқан) үшін кеңістіктегі кез келген бір бекітілген нүктеде уақыт бойынша өзгермейді, $\partial p / \partial t = 0$ да үздіксіздік теңдеуі мынадай түрге келеді:

$$\partial(\rho u) / \partial x + \partial(\rho v) / \partial y + \partial(\rho \omega) / \partial z = 0 \quad (6.5)$$

$\rho = const$ болғанда (6.5) мына түрге келеді:

$$\partial u / \partial x + \partial v / \partial y + \partial \omega / \partial z = 0 \quad (6.6)$$

Қазбаның тұрақты қимасында: $u = \omega = 0$ болатындықтан, (6.6) теңдеуінен $v = const$ екенін табамыз. Яғни, ауа қозғалысының жылдамдығы ұқсас нүктеде тұрақты.

(6.6) теңдеуінен көрінетіндей бір бағыттағы ағын жылдамдығының өсуі, оның басқа бағыттағы жылдамдығының кемуіне әкелуі керек, өйткені теңдеудің сол бөлігіндегі мүшелердің қосындысы, олардың мүшелерінің біреуі теріс (ағынның баяулауы, ал қалғандарының оң (үдетілген ағын) болғанда ғана нөлге тең болады.

(6.3) теңдеуінен қазбадағы ауаның стационар қозғалысы үшін аламыз:

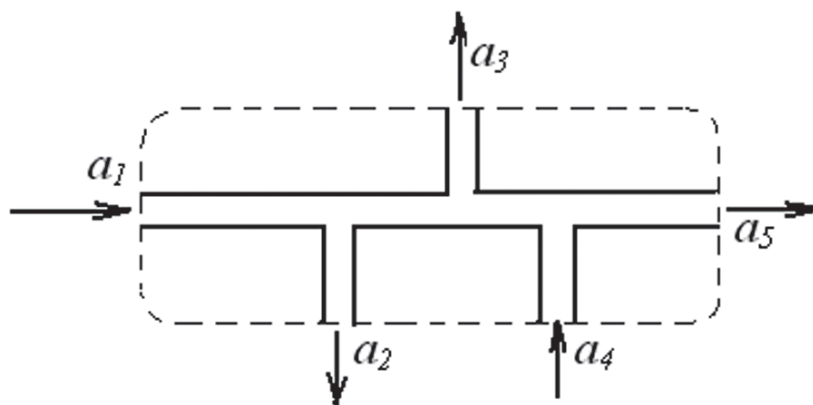
$$M = const \quad (6.7)$$

Сонымен қазбадағы ауаның массалық шығыны тұрақты.

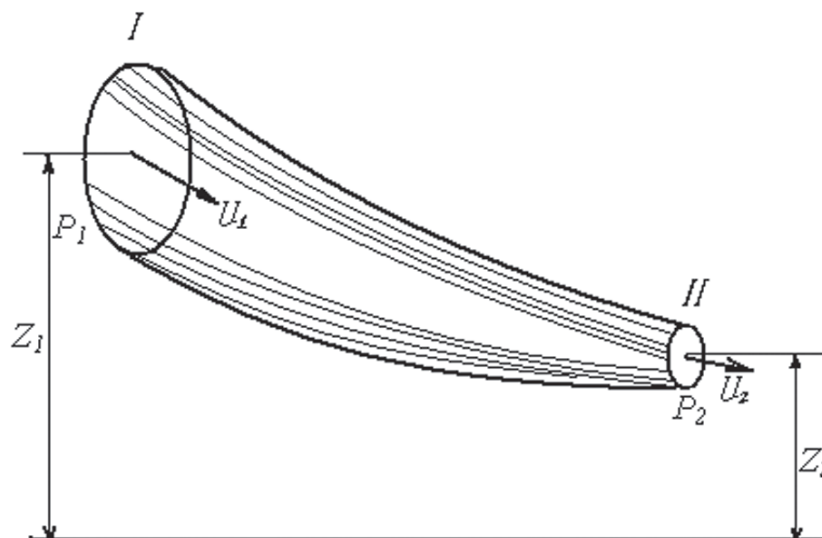
Қазбадағы ауаның массалық шығынын келесі түрде өрнектейміз,

$$M = \rho Q \quad (6.8)$$

мұнда, Q – ауаның қазбадағы көлемдік шығыны. Онда изотермиялық ($\rho = const$) ағын үшін (6.7) өрнегінен: $Q = const$



6.2-сурет. Ауа ағыстарының таралу сұлбасы



6.3-сурет. Қазбадағы ауа ағыстарына байланысты Бернулли теңдеуін шығаруға арналған сұлба

(6.8) өрнегінен (шығын теңдеуі деп те атайды) қазбадағы ағынның қозғалысы стационар болғанда ауаның көлемдік шығыны тұрақты болады.

Ағынның тарамға бөлінген жерінде (6.8) теңдеуі мына түрге енеді:

$$\sum_{i=1}^n Q_i = 0 \quad (6.9)$$

мұнда, i – ағын нөмірі; n – тарамдағы ағын саны.

6.2-суретте көрсетілген сұлба үшін (6.9) теңдеуі мына түрде өрнектеледі:

$$Q_1 - Q_2 - Q_3 + Q_4 - Q_5 = 0$$

мұнда, 1, 2, 3, 4, 5 – ағындарындағы сәйкес Q_1, Q_2, Q_3, Q_4, Q_5 ауа шығыны (оң таңбалы тарамға кіретін ағын ол сол таңбалы шығатын ағын деп қабылданған).

Қазбадағы ауа шығынын мына түрде жазайық:

$$Q = uS_B \quad (6.10)$$

S_B – қазбаның көлденең қимасының ауданы (6.8) бен (6.10) өрнегінен:

$$uS_B = const \quad (6.11)$$

(6.11) өрнегінен қазба қимасы неғұрлым үлкен болса, онда одан өтетін ауа жылдамдығы солғұрлым аз болатыны көрінеді.

Энергияның сақталу заңы. Қозғалыстағы ауаға қолданатын бұл заң мына түрде баяндалуы мүмкін: Қозғалыстағы ауаның белгілі бір уақыт аралығындағы кез келген көлемдегі энергиясының өзгерісі, оған берілетін жылу энергиясымен ауаға түскен сыртқы күштің жұмысының қосындысына тең яғни:

$$\Delta E_B + \Delta E_n + \Delta E_k = \Delta Q + \Delta A \quad (6.12)$$

мұнда, ΔE_B – молекула қозғалысының кинетикалық энергиясымен оның потенциалдық энергиясының өзара әсерімен анықталатын қозғалыстағы ауаның ішкі энергия өзгерісі; ΔE_n – қозғалыстағы ауаның потенциалдық энергия өзгерісі; ΔE_k – қозғалыстағы ауаның кинетикалық энергия өзгерісі.

ΔQ – қозғалыстағы ауаның жылу энергиясының өзгерісі. ΔA – сыртқы күштің жұмысы.

Қазбадағы ауа қозғалысына әсер ететін сыртқы күш ауа қозғалысына кедергі келтіретін күшпен (үйкеліс күші) статикалық қысымнан тұрады.

$\Delta E_B = \Delta Q = 0$ болатын адиабаттық ағын мен элементар ағынша қозғалысынан тұратын ауа ағыны өрнегін (6.12) келесі түрде өрнектеуге де болады:

$$dp + g\rho dz + d(\rho u^2)/2 + g\rho dh = 0 \quad (6.13)$$

мұнда, h – ауаның бір өлшем салмағына тиесілі сыртқы күштің жұмысы.

(6.13) өрнегін дифференциальдық формадағы Бернулли теңдеуі (1738 ж осы теңдеуді тапқан Д. Бернуллидің құрметіне орай) дейді.

(6.13) өрнегін қазбаның $p = const$ кезіндегі I – ағынша қимасы бойымен II – ағынша қимасына дейін интегралдап (6.3-сурет) аламыз:

$$p_1 - p_2 + g\rho(z_1 - z_2) + (\rho/2)(u_1^2 - u_2^2) = h \quad (6.14)$$

мұнда, p_1, p_2 I және II қимаға сәйкес келетін ауаның статикалық қысымы; I және II қимаға сәйкес келетін z_1 және z_2 қысымды ауа бағанының биіктігі; u_1, u_2 – тиісінше I, II – қимадағы орташа жылдамдық.

Қазбадағы барлық ағын үшін I және II қимада ауа тығыздығы әртүрлі болғанда (6.14) теңдеуі мынадай болады:

$$(p_1 - p_2) + g(\rho_1 z_1 - \rho_2 z_2) + [k_1(\rho_1 u_1^2/2) - k_2(\rho_2 u_2^2/2)] = h \quad (6.15)$$

мұнда, k_1, k_2 – қазбаның I және II қимасындағы ауа жылдамдығын таралуының біркелкі еместігін есепке алатын, кинетикалық энергия коэффициенті; h – ағынның I қимадан II қимаға орын ауыстырғандағы барлық сыртқы күштің орындайтын жұмысы.

дөңгелек штрек тәрізді қазба үшін,

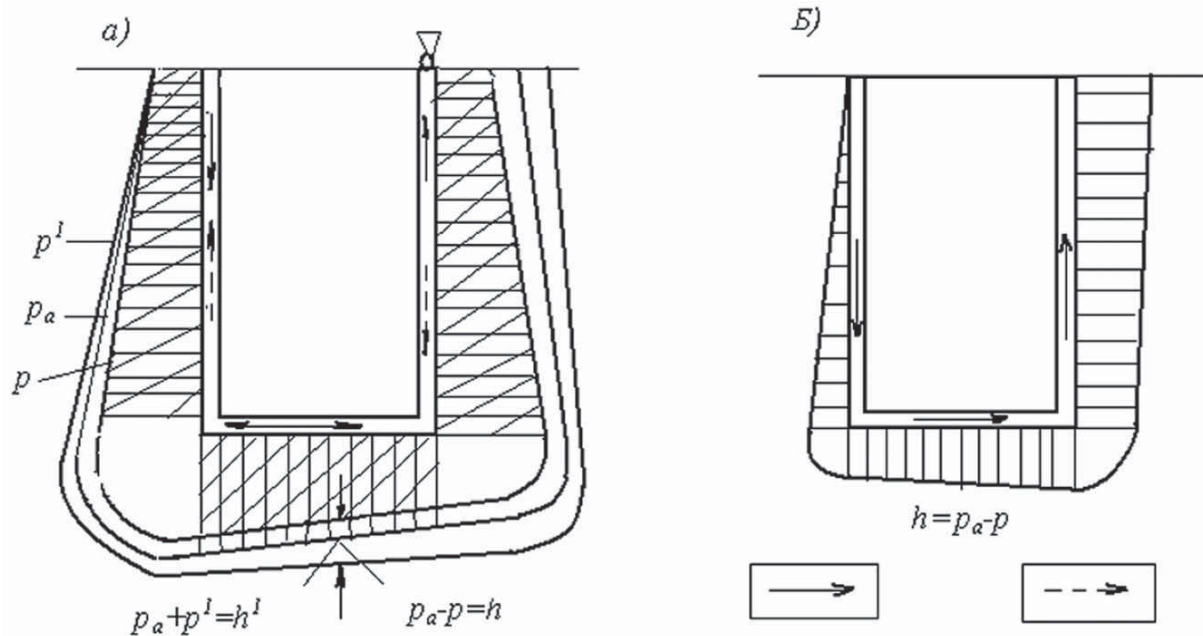
$$k = 1 + 21,7 \alpha$$

толық емес бекіткіш рамамен бекітілген штрек тәрізді қазба үшін,

$$k = 0,810 + 28,7 \alpha$$

мұнда, α – үйкеліс коэффициенті.

Сыртқы күш ауаның алғашқы энергиясын азайтуы (үйкеліс күші) немесе оны жоғарылатуы (мысалы, желдеткіштің жұмыс кезінде) мүмкін. Бірінші жағдайда. $h > 0$,



6.4-сурет. Абсолютті қысымның (а) эпюрасы мен депрессиясы (б): p_a – атмосфералық қысым; p' – желдетудің сору кезіндегі қысымы; p'' – бұл да сол, айдау кезінде; 1 – сорып желдету кезіндегі ауа қозғалысы; 2 – айдау кезіндегі ауа қозғалысы.

Ал екінші жағдайда $h < 0$; (6.15) теңдеуіндегі жақшадағы екі қосылғыш ағынның потенциалды энергиясының өзгеруін, ал үшіншісі – оның кинетикалық энергия өзгерісін көрсетеді. Сонымен, ағынның кез келген екі қимасы арасындағы толық энергия өзгерісі осы учаскеде ауа қозғалысының кедергісін жеңуге шығындалатын ($h > 0$) энергияға немесе ағынға түсетін энергияға ($h < 0$) немесе екеуін де бір мезгілде тең болады.

(6.15) теңдеуіндегі төмендегіден көрінетіндей ауа қысымы, тереңдіктегі атмосфералық қысым болып табылмайды. Жеңілірек болу үшін $P_1 = P_2 = P$ деп алсақ (6.15) теңдеуі мына түрге енеді:

$$\begin{aligned} (p_1 - p_2) + g(\rho_1 z_1 - \rho_2 z_2) + [k_1(\rho_1 u_1^2/2) - k_2(\rho_1 u_2^2/2)] = \\ = p_1 + g\rho\Delta z - p_2 + \Delta P_{\text{дин}} = p_a - p_2 + \Delta p_{\text{дин}} = h \end{aligned} \quad (6.16)$$

мұнда, $p_a - z_2$ тереңдіктегі атмосфералық қысымға тең болатын қысым.

(6.16) теңдеуінен шығады,

$$p_2 = p_a - (h - \Delta p_{\text{дин}})$$

Осылайша p_2 қысымы z_2 тереңдіктегі атмосфералық қысымға тең және ол, I – II қима арасындағы қозғалған ауаның жоғалтқан энергиясы мен осы қима арасындағы динамикалық қысым айырмасына тең болатындай шамаға кемиді (6.4-сурет).

Бернулли теңдеуінен $h = \text{const}$ кезінде қимадағы ауаның қозғалыс жылдамдығының өзгеруі қысымның өзгеруіне әкеледі. Сондықтан қимадағы ауа қозғалысының жылдамдығының артуы (мысалы, оның шығындауы арқылы кемуі) оның статикалық қысымын кемітеді не керісінше. Бернулли теңдеуі шахталық аэродинамиканың негізгі теңдеулерінің бірі. Өйткені ол аэродинамикалық мәселелерді біріктіріп, оның көптеген сұрақтарына жауап береді. Ол ауа ағынының көлем бірлігіндегі кинетикалық және потенциалық энергияның балансын өрнектейді. $p_1 p_2$ қысымдар айырмасы желдеткіштің салдарынан болады да, ол желдеткіштің депрессиясы h_e деп аталады. Қосымша қысымдар айырмасы $gp_1 z_1 - p_2 z_2$ табиғи фактордан пайда болатындықтан сорудың табиғи депрессиясы деп аталады.

$\Delta P_{\text{дин}} - \partial i h_{\text{дин}}$ -мен белгілейік. Сонда (6.15) теңдеуі мына түрге енеді:

$$h_e \pm h_{\text{дин}} = h \quad (6.17)$$

(6.17) теңдеуіндегі $h_e \pm h_{\text{дин}}$ өрнегі, желдеткіштен алынатын I және II қима арасындағы толық энергия ағынының өзгерісі болып табылады: Яғни:

$$h_{\text{пол}} \pm h_e = h \quad (6.18)$$

Табиғи сорылу энергия ағыны ($h_e > 0$) болғанда ұлғайта алады, ($h_e < 0$) болғанда кедергі рөлін атқарады. Ағынға әсер етудің осындай факторлары басқаша да болуы мүмкін, (гидрошахтадағы көпіршіктердің ашық ағыны, сағадан соғатын жел және т.б.)

Бернулли теңдеуін бірнеше энергия көзіне, барлық кедергі түріне қолдануды қорыта отырып, табамыз:

$$h_{\text{ен}} = h \quad (6.19)$$

мұнда, $h_{\text{ен}}$ – сыртқы көзден түсетін ауаның көлем бірлігінің энергиясы; h – көлем бірлігінің оның қозғалысына келтіретін кедергіні жеңуге шығындалатын энергиясы.

(6.19) теңдеуінен көрінгендей қазбадағы сыртқы көзден түсетін ауа ағынының адиабатты жағдайдағы ауа қозғалысына ауа қозғалысы жолындағы энергия толықтай барлық кедергілерді жеңуге шығындалады.

6.3. Шахтадағы ауа қозғалысының режимдері

Кез келген арнадағы ауа ағыны ламинарлы немесе турбулентті болуы мүмкін. Ламинарлы режим кезінде ағын қабатының әртүрлі бөлшегі бір-бірімен араласуының болмауынан оның қозғалыс траекториясы параллель болып, жылдамдығының баяулығымен сипатталады.

Турбуленттік режимге қозғалыс параметрінің уақыт және кеңістік бойынша ретсіз өзгеріп, қабаттарының өзара араласуы тән. Егер ағын көлемінің ламинарлық режимде қозғалуы тұрақты болса, онда ағынның кез келген нүктесінде қысымы мен жылдамдығы уақытқа тәуелді өзгермейді. Яғни, қозғалыс стационар болады. Турбуленттік қозғалыс кезінде ағынның орташа жылдамдығының тұрақтылығының өзінде, кез келген нүктедегі оның жылдамдығы мен қысымы уақытқа сай өзгеріп отырады (пульсациялануы тұрақты, тек орта мәні), яғни қозғалыс квазистационарлы болады. Ағын жылдамдығының пульсациясы, ондағы шаң, газ, жылу, т.б. пульсациясын тудырады. Мұндай пульсация ағын ішіндегі әртүрлі көлемдегі құйын пайда болуына әкеледі. Ламинарлы және турбуленттік қозғалыстың негізгі айырмашылығы заттарды тасымалдау механизмінде. Ламинарлық режим кезінде мұндай тасымалдау ағын қабатының молекуласының алмасуымен, ал турбуленттік қозғалыста көлемімен жүзеге асады.

Турбуленттік тасымалдау, молекулярлықпен салыстырғанда бірнеше есе қарқынды жүреді.

Қазбадағы ауа қозғалысының режимін түтіннің жіңішке ағыншасымен анықтауға болады. Егер түтін ағыншасы өзі пайда болған көзден едәуір қашықтыққа дейін сақталса, онда қозғалыс ламинарлы. Егер ағынша көзден шығысымен ауамен жылдам араласса, онда ол турбуленттік қозғалысқа жатады. Сондай-ақ қазбадағы ауа қозғалысы режимін мына формуламен анықталатын Рейнольдс санымен де білуге болады:

$$Re = uD / \nu \quad (6.20)$$

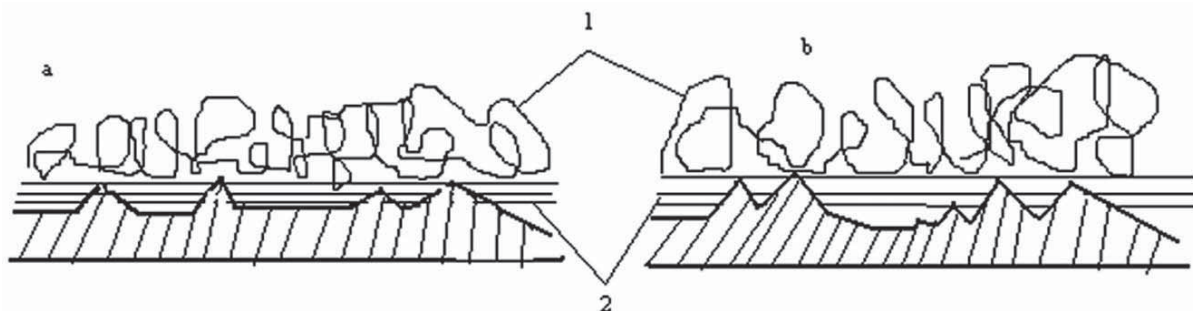
мұнда, u – қазбадағы ауаның орташа жылдамдығы, м/с; D – қазбаның гидравликалық диаметрі, м; ν – ауа тұтқырлығының кинематикалық коэффициенті, б.ү.

$$D = 4S/P \quad (6.21)$$

мұнда, S – қазбаның көлденең қимасының ауданы, м²; P – қазбаның периметрі, м. Жылтыр құбырда $Re \geq 2300$ болғанда турбуленттік қозғалыстың орнықты екені тәжірибе жолымен дәлелденген. Тіпті, ағындағы аздаған жұлқынудың өзі ағынға бөтен затты тастау, құбыр қабырғасының тербелтуі, т.б. турбуленттік ағынның пайда болып, содан соң осы жұлқыну жойылғанның өзінде, турбуленттік қозғалыс сақтала береді. $Re < 2300$ болғанда ламинарлы қозғалыс орнықты болады. Шахта қазбасындағы Рейнольдс санының межелі (критическое) мәні $Re = 1000 \div 1500$. $D = 2,5$ және $\nu = 1,5 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{с}$ болғанда, турбуленттік қозғалыста қала алатын ауаның ең аз жылдамдығы 0,006-0,01 м/с аралығында жатады.

Қауіпсіздік ережесінің талабы бойынша қазбадағы ауаның жылдамдығы $\geq 0,25$ м/с болу керек. Іс жүзінде шахтадағы ауа қозғалысының жылдамдығы мұнан едәуір жоғары болады. Сондықтан да қазбадағы желдету ағыны белсенді болғанда әр уақытта ауаның қозғалысы турбулентті болады. Аз жылдамдықты сүзгі ауа ағыны тар арнамен (кентіректен ауа жоғалуы, кен игерілген кеңістікте, нығыздалған учаскеде т.б.) өткенде ламинарлы режим жиі байқалады.

Ламинарлы қозғалыстан турбуленттік қозғалысқа ауысу кез келген нүктеде, әрі өте жылдам жүруі мүмкін, бірақ ағын қимасы мен жұлқыну тудырған көздің арасындағы толық турбуленттік болатын аралықтағы ауысу кеңістігінде дербес турбулентті құйындар пайда болады. Бақылау кедір бұдырлы бетті ауа құбырында (бұған қазбаның көпшілігі жатады) турбулентті ағын бұдырлықтың тікелей еңісінде пайда болатынын, ол жылтыр бетті құбырда құйындау ағын өзегіне қойылған заттан болатынын көрсетеді. Ағын бойымен қозғалыс режимінің өзгеруі арна диаметрінің ұлғаюы немесе кішіреюінен болуы мүмкін. Жоғары баяндалғанның бәрі де аралық режимінің болуы мүмкіндігін теріске шығармайды. Аралық режим кені алынған кеңістікпен ауаның қозғалысында, бункердегі көмір қабаттары мен ауа өткізбейтін құрлыс арқылы байқалады. Дегенмен, тіпті ең ұлғайған турбуленттік қозғалыстың өзінде құбырдың қабырғасында жұқа қабат шегінде ламинарлы қозғалыс сақталады. Мұндай қабатты, ламинарлы шекаралық қабат деп атайды.



6.5-сурет. Рейнольдс санының көп (*b*) немесе аз (*a*) кезіндегі шекаралық қабаттың ламинарлы сұлбасы:

1 – ағынның турбуленттік өзегі; *2* – ламинарлы шекаралық қабат

Рейнольдс санының (Re) мәні төмен болса ламинарлы шекаралық қабат қалыңдайды, ол жағдайда қабырғаның кедір бұдырларының барлық еңістері (немесе көп бөлігі) ауаға толады да, нәтижесінде бұлар ағынға аз кедергі жасайды.

Рейнольдс саны (Re) артса, ламинарлы қалыңдық жұқарады, кедір бұдырлықтың еңістері турбуленттік ағын өзегіне кірігіп, кедергісі ұлғая береді (6.5-сурет).

6.4. Қазбадағы ауа ағындарының түрлері

Ауа ағынын екі типке: шектелген (қатты шекарамен) және еркін (қатты шекарасы жоқ) ағыс деп бөледі. Шектелген ағыстың мысалына, қуақаздың (штректің) тұрақты қимасы бар түзу сызықты учаскесіндегі ауа ағыны жатады. Бұл жағдайдағы ағынның қатты шекарасы ретінде қазбаның беті алынады. Еркін ағыс тұрақты қимасы бар, қатты шекара мен шектелген ауа өткізгіштен, шектелмеген (үлкен) кеңістікке өту кезінде пайда болады. Бұл кездегі ауа ағыны, қатты шекарасы жоқ, ауамен толған кеңістікке тарайды.

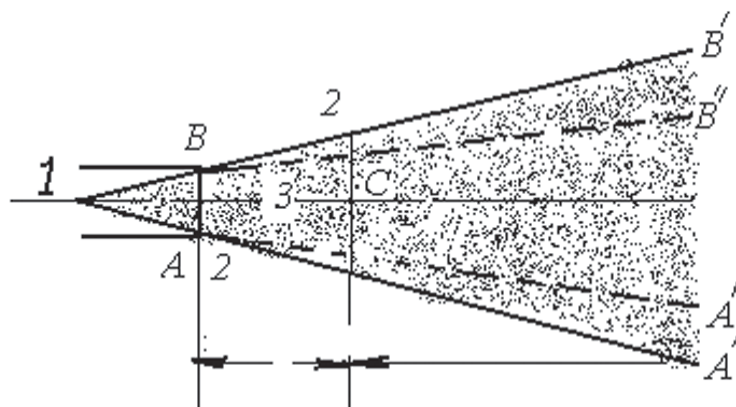
Еркін ағыстың мысалына, штректен үлкен қималы камераға құбырдан қазбаға айдалатын ауа ағыны, т.б. жатады. Көлденең қиманың кескініне қарай еркін ағыс дөңгелек және жазық болып бөлінеді. Оның еркін ағысы қатты бетпен жанасып, толық дами алмайды. Бұларды толық емес дейді. Шектелген ағыстың заңдылықтарын білу қазбадағы желдету жұмыстарын ұйымдастыруға (штрек, квершлаг, лава), ал еркін ағыс қозғалыстарының заңдылықтарын білу – камераны, тұйық қазбаны, кенжар маңы бөлігін және т.б. желдетілуін ұйымдастыру үшін қажет.

6.5. Турбуленттік еркін ағыстың сипаттамалары

Шахталық желдетуде еркін ағыс үлкен маңызға ие. Олар камераларда тұйық қазбада кенжар маңы кеңістігінде (айдама желдеткішпен желдетілетін) бекіткіш рамалар арасындағы кеңістікте кездеседі және ол шектелген ағыс заңдарына бағынады. Олардың қозғалысы (6.22) теңдеуімен анықталады. Мұнда да, молекулярлық және турбуленттік кернеу, сондай-ақ пульсациялық жылдамдықтың да әрекеті бар. Дегенмен, мұның қатты шекарасы болмағандықтан, бірқатар ерекшеліктері де болады. Еркін ағыстың сыртқы шекарамен қиылысу нүктесін ағу полюсі (6.9-сурет) деп атайды. Ауа ағысы алғашқы AB – қимасынан шығарында оның жиегінде ағудың жұлынуы болып, нәтижесінде ұлғайған турбуленттік шекаралық қабат пайда болады. AC және BC ішкі шекара арасында алғашқы қиманың созылыңқы (ұзынабойғы) жылдамдығына тең болатын өзектің тұ-

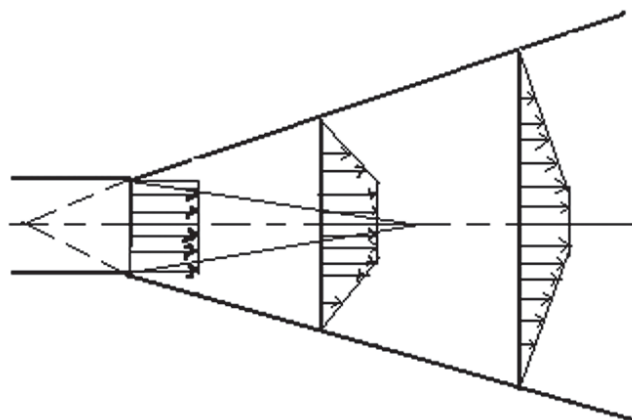
рақты жылдамдығы жатады. Ұзына бойғы жылдамдықтың ең үлкен мәні өзекте болады, ал ең азы нөлге дейін кетуі шекаралық қабатта жатады (6.10-сурет). Сондай-ақ жылдамдықтың абсолютті шамасы алғашқы қимадан ұзаған сайын кемиді.

Еркін ағыстың ең маңызды қасиеті, ол оның барлық көлемінде қысымының тұрақты болуы және оның еркін ағыстың сыртқы ауа қысымына тең болуы.



6.9-сурет. Турбуленттік еркін ағу сұлбасы:

1 – ағу полюсі; 2 – ағудың сыртқы шекарасы; 3 – ағудың тұрақты желдеткішінің өзегі



6.10-сурет. Турбуленттік еркін ағыс жылдамдығының эпюрасы

Еркін ағыстың өзегіндегі көлденең қимадан бір уақыт бірлігінде, алғашқы қимадан өткендегіге тең ауа мөлшерінің өтуін өзектің тұрақты массасы деп атайды (В. Н. Воронин зерттеу бойынша 6.9-суретке қараңыз).

Тұрақты масса өзегімен еркін ағыс шекарасы іргелес жатқан мас-самен толған, бұл ылғи тұрақты масса өзегінен тартыла отырып, осы бағытқа қозғала, еркін ағудың бөлінбейтін бөлігін құрайды. Араласып жатқан массаның көлемі қозғалыс бағытына қарай өсе береді. Аралас масса еркін ағумен ортаның масса алмасуында үлкен рөл атқарады. Себебі ол еркін ағыстың таралуындағы таза ауа өзегімен ластанған ауаның алмасуына аралық рөл атқарады. Бұл алмасу еркін ағыстың сыртқы шекарасындағы жылдамдық қимасының пульсациялық құраушысы бар болғанда орын алады С нүктесінен өтетін қиманы (6.9-суретке қараңыз) өтпелі деп атайды.

Еркін ағыстың алысты қамтитыны мына формуламен анықталады (В. Н. Воронин бойынша).

$$l_c = 0.5\sqrt{S_B}(1 + 0.5a) = 0.5b(1 + 0.5a), \quad (6.22)$$

мұнда, S_B – қазбаның көлденең қимасының ауданы; $a = 0.06 \div 0.08$ ағу структурасына байланысты коэффициент; b – ауа берілетін қазба бетінен (не желдеткіш құбырдан) қазбаның бүйір қабырғасына дейінгі еркін ағыс тарайтын ең үлкен қашықтық.

Ағудың шығатын саңылаудан x қашықтықта тұратын негізгі учаскенің кез келген қимасындағы ауа шығыны мына формуламен анықталады.

$$Q = 2.18Q_H(ax / R_{OT} + 0,29) \quad (6.23)$$

мұнда, Q_H – ағыстың алғашқы қимасындағы ауа шығыны;
 R_{OT} – шығар саңылаудың радиусы.

Ағыстың негізгі учаскесіндегі турбуленттік пульсациялық (6.23) формуласымен анықталатын ең үлкен қарқыны оның сыртқы шекарасынан ағудың 0,2-0,5 радиусына тең қашықтықта байқалады. Турбуленттіктің қарқыны ағын бойымен артады. Пульсацияның жиілігі болса, ағын бойымен кемиді. Ағыстың осьтік бөлігінде үлкен құйындату аймағы бар құйындар болады. Ағын қимасындағы араласу жолы тұрақты және ағыс полюсінің қашықтығына пропорционал болады. Ағыстың бұратылуы араласу жолын және оның араласқыш қабілетін едәуір арттырады.

6.6. Кедергі заңы

Кеніштік желдетуде кедергі заңы деп депрессия (h) мен ауа қозғалысының орташа жылдамдығының немесе депрессия (h) мен ауа шығынының (Q) арасындағы қатынасты түсінеді. Мұндай тәуелділіктің параболалық сипаты барын тәжірибелік жолмен дәлелдеген және оны келесі түрде өрнектейді:

$$h = R_1 u^n \text{ немесе } h = R_2 Q^n \quad (6.24)$$

мұнда, R_1, R_2 – пропорционалдық коэффициенті n қозғалыс режиміне тәуелді дәрежелік көрсеткіш (турбуленттік режимде $n = 2$; ламинарлы кезінде $n = 1$).

(6.39) өрнегін кедергінің бір мүшелік заңы дейді. Ауаның баяу қозғалысында n көрсеткіші кемиді, бұл қазбадағы ламинарлық ағынның шекаралық қабатының қалыңдауымен, сондай-ақ кеңістіктегі бекітпелер мен бүйір жыныстарының қалыңдығының өсуімен түсіндіріледі. Кеніш депрессиясын есептеуге біршама артығымен $n = 2$ мәнінде алады. Көмір дінгегінен, жыныс жарығынан, жынысты таспен және қышпен өрілген бекітпеден ауаның өтуі кезінде $n = 1$. Желдету ағынының есігін таспен тығыз байланыстырылмаған жерінен өтетін ауа ағынында, бункердегі көмірдің жұқа қабатында $n \approx 2$ (айрықша үлкен депрессия кезінде). Бірақта көбінесе сүзілу кезінде $1 < n < 2$ болады, бұл ламинарлы ағынның едәуір бар екендігінің дәлелі. Бұл жағдайда мына түрде көрсетілген екі мүшелі кедергі заңын қолдану қолайлы:

$$h = R'_1 Q + R'_2 Q^2 \quad (6.25)$$

мұнда, R'_1, R'_2 – тиісінше, ауа өткізгіштің сызықтық және квадраттық кедергісі.

6.7. Шахталық желдетіс ағындарының ұқсастығы

Шахта жағдайында әруақытта желдетіс ағынының динамикасын зерттеу мүмкін бола бермейді. Сондықтан аз еңбек жұмсап, экспе-

риментті дәлірек орындап, үдерістердің өту шарттарын кең көлемде өзгертуге мүмкіндік беретін зертханалық модельдеу әдісі қолданылады. Модельдеу кезінде нақты ақиқат нәтиже алу үшін ұқсастықтық шарттарын сақтау қажет.

Екі құбылыстың біреуінің сипаттамасын екіншісінің дәл осындай сәйкес сипатына кез келген бір масштабтағы коэффициенттерге көбейту жолымен алуға болатын болса, онда бұл екі құбылысты ұқсас деп атайды. Құбылыстың ұқсастығы геометриялық және механикалық ұқсастықтардың орындалуын қажет етеді.

Геометриялық ұқсастық деп нақты заттың l_n және модельдің l_m өлшемдерінің барлық сызықтық параметрлері қатынастарының тұрақтылығын айтады, яғни

$$l_n / l_m = const$$

Механикалық ұқсастық кинематикалық және динамикалық ұқсастықтан тұрады. Кинематикалық ұқсастық деп нақты заттың u_n және модельдің u_m тиісті жылдамдықтары (үдеулерінің), қатынасының тұрақтылығынан тұрады да, ол кинематикалық ұқсастықтың критерийі деп аталады яғни:

$$u_n / u_m = const$$

Динамикалық ұқсастық ол – нақты зат және модельдегі тиісті күштер қатынасының тұрақтылығы.

Кеніштік аэродинамикада ұқсастықтың төмендегі критерийлері қолданылады:

Инерция күші мен тұтқырлықтың қатынасын көрсететін Рейнольдс саны,

$$Re = uD/\nu \quad (6.41)$$

Инерция күші мен салмақ күшінің қатынасын көрсететін Фруд саны:

$$Fr = u^2/gD \quad (6.42)$$

Нақты зат және модельдің уақыт кесіндісіндегі қатынасын көрсететін Струхал саны,

$$Ho = uT/D \quad (6.43)$$

мұнда, T – уақыт кезеңі.

Соңғы уақытта аэродинамикалық кедергілерді модельдеуде Рейнольдс санын қолданбайтын болды. Оның орнына ауаның орташа қозғалыс жылдамдығын алады,

$$u_c = const \quad (6.44)$$

Бұл (6.44) шарты турбуленттік ағын қарқындарының теңдігін қамтамасыз етеді, ол оның негізгі сипаттамасын анықтайды.

Критерийлерді таңдап алған соң, нақты заттың пішінінің шарттары қарастырылып, оны модельдегі ұқсас шарттармен анықтайды. Ұқсастықтың сәйкес критерийлерінің нақты зат пішінімен модельдің бірдей болса қабылданады. Сонымен, егер критерий үшін Рейнольдс саны қабылданса, онда

$$Re_n = Re_m \quad (6.41)$$

өрнекті ескеріп, табамыз:

$$u_n D_n / \nu_n = u_m D_m / \nu_m \quad (6.45)$$

Егер модельдеу ауада жүргізілсе, онда $\nu_n = \nu_m$ болады, мұнан (6.45) өрнегінен аламыз:

$$u_m = u_n D_n / D_m \quad (6.46)$$

(6.46) өрнегінен шығады, Рейнольдс санымен модельдеу кезінде, моделдегі тиісті D_n / D_m масштабпен моделденетін ауа қозғалысының жылдамдығына арттыру қажеттілігі туады. Бұған барлық уақытта мүмкіндік бола бермейді.

Бұл жағдайда нақты өмірдегі пішінмен модельдегі Рейнольдс санының теңдеуінен бас тартуға (егер екі санда автотомельдік облыста жатса) немесе орташа жылдамдықпен модельдеуге көшуге немесе $v_n > v_m$ болатын сұйыққа моделдеу жүргізу қажет.

Модельдеудің жоғарыда келтірілген критерийімен ұқсастықтығы сақталғанда, тек моделденетін үдерістің класына ұқсастығын ғана қамтамасыз етеді. Модельденетін үдеріс бір-бірімен ұқсас болу үшін бастапқы шартты сақтау қажет (қарастырылатын құбылыстың басында шарттардың өту үдерісі) және қарастырылатын кластың барлық үдерісінен осы үдерісті бөліп көрсететін шекаралық шарттың болуы (қарастырылатын құбылыстың басындағы шарттың өту үдерісі) тиіс.

Біркелкі критерийді алу үшін бастапқы және шекаралық шарттарды математикалық түрде сипаттайды. Алынған өрнек арқылы біркелкі критерийлердің ұқсастығы анықталады (бастапқы және шекаралық шарттарда ұқсастық критерийі). Біркелкі критерийлердің ұқсастығына ауа құбырларының геометриялық ұқсастығы да жатады. Мысалы, қазбада анықталған ауа қозғалысы үшін қазбаға кірер және шығатын жердегі ауаның қысымы мен орташа қозғалыс жылдамдығы, қазбаның формасы, оның ұзындығы, гидравликалық диаметрі, кедір-бұдырлық еңісінің биіктігі шекаралық шарттарға жатады.

§ 7. Тау-кен қазбаларының аэродинамикалық кедергілері

7.1. Аэродинамикалық кедергілердің түрлері мен табиғаты

Ауада молекула тұтқырлық кернеуге жанаманы, қысым күшімен қалыпты кернеулікті пайда болуын тудыратын молекулаларлық ілінісу күші әсер етеді. Ауаның тұтқырлығы ауа өткізгіштің бетіне жабысуына жағдай жасап, қозғалыстағы ауа қабатының тежелуін тудырады. Нәтижесінде кедергінің бірінші құраушысы, ағынның шекарасына, салыстырмалы қозғалыста болатын ағындардың ішкі өзара қабат бетіне әсер ететін үйкеліс күші пайда болады. Ішкі үйкелістің болуынан ауаға сырттан берілетін энергия оны қозғалысқа келтіретін жылу түрінде сейіледі және ағынды қайтарымсыз жоғалтады.

Ауа қозғалысында оның жекелеген көлемі, жолындағы кездескен денеге орай соғыла отырып, оған қысым түсіреді. Бұл кезде денеде оған қарсы қысым жасайды. Осылай ауа көлемі тежеліп энергиясының бір бөлімін жоғалтады. Нәтижесінде, аэродинамикалық кедергінің қысым күші деп аталатын екінші құраушысы пайда болады. Соңғысын дене бетіне түсетін қысымды өлшеу жолымен табады (арнайы тесілген саңылау арқылы) және оның бүкіл бет үшін қосындысын табуға болады. Сонымен аэродинамикалық кедергі екі құраушыдан – үйкеліс күші мен қысым күшінен тұрады. Қазбаның аэродинамикалық кедергісі мен оның құраушыларының қатынасы қазбаның кедір-бұдырлығына, оның көлденең қимасы мен ұзындығына, ондағы бұрылыстардың болуына, тарылуға, қимадағы тосатын әртүрлі заттарға (вагонетка, механизм, бекітпе элементтері және т.б.) тәуелді.

Осындай факторларды есепке ала отырып, аэродинамикалық кедергінің үш түрін бөліп көрсетеді, олар: үйкеліс кедергісі, жергілікті кедергі және маңдайша кедергі.

7.2. Үйкеліс кедергісі

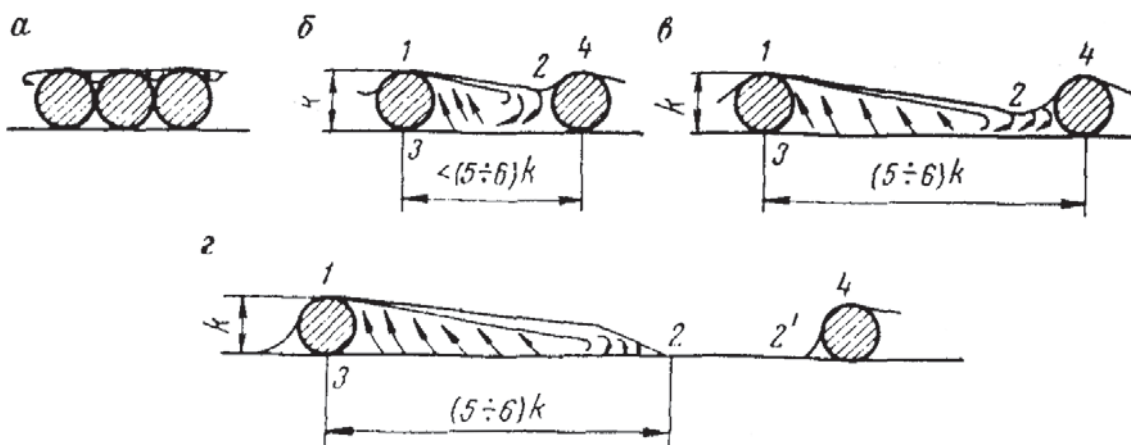
Үйкеліс күшінің әсер ету механизмі. Қазба бетінің кедір-бұдырлы (шероховатость) болуына байланысты, қозғалыстағы ауаға кедір-бұдырлық әсер етеді, нәтижесінде үйкеліс күші пайда болады. Кедір-бұдырлық қазбаның ұзына бойымен қиманың периметрінде тұтас орналасады, нәтижесінде үйкеліс күші мен қысым күші қазбаның барлық беті бойынша тарайды және барлық жерде де бірігіп әсер етеді.

Екі күште қосынды әсермен бағытталады, бұл шартты түрде *үйкеліс күші* деп аталады, ал оның әсерінен пайда болған кедергіні *үйкеліс кедергісі* деп атайды.

Қазбадағы ауа қозғалысына бекітпенің элементтері жиі кедергі келтіреді. Ауа ағыны бекітпе элементіне соғылып, сығылады (7.1-сурет), нәтижесінде, элементтің мандай бөлігі динамикалық қысымның әсерінде болады. Бекітпе элементінің ығында ауа ағынының үзілуінен құйынды қозғалыстан тұратын ауамен толған “өлі” аймақпен еркін ағын пайда болады.

Мұнан әрі, осы қашықтыққа тәуелді келесі бекіткіш элементіне дейін ағынның шектелген аймағы жатады немесе оның қысылу аймағы басталады (7.1-суретті қараңыз). Бекітпе элементтері тұтас орналасқанда тоқырау аймағы ең азы болады. Бекітпе элементтерінің өзара қашықтағы артқан сайын құйынды аймақтың көлемі мен ондағы энергия жоғалуы да артады. Сонымен бір мезгілде ауа ағынының әсерінде қалатын бекітпенің мандайша бөлігі артады. Шектелген ағын учаскесінің пайда болуымен құйынды аймақ ең үлкен мәнге көбейіп, ондағы энергия жоғалуы, сондай-ақ бекітпеге түсетін қысым күші максимумге жетеді.

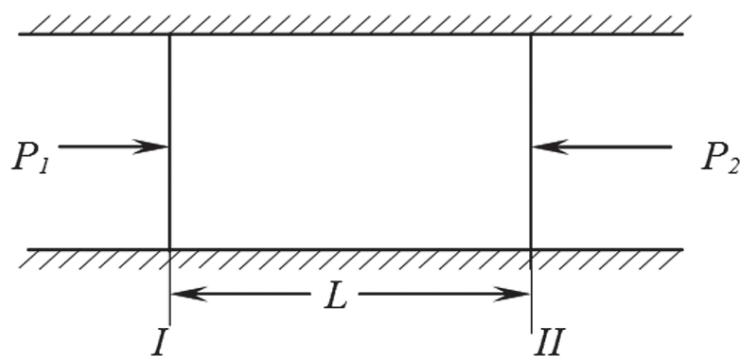
Бекітпе элементтерінің санымен бірге, олардың арасының мұнан әрі ұлғаюында, құйыны өрістеген аймақтың толық саны қазба бірлігіне шаққанда кемиді де, ал әр элементіне келетін кедергі тұрақты боп қалады.



7.1-сурет. Ауа ағынының бекітпе элементтерін орай өту сұлбасы: *a* – бекітпе элементінің тұтас орналасуы; *в, г* – бекітпе элементінің бір-бірінен әртүрлі қашықтықта орналасуы; 1-2 – еркін ағыстың тұрақты массасы бар өзегінің шекарасы; 2-2 – шектелген ағын аймағы; 1-2-3 – тоқыраудың құйынды аймағы; 2 (2) – ағынның қысу аймағы

Шектелген ағын учаскедегі қазба бетінің кедергісінің ұлғаюы осы кездегі бекітпе элементтерінің санының кемуінен болатын кедергіні теңестіре алмайды. Нәтижесінде, үйкеліс күшінің алғашқы ұлғаюынан (ұзындықтың бір өлшеміне келетін) біршама жоғарыға өсіп, сонан соң оның кемуі басталады. Тәжірибе ең үлкен кедергі, бекітпе элементтерінің өзара қашықтығы шамамен оның биіктігінен 5-6 есе қашықтықтағы аралықта болады.

Үйкеліс күшін анықтау. Қазбаның біркелкі қималы, ұзына бойы түзу сызықты, ауа қозғалысы болатын жағдайын қарастырайық. Қазбаның кез келген екі (7.1 *в*-суретте) I және II қимасы үшін, Бернулли теңдеуін (6.15) қолданайық.



7.2-сурет. Қазба бетіндегі жанама қысымдарды анықтау сұлбасы.

Қарастырылып отырған қимада $u_1=u_2$, $k_1=k_2$, $z_1=z_2$. Ауаның тығыздығы тұрақты болғанда ($\rho = const$) (6,15) теңдеуінен аламыз.

$$p_1 - p_2 = h = \int_I^{\text{II}} dh \quad (7.1)$$

мұнда, p_1, p_2 – I және II – қимаға тиесілі қысымдар.

$h = \int_I^{\text{II}} dh$ I және II қимасымен шектелген учаскедегі үйкеліс кедергісін жеңуге жоғалған энергияны мына түрде өрнектеуге болады,

$$dh = T dx \quad (7.2)$$

мұнда, x – ағынның ұзына бойғы қашықтығы; T – көлем бірлігіне келетін үйкеліс күші.

$$T = \tau P \cdot l/S \cdot l \quad (7.3)$$

мұнда, τ – қазба бетінің аудан бірлігіне келетін үйкеліс күші; P, S – қазбаның тиісті периметрі мен ауданы.

(7.1), (7.3) өрнегінен табамыз:

$$p_1 - p_2 = (P/S) \int_I^{\text{II}} \tau dx \quad (7.4)$$

Гидравлика курсынан белгілі:

$$\tau = \beta \rho u^2/2 \quad (7.5)$$

мұнда, ρ – ауаның тығыздығы; β – қазба бетінің бұдырлық дәрежесі ескерілген үйкелістің өлшемсіз коэффициенті:

$$\beta = \frac{h}{PL} : \frac{ru^2}{2S}$$

мұнда, h – үйкелісті жеңуге жұмсалған ауа көлемінің бірлігіне тиесілі энергия; L – қазбаның I және II қимасының өзара қашықтығы.

Қарастырылып отырған жағдайда ρ мен u тұрақты. Қазба бетінің ұзындығы бойынша кедір-бұдырлығын тұрақты ($\beta = const$) деп алайық. (7.5) өрнегін ескеріп (7.4) өрнегін интегралдап, үйкелістің депрессиясын анықтайтын формуланы аламыз:

$$h = p_1 - p_2 = (\beta/2) (\rho PL/S) u^2$$

$u = Q/S$ болғандықтан,

$$h = (\rho\beta/2) (PL/S^3) Q^2 \quad (7.6)$$

мұнда, Q – ауаның көлемдік шығыны. Сондай-ақ қарастырып отырған жағдайда ρ мен β – тұрақты болса, онда оның бірлесіп жасаған әрекеті, үйкеліс кедергісінің коэффициенті деп аталатын ($H \cdot c^2/m^4$) шамамен келесі формуламен анықтауға болады,

$$\alpha = \beta\rho/2 \quad (7.7)$$

$\rho = 1,2 \text{ кг/м}^3$ болғанда,

$$\alpha = 0,6 \beta \quad (7.8)$$

(7.7) өрнегін есепке алып (7.6) формуласын келесі түрде өрнектейміз,

$$h = \alpha (PL/S^3) Q^2 = RQ^2 \quad (7.9)$$

мұнда, $R = H \cdot c^2/m^8$, үйкелістің аэродинамикалық кедергісі,

$$R = \alpha PL/S^3 \quad (7.10)$$

(7.9) өрнегінен, h шамасы қазба көлденең қимасының формуласына тәуелділігі шығады, өйткені соңғысы $S = const$ болғанда көлденең қиманың периметрін анықтайды.

Үйкелістің меншікті кедергісі (яғни, қазбаның бірлік ұзындығына келетін кедергі),

$$R_y = \alpha P/S^3 \quad (7.11)$$

(7.10) формуладан қазбаның меншікті кедергісі оның ұзындығы $PL/S^3 = 1$ болғанда анықталатынын көруге болады.

Дөңгелек ауа құбырлары үшін,

$$R = 6.48 \alpha L / D^5 \quad (7.12)$$

мұнда, D – ауа құбырының диаметрі.

(7.9) және (7.10) формуласы түзу сызықты біркелкі қималы қазба үшін оның бетінің бұдырлығы, ауаның тығыздығы, орташа жылдамдығы өзгермейтін дамыған турбуленттік режимге де тура болады.

Сондықтан $\rho = var$ кезіндегі депрессияны ауаның айнымалы тығыздығы мен массаның сақталу заңына сәйкес, массасы тұрақты болатын қазбадағы тұтас ауа шығынымен есептеу, ал оның α коэффициентін (7.7) формуласына сай тығыздығымен өрнектеу қажет.

Өйткені, айнымалы тығыздықтағы қазбаның депрессиясын есептеу үшін (7.9) өрнегінен $Q = M/\rho$ деп аламыз, сонда:

$$h = (\beta/2 \rho_{cp}) (PL/S^3) M^2 \quad (7.13)$$

мұнда, P_{cp} – қазбадағы ауаның орташа тығыздығы; M – масса бойынша ауа шығыны, өйткені, кейбір жағдайларда масса бойынша ауа шығыны қазбаның ұзына бойына сіңіру процесімен газ бөлінуінен (мысалы, өрт кезінде) өзгертіндіктен, қазбаның депрессиясын ауа шығыны мен массасы бойынша біркелкі болатын учаскелер үшін (7.13) формуласы бойынша есептейді.

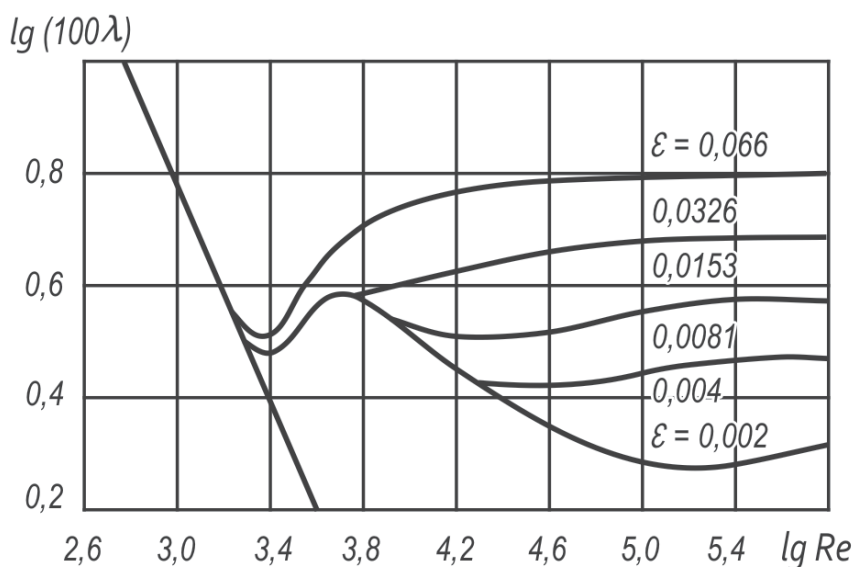
Үйкеліс кедергісінің коэффициенті. (7.10) өрнегінен үйкеліс кедергісінің коэффициенті арнайы зерттеуді қажет ететін жалғыз шама α коэффициенті екендігін көреміз. Мұны зерттеумен отандық және шетелдік ғалымдар ұзақ уақыт бойы шұғылданған. α -ның шамасы ағынның Рейнольдс саны (Re) мен қазба бетінің кедір-бұдырлығына байланыстылығы анықталған.

Re саны бойынша α коэффициентінің өзгеруін, Re саны бойынша (7.3-сурет) өлшемсіз үйкеліс коэффициентінің өзгерісімен сипаттау-

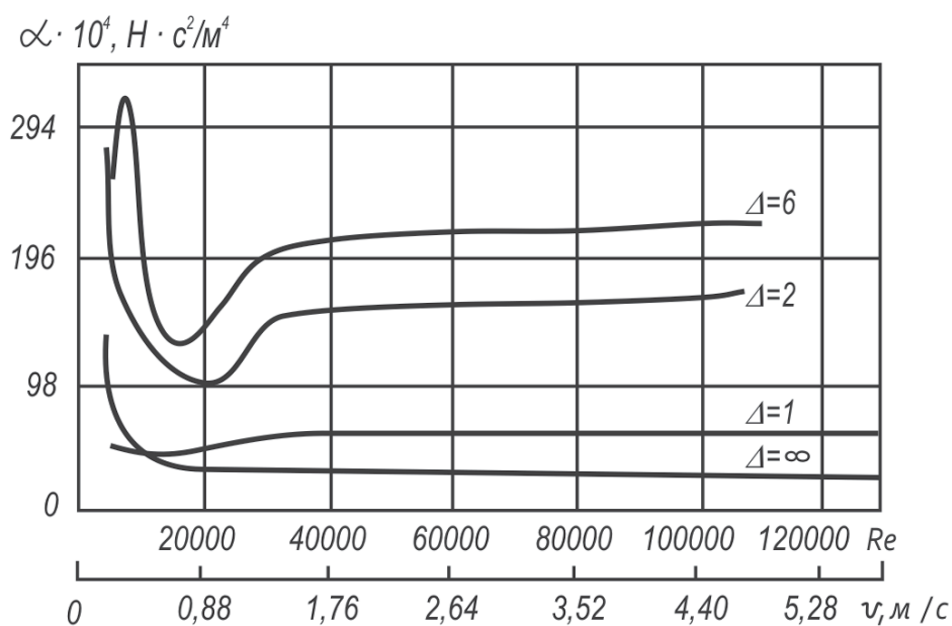
ға болады. Re санының өсуі кезінде (ағын жылдамдығы) алғашында λ коэффициенті гипербола бойынша кеміп (Гагено-Пуазейля заңы), қазбаның бұдырлық дәрежесіне байланыссыз болады. Гагено – Пуазейля заңы ламинарлық қозғалысқа дұрыс келеді. Турбуленттік ағынның өсуіне орай Re санының өсуімен α коэффициенті кемиді, алғашқыда тежеледі, сонан соң ол өсе бастайды. Соңғысы ағынның шекаралық ламинарлы қабатының қалыңдығының кемуімен оның турбуленттік өзегіне кедір-бұдырлықтың енуімен түсіндіріледі. М. М. Ольвовскийдің мәліметі бойынша Re санының белгілі мәнінен бастап, α шамасы шамамен тұрақты боп қалады (7.4-сурет).

Мұндай тұрақтылық α коэффициентінің Re санына карағандағы автотомодельдігі деп аталады. Ол дамыған турбуленттік режим жағдайында, яғни Re санының ең үлкен мәнінде пайда болады. Қазба үшін автотомодельдік $Re > (0,5 \div 1) \cdot 10^5$ болғанда басталады, бұл гидравликалық диаметр 2,5 метрде $u \geq 0,3$ м/см сәйкестенеді. Бұл шарт белсенді желдетіс ағынды көптеген қазбаларға тән.

Сондықтан тәжірибелік есептеулерде α коэффициенті Re санына тәуелсіз деп қабылдау қалыптасқан. Дегенмен, ауаның жымдамдығы тым төмен болса α -ның (Re) тәуелділігі елеулі болуы мүмкін.



7.3-сурет. Онша үлкен емес біркелкі кедір-бұдырлы құбыр үшін үйкеліс коэффициентінің λ Рейнольдс санына тәуелділігінің графигі: ε – бұдыр еңісі биіктігінің құбырдың радиуысына қатынасы.



7.4-сурет. Жұмыр бөренеден жасалған толық емес бекітпелі рамамен бекітілген штрек үшін α коэффициентінің Рейнольдс санына тәуелділігінің графигі: (Δ – бекітпенің ұзына бойлы калибрі)

Қазба бетінің кедір-бұдырлық дәрежесі келесі формуламен сипатталатын оның салыстырмалы кедір-бұдырлығымен анықталады,

$$\varepsilon = k/D \quad (7.14)$$

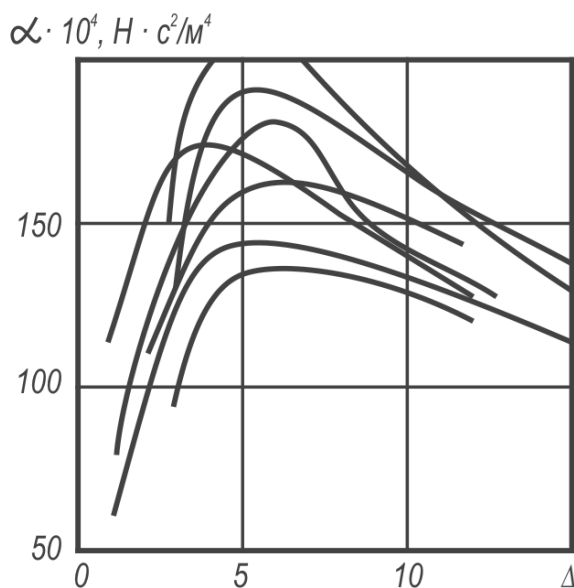
мұнда, k – кедір-бұдырлықтың биіктігі; D – қазбаның гидравликалық диаметрі. Re санының артуы кезінде α коэффициентінің ұлғаюы, α мәні неғұрлым тез үлкейсе, басталуы тез жүреді. Салыстырмалы бұдырлығы көп ауа өткізгіште автомобильдік бұрын басталады (бұл айрықша қазбаға қатысты). Сондай-ақ, қазбаның диаметріне ε мәні байланысты болғандықтан, α коэффициенті оның көлденең қимасының ауданына байланысты.

Қазбаның көлденең қимасының әсері, оның бетінің салыстырмалы кедір-бұдырлығының өзгеруіне әкеледі. Шахтадағы бар қазбаның көлденең қималы аудандары үшін α коэффициенті 1,5 есеге дейін өзгереді. Қазбаның кедір бұдырлығы ұзына бойғы кезек-кезек келетін бекітпе элементтері бойынша жасалатындықтан, бұл элементтердің орналасуының (7.5-сурет) ұзына бойғы тығыздығы α

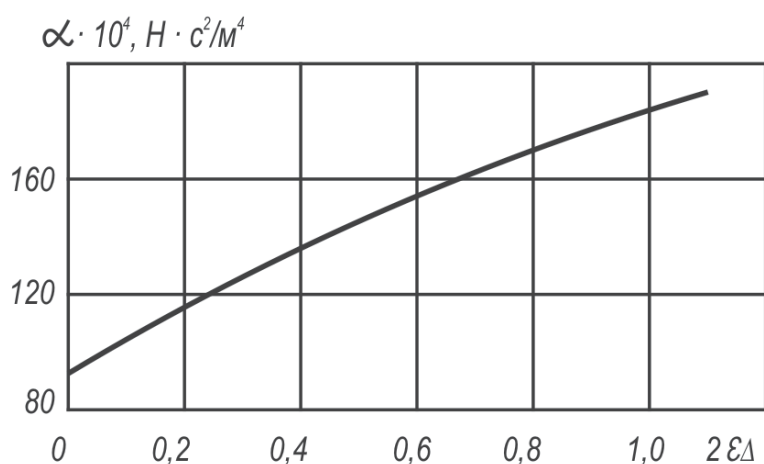
коэффициентіне айрықша әсері бар деп күтуге болады, бұл бекітпенің ұзына бойғы калибрі деп аталып мына формуламен анықталады,

$$\Delta = l/k_{uu} \quad (7.15)$$

мұнда, l – бекітпенің көрші элементтері остерінің өзара арақашықтығы.



7.5-сурет. Әртүрлі штректер үшін α коэффициентінің бекітпенің ұзына бойғы калибріне Δ тәуелділік графигі.



7.6-сурет. α коэффициентінің $2\epsilon\Delta$ кешенді параметріне тәуелділігінің графигі: (ϵ – қазба қабырғасы бетінің салыстырмалы кедір-бұдырлығы; Δ - бекітпенің ұзына бойғы калибрі).

ε мен Δ -ның α коэффициентіне жиынтық әсері 7.6-суретте көрсетілген.

α коэффициенті сондай-ақ ауа тығыздығына да тәуелді екенін (7.7) өрнегінен көруге (мысалы, терең шахталарда өрт кезінде және т.б.) болады.

α мәнін зертханалық немесе нақты, табиғи (натурных) өлшеумен табуға болады. Бұл үшін ауа шығыны, жұмыс учаскесінің депрессиясы, участоктың ұзындығы, қазбаның көлденең қимасының ауданы мен периметрі өлшенеді. Сонан соң (7.9) формуласы бойынша α коэффициентін табады. α -ның эксперименттік мәні табиғилық мәнінен аз болады. Бұл қазба бетінің бұдырлық дәрежесінің үлкендігі, (модельмен салыстырғанда) қазба бекітпе элементінің орнына қалыптан тыс ауытқуы, жергілікті сығылу, қазбаның қисаюы мен кеңеюі, оның жыныстар мен құралдар арқылы бөгелуі, қазбаның тозу себептерімен (уақыт оза қиманың кішіреюі, бекітпе түрінің өзгеруі, т.б) түсіндіріледі. Бұл себептер М. А. Петрушев және В. А. Емельяновтың (ДонУГИ) зерттеулері бойынша ағаш және металл бекітпелермен бекітілген қазбаларда α коэффициентін 26 және 30%-ға жоғарылатады. α коэффициенті формуламен де анықталады. Сондай-ақ рамалық бекітпелі қазба үшін В. Н. Воронин α ($H \cdot c^2/m^4$) мәнін төмендегі формула бойынша анықтауды ұсынады:

$$\alpha = \frac{1}{\left[a + blg \frac{1}{z \varepsilon m_1 m_2 \Delta} \right]^2} \quad (7.16)$$

$$\alpha = 0,035(1 - \eta)/\eta \quad (7.17)$$

мұнда, a және b – эмпирикалық коэффициенттер; m_1 – бекітпенің ұзына бойғы калибры мен еркін ағудың таралу бұрышының функциясы m_2 қазбаның жарықта бекітілген бөлігінің периметрімен барлық қазбаның периметріне қатынасы. η – ауа ағынын орташа жылдамдығының ең үлкен мәніне қатынасы.

Бекітілмеген қазбада α мәні бүйір жынысының түріне тәуелді. Сондай-ақ қазбаның жағдайына қарай, салыстырмалы қабаттасуымен өзгерісі – $(5 \div 10) 10^{-3}$ шегінде, үлкен диаметрлі желдетіс ұң-

ғымаларда – $(2 \div 8) 10^{-3}$, бетон және қышпен бекітілген штректе – $(3 \div 7) 10^{-3}$, дөңгелек бөрелелі бекітпе рамалармен, арнайы арналып жасалған металл аркалар мен темірбетонды бекітпелермен, тьюбингімен бекітіленген штректерде тиісінше, $(9 \div 23) 10^{-3}$, $(5 \div 23) 10^{-3}$, $(7 \div 13) 10^{-3} \text{ Н} \cdot \text{с}^2/\text{м}^4$ болады.

Науалы (конвейерлі) қазбада α мәні 2-2,5 есе өседі. Жеке бекітпемен бекітілген немесе кешенді жабдықталған лавада α -ның мәні тиісінше $(10 \div 260) 10^{-3}$ және $(45 \div 120) 10^{-3} \text{ Н} \cdot \text{с}^2/\text{м}^4$ шегінде өзгереді.

Қазбадағы кедір-бұдырлық дәрежесін азайтатын шаралар α коэффициентінің кемуіне жағдай жасайды. Неғұрлым нәтиже беретін шараларға:

- бекітілмеген қазба үшін – бетті торкретирлеу, оны рифтелген темірмен жабу, пластмасса жабынын қолдану (α мәні 2-4 есе кемиді);

- бетон және қышпен бекітілген бекітпелер үшін – бетін мұқият сылақтау (α мәні 2 есе кемиді);

- рамалық бекітпелері бар қазба үшін – бекітпені тақтаймен жабу, рамалар арасын ағашпен жабу немесе бетонды плита салу, рамалар арасындағы қуысты ағаш кесіндісімен толтыру, бекітпенің ұзына бойғы калибрінің өзгерту, балка қуыстарын толтыру.

Қазбаны көлденең қимасына өсу кезінде α -ның мәні қазба бетінің салыстырмалы бұдырлығының азаюынан кемиді.

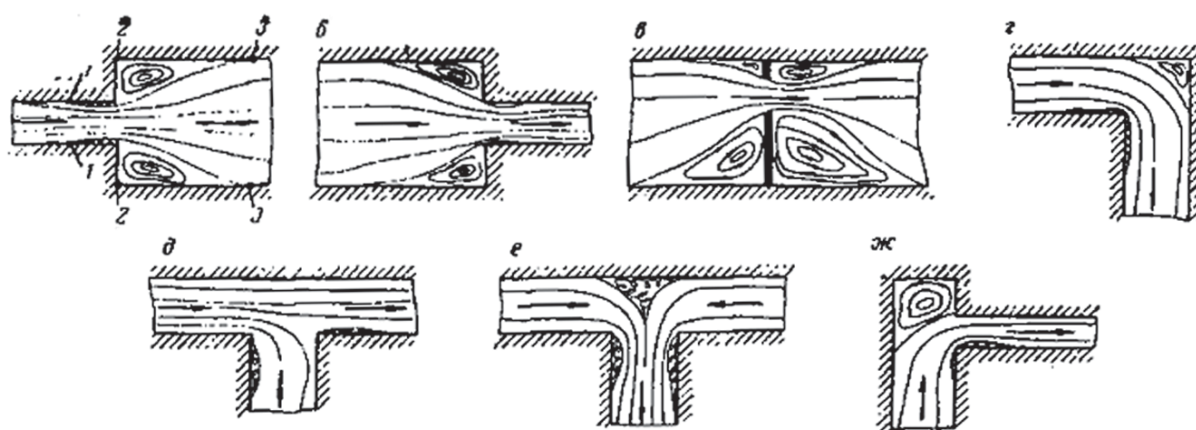
7.3. Жергілікті кедергілер

Жергілікті кедергіге ағынның формасының кенеттен өзгеруі (жергілікті), және сыртқы шекара бағытының ауысуы (шұғыл кеңею, тарылу мен бұрылу, желдетіс терезесі, қазбаның тарамдалу орны, кроссингілер, желдетіс арналары т.б.) жатады (7.7-суретте).

Кедергі күшінің механизмінің әсері, жергілікті кедергіге ауаның инерция күшінің әсерінен ағынның қатты шекарадан үзілуі мен еркін ағыншаның пайда болуы тән. Нәтижесінде, ағынның еркін шекарасымен қазба бетінің арасы өлі немесе тоқырау деп аталатын (7.7-сурет, 1 – 2 – 3 – 1 аймағы) аймақ айналмалы қозғалыста болатын ауа массасымен толығады.

Мұндай аймақтың айналу қозғалысының энергиясы ішкі үйкелісінің көмегімен майда иірімдерге құйындарға беріліп, ең соңында жылуға айналып сейіледі. Бұл кезде 1-3 шекарасы арқылы турбуленттік алмасу нәтижесінде негізгі ағыннан жоғарғы энергиясы бар ауа көлемі өлі аймақтан аз энергиялы ауа көлемімен қосылады.

Осының салдарынан осы шектелген учаскеде ағынның тұрақты энергия шығыны болып, оның көлемі қазбаның шектелген учаскедегі әдеттегі бөлінетін энергиясынан едәуір көп болады.



7.7-сурет. Қазбадағы жергілікті кедергілердің сұлбасы:

а – кенеттен ұлғаю; б – кенеттен тарылу; в – желдету терезесі; г – айналма; д – ағынның тарамдануы; е – ағынның қосылуы; ж – айналумен бір мезгілде тарылу (мысалы желдету арнасының оқпанмен түйісуі)

3-3 қимасында ағын қазбаның бетіне жетеді. Мұнда ағын жылдамдығы азаяды да, тоқырау аймағы жоғалады. Дегенмен, бұл аймақтан шыққан иірімдер бірталай қашықтыққа дейін тарап, осынысымен жергілікті кедергіні ұлғайтады. Қазбаның кенеттен ұлғаюынан болатын қысымның (Па) қосымша кемуі Бордо – Карно формуласымен анықталады:

$$h = (\rho/2 (u_1 - u_2)^2) \quad (7.18)$$

мұнда, ρ – кг/м³ ауа тығыздығы, u_1, u_2 – м/сек сәйкес тар және кең қимадағы ауа қозғалысының жылдамдығы. Осыған ұқсас, ағыны шұғыл кеңеюін қатты дененің серпілуі емес соққы құбылысымен салыстырылады. Бұл екі құбылыстың сыртқы ұқсастығы ағынның

шұғыл ұлғаюын соққы деп атауға негіз болды. Ағынның ұлғаюы мен ағынның үзілуі жергілікті кедергінің барлық түріне қатысы бар. Жергілікті кедергі нысандарының қосынды кедергі күші, олардың салыстырмалы орналасуымен өзара қашықтығына тәуелді.

Жергілікті кедергі нысандарының өзара қашықтығы ағынның деформация дәрежесімен келесі кедергіге кіруіндегі оның шекаралық қабатын қалпына келуін анықтайды. Деформацияланған жылдамдық өрісінің толық қалпына келуі жергілікті кедергіден кризистік қашықтықта жүреді. Егер екі кедергінің өзара қашықтығы кризистік қашықтықтан кіші болса, онда екіншісінің біреуі табылған орында, құйындау қарқыны мен кедергі шамасы аз болады.

Жергілікті кедергі нысандарының белгілі бір өзара орналасуы қосымша құйын жасап оның көрінуі, кедергісінің артуы мүмкін. (Мысалы, әртүрлі жазықтықтағы екі иіннің қосынды кедергісі бір жазықтықтағы қос иіннің кедергісінен көп болады).

Жергілікті кедергіні есептеу.

Жергілікті кедергінің депрессиясын есептеуді анықтаушы күштің тепе-теңдігі (7.8) формуласынан шығарып алуға болар еді. Бірақ оны қолдану ауа қозғалысын нақты ең үлкен жылдамдығын анықтау қажеттілігінен қиындайды. Бұл мақсат үшін тәжірибемен табылған формуланы пайдаланады. Мұның мәні жергілікті кедергінің депрессиясы ағын энергиясының бөлігі болатындығында. Яғни:

$$h = \xi \rho u^2 / 2 \quad (7.19)$$

мұнда, ξ – жергілікті кедергі коэффициенті.

Ауа жылдамдығын оның шығынымен өрнектеп табамыз.

$$h = \xi (\rho / 2 S^2) Q^2 = R Q^2 \quad (7.20)$$

мұнда, S – қазбаны көлденең қимасының ауданы, м²; Q – ауа шығыны, м³/сек; R – Нс²/м⁸ қазба учаскесінің жергілікті кедергісімен қоса алғандағы аэродинамикалық кедергісі, ол келесі формуламен аныталды:

$$R = \xi \rho / 2 S^2 \quad (7.21)$$

(7.19) өрнегінен қазбаның жалпы депрессиясындағы жергілікті кедергінің депрессиясы ауа жылдамдығы үлкен болған сайын арта түсетіні байқалады. Ауа жылдамдығының ең үлкен жерде (желдеткіш арналарында, оқпан сағасы маңында т.б.) жергілікті кедергінің депрессиясы бірнеше жүздеген паскальға жетуі мүмкін. Жергілікті кедергілерден тұратын күрделі қатардың (желдеткіштер арнасы, кроссинги және басқалар) жалпы депрессия қатардағы жергілікті кедергілердің депрессиясымен (17.9) формуласымен анықталатын үйкеліс депрессиясының қосындысына тең.

Желдетіс терезесіндегі қысымның (Па) жоғалуын анықтау үшін А. А. Харев келесі формуланы ұсынады:

$$h_{ок} = 1,77Q^2 \left(\frac{1}{S_{ок}} - \frac{1}{S} \right)^2 \quad (7.22)$$

мұнда, Q – терезеден өтетін ауа шығыны, м³/сек; $S_{ок}$ – терезе ауданы, м²; S – қазбаның терезе орнатылған жердегі көлденең қимасының ауданы, м². (7.22) формуласы $S_{ок}/S$ кез келген мәніне тура келеді.

Жергілікті кедергі коэффициентін анықтау. Әдетте жергілікті кедергі коэффициенті ξ эксперименттік жолмен анықталады. Ол үшін жергілікті кедергі учаскесінің депрессиясын, жергілікті кедергіге дейінгі және онан кейінгі ауа қозғалысы жылдамдығын және ауаның тығыздығын анықтайды. Сонан соң (7.19) формуласы бойынша ξ мәнін есептейді. Табылған ξ мәні осыған есептелген жылдамдықпен үйлесуі керек. ξ мәні жергілікті кедергінің түрі мен қазбаның бұдырлық дәрежесіне тәуелді. Қазба жағдайында ξ мәні Re санына тәуелсіз. Дегенмен, жалпы жағдайда $\xi (Re)$ тәуелділігі $\alpha (Re)$ тәуелділігіне ұқсас. ξ коэффициентіне ағынның қатты шекарасындағы жеке элементтердің салыстырмалы көлемі мен формасы әсер етеді. Сондай-ақ, ауа ағынының шұғыл ұлғаюында ξ коэффициенті қазбаның өзгеріс болғанға дейінгі және онан кейінгі көлденең қимасының қатынасы үлкен болған сайын үлкен болады. Егер қиманың біріншісінен екіншісіне өтуі неғұрлым біркелкі болса, онда ξ коэффициенті азаяды. Ағынның бұрылу бұрышы үлкен болған сайын, ξ мәні артады, ал бұрыш жиегі доғалданған сайын

кемиді. ξ мәні ауа қозғалысына қарсы орналасқан қуыспен тік бұрыш жасағанда айтарлықтай ұлғаяды.

Тоқырау аймағындағы құйын жасалудың қарқыны мен ондағы энергия диссипациясының қарқыны қазба бетінің бұдырлық дәрежесіне тәуелді. Бұдырлық коэффициенті үлкен болған сайын, ξ коэффициенті де үлкен болады. Кенеттен ұлғаю мен тарылуы үшін,

$$\xi = \xi_r (1 + a_1 \alpha)$$

мұнда, ξ_r – қазбаның жылтыр (тегіс) беті үшін жергілікті кедергі коэффициенті; a_1 – эмпирикалық коэффициент.

Бұрылыстар үшін,

$$\xi = (\xi_r + a_2 \alpha) (b/c + dH)$$

мұнда, a_2 , c , d – эмпирикалық коэффициенттер; b – қазбаның ені, м; H – қазбаның биіктігі, м.

Жылтыр (тегіс) қазбаның шұғыл кеңеюі кезінде көлденең қимасы аудандарының қатынасы 1-ден 0 дейін өзгергенде ξ – коэффициенті 0-ден 1-ге дейін өзгереді.

Жылтыр қазбадағы шұғыл тарылу кезінде, көлденең қималардың қатынасы 1-ден 0,1-ге өзгергенде ξ коэффициенті 0-ден 0,45-ке дейін өзгеріп отырады.

Жылтыр (тегіс) қазба бұрылысының жергілікті кедергі коэффициенті келесі формуламен де анықталуы мүмкін,

$$\xi = 0,57\delta^2$$

мұнда, δ – бұрылыс бұрышы градус.

Бір мезгілде тарылатын оқпаннан желдеткіш арнасына ағудың бұрылу жағдайы үшін $\xi = 0,67 \div 1,6$. Кроссинг үшін, оның түрі мен өлшеміне қарай $\xi = 0,15 \div 2,6$.

Жергілікті кедергіні азайту шаралары. Қазбадағы жергілікті кедергіде энергияның қосымша жоғалтудың басты көзі құйынды аймақ болатындықтан, жергілікті кедергіні азайтудың негізгі шарасы құйынды аймақ ең аз болатын форма беруге тырысады. Бұл қазбаның

бір қимасынан келесісіне біркелкі өтумен, біркелкі бұрылумен, қазба мен құбыр өткізгішке кіретін ауа орнын доғалдандырумен, бұрылыстарға бағыттаушы қалақ қою және жергілікті кедергі учаскесінің ұзындығын кеміту жолымен қол жеткізеді. Қазбаны кеңейту кезінде энергияның ең аз жоғалуы ағыншаның ашылу бұрышы $5-8^\circ$ болғанда, ал тарылу бұрышы $\leq 5^\circ$ болғанда сәйкес келеді.

Радиусы $0,1 \cdot D$ (мұнда, D – құбырдың диаметрі) болатын құбыр өткізгішке кірер жердің жиегін доғалдандыру жергілікті кедергі коэффициентін 10 есе кемітеді. Радиусы $0,5 \cdot b$ (b – қазба ені) болатын бұрылыстың бұрышының тек ішкі жиегін доғалдаудың өзінде ξ екі есеге дерлік кемітуге мүмкіндік береді. Сонымен бірге жергілікті кедергіні кемітуге қазба бетінің бұдырлық дәрежесін азайту септігін тигізеді. Қазба қимасы артқанда жергілікті кедергінің депрессиясы ауа қозғалысының жылдамдығы төмендеуі кезінде азаяды. Екі жергілікті кедергінің өзара әсерінде кедергіні азайту шараларын оның бірінің кедергісін кеміту бағытымен (қозғалыс бағыты) жүргізу қажет.

7.4. Маңдайша кедергілер

Ағын ішіндегі дененің ағынның қозғалысына қарсылығын маңдайша кедергі дейді. Қазбадағы дененің маңдайша кедергісі деп ағынның көлденең өлшемі қазба кедір-бұдырлығының өлшемінен едәуір үлкен болуын айтады (шахта оқпанының арқауланған кедергісі, вагонеткалар, қазбаға көлденең тұрған тіреуіштер және т.б.).

Алайда, есептеуге ыңғайлы болу үшін кейбір маңдайша кедергіні шартты түрде үйкеліс кедергісіне жатқызады (арқауланған ұңғы кедергісі мен кенжардағы бекітпенің жеке бағаны). Белгілі дәрежеде маңдайша кедергі шартты ұғым. Мысалы, қазба қабырғасының кедір-бұдырлығы маңдайша кедергі туғызады. Бірақ ол кедергіні үйкеліс кедергісіне жатқызады.

Кедергі күшінің әсер ету механизмі. Желдету ағынының денені айналып өткендегі кедергі күшінің әсерін цилиндрді орай өту мысалымен қарастырайық.

Ауа бөлшегінің энергия күшінен тұтқырлығы басым болғандықтан, орай өтетін дененің бүкіл бетіндегі ауаның ламинарлы қозғалысында ауа ағыншасы үзіліссіз болады (7.7-сурет). Ал, турбуленттік қозғалыста цилиндр бетіндегі тежелу күшейеді (үйкеліс күші ауа қозғалысы жылдамдығының квадратына пропорционал болады) бұл қозғалыс бағытындағы қысымның артуын туғызады. Артып бара жақтан қысымның инерция күші үйкелістен едәуір әлсіреген қандай да бір А нүктесінде ағынды аударуға ұмтылады (7.6-суретті қараңыз) А нүктесі негізгі ағынның үзілу нүктесіне айналады. Мұны артынан дене бетінің бойымен, АВВ'А' құйындату аймағын жасайтын жергілікті кедергі сияқты сейілетін энергиялы қарсы ағын қозғалады. Бұл кезде, шекаралық қабатта ламинарлы қозғалыс әлі де сақталады. Мұнан былайғы Re санының өсуінде шекаралық қабаттағы қозғалыс турбуленттікке өзгереді. Шекаралық қабаттың турбуленттенуі ағын үзінін кейіндетеді, осының салдарынан ағынның үзілу нүктесі ағыс бойынша төменге орын ауыстырады. Нәтижесінде құйынды аймақ тарылады, ол энергия жоғалту мен дене кедергісінің азаюына алып келеді. (Бұл құбылысты 1912 жылы Г. Эйфель ашты). Дұрыс емес формалы дененің ағын орай өтетін формалы денеге қарағанда, ағынның үзілуі ертерек жүреді, осының салдарынан құйынды аймақ артады да, дененің кедергісі өседі. Сонымен, маңдайша кедергі, белгілі бір шартпен енетін құйынды аймақ кедергісіне, қысым кедергісіне (форма кедергісі) және ауаның дене бетіндегі үйкелісі кедергісіне жіктеледі. Сондай-ақ дененің формасына тәуелділігін атаған жөн. Дұрыс емес формалы денеде, форма кедергісі басымдау да ағынды формалы денеде бұл екі кедергі шамалас.

Маңдайша кедергіні есептеу. Денені турбуленттік ағынмен орап ағатын (H) кедергі күшін, дене жанындағы жылдамдығы үдетілген ауа қысымы арқылы өрнектейік, яғни:

$$F = k_n (\rho u^2 / 2) S_m$$

мұнда, k_n – маңдайша кедергі коэффициенті; ρ – ауаның тығыздығы, кг/м³; u – қазбадағы дене маңында ауаның орташа жылдамдығы, м/с; S_m – дененің миделдік қимасы, яғни қозғалыс бағытына перпендикуляр болатын жазықтықтағы, маңдайша кедергі келтіретін дене проекциясының ауданы.

Маңдайша кедергісі бар қазбадан l ұзындықтағы учаскені бөліп алайық (7.8 з-сурет). Ағынның I – I қимасының сол жақ бөлігін II – II қимасының он жақ бөлігін қиып алып тастайық, оны $\rho_1 S$ және $\rho_2 S$ қысым күші әсерімен алмастырайық. (S – қазбаның көлденең қимасы). Тұрақты қозғалыс жағдайында учаскедегі барлық күш теңгеріледі. Егер учаскедегі үйкеліс күші шартты түрде нөлге тең деп алсақ онда:

$$p_1 S = p_2 S + F$$

бұдан,

$$p_1 - p_2 = F/S$$

аламыз. Сондай-ақ, үйкеліс күші болмағанда учаскедегі энергия жоғалтудың жалғыз көзі маңдайша кедергісі ғана болады, олай болса маңдайша кедергісінің депрессиясы $p_1 - p_2$, яғни:

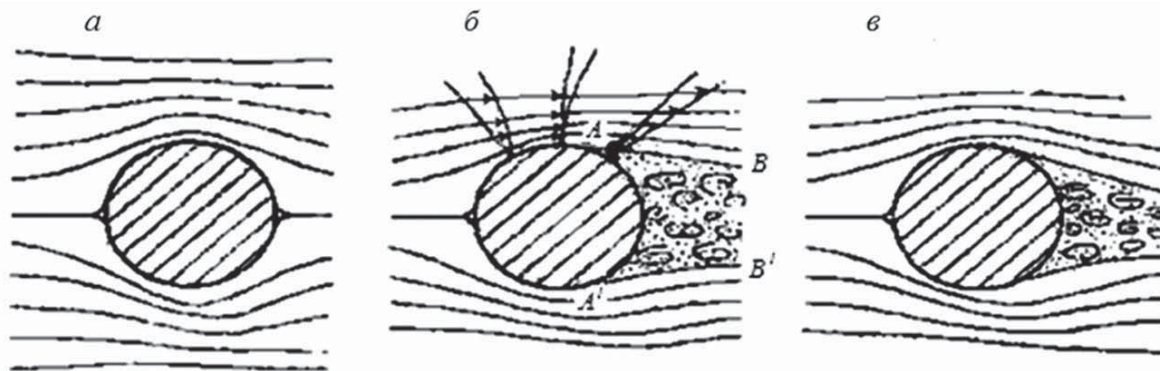
$$h = k_n (\rho u^2 / 2) (S_m / S) \quad (7.23)$$

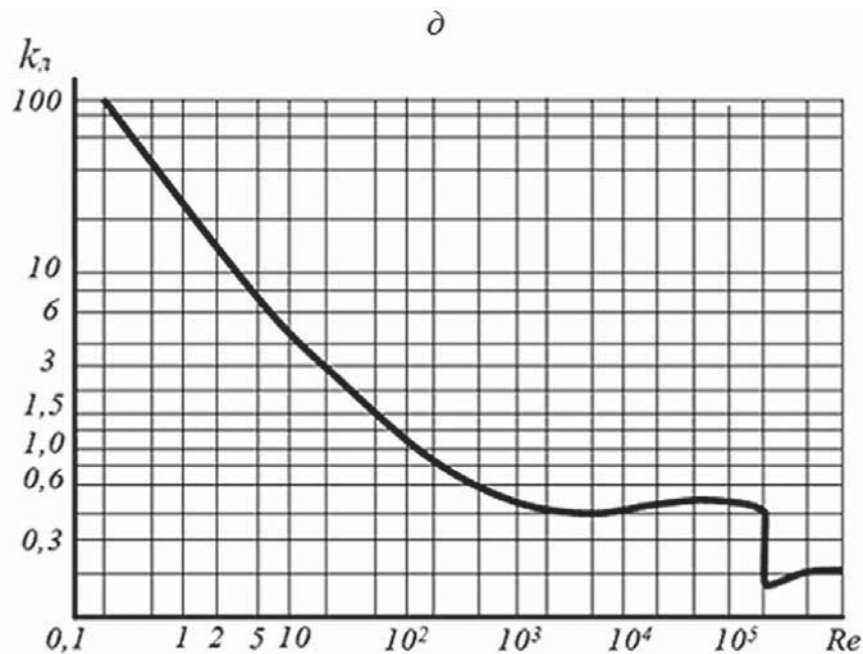
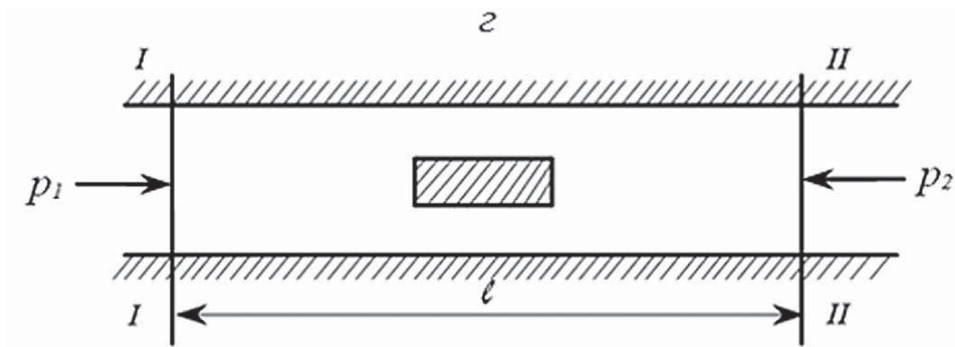
Ауа қозғалысының жылдамдығын Q шығыны арқылы өрнектесек, онда:

$$h = k_n (\rho / 2) [S_m / (S - S_m)^2] Q^2 = RQ^2 \quad (7.24)$$

$$R = k_n (\rho / 2) [S_m / (S - S_m)^2] \quad (7.25)$$

мұнда, R – нысанның аэродинамикалық маңдайша кедергісі, $\text{Н} \cdot \text{с}^2 / \text{м}^8$.





7.8-сурет. Ауа ағысының цилиндрді орай ағып өту сұлбасы: *а* – ауа бөлшектерінің инерция күшімен тұтқырлық күшінің басымдығынан ауа ағынының үзіліссіз ламинарлы қозғалыста болуы; *б* – ауаның үзілмелі турбуленттік қозғалысы және *АВВ'А'* құйынды аймағының пайда болуы; *в* – тарылған құйынды аймақпен ауа турбулентті қозғалысы; *г* – маңдайша кедергіні анықтау сұлбасы; *д* – маңдайша кедергі коэффициентінің (k_{λ}) Рейнольдс санына (Re) тәуелділігінің графигі.

Маңдайша кедергі коэффициенті (k_{λ}), Рейнольдс санына (7.8 д-сурет), дене бетінің кедір-бұдырлық дәрежесіне және формасына тәуелді. $Re = 4 \cdot 10^5$ кезіндегі k_{λ} мәнінің шұғыл төмендеуі дене маңындағы шекаралық қабаттың ламинарлы қозғалыстан турбулентті қозғалысқа ауысуына сай келеді. Re санының мұнан әрі ұлғаю кезінде k_{λ} коэффициенті тұрақты мәнге ие болады, бұл шахталық жағдайда ғана орын алады. k_{λ} коэффициенті көрші дененің әсерімен

түбірлі өзгеруі мүмкін (айрықша оның ағынның ұзына бойына орналасқанда). Мысалы, екі жанасқан цилиндрдің маңдайша кедергісі бір цилиндр кедергісінің 47%-ын құрайды. Бұл жағдайда екінші цилиндр толығынан бірінші цилиндрдің құйынды аймағында қалады, ал бұл аймақта ағу үзілуінен болатын сиреу, ағынның ұзына бойына кемиді де, екінші цилиндрге ағынға қарсы бағыттағы күш әсер етеді, осының салдарынан k_{λ} коэффициенті кемиді. Цилиндрдің өзара қашықтығын ұлғайту, маңдайша кедергісі коэффициентінің k_{λ} көбеюін тудырады. Цилиндрдің өзара әсері, цилиндр аралығы $> 100D$ болғанда (D – цилиндрдің диаметрі) тоқтайды. Маңдайша кедергі коэффициентінің денеге қоршай ағуын туғызатын ыңғайлы форма беріп едәуір азайтуға болады. Сонымен цилиндрге көлденең қимасына тамшы формасын беретіндей, қоршай аққыштық форма кигізсек, k_{λ} мәні 8-10 есе кемуі мүмкін, ал цилиндрдің маңдай бөлігіне қоршай ағынды қолдану (жарты эллипс формалы), оны екі есе кемітуге мүмкіндік береді. k_{λ} мәнін бір сыпыра азайтуға дене бетінің бұдырлық дәрежесін кеміту арқылы да қол жеткізуге болады.

7.5. Аэродинамикалық кедергінің жалпы заңдылықтары

Қазбаның аэродинамикалық кедергісінің ерекшеліктері. (7.19), (7.20) және (7.24) өрнектерін салыстырып оның мына түрде жазылатынын байқауға болады:

$$h = RQ^2 \quad (7.26)$$

мұнда, R – нысанның аэродинамикалық кедергісі.

Бұл қозғалыстың дамыған турбуленттік режиміндегі кедергінің квадраттық заңына сәйкес келеді. α , ξ , K_{λ} – коэффициенттерінің тәуелсіздігімен, Re санынан R -ге сәйкес кедергілері ұқсас. Мұндай ұқсастықтар кедергі күшінің тек тепе-теңдік жағдайы мен кедергілердің үш негізгі түрінің механизмдерінің ұқсастығынан ғана болуы мүмкін. Мұны қазбаның негізгі кедергілерінің табиғатының бірыңғайлығы (үйкеліс кедергісі, жергілікті кедергі мен маңдайша кедергі) мен бұл бөлудің анықталған шарттылығының қортындысы дәлелдейді. Бұдан қазбаның желдету қиындығы α , ξ , K_{λ}

коэффициенттерімен емес, оның кедергісі R арқылы анықталатынын білуге болады.

7.6. Кедергінің өлшем бірліктері

Кедергінің өлшемдері $[R]=[h/Q^2]=H/m^2/(m^3/c)^2=H \cdot c^2/m^8$ өлшем бірлігі киломюрг деп аталады ($к\mu$). $1к\mu = 9,81 H \cdot c^2/m^4$ өлшем бірлігі киломюрг деп аталады ($к\mu$): $1к\mu = 9,81 H \cdot c^2/m^8$; іс жүзінде мұнан 1000 есе кем өлшем бірлігі қолданылады (мюрг, μ).

Желдету құрылысында, шахталық желдетісте, мұнан басқа тағы бір шама эквивалентті саңылау (эквивалентное отверстие) деп аталатын шама қолданады. Эквивалентті саңылау дегенде, кедергісі шахта немесе қазба кедергісімен тең болатын жұқа қабырғадан ойылған дөңгелек тесікті түсінеді. Бұл түсінік шахталық желдеткішті сынау үшін қолданатын дөңгелек саңылаулы жұқа пластинканы қолданудан енген. Эквивалентті саңылауды анықтау үшін, дөңгелек саңылаудан өтетін ауа қозғалысына Бернулли теңдеуін қолданайық (7.9-сурет).

I – I қимасын саңылаудан ауа қозғалысының жылдамдығы нөлге тең (яғни, $u_1 = 0$) болатындай қашықтыққа, ал II – II қимасын ағынның ең тар жеріне орнатайық. I – I және II – II қималарының орлықтары арасының биіктіктері айырмасы мен үйкелісін есепке алмай Бернулли теңдеуін келесі түрде өрнектейік:

$$p_1 = p_2 + \rho u_2^2 / 2 \quad (7.27)$$

Олай болса, ағыстың ең тар бөлігіндегі ауа қозғалысының жылдамдығы,

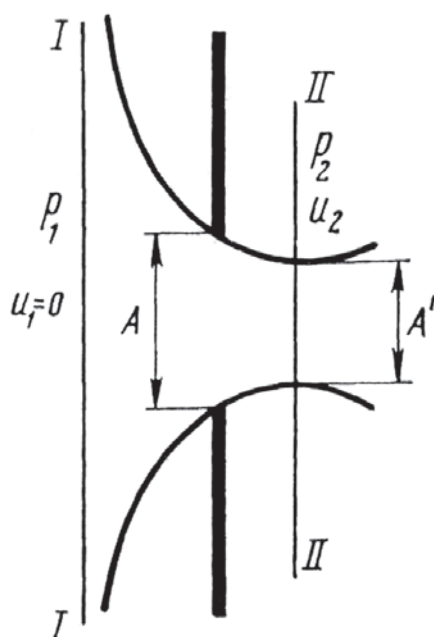
$$U_2 = Q / A' \quad (7.28)$$

мұнда, Q – саңылау арқылы өтетін ауа шығыны; A' – ағыстың ең тар жеріндегі көлденең қима ауданы.

Гидравликадан белгілісі, ағынның ең қысаң жерінің көлденең қимасы ауданының саңылаудың ауданына қатынасы іс жүзінде тұрақты. Яғни,

$$\Psi = A' / A = const \quad (7.29)$$

мұнда, A – эквивалентті саңылау, м². Дөңгелек саңылау үшін $\Psi = 0,65$.



7.9-сурет. Эквивалентті саңылауды анықтауға арналған сұлба.

(7.28) мен (7.29) өрнегін (7.27) теңдеуіне қойып, эквивалентті саңылауды анықтайтын (м²) формуланы аламыз,

$$A = \frac{Q}{\Psi \sqrt{\frac{2h}{\rho}}} \quad (7.30)$$

мұнда, h – саңылау депрессиясы.

$\Psi = 0,65$ және $\rho = 1,2$ кг/м³ болғанда (7.33) формуласы келесі түрге енеді,

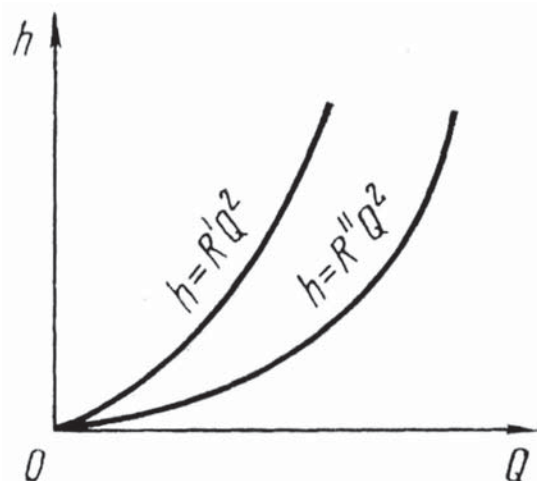
$$A = 1,19Q / \sqrt{h} \quad (7.31)$$

Шахтадағы табиғи тартылысы депрессиясы болатындықтан, эквивалентті саңылау төмендегі формуламен анықталады,

$$A = 1,19Q / \sqrt{h_B \pm h_e}$$

мұнда, h_e – желдеткіш депрессиясы; h – табиғи тартылыстың (сорылу) депрессиясы.

Егер h_s , h_e депрессиясының бағыттары бірдей болса, онда h_e плюс белгісімен алады. Шартты түрде, жеңіл желдетілетін шахталар үшін $A > 2$, желдетілуі орташа $1 \leq A \leq 2$, ал қиын желдетілетін жерде $A < 1$. A мәні қазба кедергісі кемуі кезінде ғана өсіп қоймайды, сонымен бірге желдету тиімділігін төмендететін ауаның сыртқа ағуынан да көбейетінін атаған жөн.



7.10-сурет. Шахтаның сипаттамасы

Шахтаны желдетуге ауаның меншікті шығынының (1 Па депрессиясына) үлесін шахтаның ауа өткізгіштік қабілеті деп атайды. Ол келесі формуламен анықталады,

$$K = Q / \sqrt{h} = l / \sqrt{R}$$

Қазба немесе шахта үшін $h(Q)$ тәуелділігінің графигі (7.10-сурет) тұтастай қазба мен шахтаның сипаттамасы деп аталады. Егер шахтада ауаның турбуленттік немесе ламинарлық қозғалысы орын алса, сондай-ақ қандай да бір тұрақты F кедергісі болса (ауаның тұрақты қысымда қозғалуы), онда шахтаның депрессиясы келесі түрде өрнектеледі,

$$h = F + R_1 Q + R_2 Q^2 \quad (7.32)$$

7.10-суреттен шахтаның сипаттамасы парабола екенін байқаймыз, ол ойыс болса, қысымы да жоғары болады.

§8. Шахталық желдетіс жүйелері

8.1. Жалпы мәлімет

Шахтаны желдету қазбалар торабында (жүйесінде) ауа ағынын жасау жолымен іске асырылады. Жүйедегі ауа ағынының қабылданған бағыты шахта мен оның жеке учаскесіндегі желдету сұлбасын анықтайды. Шахталық желдетіс жүйесіне, ауа қозғалатын қазба мен құрылыстар, желдету құралдары шахтаны желдетуге әсері бар кеңістік арқылы ауа ене алатын игерілген кеңістікте кіреді.

Ауа ағынының бағытын желдетіс құрылысының көмегімен жүзеге асырады (желдеткіштер, далдалар (перемычка), есіктер, өткізгіш құбырлар, кроссинг, т.б.).

Ауа ағыны, зиянды қоспалар ағыны (газ, шаң, жылу) желдеткіш торап, желдеткіш құрылыс жүйедегі сору көзі шахталық желдетіс жүйесін құрайды, бұл жүйедегі ауа қозғалысының сұлбасын желдету процесінің қарқынын (масса мен энергияның тасымалдануымен ауысуы), ауа ағынының аэродинамикалық режимін анықтайды. Оның басты параметрі шахта ауасындағы улы қоспаның мөлшері (газ, шаң, жылу), ауа ағынының көлемдік дебитін (тораптағы ауа таралуы) қазба мен құрылыстың аэродинамикалық кедергісі, табиғи және механикалық сору көздерінің депрессиясы болып табылады. Шахталық желдетіс жүйесі әдетте, квазистационарлы жағдайда болады (яғни орташа стационарлы). Бірақ өрт кезінде желдету құрылысының бүлінуі және басқа газодинамикалық, термодинамикалық, аэродинамикалық ауытқуларда желдетіс жүйесі стационар емес жағдайға көшуі мүмкін.

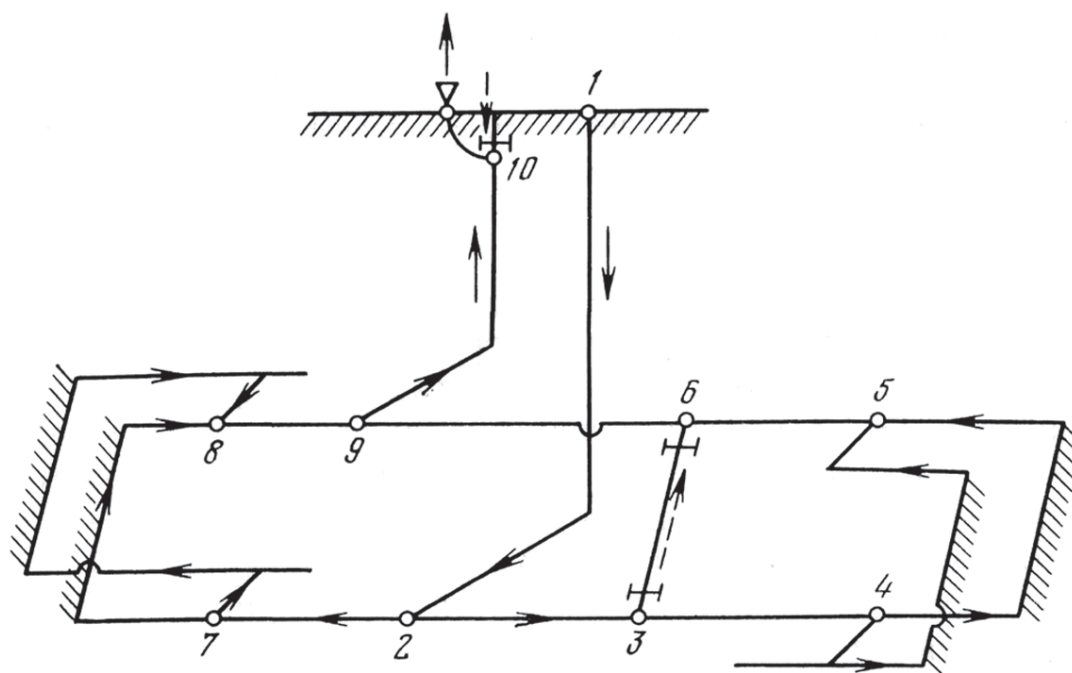
Бір жүйедегі жағдайдан екінші жүйеге көшу 1-2 минуттан, бірнеше сағатқа созылуы мүмкін. Көп жағдайда жүйеден жүйеге ауысу режимі шахтада апаттық жағдайға әкеледі.

Шахталық желдетіс жүйесінің қабілеті қалыпты және апатты жағдайдағы мүмкін болатын желдетіс жүйесін камтамасыз етудің сенімділік дәрежесімен сипатталады.

8.2. Шахтаның желдетіс жүйелерінің сыныптамаcы

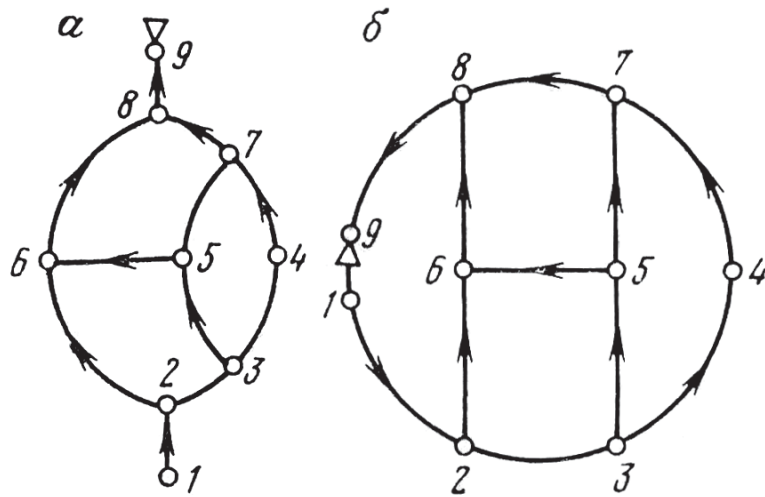
Шахталық желдетіс жүйесі (торабы) желдетіс жоспары, сондай-ақ кеңістіктік және аэродинамикалық сұлба түрінде көрсетілуі мүмкін.

Желдетіс жоспары тау-кен қазбаларының жоспарынан, ондағы шартты белгі түрінде белгіленген ауа ағынының бағыты, желдету құрылысы, бақылау-өлшеу стансасы қазбадан өтетін ауа қозғалысының жылдамдығы, т.б. тұрады. Желдетістік тораптың кеңістіктік сұлбасы (8.1-сурет) қазбаның кеңістікте орналасуын сипаттайды. Олар көлбеу күрт құлама қабаттарында жұмыс жасайтын шахталар үшін өте көрнекі айқын көрінеді.



8.1-сурет. Желдету жүйесінің сұлбасы

Аэродинамикалық (канондық) сұлба (8.2-сурет) – бұл жүйенің қарапайым графигі (мұнда қазбаның кеңістікте орналасуы көрсетілмейді) бірақ жүйенің барлық элементтерінің өзара байланысы сақталады. Сұлба ашық және жабық болуы мүмкін. Аэродинамикалық сұлба жербетілік атмосферамен тұйықталады.



8.2-сурет. Желдету жүйесінің аэродинамикалық сұлбасы
(сандарменен жүйенің түйіндері белгіленген):
a – ашық; *б* – тұйық.

Шахталық желдетіс сұлбасы, тұйық байланыстырушы граф болып табылады. Графтар теориясында мынадай түсінік қабылданған:

Түйін – үш және онан да көп қазбаның жалғасу орны (8.2-суретті қараңыз 2, 3, 5, 6, 7 және 8).

Тармақ – екі түйінді қосатын жеке қазба (немесе бірнеше тізбектей жалғасқан қазба).

Маршрут – қайталанбайтын тармақтар кіретін тораптағы жол.

Контур – қайталанбайтын тармақтар кіретін тораптағы тұйық жол.

Элементар ұяшық (қысқаша ұяшық) – тармақ пен қиылыспайтын торап бөлігі.

Егер тораптағы тұйық жол бір ұяшықты сызса, онда оны жай контур деп атайды. Ауа ағынының бағытына орай тармақтағы контур бір бағытты және екі бағытты болады.

Әрбір тұйық аэродинамикалық сұлба үшін топологиялық тәуелділік бар:

$$m = n + k - 1 \quad (8.1)$$

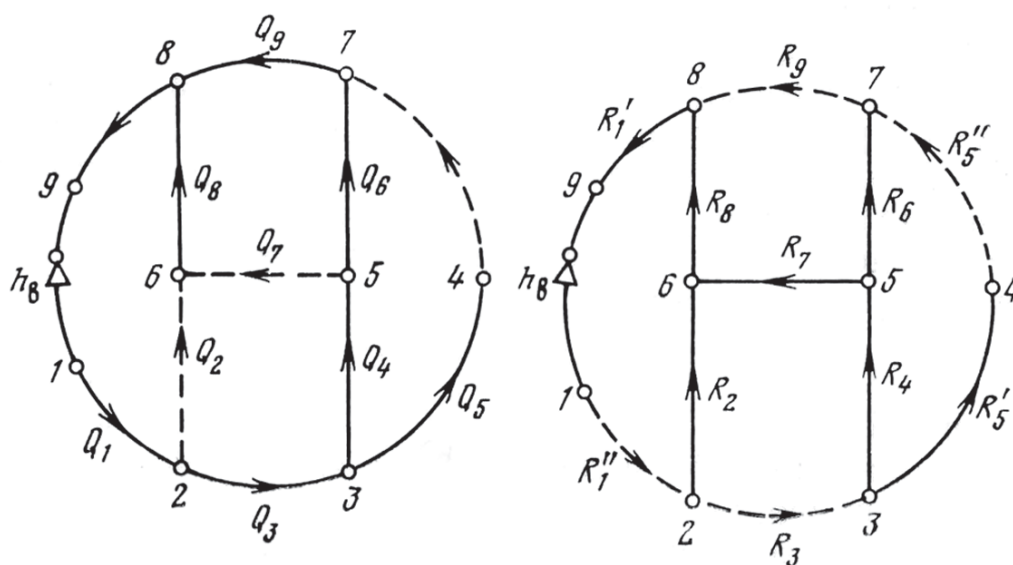
мұнда, m – тармақ саны; n – түйін саны; k – ұя саны.

Әрбір байланыстырушы тұйық граф, көптеген тармақ пен түйін арқылы оның кез келген екі түйіні тек жалғыз ғана маршрутпен

жалғанатындай ашық байланыстырушы графқа өзгеруі мүмкін. Бұған контурдағы кез келген тармақты қашан ол маршрутқа өзгергенше жою мен қол жеткізеді. Әрбір жойылатын тармақ ажыратылатын контурдың тек біреуіне жатуы керек.

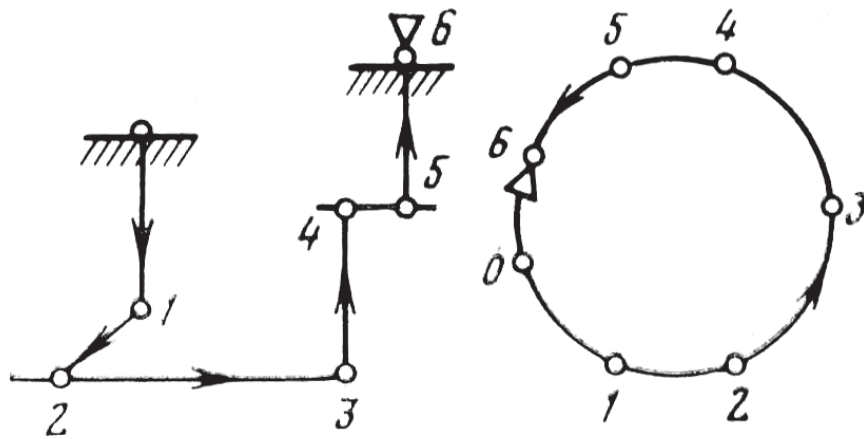
Жаңа граф, ағаш (деревя) деп аталады, ал жойылған тармақ – бас графтың антиағашы (антидеревя) деп аталады.

Антиағаштың тармағы мен ажыратылған контурлар тәуелсіз тармақ пен тәуелсіз контур деп аталады. Тәуелсіз контур саны ұялар санына тең. Бір графта әртүрлі тәуелсіз контур комбинациялары жасалуы мүмкін (8.3-сурет).



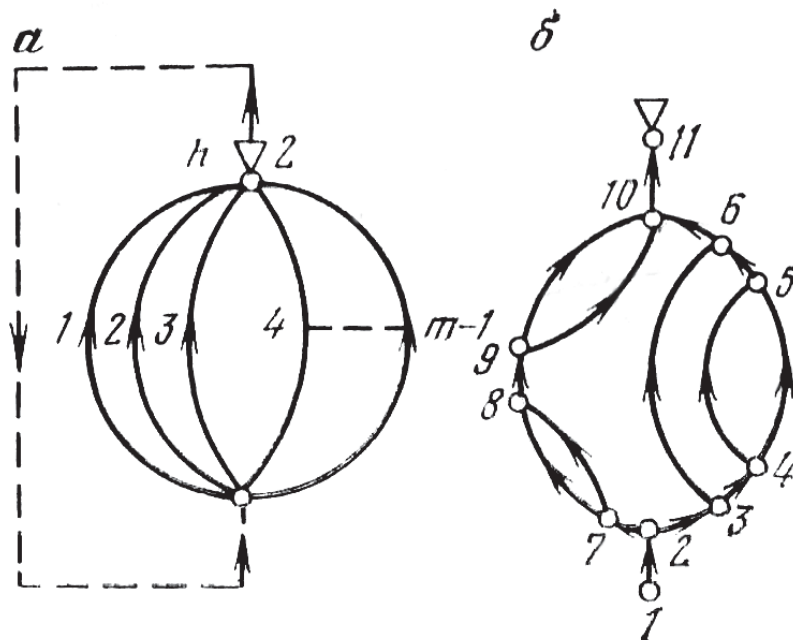
8.3-сурет. Әртүрлі байланыссыз контурларды қисындастыру графигі

Қазбаларды жалғастыру әдісіне байланысты желдетіс торабы тарамдалған (8.5 және 8.6-сурет) және тарамдалмаған (8.4-сурет) деп бөлінеді. Тарамдалмаған желдетіс торабы тізбектей жалғасқан қазбаның қарапайым бір контурынан тұрады. Тарамдалған желдетіс торабы параллель және диагоналды деп екіге бөлінеді. Параллель желдетіс торабы жай және күрделі болуы мүмкін. Жай параллельді екі түйіннен және осы түйіндерді жалғайтын екі тармақтан кем емес (8,5а-сурет) тораптан тұрады. Күрделі параллельді тораптар тізбектей және параллель жалғасқан тармақтан жасалады. Тораптың барлық параллель емес тармақтарын диагонал деп атайды.



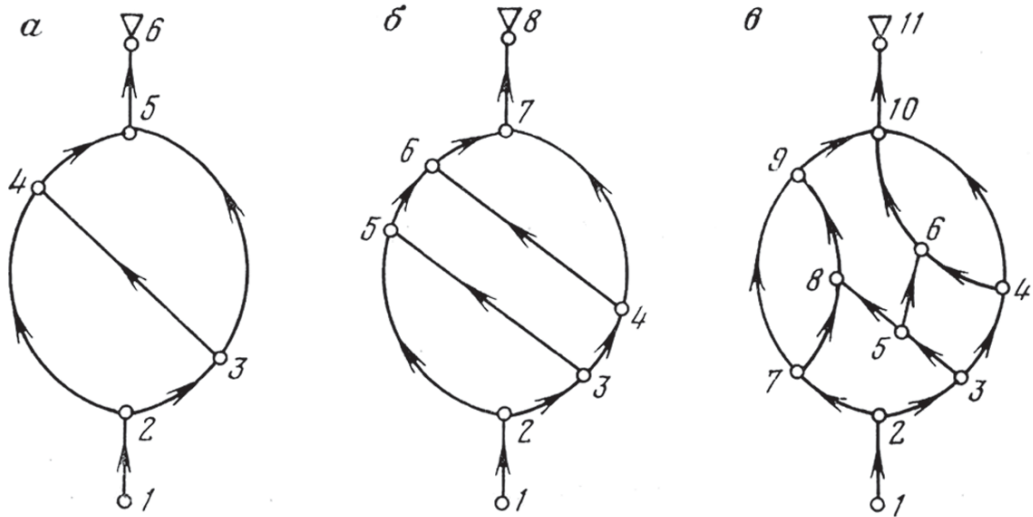
8.4-сурет. Тәуелсіз желдету жүйесінің аэродинамикалық сұлбасы

Желдеткіштің орны мен әсер ету бағыты, табиғи сорылу контурының бағыты анықталған желдету торабы. Өзінде ауа жолының бағыты көрсетілетін бағдарланған граф есебінде көрсетілуі мүмкін.



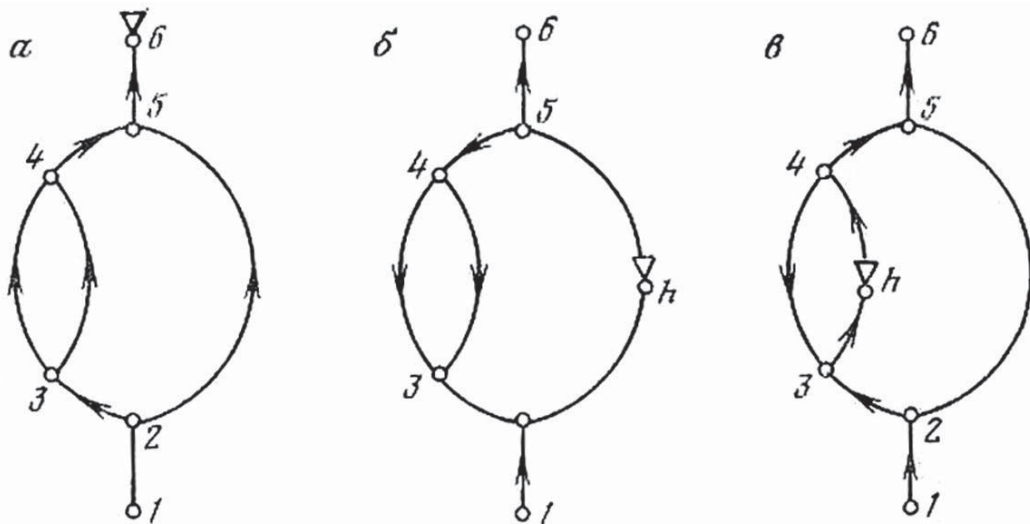
8.5-сурет. Параллель желдету жүйелерінің сұлбалары:
a – қарапайым; *б* – күрделі.

Бір жерге жинақталған тарту көзі бар (желдеткішті) барлық параллель тораптың, желдеткіштің орналасу орнына тәуелді болатын бір желдету ағыны болады.

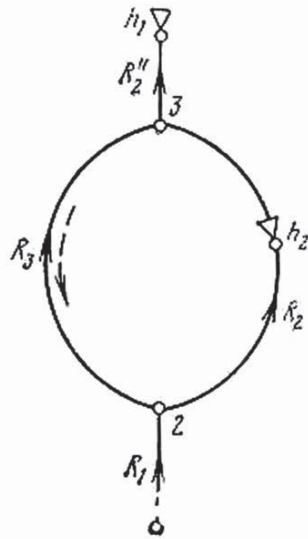


8.6-сурет. Диагонал желдету жүйелерінің таралу сұлбалары:
a, б, в – сұлбаның нұсқалары.

Егер параллель торапта екі немесе одан да көп сору көзі өзара әсерде болса (8.8-сурет), онда ауа қозғалысы ең болмағанда бір тармақта әртүрлі бағытта жүреді. Мұндай қозғалыстағы ауаны орнықсыз деп атайды. Орнықсыз желдетілген ағыны бар желдетіс торабын орнықсыз деп атайды. Орнықсыз ағынның бағыты тораптағы депрессия мен аэродинамикалық кедергінің арақатынасына байланысты болады.

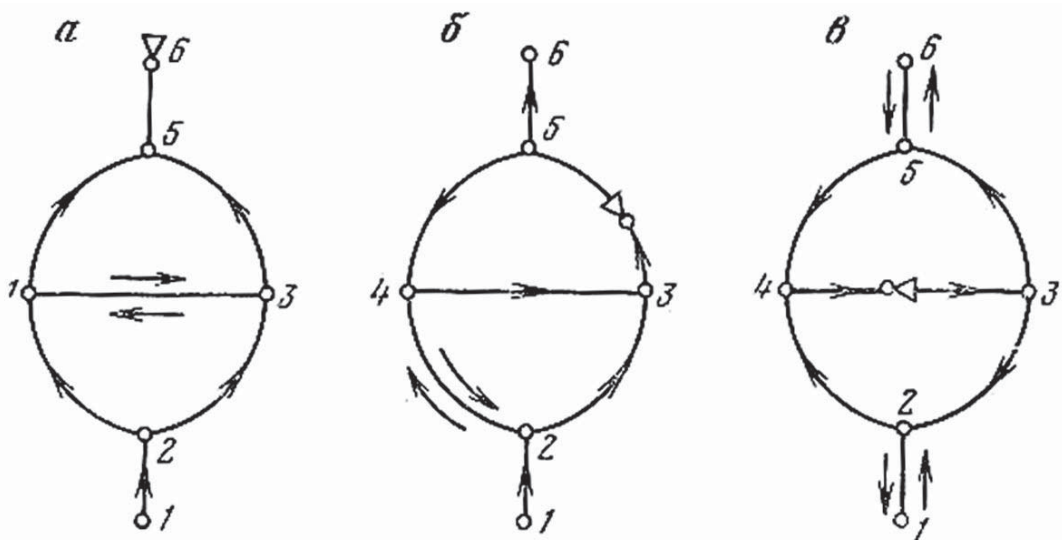


8.7-сурет. Тарамдағы бірдей (*a*) және әртүрлі (*б*) ауа бағытының параллель желдету жүйесінің сұлбасы



8.8-сурет. Ауаның тұрақсыз қозғалысымен желдету жүйесінің сұлбасы

Сорудың жинақталған бір көзі бар (желдеткіш) диагоналды желдету торабының ең болмағанда бір тармақты орнықсыз желдетілген ағыны болады. Орнықсыз қозғалысы бар тармақ желдеткіштің орналасу орнына (8.9-сурет) тәуелді. Мұндай тармаққа желдету торабының диагоналы жатады. Егер диагоналды торапта екі немесе одан да көп сору көзі жұмыс істесе, онда орнықсыз ағын диагоналда ғана пайда болып қоймайды, сонымен бірге басқа тарамда да пайда болады.



8.9-сурет. Тұрақсыз ауа қозғалысыменен қарапайым диагонал желдету торабы.

Шахталық желдетіс торабындағы желдету ағынның орнықтылығы тораптың топологиясы (құрылысы), сору саны мен орналасуына тәуелді. Ауа ағынының орнықтылығына табиғи сорылудың шамасы елеусіз және оған шешуші ықпал жасамайды. Бірақ шахтадағы өрт кезіндегі жылу депрессиясы кейбір ауа ағынының бағытын өзгертуі мүмкін.

8.3. Желдетіс торабындағы ауа қозғалысының негізгі заңдары

Шахталық желдетіс торабында келесі заңдар іске асады: тармақтағы кедергі заңы,

$$h_j = R_j Q_j^2 \quad (8.2)$$

түйіндегі ауа ағынында массаның сақталу заңы,

$$\sum_{j \in i} \rho_j Q_j = 0 \quad (8.3)$$

контурдағы ауа ағынында механикалық энергияның сақталу заңы,

$$\sum_{j \in f} \varepsilon_j h_j = \sum_{j \in f} \varepsilon_j h_{Bj} + h_{ef} \quad (8.4)$$

мұнда, i – түйін нөмірі; j – тармақ номері; h – тармақ депрессиясы; R – тармақтың аэродинамикалық кедергісі, $H - c^2/m^8$; Q – ауа ағынының көлемдік дебиті, m^3/c ; h_B – желдеткіштің депрессиясы; h_e – контурдағы табиғи тартылыстың депрессиясы; p – тармақтағы ауаның орташа тығыздығы, kg/m^3 ; E – ауа ағыны бағытының коэффициенті; (алғашқы қабылданған бағыт үшін $E = +1$; оған қарсы бағыт үшін $E = -1$).

Шахтадағы температура қысымның, ылғалдылықтың өзгеруінен ауаның тығыздығы да өзгереді. Мұның нәтижесінде тораптың әрбір контурында жылулық тартылыс пайда болады:

$$h_e = g \sum_{j \in j} \rho_j \Delta z_j; \Delta z = z_H - z_K \quad (8.5)$$

мұнда, z_H – тармақ басындағы геодезиялық биіктік; z_K – тармақ соңындағы геодезиялық биіктік; g – еркін түсу үдеуі;

Ауаның стандартты тығыздығы мен төмендегідей түрде өрнектелетін шахталық ауаның орнықсыз тығыздығы ауа ағынының дебитіне, тармақтың аэродинамикалық кедергісімен желдеткіш депрессиясына келесі түрде әсер етеді:

$$Q = \frac{\rho_c}{\rho} Q_c \quad (8.6)$$

$$R = \frac{\rho}{\rho_c} R_c \quad (8.7)$$

$$h = \frac{\rho}{\rho_c} h_c \quad (8.8)$$

мұнда, Q_c , R_c , h_c – ауаның стандартты тығыздығына тиесілі дебит, аэродинамикалық кедергі мен депрессия.

(8.6), (8.7) және (8.8) өрнегінен (8.3) пен (8.4) тәуелділігі келесі түрге енеді:

$$\sum_{j \in i} Q_{cj} = 0 \quad (8.9)$$

$$\sum_{j \in f} \varepsilon_j \frac{\rho_c}{\rho_j} R_{cj} Q_{cj}^2 = \sum_{j \in f} \varepsilon_j \frac{\rho_j}{\rho_c} h_{Bcj} + g \sum_{j \in f} \rho_j \Delta z_j \quad (8.10)$$

(8.9) және (8.10) тәуелділігі, сәйкес желдетіс тармағының бірінші, екінші заңы деп аталатын, желдетіс торабындағы ауаның орнықсыз тығыздығымен, яғни жылу тартуын туғызатын нақты тораптағы ауа қозғалысын сипаттайды. Мұндай тораптарды белсенді тораптар дейді. Есептерді (8.9), (8.10) тәуелділігінің көмегімен шешу үшін шахтадағы ауа тығыздығының скалярлық жазықтық шамасын білу қажет. Әрбір ауалық тармақ үшін мұндай жазықтық, ауа ағыны қозғалысымен энергиясының күй теңдеуінен шығатын - қосымша тәуелділікпен анықталады. (8.9) тәуелділігі желдету ағынындағы масса сақталу заңы күйіндегі стандартталған көлемдік дебит арқылы, ал (8.10)-контурдағы механикалық балансы арқылы өрнектейді. Жеке контурдағы ауа температурасының ұлғаюы ондағы ауаның тығыздығының кемдігіне, қысым жоғалуының ұл-

ғаюына, желдеткіштің депрессиясының кемуіне және жылулық депрессияның ұлғаюына әкеледі. Бұл термодинамикалық үдеріс желдетіс торабындағы өрт кезінде өте айқын байқалады. Терең емес шахтадағы тау-кен массивінің газ температурасында ауаның тығыздығын жеткілікті дәлдік пен тұрақты деп алуға болады.

$Q_c \approx Q, R_c \approx R$, олай болса (8.9), (8.10) келесі түрде өрнектеледі,

$$\sum_{j \in i} Q_j = 0 \quad (8.11)$$

$$\sum_{j \in f} \varepsilon_j R_j Q_j^2 = \sum_{j \in f} \varepsilon_j h_{Bj} \quad (8.12)$$

(8.11), (8.12) өрнектеріндегі желдеткіш депрессиясы оның екпіндік сипаттамасымен ескеріліп, келесі формуламен анықталады,

$$h_{B.c} = a_0 + a_1 Q_c + a_2 Q_c^2 + \dots + a_r Q_c \quad (8.13)$$

мұнда, a_i – полином коэффициенттері, $i = 0, 1, 2 \dots$; r – полиномның дәрежесін анықтайтын бүтін сандар.

8.4. Желдетіс торабын есептеу

Желдетіс торабының есептемесі, тораптағы ауаның таралуын, желдеткіштің жұмыс режимін, тораптың жалпы аэродинамикалық кедергілерін, табиғи сорылуды анықтауға келіп тіреледі. Бұл үшін тораптың бірінші заңына сәйкес кез келген таңдап алынған түйінге $(n - 1)$ – тәуелсіз түйіндік теңдеуді құруға, ал екінші заңға сәйкес тораптағы сол кез келген таңдап алынған тәуелсіз контурының санына сәйкес тәуелсіз контурлық теңдеулері құрылады.

Сонымен желдеткіштің екпін сипаты мен тораптағы ауаның орташа тығыздығын, тармақтың аэродинамикалық кедергісі желдеткіш ағынын дебит санымен өзара байланыстыратын тәуелсіз теңдеуін құрауға болады. Параметрлерінің жалпы саны $3m + q$ тең. Сонан соң неғұрлым қарапайым түрге келтіру үшін $\rho = \rho_c = idem$ пассивті желдетіс торабын қарастырады. Көрсетілген жүйе теңдеулерін қолдану, егер Q, R және h үшін ену параметрі алдын ала $m + q$ -ден кем болмаған жағдайда ғана мүмкін болады.

8.3-суретте көрсетілген желдетіс торабының шешілуі төмендегі түйінді теңдеу мен контурлық теңдеуді шешуге келіп тіреледі:

$$\left. \begin{aligned}
 Q_1 - Q_2 - Q_3 &= 0 \\
 Q_3 - Q_4 - Q_5 &= 0 \\
 Q_4 - Q_7 - Q_6 &= 0 \\
 Q_2 + Q_7 - Q_8 &= 0 \\
 Q_8 + Q_9 - Q_1 &= 0 \\
 R_1 Q_1^2 + R_2 Q_2^2 + R_8 Q_8^2 &= h \\
 R_3 Q_3^2 + R_4 Q_4^2 + R_7 Q_7^2 - R_2 Q_2^2 &= 0 \\
 R_5 Q_5^2 + R_6 Q_6^2 - R_4 Q_4^2 &= 0 \\
 R_9 Q_9^2 - R_8 Q_8^2 - R_7 Q_7^2 + R_6 Q_6^2 &= 0
 \end{aligned} \right\} \quad (8.14)$$

Түйіндік және контурлық теңдеумен:

- желдеткіштердің берілген аэродинамикалық кедергісімен екпіндік сипаттамасы (депрессия) бар Q_j торабындағы ауаның таралымы;

- берілген дебит пен аэродинамикалық кедергісі бар желдетіс торабындағы желдеткіш депрессиясы мен реттегіштердің параметрлері анықталады.

Тораптағы ауаның белгілі бір табиғи таралуы негізінде қазбаның ауаға қажетінің қанағаттандыруын, желдететін ағынның орнықтылығын желдеткіштің біріккен жұмысын т.б. бағалау жүргізіледі. Мұнан соң тораптағы берілген ауаны тарату мәселесін шешуді реттегіштен басқа да құралдардың көмегімен қамтамасыз етеді.

Сондай-ақ, контурлық және түйіндік теңдеулерді ауа таратуды ыңғайластыруға, ауаның және депрессиялық түсірулердің нәтижесін өңдеуге қолданылады.

8.5. Ауаның табиғи таралуы мен желдетіс торабының жалпы кедергісін есептеу

Тарамдалмаған желдетіс торабы (8.4-суретте) бір ғана тармақтан ($m = 1$), бір контурдан тұрады және желдету түйіні ($n = 0$) болмайды.

Негізгі тарам қосымша тармақпен i қосымша түйінмен бір-бірінен бөлінетін тізбектей жалғасқан қазбалар тізбегінен тұрады. Негізгі тарамдағы ауаның шығыны тұрақты (яғни, $Q_j = Q = idem$). Екінші заңнан шығады,

$$h = R_1 Q^2 + R_2 Q^2 + \dots + R_m Q^2. \quad (8.15)$$

Желдеткіштің депрессиясы тораптағы энергияның жалпы жоғалуына тең,

$$h = R_{об} Q^2 \quad (8.16)$$

мұнда, $R_{об}$ – тізбектей жалғастырылған қазбаның жалпы кедергісі.

(8.15), (8.16) теңдеуінен:

$$R_{об} = \sum_{j \in M} R_j \quad (8.17)$$

аламыз.

(8.17) өрнегінен тізбектей жалғасқан қазбалардың жалпы кедергісі осы қазбалардың кедергілерінің қосындысына тең екендігі шығады. Егер (8.17) өрнегінің аэродинамикалық кедергісін эквивалент саңылаумен алмастырсақ, онда тораптың жалпы эквиваленттік саңылауын анықтайтын формуланы аламыз,

$$\frac{1}{A_{об}^2} = \sum_{j \in M} \frac{1}{A_j^2} \quad (8.18)$$

мұнда, A_j – торапқа кіретін j қазбалардың эквиваленттік саңылауы.

Қарапайым желдетіс торабында $m - 1$ параллель тарам, n түйін, тәуелсіз контур болады. Ол келесі теңдеулермен өрнектеледі,

$$Q_{об} = Q_1 + Q_2 + \dots + Q_m \quad (8.19)$$

$$h = R_1 Q_1^2 = R_2 Q_2^2 = \dots = R_m Q_m^2 \quad (8.20)$$

Желдетіс торабындағы энергия сақталу заңынан,

$$h = R_{об} Q_{об}^2 \quad (8.21)$$

болатыны белгілі.

(8.19), (8.20) және (8.21) теңдеулер жүйесі параллель тармақтың аэродинамикалық кедергісі мен тораптағы жалпы ауа шығыны белгілі болғанда шешіледі.

Белгісіз параметрлер $Q_{об}$ параллель тарамдағы ауа шығыны тораптың жалпы кедергісі және желдеткіш депрессиясы Q_j болып табылады.

Екі параллель тармаққа ауаның таралуы (8.20) өрнегінен алынған қатынаспен анықталады,

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \sqrt{\frac{R_2}{R_1}} \quad (8.22)$$

(8.19), (8.20) өрнегінен тораптағы жалпы кедергімен тарамдағы ауа шығынын анықтайтын келесі формуланы аламыз:

$$Q_j = \frac{Q_{об}}{\sum_{j \in M} \sqrt{\frac{R_M}{R_j}}} \quad (8.23)$$

$$R_{об} = \frac{R_M}{\left(\sum_{j \in M} \sqrt{\frac{R_M}{R_j}} \right)} \quad (8.24)$$

Егер (8.24) өрнегіндегі кедергіні сәйкес эквивалентті саңылаумен өрнектесек, онда тораптың саңылаулы эквиваленттігі үшін төменгі формуланы аламыз:

$$A_{об} = \sum_{j \in M} A_j \quad (8.25)$$

(8.24) өрнегінен қарапайым параллель тораптың жалпы аэродинамикалық кедергісі әр уақытта оның кез келген параллель тармағының кедергісінің кемдігі шығады.

Егер параллель тармақтың кедергілері тең болса, онда қарапайым параллель қосылулардың жалпы кедергісі:

$$R_{об} = R / m^2 \quad (8.26)$$

болады.

мұнда, m – параллель тармақ саны.

Күрделі параллель тармақтың (8.10-сурет) жалпы кедергісін анықтау кезінде әрбір қарапайым параллель жалғастырым кедергісі (8.24) формуласымен анықталатын шартты тармақпен айырбасталады. Сонан соң (8.17) формуласы бойынша жаңадан жасалған тізбектей жалғанған кедергілер анықталады. Есептеуді күрделі параллель тораптан бір тізбекті жалғау қалғанша қайталай береді.

Күрделі параллель тораптағы ауа таралуының жалпы шығынын кері бағытта (8.10-суретте) жүзеге асырады. Ол үшін (8.23) формуласымен есептеліп қойылған параллель тармақтың кедергісін пайдаланады.

Екі желдеткішті (8.8-суретті қараңыз) параллель тораптағы орнықсыз ағын қозғалысының бағытын анықтайтын шарттар, төмендегі контурлық теңдеулерден алынады (шартты түрде 2 түйіннен 3 түйінге бағытталған деп аламыз),

$$\left. \begin{aligned} R_1 Q_1^2 + R_3 Q_3^2 &= h_1 \\ R_2 Q_2^2 - R_3 Q_3^2 &= h_2 \end{aligned} \right\} \quad (8.27)$$

(8.27) теңдеуден аламыз:

$$\frac{h_1}{h_2} = \frac{R_1 Q_1^2 + R_3 Q_3^2}{R_2 Q_2^2 - R_3 Q_3^2} \quad (8.28)$$

Мына шарт орындалғанда,

$$\frac{h_1}{h_2} = \frac{R_1}{R_2} \quad (8.29)$$

үшінші тармақтағы ауа қозғалысы тоқтайды. 2-түйіннен 3-түйінге бағытталады деген шарт мына теңсіздікпен анықталады:

$$\begin{aligned} R_1 Q_1^2 + R_3 Q_3^2 > R_1 Q_1^2 \\ R_2 Q_2^2 - R_3 Q_3^2 < R_2 Q_2^2 < R_2 Q_1^2 \end{aligned} \quad (8.28)$$

және бұл өрнектен табамыз,

$$\frac{h_1}{h_2} = \frac{R_1}{R_2} \quad (8.30)$$

Ағынның 3-түйіннен 2-түйінге бағытының өзгеруі үшін мына шарт орынды:

$$\frac{h_1}{h_2} < \frac{R_1}{R_2} \quad (8.31)$$

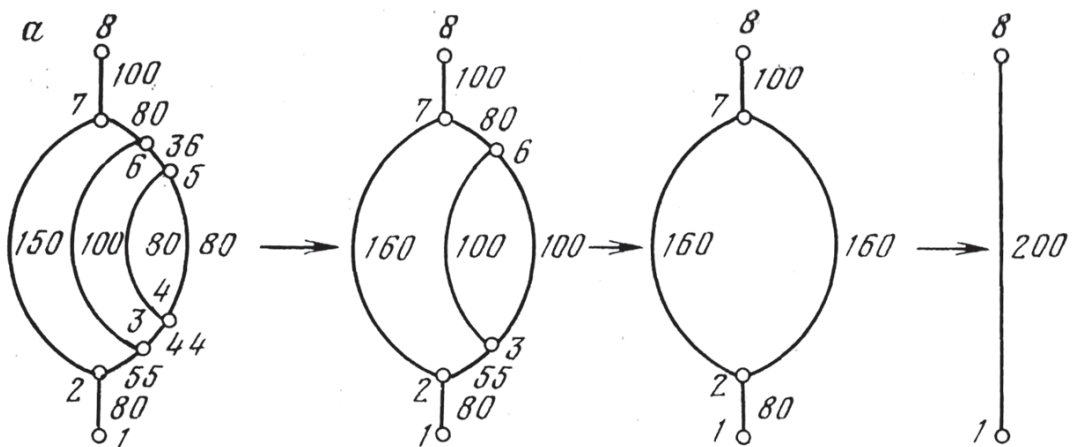
(8.31) шарты (8.30) шартына ұқсас дәлелдейді.

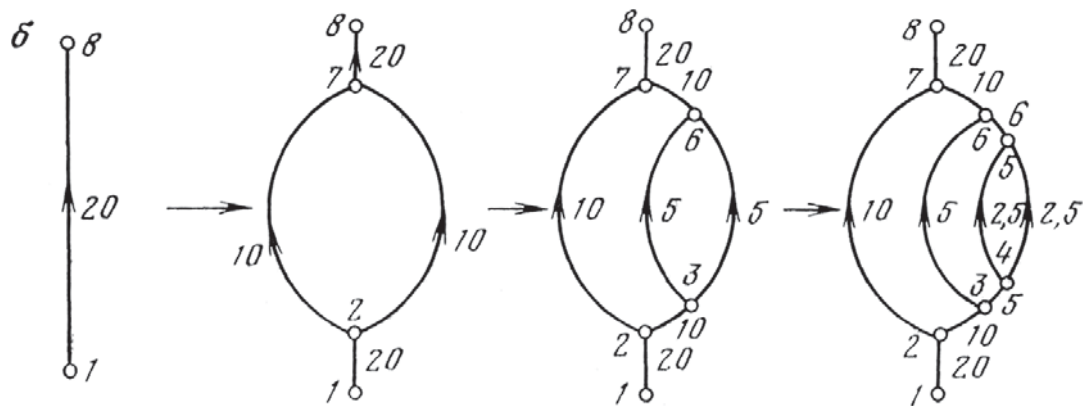
(8.29), (8.30) және (8.31) өрнектері тұрақсыз параллель тармақтағы ағынның бағыты, осы тармақтың аэродинамикалық кедергісіне тәуелсіздігін көрсетеді.

Дегенмен, орнықсыз тарамдағы ауа ағыны бас желдеткіш жұмысын тоқтатқанда ($h_I = 0$) әруақытта өз бағытын өзгертеді. Ауа ағыны, аэродинамикалық кедергі R_1 артқанда немесе R_2 кедергі кемігенде өте күшті тұрақсызданады. Ауа ағынының тұрақсыздануы 2 тарамда өрт депрессиясы ($h_2 = h_{II}$) болғанда орын алады.

Диогоналды желдетіс торабы.

Диогоналды тораптағы ауа қозғалысы түйіндік және контурлық теңдеулермен анықталуы мүмкін. Егер желдеткіш ағынының көлемдік дебиті белгісіз болса, (8.14) теңдеуінің дәл аналитикалық шешімі болмайды. Мұндай сызықты емес телдеулер жүйесін шешуді жуықтаумен немесе итеративтік есептеу жолымен жүзеге асырады.



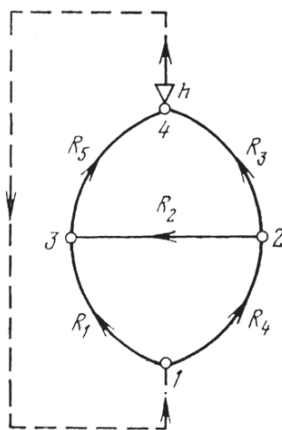


8.10-сурет. (а) жалпы кедергіні анықтайтын (б) ауаның жалпы шығынын тарататын күрделі параллель желдету жүйесіндегі сұлбалар.

Неғұрлым қарапайымдау диагоналды тораптағы ауа қозғалысы (8.11-сурет) үш түйінді және үш контурлық теңдеумен анықталады:

$$\left. \begin{aligned}
 Q_{об} - Q_1 - Q_4 &= 0 \\
 Q_4 - Q_2 - Q_3 &= 0 \\
 Q_5 - Q_1 + Q_2 &= 0 \\
 R_1 Q_1^2 + R_5 Q_5^2 &= h \\
 R_2 Q_2^2 + R_5 Q_5^2 - R_3 Q_3^2 &= 0 \\
 R_2 Q_2^2 + R_4 Q_4^2 - R_1 Q_1^2 &= 0
 \end{aligned} \right\} \quad (8.32)$$

Ауа ағынының 2-3 бағыты (8.11-суретті қараңыз) шартты түрде алынады. Бағытын дәл анықтау үшін (8.32) теңдеулер жүйесін шешеді. Бұдан алынған теріс дебит ағын бағытының бастапқы қабылданған бағытқа қарама-қарсылығын көрсетеді.



8.11-сурет. Қарапайым диагонал желдетіс жүйесін есептейтін сұлба.

Жүйедегі кейінгі екі контурлық теңдеу (8.32) келесі түрде жазылуы мүмкін:

$$\left. \begin{aligned} R_2 Q_2^2 + R_5 (Q_2 + Q_1)^2 - R_3 Q_3^2 &= 0 \\ R_2 Q_2^2 + R_4 (Q_2 + Q_3)^2 - R_1 Q_1^2 &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (8.33)$$

(8.33) теңдеуін Q_2^2 -қа бөліп және Q_1/Q_2 -ші x пен ал Q_3/Q_2 -ні y пен белгіленген:

$$\left. \begin{aligned} R_2 + R_5 (1 + x)^2 - R_3 y &= 0 \\ R_2 + R_4 (1 + y)^2 - R_1 x &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (8.34)$$

(8.34) теңдеуінен,

$$x = \sqrt{\frac{R_2}{R_1} + \frac{R_4}{R_1} (1 + y)^2} \quad (8.35)$$

$$y = \sqrt{\frac{R_2}{R_3} + \frac{R_5}{R_3} (1 + x)^2} \quad (8.36)$$

Контурлық теңдеулер жүйесі (8.32) мен (8.21) өрнегінен жай диагоналды тораптың жалпы аэродинамикалық кедергісін анықтайтын формуланы аламыз:

$$R_{об} = \frac{x^2 R_1 + R_5 (1 + x)^2}{(x + y + 1)^2} \quad (8.37)$$

(8.34) теңдеулер жүйесі біртіндеп жуықтау әдісімен шешіледі. Ол үшін (8.35) өрнегіндегі $y = 0$ деп алып үшін бірінші жуықтауды есептейді. (8.36) өрнегіне қойып, y_1 -тің бірінші жуықтауын аламыз.

y_1 (8.35) өрнегіне қойып x_2 екінші жуықтауын, т.с.с. табамыз. Есептеу осы ретпен қашан x пен y тізбегінің екі мәні арасындағы қажетті жинақылықты алғанша созылады.

x пен y -тің белгілі мәнін (8.32), (8.37) өрнегіне қолданып, барлық тарамдағы ауа мөлшері мен тораптың аэродинамикалық кедергісі есептеледі. Ауаның 2-түйіннен 3-түйінге қозғалысын қамтамасыз ету үшін мына шарт:

$$\begin{aligned} R_1 Q_1^2 &> R_4 Q_4^2 \\ R_3 Q_3^2 &> R_5 Q_5^2 \end{aligned} \quad (8.38)$$

орындалуы қажет.

$Q_3 < Q_4$ және $Q_1 > Q_5$ болатындықтан, (8.38) теңсіздігі $Q_4 = Q_3$, $Q_5 = Q_1$ болғанда күшейеді, яғни:

$$\begin{aligned} R_1 Q_1^2 &> R_4 Q_3^2 \\ R_3 Q_3^2 &> R_5 Q_1^2 \end{aligned} \quad (8.39)$$

(8.39) теңсіздігін қайта көбейтуден кейін, 2-түйіннен 3-түйінге қозғалуды қамтамасыз ететін шартты аламыз,

$$R_1 R_3 > R_4 R_5 \quad (8.40)$$

Дәл осылай, 3-түйіннен 2-түйінге ауа қозғалысының бағыты үшін

$$R_1 R_3 < R_4 R_5 \quad (8.41)$$

$Q_2 = 0$ болғанда,

$$R_1 R_3 = R_4 R_5 \quad (8.42)$$

(8.40), (8.41) және (8.42) өрнегінен диагональ бойынша ауаның қозғалысының аэродинамикалық кедергісіне тәуелсіздігі шығады.

8.6. Желдетіс торабындағы ауаның таралуын реттеуді есептеу

Желдетіс торабындағы ауаның таралуын реттеу есептеулерінде аэродинамикалық кедергі дебиті Q_j ; тарамдағы ауаны реттеу депрессиясы Δp_j ; желдеткіштің депрессиясы h_{Bj} анықталады.

Бұл мәселе сызықтың контурлық теңдеулер жүйесімен шешіледі,

$$\sum_{j \in f} \varepsilon_j h_j + \Delta p_j = \sum_{j \in f} \varepsilon_j h_{Bj} \quad (8.43)$$

Реттегіш таңдап алынған тәуелсіз контурмен сәйкес болатын графтың антиағашының тармағына орнатылады. 8.3-суреттегі көрсетілген граф үшін (8.43) өрнегі бойынша құрылған теңдеулер төменде көрсетілген түрде болады.

I. 1-нұсқа,

$$\begin{aligned}(h_1 + h_2 + h_8) + \Delta p_2 &= h_B \\(h_1 + h_3 + h_4 + h_7 + h_8) + \Delta p_7 &= h_B \\(h_1 + h_3 + h_4 + h_6 + h_9) + \Delta p_6 &= h_B \\(h_1 + h_3 + h_5 + h_9) + \Delta p_5 &= h_B\end{aligned}\tag{8.44}$$

II. 2-нұсқа,

$$\begin{aligned}(h_1 + h_2 + h_8) + \Delta p_1 &= h_B \\(h_3 + h_4 + h_7 - h_2) + \Delta p_3 &= 0 \\(h_5 - h_6 - h_4) + \Delta p_5 &= 0 \\(h_6 + h_9 - h_8 - h_7) + \Delta p_9 &= 0\end{aligned}\tag{8.45}$$

Тораптағы ауа таралымын реттеудің I нұсқасында реттегішті жою жолымен жүзеге асырылуы мүмкін:

- контурдағы максимум қысым шамасының жоғалуы болады, нәтижесінде бас желдеткіштің максимум депрессиясы анықталады;
- контурда минимум қысым шамасының жоғалуы болады, нәтижеде бас желдеткіштің кіші депрессиясы анықталады.
- контурда қысымының аралық жоғалуы болады.

Реттегіштің депрессиясы (8.44) теңдеумен анықталады. Бірінші жағдайда депрессия оң мәнге ие болуымен бірге қосымша қысымды да жоғалтады. Бұл негізінен аэродинамикалық кедергісі төмендегі формуламен анықталатын желдеткіш терезелер,

$$\Delta R_j = \Delta p_j / Q_j^2\tag{8.46}$$

мұнда, Δp_j – қосалқы желдеткіштің j депрессиясы.

Торапқа қосымша желдеткіш терезе түрінде кедергі ендіру то-

раптағы жалпы кедергіні арттырады, нәтижесінде шахтаға түсетін ауа мөлшері кемиді. Реттеудің мұндай әдісін теріс реттеу деп, ал ондағы қолданылатын реттегіштерді – теріс реттегіш дейді. Екінші жағдайда реттегіштің мәні теріс болғанда реттеудің депрессиясы $h_{B,I} = \Delta p$ болатын қосалқы желдеткішті орнату жолымен немесе мына формуламен анықталатын тармақтың аэродинамикалық кедергісін кеміту жолымен жүзеге асыруға болады,

$$\Delta R_j = -\frac{\Delta p_j}{Q^2} \quad (8.47)$$

Мұның нәтижесінде шахтаға түсетін ауа артады. Бұл әдіспен реттеуді оң реттеу деп, ал ондағы қолданылатын қосалқы желдетуді – оң реттеуші деп атайды. Араласқан реттеу теріс және оң реттегіштерді пайдалану арқылы жүзеге асады.

II нұсқа бойынша ауа таралымын реттеу 2 тарамдағы реттегішті жоюмен басталады. Нәтижесінде бас желдеткіштің депрессиясы анықталып, қалған реттегіштер есептелінеді. Желдету торабындағы реттегіш нұсқаның орналасу саны, тораптағы тәуелсіз контур комбинациясының мүмкін санына тең болады.

Нұсқаны таңдауда реттегіштердің тиімді жағын, қазбаға қоюға жарамды реттеушілік қабілетін, реттегіштің түрін, оның жұмысын бақылаудың ыңғайлылығын, реттегіштің сенімділігі мен апаттық жағдайда онымен жұмыс істеу мүмкіндігін есепке алу қажет. Реттеу мәселесін шешу кезінде барлық тарамдағы ауа мөлшері таратылады бұл жағдайдағы кез келген торап үшін құрылған контурлық теңдеу (8.43) линеаризацияланады және дәл аналитикалық шешімі болады. Контурлық теңдеудің толық линеаризациясы үшін тарамдағы тораптың кез келген антиағаш жасайтын ауа шығынын беру қажет. Қалған тарамдағы ауа шығыны тарамның түйіндік теңдеуімен есептеледі.

Аралас торап есебін шешу кезінде бір антиағашқа жатпайтын немесе саны антиағаш санының кем жеке тарамға ауа шығыны беріледі. Бұл жағдайда ауа таралымы түйіндік және сызықтық емес контурлық теңдеулердің көмегімен, ал реттегіштер тармақтан ауа шығыны берілген шығынмен есептеледі.

§9. Шахтада ауа қозғалысын тудыратын көздер

9.1. Жалпы мәліметтер

Ауа қозғалысының жалпы себебіне, ауалық ортада энергияның біркелкі орналаспауы жатады. Ауа орталығындағы энергиясынан жоғары немесе төмен энергиялы аймақтың пайда болуы ауа қозғалысын тудырады. Берілген аймақтағы тыныштық жағдайдағы энергиядан нақты энергияның ауытқуы көп болған сайын, ауа қозғалысының қарқыны да көп болады. Осы кезде көп энергиялы аймақтан аз энергиялы аймаққа ауысу жүреді. Осындай энергия таралымының біркелкі еместігін қалыптастыратын күш, қозғалыс көзі болып табылады. Шахталық жағдайда ауаны қозғалысқа келтіретін көптеген күш әсер етеді. Дегенмен олардың көпшілігінің шахтадағы ауа қозғалысына тұтастай немесе жеке қазбадағы білінетіндей әсері байқала бермейді. Сондықтан да олардың желдетудегі ауа қозғалысының көзі есебіндегі мәнін елемейді. Шахтадағы ауа қозғалысының желдету үшін қолданатын негізгі көзі желдету мен эжектордың жұмысында, сондай-ақ шахталық ауаны табиғи сорылуында байқалатын гравитация күші, су мен көмірдің тік кенжардан құлау күші болып табылады.

Эжекторларға эжектордың өзі (ауаны эжекторлаудың арнайы құрылымы) және үлкен эжектрлеуші әрекеті бар гидромониторлық ағын жатады.

9.2. Табиғи тартылыс

Табиғи тартылыс (сорылу) дегеніміз қазбадағы табиғи жағдайдың әсерінен: желден, капежден, ауа тығыздығының айырмашылығынан ауаның қозғалуы. Табиғи тартылыс туғызатын энергияны табиғи тартылыстың депрессиясы дейді. Бұл анықтама табиғи тартылыс зерттеуде негізгі мәселе болып табылады.

Желдеткіш пайда болғанға дейін (кейбір шахталарда қазірде де) табиғи сорылу шахтаны желдетудің жалғыз құралы болды. Қазіргі кезде қауіпсіздік ережесі бойынша шахтаға түсетін ауа қозғалысының бағыты мен шамасының тұрақты еместігінен, оның

шахтыны желдетуге жетімсіздігінен, тек жалғыз табиғи сорылуға негізделген желдетуге тыйым салынады. Солай болса да, кейбір жағдайда шахтаны желдетуде табиғи сорылу айрықша орын алады. Жағдайға қарай табиғи сорылудың депрессиясы бас желдетудегі желдеткіш депрессиясының 20-25% дейін жетуі мүмкін. Бірқатар жағдайда шахтадағы табиғи сорылудың дебиті 6000 м³/мин жеткен жағдайлар да болды.

Табиғи тартылыс желдеткіштің жұмысын қиындатуы да немесе оған көмектесуі де мүмкін. Екі тік қазба ρ_1 және ρ_2 тығыздықтағы ауамен толтырылған бітеу далдамен бөлінген болсын (9.10-сурет) және $\rho_1 > \rho_2$ дейік. Бөліп тұрған далдаға түсетін аэростатикалық қысымды табайық. 1-оқпан жағынан далдаға түсетін қысым $p_0 + g\rho_1 H$ тең (p_0 – атмосфералық қысым, g – еркін түсу үдеуі, H – оқпанның тереңдігі). 2-оқпан жағынан қысым $p_0 + g\rho_2$ тең. Қысымдар айырмасы $g(\rho_1 - \rho_2)H$ тең. Егер бөліп тұрған далданы алып тастасақ, онда қарастырылып отырған қазбадағы ауа, қысымдар айырмасының әсерінен қозғалысқа келеді, яғни оның депрессиясы $h_g = g(\rho_1 - \rho_2)H$ түрде өрнектеліп, табиғи тартылыс пайда болады.

Олай болса, табиғи тартылыстың көзі, ол екі тік не көлбеу қазбаның қысымдарының айырмасы болады. Табиғи тартылыс бір қазбаның ішінде де, ауа ағыны қабаттасуынан, тығыздықтар айырмасы болса да орын алуы мүмкін. Мысалы, қыста тік оқпанды өтуде қабырғадағы ауа қабаты тау жынысының жылуымен қызады да, оның тығыздығы, оқпанның орталық бөлігіндегі ауаның тығыздығынан кем болады. Осының нәтижесінде қабырғаға жақын ауаның жоғары көтерілу тенденциясы болады. Жергілікті желдетудегі желдеткіштің жұмысында, күшті капежде осыған кері құбылыс байқалуы да мүмкін. Оқпан сағасының әртүрлі биіктігін белгілеуде, ауа бағанының бірдей биіктіктерінің қысымын салыстыру қажет. Сонымен, 9.10 б-суреттегі көрсетілген сұлбада табиғи сорылудың депрессиясы мынадай түрде өрнектеледі,

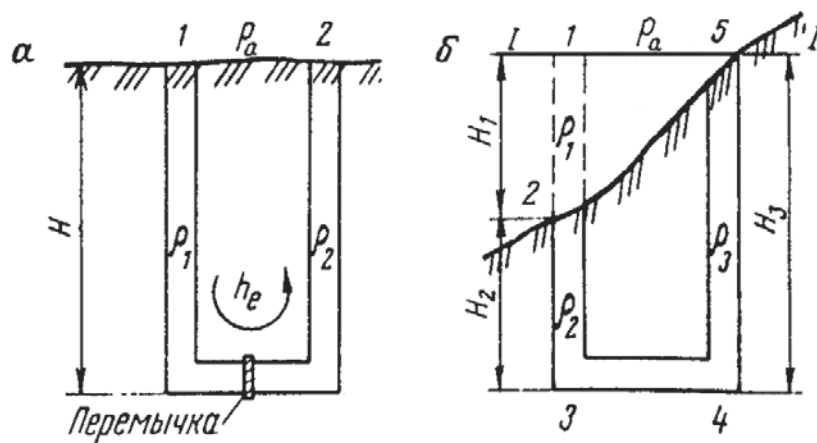
$$h_g = g(\rho_1 H_1 + \rho_2 H_2 + \rho_3 H_3).$$

Мұнан табиғи тартылыс, егер екі қатынасатын тік оқпандағы ауаның орташа тығыздығы әртүрлі болған жағдайда ғана орын

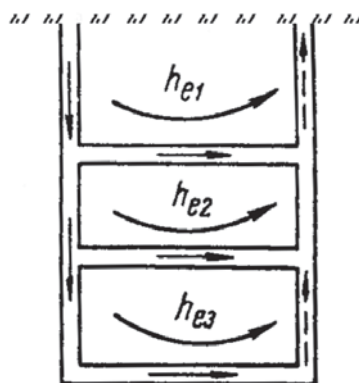
алатыны шығады. Мұнда ауа қозғалысы, ауа тығыздығы үлкен оқпаннан ауа тығыздығы аз оқпанға қарай жүреді. Мұндай бағыт табиғи тартылыстың депрессиясында орнықты келеді. Шахтадағы тік немесе көлбеу қазбаның бірнеше горизонтпен бір мезгілде өзара жалғастырылуы жиі кездесетін жағдай (9.11-сурет).

Мұндай жағдайда әрбір горизонтта, берілген горизонттан жоғары орналасқан учаскедегі ауа тығыздығымен анықталатын өзінің табиғи тартылысы болады.

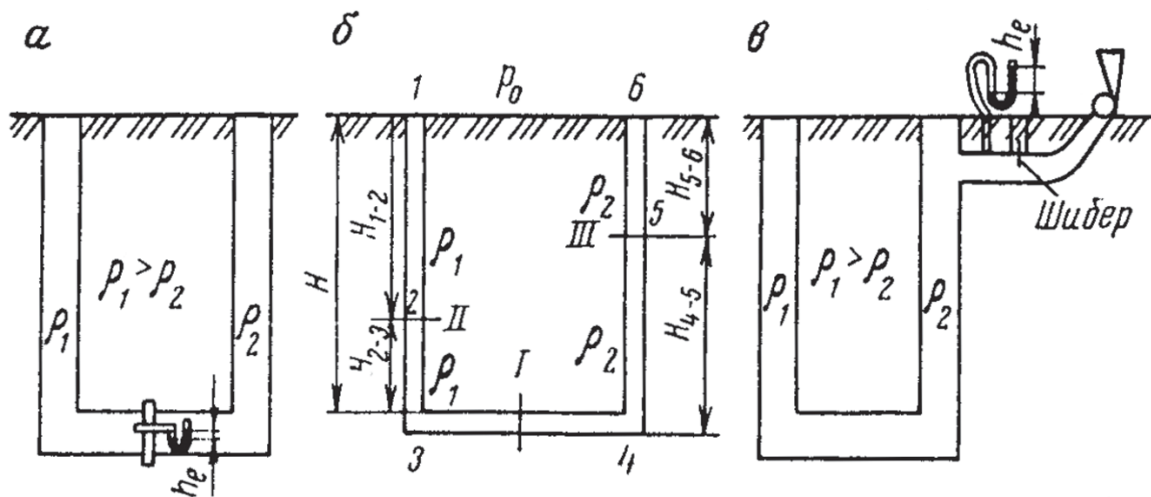
Табиғи тартылыстың пайда болу ерекшелігі, гидростатикалық қысым айырмасының энергиясы ауа ағынының қандай да бір нүктесіне емес, оның бүкіл ұзына бойына берілуі. Нәтижесінде табиғи тартылыстың депрессиясын ағынның кез келген орнынан өлшеуге болмайды. Бұл жағынан қарағанда, оның әрекеті, депрессиясы $h = \frac{h_e}{n}$ болатын (n – желдеткіш саны) көптеген ұсақ желдеткіштердің әрекетіне ұқсас келеді.



9.1-сурет. (а) бірдей биіктікте және әртүрлі биіктіктегі (б) екі оқпанда табиғи тартылыстың депрессиясын анықтайтын сұлба.



9.2-сурет. Бірнеше қабаттарда жалғастырылған қазбалардың табиғи тартылыс депрессиясын анықтайтын сұлба.



9.3-сурет. Өзара жалғастырылған қазбалардағы табиғи тартылыстың депрессиясын далданы қолдану арқылы өлшеу сұлбасы

Желдеткіш санының шектеусіз өсуін елестетейік, (яғни, олардың өзара қашықтықтағы шектеусіз кішірею кезінде) әрбір желдеткіш депрессиясы нөлге ұмтылады, қазба қысымы желдеткіштің жұмысы кезінде, атмосфералық қысымнан өзгешелігі болмай қалады, өйткені ондағы ауаның алатын энергиясы ағында жинақталмайды, бірден ауа қозғалысының кедергісін жеңуге жұмсалады. Осыған ұқсас құбылыс табиғи тартылыс кезінде де орын алады.

Табиғи тартылыстың депрессиясын өлшеу. Шахтадағы табиғи тартылыстың депрессиясына өлшеу жүргізуге болады. Оны өлшеудің бірнеше әдістері бар.

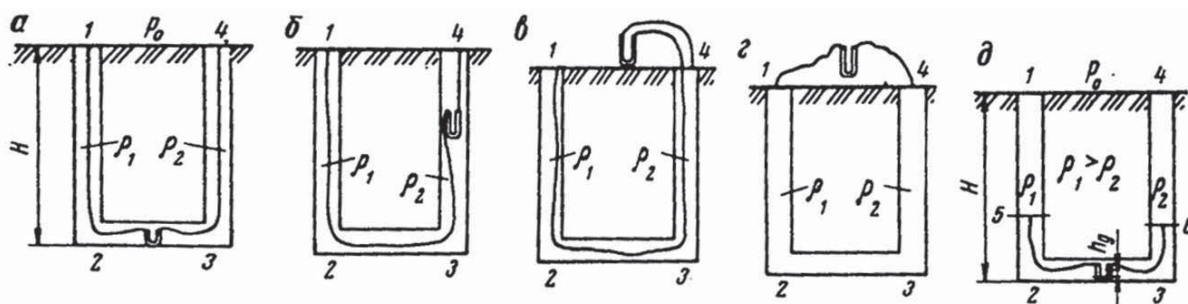
Егер, бір-бірімен өзара байланысқан қазбаны бөлетін далданың екі жағына депрессиометрді орнатып қосатын болсақ, онда ол табиғи сорылудың депрессиясын (9.12 а-сурет) өлшейді. Мұнда далданың қазбалар жүйесінде орналасуы маңызды емес. Сонымен I жағдайдағы (9.12 б-суретте) далданың орналасуы кезінде табиғи тартылыстың депрессиясы келесі түрде өрнектеледі,

$$h_{el} = g (\rho_1 - \rho_2) H.$$

Далданың II жағдайдағы орналасуында, оның жоғарғы бетіндегі қысым $p_0 + g\rho_2 H - g\rho_1 H_{1-2}$ тең төменгі бетіндегі қысым $p_0 + g\rho_2 H - g\rho_1 H_{2-3}$ тең. Осылайша, қысымдар айырмасы тең болады:

$$h_{eII} = (p_0 + g\rho_1 H_{1-2}) - (p_0 + g\rho_2 H - g\rho_1 H_{2-3}) = g(\rho_1 - \rho_2)H$$

Егер табиғи тартылыстың бағыты, желдеткіш әрекетімен бағыт-тас болса, онда оның депрессиясы келесі әдіспен өлшенеді. Желдету оқпанының сағасы ашылады, желдеткіш реверстеледі, мұнан соң оқпанның сағасы жабылады. Оқпанның сағасын жабатын қақпақтың аралығындағы ауа қозғалысы тиылады, желдеткіш депрессиясы желдетілген оқпанның осы сағасымен, ауа түсетін оқпан сағасына дейінгі учаскедегі табиғи тартылыстың депрессиясына тең болады.



9.4-сурет. Далдасыз табиғи тартылыс депрессиясының өзгеру сұлбасы

Сондықтан табиғи тартылыстың депрессиясын оқпан сағасындағы ауа қысымының айырмасын өлшеу жолымен де анықтауға болады (яғни, жартылай жабық қақпақпен желдеткіш оқпан сағасындағы кеңістікке депрессиометрдің бір иінін жалғап, екінші иінін атмосфераға ашық қолдану жолымен) болады. Мұнда депрессиометр желдетіс торабының кез келген жеріне орнатылады: (мысалы, 2-3 қазбада (9.13-сурет) оның иіні шлангімен оқпан сағасымен жалғастырылады. Егер оқпандағы ауа тығыздығы мен онда орнатылған шлангының тығыздығы бірдей болса, онда депрессиометр табиғи тартылысты есептейді, яғни:

$$h_e = (p_0 + g\rho_1 H) - (p_0 + g\rho_2 H) = g(\rho_1 - \rho_2)H$$

Депрессиометрді қазбаның кез келген жеріне орнатуға болады. Мұнда оны жалғайтын шланга оқпанын бір сағасынан келесі оқ-

пан сағасына қазбаның бүкіл ұзына бойына жүргізілуі қажет. Сонымен табиғи тартылыстың 9.13 а, б, в-суретте көрсетілген жағдайдағы шамасын депрессиомермен өлшеуге болады. 9.13 г-суреттегі көрсетілген сұлбамен өлшесек депрессиомер нөлді көрсетеді, өйткені оның қос шлангысының биіктігі, шланганың ашық жағындағы атмосфералық қысым мен ауаның тығыздығы бірдей. Егер депрессиомер шлангысын қазбаның бір бөлігіне ғана жүргізсек, онда депрессиомер қазбамен жүретін ауа қозғалысында табиғи тартылысты біршама қателікпен көрсетеді.

Сонымен сұлба бойынша (9.13 д-сурет) депрессиомердің сол иініндегі қысым Бернуллі теңдеуі бойынша $p_0 + g\rho_1 H - R_1 Q_2^2$, оң жақтағы иіндегі қысым $p_0 + g\rho_2 H - R_2 Q_2^2$, (депрессиомердің иініндегі сұйыққа түсетін иінмен жалғасқан түтікшедегі оқпан ауасының қысымы мен түтікшенің ашық жағындағы оқпан ауасының қысымына тең).

Депрессиомердің көрсетуі қысымдардың айырмасына тең, яғни:

$$h_d = g (\rho_1 - \rho_2) H - (R_1 - R_2) Q^2$$

мұнда, R_1 және R_2 – оқпанның тиісінше, 1-5 және 4-6 учаскесіндегі кедергілері; Q – ауа шығыны.

Бұл жағдайда тек $Q = 0$ болғанда, h_d, h_e тең болады. Бұған ағынды толық жабатын далданы орнату арқылы қол жеткізуге болады. Өлшенетін табиғи тартылыс депрессияның қателігі Q -мен шлангы жоқ жердегі желдетіс торабының учаске ұзындығы аз болған сайын кеми түседі.

Табиғи тартылыс депрессиясын баромермен, атмосфералық қысымды биіктік таңбаланған нүктеде де өлшейді. Депрессияны қысым айырмасы есебінде оқпанның төменгі бөлігіне түсетін не шығатын, ауа қысымын өлшеумен анықтайды. Бірақ баромермен депрессияны өлшеуде елеулі нүктеге қозғалысында 2 және 3 нүктеде (9.13 а-суретті қараңыз) жүргізілсе, онда өлшенетін қысым Бернуллі заңы бойынша былай өрнектеледі:

$$p_2 = p_1 + g \rho_1 H - R_1 Q^2$$

$$p_3 = p_4 + g \rho_2 H + R_3 Q^2$$

мұнда, R_1 және R_3 – оқпанның 1 – 2 және 3 – 4-дегі сәйкес кедергісі; Q – ауа шығыны. Сонда 2 және 3-нүктедегі барометрмен өлшенетін қысымдар айырмасы мына түрде өрнектеледі:

$$\Delta p = p_2 - p_3 = (p_1 - p_4) + g (p_1 - p_2) H - (R_1 - R_3) Q =$$

$$= h_e + (p_1 - p_4) - h_{CT}$$

мұнда, h_{CT} – оқпанның 1-2 және 3-4 дегі қосынды депрессиясы. Тоқтатылған желдеткіште $p_1 = p_4$ болатындықтан,

$$\Delta p = h_e - h_{CT}$$

тең болады.

Егер сору желдеткіші 4-нүктеде орнатылса, онда $p_1 = p_0$ және $p_1 = p_0 - h_e$ демек,

$$\Delta p = h_e + (p_1 - p_4) - h_{CT} = h_e + h_B - h_{CT} = h_e + h_{2-3}$$

мұнда, h_{2-3} учаскесіндегі депрессия.

Осыған ұқсас нәтижені 1 нүктеге айдама желдеткішті орнатып та алуға болады. Сондай-ақ, табиғи тартылыс депрессиясы мына өрнекпен де анықтауға болады,

$$\left. \begin{aligned} h_B \pm h_e &= RQ_0^2 \\ h_e &= RQ_1^2 \end{aligned} \right\} \quad (9.16)$$

мұнда, h_B – желдеткіш депрессиясы (ашық шеңбердегі депрессиямен өлшеген); $R - H$ шахта кедергісі, c^2/m^3 ; Q – ауа шығыны (табиғи сорылу мен желдеткіш біріккен әрекетінен шахтаға түсетін ауа), m^3/c ; Q_0 – ауа шығыны (табиғи тартылыс депрессиясын әсерімен шахтаға түсетін және Q_0 шамасы жұмыс істеп тұрған желдеткіште өлшенеді, ал Q_1 ауа шығыны – тоқтатылған желдеткіште, m^3/c ;

(9.16) өрнегінен белгісіз R және h_e табады. Бұл шешім h_e нің Q -ға тәуелсіздігін көрсетеді. Соңғыны сақтау қиын, өйткені тоқтатылған желдеткіштің өзі қосымша кедергі келтіреді, белгілі дәрежеде кедергі ұлғаюын есікті ашу мен желдетілген оқпандағы қақпақпен теңестіруге болады. h_e шамасын желдеткіштің екі режиміндегі жұмысында h_e мен Q өлшеу арқылы анықтауға болады. Сонда (9.16) өрнегі мына түрге келеді,

$$\begin{aligned} h_{e1} \pm h_e &= RQ_{01}^2 \\ h_{e2} \pm h_e &= RQ_{02}^2 \end{aligned}$$

мұндағы, h_{e1} , h_{e2} , h_{01} , h_{02} шамалары өлшенуі тиіс.

Табиғи тартылыстың депрессиясын гидростатикалық әдіспен есептеу. H биіктіктегі оқпан ауасынан бөліп алынған элемент шегіндегі ауа тығыздығы $\rho = const$ (9.14-сурет) болсын. Олай болса d_z биіктігіндегі гидростатикалық қысымның өсуі мына түрде өрнектеледі,

$$dp = g\rho dz \quad (9.17)$$

Мәселе p_h қысымын анықтауға немесе H тереңдіктегі шекаралас жағдайдағы Δp қысым өсімін шешуге келіп тіреледі:

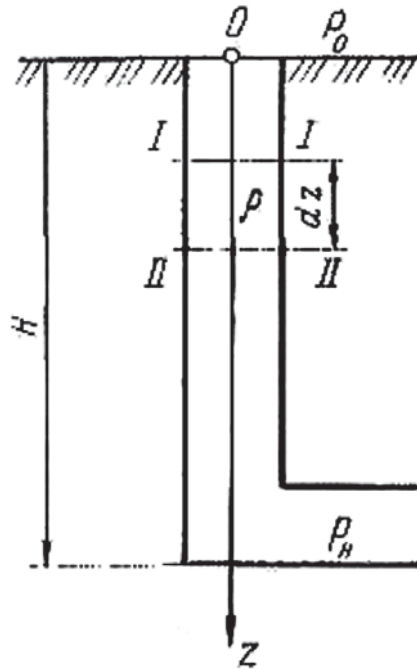
$$z = 0; p = p_0; z = H; p = p_H$$

(9.17) теңдеуін шешу үшін $p(z)$ немесе $\rho(p)$ тәуелділігін білу қажет. $\rho(p)$ тәуелділігін анықтау үшін газды күйдің теңдеуі қолданылады,

$$pV = R_2 T \quad (9.18)$$

мұнда, V – ауаның меншікті көлемі, м³/кг; R_2 – газ тұрақтысы, құрғақ ауа үшін 287 Дж/(кг·К); T – абсолюттік температура, К,

$$V = \frac{1}{\rho}$$



9.14-сурет. Қысымның өсуін өлшеуге арналған сұлба.

(9.17) өрнек (9.18) арқылы мына түрге келеді,

$$\frac{dp}{p} = \frac{gdz}{R_{\Gamma}T} \quad (9.19)$$

(9.19) өрнегіндегі T -ны T_0 -ге біршама жуықтап ауыстыра отырып (ауаның орташа температурасы $z = 0$ – ден $z = H$ шегінде) p_0 -ден p_H -қа дейін және 0 – ден H -қа дейін интегралдап аламыз,

$$\ln\left(\frac{p_H}{p_0}\right) = \frac{gH}{R_{\Gamma}T_{CP}}$$

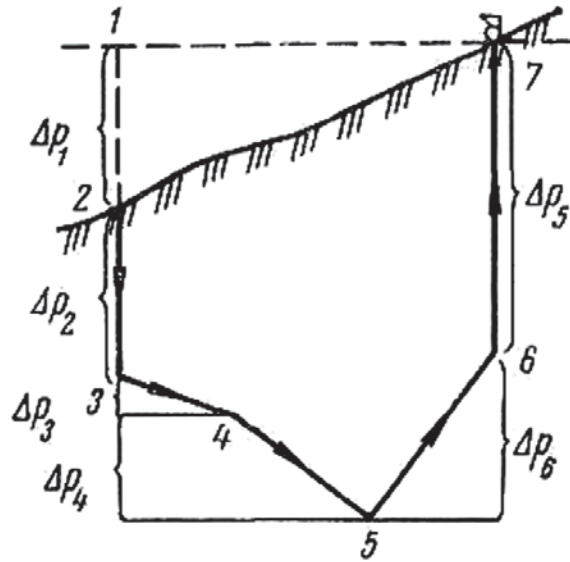
мұнан,

$$p_H = p_0 \exp\left(\frac{gH}{R_{\Gamma}T_{CP}}\right) \quad (9.20)$$

Сонда қысымның өсімшесі мына түрде,

$$\Delta p = p_H - p_0 = p_0 \left[\exp\left(\frac{gH}{R_{\Gamma}T_{CP}}\right) - 1 \right] \quad (9.21)$$

жазылады.



9.6-сурет. Табиғи тартылысты гидростатикалық тәсілмен анықтауға арналған сұлба.

Есептеу үшін (9.20) формуладан H биіктіктің қатынасын оқпан ауасының бірдей атмосфералық қысымдағы деңгейден бастап өлшенетін төменгі бөлігінің қысымын анықтау қажет. (9.6-сурет деңгей 1-7).

9.4-суреттегі көрсетілген сұлба үшін,

$$h_e = p_{H2} - p_{H3}$$

мұнда, p_{H2}, p_{H3} – 2, 3-нүктелеріндегі тиісті қысым.

(9.21) теңдеуден,

$$h_e = \Delta p_1 - \Delta p_2 \tag{9.22}$$

мұнда, p – қысым өсуінің оқпанның 1-2 және 3-4 аралығы үшін тиесілі өсімшелер (9.4-суретке қараңыз).

(9.22) теңдеуден табиғи сорылудың депрессиясы екі оқпан ауасының қысым өсімшелерінің айырмасына тең болатындығы көреміз.

9.6-суреттегі көрсетілген сұлба үшін:

$$h_e = (\Delta p_1 + \Delta p_2 + \Delta p_3 + \Delta p_4) - (\Delta p_5 - \Delta p_6)$$

Өсімшені есептеуді оқпанның әр ауасы үшін жеке жүргізеді 1 – 2 – 3 – 4 – 5 пен 7 – 6 – 5 бағаны үшін өсімше жеке есептеледі. (9.21) формуласымен Δp -ді есептеуге p_0 мәнін 1-7 деңгейінде алады; Δp -ні есептеу кезінде (9.21) формулаға p_0 -дің орнына қояды; Δp -ті есептеуде (9.21) формуладағы P_0 -дің орнына $p_0 + \Delta p$ қояды. Δp -ті есептеу кезінде p_0 -дің орнына қояды, т.с.с. (плюс таңбасы айдау желдеткіші жұмысында, минус таңбасы сору желдеткішінің жұмысында қойылады).

Келтірілген формулалар келесі жіктелуді қолданып қысқартылады:

$$\exp\left(\frac{gH}{R_{\Gamma}T_{CP}}\right) = 1 + \frac{1}{1!}\left(\frac{gH}{R_{\Gamma}T_{CP}}\right) + \frac{1}{2!}\left(\frac{gH}{R_{\Gamma}T_{CP}}\right)^2 + \dots + \frac{1}{n!}\left(\frac{gH}{R_{\Gamma}T_{CP}}\right)^n$$

Жіктелудің алғашқы екі мүшесімен шектеліп, аламыз,

$$\Delta p = \frac{gp_0H}{R_{\Gamma}T_{CP}} \quad (9.23)$$

(9.22) теңдеуін ескеріп, табамыз:

$$\begin{aligned} \Delta p &= g \left(\frac{\rho_0 H}{R_{\Gamma}T_{CP1}} - \frac{\rho_0 H}{R_{\Gamma}T_{CP2}} \right) = g\rho_0 H \left(\frac{1}{R_{\Gamma}T_{CP1}} - \frac{1}{R_{\Gamma}T_{CP2}} \right) = \\ &= g\rho_0 H (\alpha_1 - \alpha_2) \end{aligned} \quad (9.24)$$

теңдеуін аламыз.

α -ның мәні ауаның температурасына тәуелді болады да, мына көрсеткіштермен сипатталады:

t, °C	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0
$\alpha \cdot 10^1$	1.40	1.37	1.34	1.32	1.29	1.27	1.24

t, °C	5	10	15	20	25	30
$\alpha \cdot 10^1$	1.22	1.20	1.18	1.16	1.14	1.12

(9.24) формуласы бойынша есептеліп, табылған h_e -нің $H > 100$ м кезіндегі мәнін, түзету көбейткішіне $(1 + H/10\ 000)$ көбейту қажет.

Табиғи тартылыс депрессиясын есептеу үшін түсетін және шығарылатын ауа температурасының орташа мәнін анықтау қажет (бұл шамамен оқпандағы жоғарғы және төменгі ауа бағаны бөлігінің температураларының арифметикалық орташа мәніне тең).

Ауа оқпанға түсетін жоғары бөлігінің ауа температурасы не жер бетінің температурасына, не калорифердің жұмысынан болатын температураға тең (соңғы жағдайда ол 2°C -ден төмен болмау керек). Ауа түсетін оқпанның, оқпан төңірегіндегі орташа айлық температурасы $^\circ\text{C}$, ол А. Н. Щербанның жуықтау формуласымен анықталады:

$$t = -19,6 + \sqrt{k_{B.G} + \frac{H}{3,42}}$$

мұнда, $k_{B.G}$ – жыл мезгіліне тәуелді коэффициент; H – оқпанның тереңдігі.

Донбасс жағдайында $k_{B.G}$ коэффициенті төмендегі мәндерге тең:

Қаңтар.....	432
Мамыр, қыркүйек.....	1187
Ақпан, желтоқсан.....	486
Маусым, тамыз.....	1392
Наурыз, қараша.....	648
Шілде.....	1470
Сәуір, қазан.....	907

Донбасс жағдайы үшін, ауаның оқпанмен төмен түсуі кезінде оның температурасын әрбір 100 метр сайын жазда $0,4^\circ\text{C}$ - $0,5^\circ\text{C}$, ал қыста 1°C -ге көтеріліп отырылады деп алуға болады.

Лавадағы ауаның төменгі бөлігінде, жыныстың алғашқы температурасынан осы бөліктегі температура жазда $2\text{--}3^\circ\text{C}$, қыста $4\text{--}5^\circ\text{C}$ кем болады. Оқпан желдеткішінің оқпан маңы алаңындағы ауа температурасын, оқпан маңы алаңындағы жыныс қатарының

алғашқы температурасынан 1-2°C-ге кем деп алуға болады (суық ауаның көп сорылуы ол ауа түсетін оқпан аймағынан – жазда 2-5, қыста 5-10°C кем).

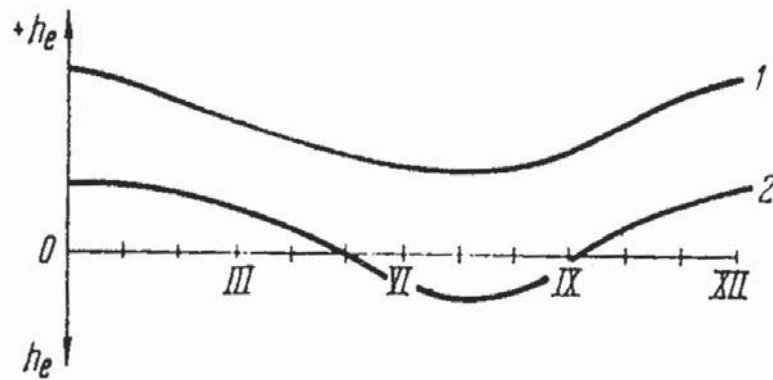
Желдетілген оқпанның жоғарғы бөлігіндегі ауа температурасын ауаның көтерілу кезіндегі әр 100 м сайын ұлғаюынан орташа 0,4-0,5°C кемитін шартпен де анықтауға болады.

Табиғи тартылысқа әсер ететін факторлар.

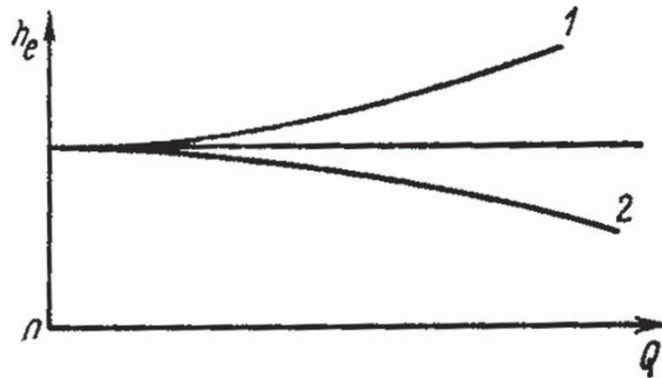
Қазбадағы ауа температурасы оның тығыздығын анықтайтын негізгі фактордың бірі. Мұнда тау-кен жынысы мен ауаның жылу алмасу процесі негізгі рөл атқарады. Аз мөлшердегі әсер ауаның сығылуы (шахтаға түсу кезінде) есебінен температура өзгеруі тотығу процесінде орын алады. Табиғи тартылысқа жер бетіндегі ауаның айрықша әсері болады. Бұған едәуір дәрежеде оқпанға түсетін ауамен іргелес қазбадағы ауа температурасының әсері бар (калорифер жоқ кезде). Кірер жердегі ауа температурасы жыл бойы салыстырмалы тұрақты. Жазда сырттағы ауа температурасының өсуімен ауа түсетін оқпандағы оның тығыздығы кемиді. Бұл өз кезегінде кірерліктегі ауа ағуы тығыздығының түсерліктегі ағуға қарағанда депрессиясының кеміп, табиғи сорылуын тудырады (9.16-сурет). Жылдың суық кезінде кері құбылыс байқалады. Мұндай өзгерістер континентальды климат ауданында тәулік бойына да, сондай-ақ тау-тасты жерлерде де болады.

Кедір-бұдырлы аудандағы табиғи тартылыстың өзгеруі, шахтаға әртүрлі кірілімдерден тұратын оқпанның ауа температурасының өзгеруінен немесе сыртқы беттің шахтаға кірімі мен жер астындағы қазбаның оқпанға қатынасуында болады. Ауаның температурасы жүздеген градусқа жететін жер асты өрті кезінде, алапат қуатты депрессия пайда болып, оның әсері желдеткіш жұмысына қарсы бағытталған жағдайда, қазбадан өтетін ауа мөлшері едәуір кемиді, тіпті желдету ағынын аударып жіберуде мүмкін.

Ауаның қысымы табиғи сорылымның депрессиясына ерекше әсер етеді. Себебі ауаның тығыздығы оның қысымына тәуелді. Шахтадағы атмосфералық қысым мен табиғи тартылыс депрессиясы жербетіндегі ауаның қысымы мен қазба тереңдігіне байланысты.



9.7-сурет. Табиғи тартылыс h_e депрессиясының уақыт бойынша өзгеруі графигі (III, VI, IX, XII - айлардың реттік нөмері):
 1 – депрессияның шамасы бойынша өзгеруі; 2 – бұл да сол, шамасы мен бағыты бойынша.



9.8-сурет. Табиғи тартылыстың аэродинамикалық сипаттамасы:
 1 – қысқы кезең; 2 – жазғы кезең.

Жербетіндегі ауа қысымының салыстырмалы аз ғана (орташа 3%) тербелуі табиғи тартылыс депрессиясына ерекше әсер ете қоймайды.

Табиғи тартылыстың депрессиясы шахтаның тереңдігі өзгеруіне байланысты экспоненциалды түрде өзгереді. Терең шахтадағы ауа температурасының жоғарылығынан кірер ағынның табиғи тартылу депрессиясы әдетте, желдеткіштің жұмыс бағытымен үйлеседі (оң болады).

Шахта ауасының құрамының оның тығыздылығына әсері бар. Сондықтан, метан мөлшерімен басқа жеңіл газдар, су буының кө-

беюі ауаның тығыздығын кемітеді. Дегенмен, шахта жағдайындағы бұл факторлардың сандық әсері онша үлкен емес.

Желдеткіш жұмысының табиғи тартылыстың депрессиясына әсері елеусіз (бірнеше пайыз шегінде).

Ауа шығынына байланысты оның депрессияға тәуелділігінің графигі – табиғи сорылудың сипаттамасы. Себебі, қыста ауа шығынының өсуіне байланысты ауа беретін оқпанда ауа температурасының кемуі де, ауаның тығыздығы да артады. Табиғи тартылыстың депрессиясы да біршама өседі. Жазда кері құбылыс болады. Сондықтан табиғи тартылыстың сипаттамасы жыл мезгіліне сай өзгеріп отырады. (9.7-сурет). Бірақ көп жағдайда бұл өзгеріс елеусіз болады, қыс пен жаз да бұл өзінің сипаты жағынан бір-біріне қарама-қарсы. Сондықтан табиғи тартылыстың сипатын аздаған қателіктермен тұрақты деп алады, яғни ауа шығынына тәуелсіз (9.8-суретті қараңыз).

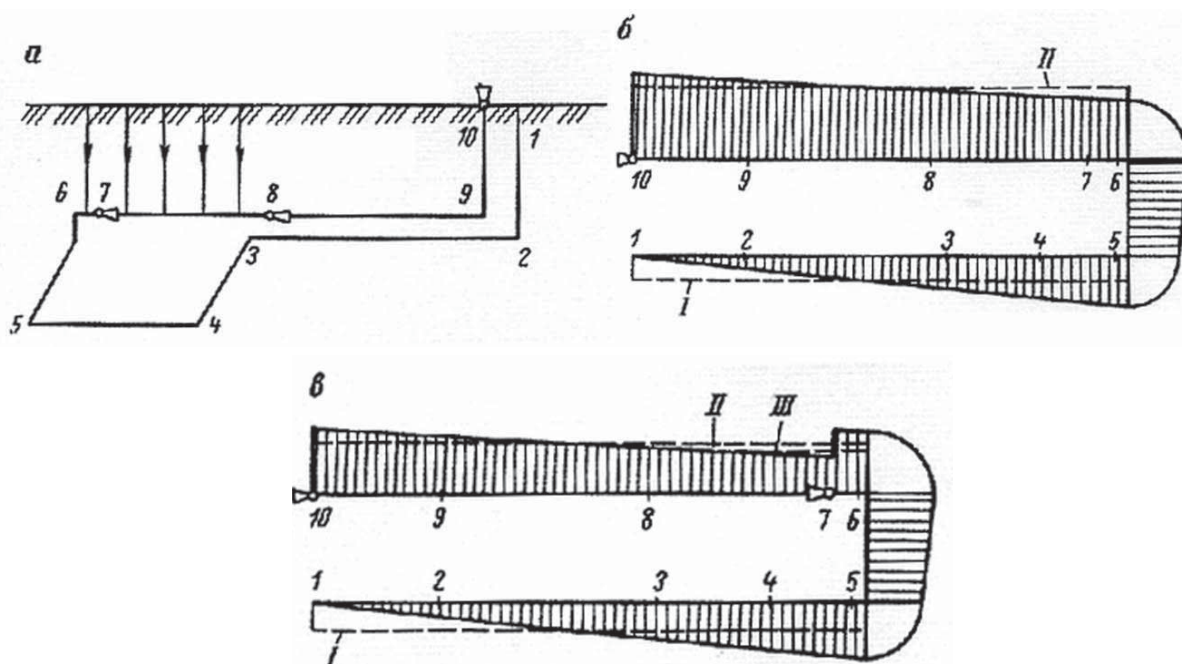
§10. Жерастылық қосалқы желдеткіштің жұмысы

10.1. Жалпы түсінік

Жерастылық қосалқы желдеткіш шахтаға түсетін ауа шығынын ұлғайтуға, желдету торабының тармағындағы ауа таралымын реттеуге, ауаның жоғалуын төмендетуге арналған. Көптеген жағдайда қосалқы жерастылық желдеткіштің дебиті 1500 м^3 , ал депрессиясы 1000 Па аспайды.

Шахтаға түсетін ауа шығынын ұлғайту мақсатында қосалқы желдеткіштен максимум эффект алу үшін, оны желдету ағыны максимум энергия жоғалтатын учаскіге, яғни максимум депрессиялы учаскеге орналастыру қажет. Әдеттегідей, бұл ауаның негізгі көлемі өтетін (квершлаг, штрек, т.б.) қазба. Қазбадағы негізгі желдету магистралынан қашық орнатылған қуатты қосалқы желдеткіш, желдеткішке жақын орналасқан контурда ағыстың теріс айналуын туғызатындықтан ауа қозғалысының бағыты өзгертуі мүмкін.

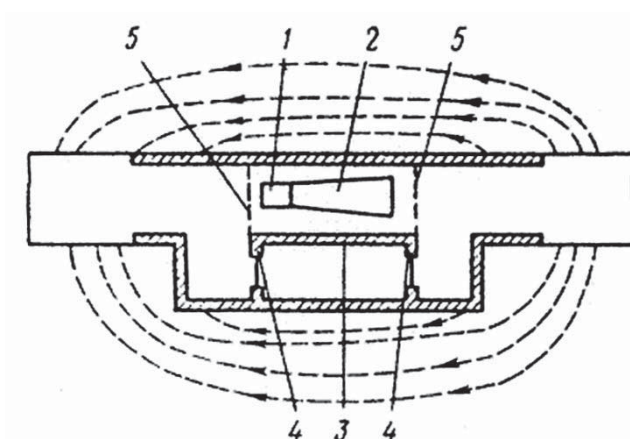
Торaptaғы ауаның таралуын реттеу үшін, ауа шығынын көтеруді қажет ететін ағысқа қосалқы желдеткішті орнатады.



10.1-сурет. Жерасты қазбаларының сұлбасы (а) мен қысым эпюралары.

Бас желдету мен қосалқы желдеткіштің бірлескен жұмысында желдеткіш орнатылған орынға ағындағы энергия ығысатындықтан да ағынның қандай да жеке бір жерінде жоғарғы энергия шоғырлануын кемітуге мүмкіндік береді. Нәтижесінде, жербетімен қазба арасындағы, сондай-ақ шахта ішілік қазбадағы депрессия кемиді, бұл сыртқы және ішкі ауанын жоғалуын кемітеді.

Сонымен қосалқы желдеткішті 7, 8-нүктеге (10.1-сурет) орнатқан жағдайда желдету қабатындағы орташа сиреу айрықша кемиді. Мұның нәтижесінде тасымалдаушы 2 – 3 – 4 – 5 және желдетуші 6 – 7 – 8 – 9 деңгей жиектер арасының депрессиясы азайып, ішкі ауаның жоғалуы кемиді. Мұның үстіне 6 – 8 учаскедегі сиретудің айрықша азаюынан, жер бетінен ауа сорылу кемиді мұның өздігінен от алуға бейім шахта қабатының жұмысына маңызы ерекше, өйткені ауаның жоғалымы кемиді. Өрт болу ықтималдығын азайтады. Қосалқы желдеткішті дұрыс таңдамау қазбадағы ауа айналымын бұзуы мүмкін (10.2-суретті қараңыз).



10.2-сурет. Жерасты желдеткішін орнату сұлбасы.

7 – 8 учаскедегі қысым атмосфералық қысымнан артады, ал 3 – 4 – 5 – 6 – 7 учаскеде сиреу орын алады. Егер қазба арасындағы оқшаулаушы 7 – 8 учаскеде ауа өткізетін болса, онда ауаның қашуы шығарылатын ағудан жаңа ауаға жүретін болуы. Мұның нәтижесінде шығарылатын ауа жер бетіне толық аударылуының орнына, оның бөлігі 3 – 4 – 5 – 6 – 7 – 8 контуры бойынша айналым жасайды. Бір көлем ауаның тұйық жол бойымен айналым жасай беруін қайта айналу деп атайды.

Соңғыны болдырмау үшін қосалқы желдеткішті шығарылатын ағысқа мүмкіндігінше кенжардан қашығырақ жеріне немесе қазбаның қол тимеген қабатына қойылады. Жерастылық қазбада орнатылатын желдеткіш қондырғының кемшілігі, оның аса қажет сәтінде жер астындағы шаң мен газ қопарылу кезінде бүліну мүмкіндігі. Газ шахталарында қосалқы желдеткіштің істен шығуы, қазбаның газдануынан газға қауіпті (соның ішінде оның өзі тұрған орын үшін де) болып желдеткішті жөндеу мен іске қосуды қиындатады. Учаскеде өрт болғанда тіпті, оған бару мүмкін болмайды.

Арнайы арнаның болмауынан желдеткішті реверстеу, оның дөңгелегінің айналу бағытын өзгерту мен жүзеге асырылады. Бұл жағдайда желдеткіш дебиті бірден төмендейді. Желдеткіштің диффузоры мен сорылуының қысым айырмасын үлкендігінен жыныс жарықшақтарынан ауаның дінгек арқылы ол өзі тұрған орнымен бірге едәуір ауа сыздықтауын тудырады.

Егер бұл кезде желдеткіш жануға бейім көмір дінгегінің арасында орналасса, онда ол өрт ошағына айналуы мүмкін (10.2-сурет). Қуатты желдеткіш орнатылған орындағы ауаның жоғалуы $20\text{ м}^3/\text{с}$ дейін жетуі мүмкін.

Қазба қабырғасының нашар оқшаулануы, сондай-ақ диффузор мен тартылыстың нашар бөлінуі және сорылудағы ауа жоғалуы жерастылық желдеткіштің тиімділігін едәуір төмендетуі мүмкін. Сондықтан қуатты бір желдеткіштен гөрі, бірнеше аз қуатты желдеткіш орнату тиімдірек.

Жерастылық қосалқы желдеткіштер әдетте бас желдеткіштің желдетуімен тізбекті жұмыс жасайды, бұл олардың орнықты жұмыс істеуіне оң әсер етеді.

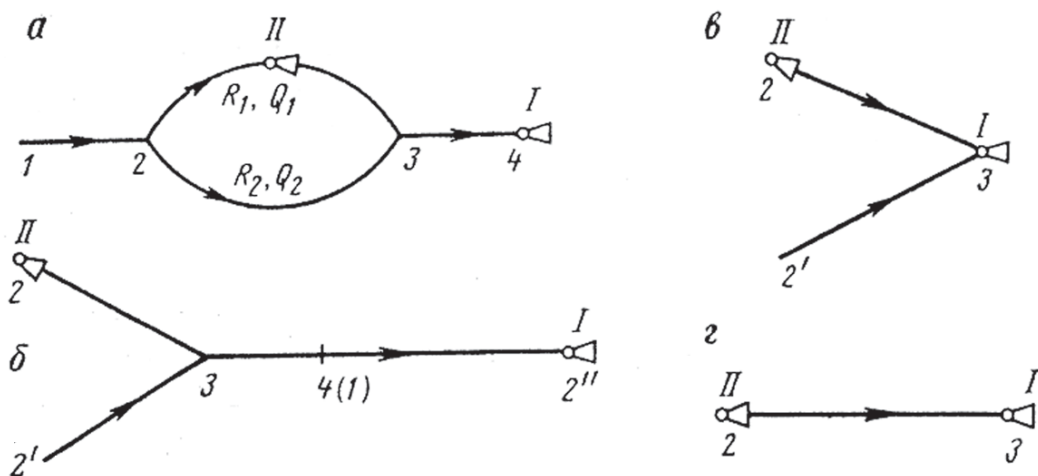
Бірақ, қосалқы желдеткіштің тоқтауы кезінде, бас желдетудің жұмыс режимінде орнықсыздыққа қарай ауытқуы болады, бұл оның орнықсыз болу мүмкіндігін жоққа шығармайды. Бұл кемшілік қосалқы желдеткіш жұмысын толық сенімділікке қоспайды. Бірқатар жағдайда олардың қолданылуы шахтыдағы жұмыс қауіпсіздігін төмендетеді. Сондықтан жер асты қосалқы желдеткіш орнатуға Төтенше жағдайлар министрлігіне қарасты Тау-кен қадағалау комитетінің шешімімен жекелеген жағдайда ғана рұқсат етіледі.

10.2. Бас желдеткішпен жерастылық қосалқы желдеткіштің бірлескен жұмысы

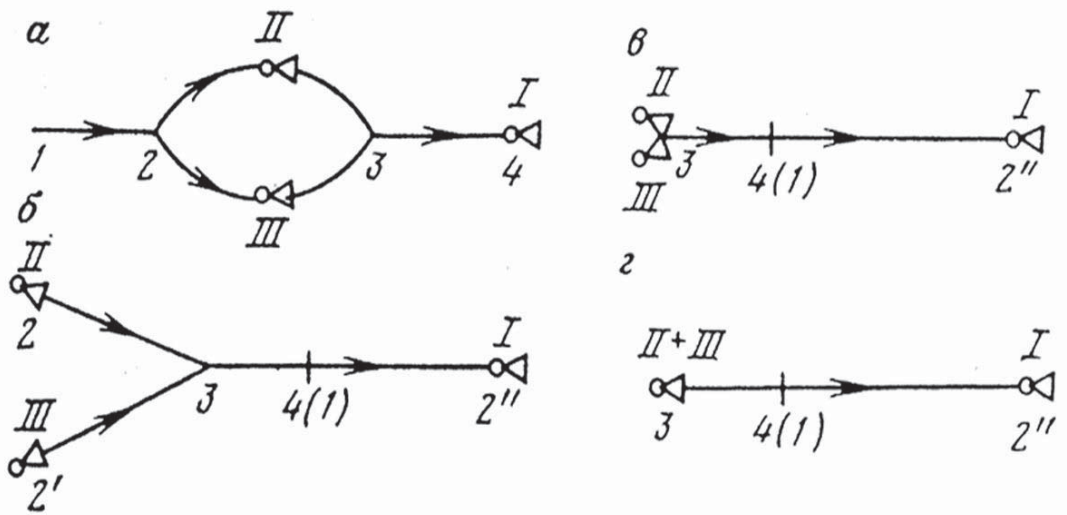
Бас желдеткіштің жұмысы мен қосалқы желдеткіштің 10.3 *а*-суреттегі сұлбасы бойынша бірлесе жұмыс жасауын қарастырайық. I желдеткіштің 1-2 және 3-4 учаскесін біріктірейік, II желдеткішті 2 нүктеге көшірейік, нәтижесінде бұл сұлба 10.3 *б*-суреттегі түрге келеді. Екі сұлбада аэродинамикалық тепе тең, яғни олардың тораптағы сәйкес тармақтарының желдету режимі бірдей. I желдеткіштің сипаттамасы 3-нүктеге әкелейік. Нәтижесінде сұлба 10.3 *в*-суретте көрсетілген түрге келеді. Мұнан соң I желдеткіштің 3 нүктеге әкелінген сипаттамасын 1-3 параллель учаскесінің сипаттамасына шегерейік. I желдеткіштің дебиты 2-3, 2'-3 дебиттерінің қосындысына тең болатындықтан шегерудің нәтижесінде сұлбадан 2'-3 учаскесі жойылады. Соңында алғашқы сұлбасы екі желдеткіштің 10.3 *г*-суретте көрсетілген тізбекті сұлбасына келтіріледі.

Қосалқы желдеткішті параллель қосылған желдеткіштердің бір тармағына оның көрші тармағының желдету бағытын өзгертпейтіндей етіп орнатады (R_2 , тармағындағы 10.3 *а*-суретті қараңыз).

Параллель жалғаудағы қажет етілетін ауа шығыны кезінде, депрессиясы үлкен болатын торапқа қосалқы желдеткішті орнатады. Бұл кезде I желдеткіштің (бас желдетудегі) депрессиясы параллель жалғаудағы оның кіші мәніне тең депрессия жасайды, яғни депрессия $R_2 Q_2^2$ тең.



10.3-сурет. Бас желдеткіш және жерастындағы қосалқы желдеткіштің бірлесе жұмыс істеу сұлбасы.



10.4-сурет. Бас желдету желдеткіші мен екі жерастылық қосалқы желдеткіштің біріккен жұмысының сұлбасы.

I желдеткіштің мұндай режимде R_2 тармағына қажетті Q_2 шығын ауа түседі. Бірақ R_1 тармақ үшін R_2 Q_2^2 депрессиясында, онымен қажетті Q_1 ауа шығыны өтуіне жетімсіз, өйткені R_1 тармақтағы есептелген $R_1 Q_1^2$ тең депрессия $R_2 Q_2^2$ депрессиясынан үлкен. R_1 тармақтағы Q_1 ауа шығыны кезіндегі энергия жетімсіздігі қосалқы желдеткіштің энергиясымен толығыады, қосалқы желдеткішті орнатқаннан кейін параллел тармақтардың депрессиясы бірдей болуы керек. Қарастырылатын сұлбаға қолдануға болады (қараңыз 10.3 а-сурет) мұның мәні,

$$R_1 Q_1^2 = h_{II} + R_2 Q_2^2$$

мұнда, h_{II} – желдеткіш орнатылған тармақтың есептелген депрессиясы.

Бұл өрнектен, аламыз:

$$R_2 Q_2^2 = R_1 Q_1^2 - h_{II} \quad (10.1)$$

(10.1) өрнегінен R_2 учаскесіндегі депрессия,

$$R_1 Q_1^2 > h_{II} \quad (10.2)$$

шарты орындалғанда оң болатыны байқалады (яғни, 2 нүктедегі қысым, 3 нүктедегі қысымнан үлкен болуы).

(10.2) өрнегінен қосалқы желдеткіштің депрессиясы өзі орнатылған тармақтың есептік депрессиясынан үлкен болмау қажеттігі шығады.

R_2 учаскесінде $R_1 Q_1^2 = h_{11}$ болғанда, ауа қозғалысы болмайды, ал $R_1 Q_1^2 < h_{11}$ болғанда, ауа 3-нүктеден 2-нүктеге қозғалады. Бас желдету желдеткішімен бірге 10.4 а-суреттегі көрсетілген сұлба бойынша қосылған екі қосалқы желдеткіштің біріккен жұмысын қарастырайық.

1-желдеткіштің 1-2 мен 3-4 учаскесін біріктірейік, ал II және III желдеткіштерді 2-нүктеге көшірейік, нәтижесінде 10.4 б-суретте көрсетілген сұлба түріне келеді. Мұнда I желдеткіш 2-нүктеге орын ауыстырады. Мұнан соң II және III желдеткіштердің сипаттамаларын 3-нүктеге, оның 2-3 және 2'-3 жеке дара учаскелерінің сипаттамаларын шегеру жолымен келтірейік, нәтижесінде 10.4 в-суретте көрсетілген сұлбаны аламыз. Сонан соң 3 нүктедегі II және III желдеткіштердің қосынды сипаттамасын табамыз. Сонымен, бастапқы сұлба 10.4 г-суретте көрсетілгендей тізбектей жұмыс істейтін екі желдеткіштің сұлбасына келеді. Қарастырылған жағдай желдеткіштердің параллель тізбекті жұмысына да қатысы бар. Егер I желдеткіш (бас желдеткіш) тоқтатылса, онда қосалқы желдеткіштердің жұмысы параллель болады. Бірақ бұл кезде олардың біріккен жұмысының орнықтылығы шұғыл кемиді. Екі немесе одан да көп қосалқы желдеткіштерді орнату кезінде орнықсыз режимге жол бермеу үшін бас желдетудің желдеткішінің тоқтап қалуына жол бермей, қосалқы желдеткіштердің сипаттамасын монотонды болатындай пайдалану қажет (осьтік желдеткіштердің жұмысшы дөңгелегінің қалақтарын аз бұрышқа қою немесе ортадан тепкіш желдеткіштер қалақтарының кері қисаюын күшейту).

§ 11. Шахталық желдетіс торабында ауа шығынының таралуын реттеу

11.1. Реттеу әдістері

Тау-кен жұмыстарын жүргізу кезінде, шахталық желдетіс торабындағы аэродинамикалық кедергіні, қазбаның бойлай ұзаруынан, тау қысымының әсерінен, шахтаның көлденең қимасының тарылуынан ұдайы өзгертіп отыруға тура келеді. Шахты атмосферасы зиянды бөліністер болса өзгеріске түседі, өйткені қазу жұмыстарының тереңдеуіне байланысты газмолдылық артады, өндіру учаскесіндегі кен өндірудің өнімділігі өзгереді. Сондықтан желдеткіштің берілген режимі, бас желдетудің желдеткішін өзгерту жолымен емес, онымен өтетін ауа шығынын өзгерту арқылы (жалпы шахталық реттеу) немесе шахта ішінде учаскелер арасындағы блоктарда ауаның таралымын реттеу (шахтаішілік реттеу) арқылы қамтамасыз етеді.

Реттеу оң және теріс боп бөлінеді. Шығыны кемитін тармақты әлсізденуші деп атайды. Ауа шығыны артатын тармақты күшейтілуші деп атайды. Желдету торабының аэродинамикалық кедергісінің артуын тудыратын реттеуді теріс деп атайды. Желдету торабының аэродинамикалық кедергісі артатын болса, ауа шығыны кемиді. Жеке тармақтағы кедергінің өсуі кемуші тармақ есебінен күшейтілуші тармақтағы ауа шығынының өсуін туғызады. Реттеудің терістігі қосымша энергия шығынына әкеледі.

Қосымша кедергі есебінде әлсізденуші тармаққа қойылатын желдетіс терезесін, ауалық перделерді, есік оймасын, пластикалық айналмалы реттегішті пайдаланады. Аэродинамикалық кедергінің өсуін тудыратын реттеуді оң деп атайды. Ол тораптағы аэродинамикалық кедергіні азайтумен немесе күшейтілетін тармақтағы ауа тартылысын қоздыру үшін қосымша қондырғы орнатумен жүзеге асырылады. Әдетте, оң реттелуде ауа шығыны артады. Аэродинамикалық кедергіні кеміту қазбаның көлденең қимасының ауданын арттырумен, оның беттерінің бұдырлығын кемітумен қамтамасыз етіледі. Кемітілетін бұтақтағы ауа шығынының ұлғаюы

далда арқылы немесе далдасыз жұмыс істейтін қосалқы желдеткіш орнату арқылы қол жеткізеді.

Ауа таралуын реттеуді, қалыпты ауа шығынының күшейтілген ауа шығынына қатынасымен түсіндірілетін реттелудің қажетті тереңдігінен алады. Шахтада теріс реттелу жиі қолданылатындықтан, әлсіздеген тармақтағы ауа шығынының шектік кему мәнін анықтайды, бұл реттелудің рұқсат етілетін тереңдігі деп аталады. Әлсізделген ағыстағы алғашқы ауа шығынының, оның шектік рұқсат етілетін шамасына қатынасын реттелудің шектік тереңдігінің коэффициенті деп атайды. Реттелу әдісіне қарай күшеюші ағындағы ауа шығыны үлкен не кіші болуы мүмкін. Желдетіс ағынын неше есе немесе неше пайызға үлкейтуге болатынын көрсететін сан реттелудің мүмкін тереңдігі деп аталады. Реттелудің мүмкін тереңдігіне, сондай-ақ оң немесе теріс реттеудің комбинациясымен де қол жеткізуге болады.

11.2. Бас желдеткіштің жұмыс тәртібінің өзгеруі

Шахтаға түсетін ауаның жалпы мөлшерін өзгертуге жұмыс істеп тұрған желдеткіштің кедергісін немесе желдеткіштің өнімділігін өзгерту арқылы қол жеткізуге болады. Желдеткіштің өнімділігін өзгерту кезінде желдеткіш дебиті:

- жұмыс дөңгелігінің қалақ бұрышын өзгерту (осьті желдеткіште);
- бағыттаушы аппарат қалағының бұрышын өзгерту;
- жұмыс дөңгелегінің қалақтарының жабылғышын бұрылу бұрышын өзгерту (ортадан тепкіш желдеткіште);
- желдеткіштің жұмыс дөңгелегінің айналу жылдамдылығының жиілігін өзгерту арқылы ұлғайтылады немесе азайтылады.

Жұмыс дөңгелегінің қалағы 15-20° бұрылады, бұл осьті желдеткіштің өнімділігі мен қысымын тиісінше, 4-5 және 3-4 есе бірқалыпты өзгертуге мүмкіндік береді.

Жұмыс дөңгелегі қалағының бұрышын және бағыттаушы аппараттың қалағын өзгертуді ереже бойынша желдеткіш тоқтап тұрған уақытта жасайды. Желдеткіштердің соңғы моделі желдеткіштің жұмысы кезінде де қалақ бұрышын ақырындап өзгертуге мүмкіндік беретін арнайы механизмдермен жабдықталған. Жұмыс дөңгелегі-

нің айналу жылдамдығының өзгеруі, желдеткіштің өнімділігі мен депрессиясының төмендегі мәнін алуды қамтамасыз етеді:

$$Q_2 = Q_1 \frac{n_2}{n_1}; \quad (11.1)$$

$$h_2 = h_1 \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2; \quad (11.2)$$

мұнда, Q мен Q_2 – желдеткіштің жұмыс дөңгелегінің айналу жылдамдығын өзгертуге дейінгі және кейінгі өнімділігі, м³/мин; n_1 , n_2 – бұл да солай, жұмыс дөңгелегінің айналу жылдамдығының жиілігі; h_1 , h_2 – бұл да солай, желдеткіш депрессиясы, Па.

Желдеткіштің айналу жиілігін арттыру, жұмыс дөңгелегін қарап шыққан соң, оның қауіпсіз айналу жиілігі анықталған соң ғана мүмкін болады. Жұмыс дөңгелегі қалақтарының бұрышының және бағыттаушы аппараттың бұрышы, жұмыс дөңгелегі қалағының жабылғышының бұрылу бұрышының өзгеруі мен өзгеріссіз аэродинамикалық кедергісі кезіндегі желдеткіштің жаңа өнімділігі Q_2 графикалық әдіспен анықталады.

Желдеткіштің жаңа өнімділігі тораптағы аэродинамикалық кедергіні R_1 ден R_2 дейін өзгеруі кезінде де осылайша анықталады. Желдеткіштің жұмыс өнімділігін азайту тораптың аэродинамикалық кедергісін ұлғайту жолымен емес, жұмыс дөңгелегінің айналу жиілігін төмендету арқылы немесе қалақ бұрышын орнатумен жүргізген тиімді. Себебі тораптың аэродинамикалық кедергісін ұлғайту қуат шығынын арттырады да, желдеткіштің ПӘК кемиді.

11.3. Қазбаның аэродинамикалық кедергісін ұлғайту

Аэродинамикалық кедергіні ұлғайту үшін әлсізделген тармаққа мынадай теріс реттегіштер: желдетіс терезесі, есік оймасы (дверные проемы), бұралу пластиналарын орнатады. Мұндай реттегіштер жергілікті кедергіні тудырып энергияның бір бөлігі шығындалады, ауа ағынын толқытады, онда сығылу мен кері ағыс пайда болады, күйындатады.

Параллель жалғастырылған қазбаға берілген ауаның қажетті таралымын қамтамасыз ететін қосымша аэродинамикалық кедергі ($H \times c^2/m^8$) мына формуламен анықталады:

$$R_0 = R_1 m^2 - R_2 \quad (11.3)$$

мұнда, R_1, R_2 – параллель жалғастырылған тармақтардың алғашқы кедергісі, $H \times c^2 / m^8$; $m = Q_1 / Q_2$ – тармақтарға берілген ауа шығыны.

Теріс реттегішті кедергілерді жеңуге жұмсалған қысым жоғалымы мына формуламен анықталады:

$$h' = \frac{\rho}{2} (v_2 - v_1)^2, \quad (11.4)$$

мұнда, ρ – ауаның тығыздығы, kg^2/m^3 ; v_1, v_2 – I-I және II-II қималарындағы тиісті ауа қозғалысының жылдамдықтары, м/с (11.1-сурет).

Жиі тараған теріс реттегіш түрлерінің бірі – желдетіс терезесі немесе далдадағы желдетістік есікке қойылған саңылау. Желдетіс терезесі әлсізденген тармақтағы ауа шығынын өзгертуге және реттеуді икемдірек жүзеге асыруға мүмкіндік беретін ысырмамен қамтамасыз етіледі.

Желдетіс терезесін есептеу кезінде оның ауданын (m^2) төменде берілген формулалармен табуға болады:

- терезенің жасауы тиіс қосымша депрессияның мәні белгілі кезінде,

$$S_{ок} = \frac{QS_г}{0,65Q + 0,84S_г\sqrt{h'}} \quad (11.5)$$

- қосымша кедергінің мәні белгілі кезінде,

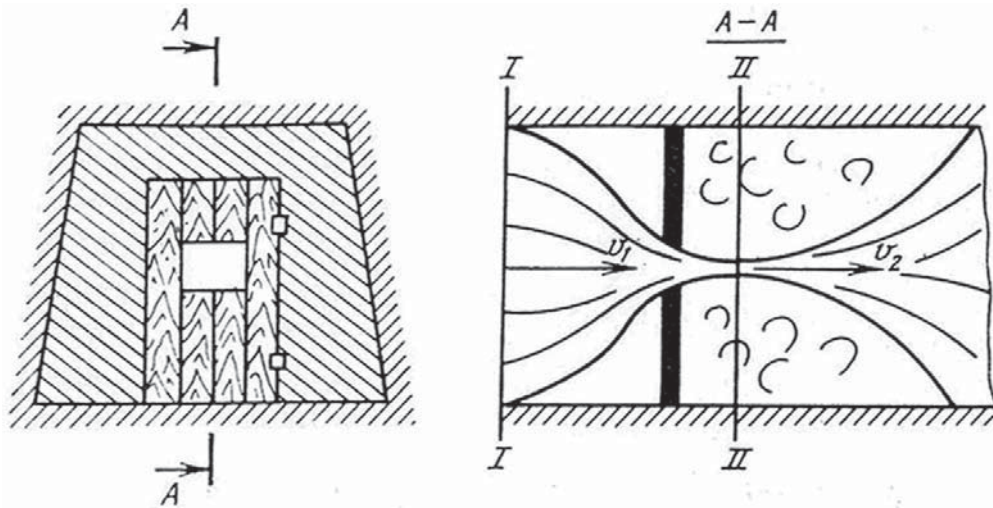
$$S_{ок} = \frac{S_г}{0,65 + 0,84S_г\sqrt{R_0}} \text{ болғанда } S_{ок} / S_г < 0,5 \quad (11.6)$$

$$S_{ок} = \frac{S_г}{1 + 0,76S_г\sqrt{R_0}} \text{ болғанда } S_{ок} / S_г < 0,5 \quad (11.7)$$

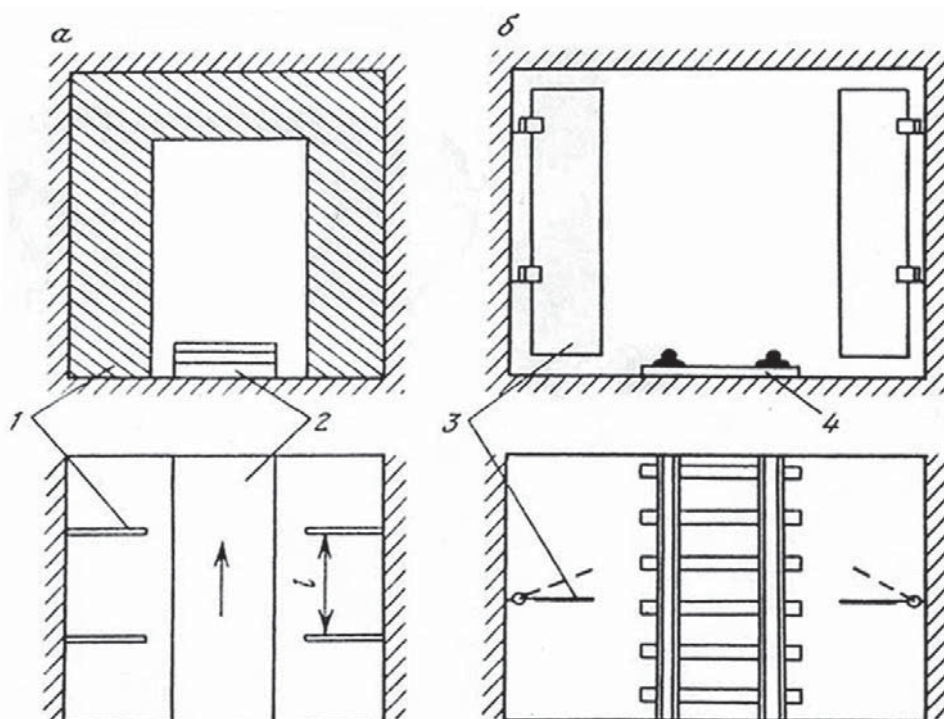
мұнда, S – желдетістік терезе қойылған қазбаның көлденең қима ауданы, m^2 ; Q – ауа шығыны, $m^3/\text{мин}$.

Терезе орнатылған далда үлкен аэродинамикалық кедергіге ие болуы тиіс және ауа өткізбеуі қажет. Кері жағдайда формула бойынша анықталған терезе ауданы берілген ауа шығынын қамтамасыз ете

алмайды. Әдетте желдетістік терезе көліктің қарқынды жүрісі жоқ қазбаға орнатылады. Конвейерлік көлік және рельстік көліктердің қарқынды қозғалысы бар қазбаларда есік оймасы мен айналмалы пластиналы реттегіштер (11.2-сурет) және ауа бүркуі (воздушные завесы) қойылғаны жөн.



11.1-сурет. Желдетіс терезенің қазбаға орнатылу сұлбасы



11.2-сурет. (а) есік оймасын және (б) айналмалы пластиналы реттегішті қазбаға орнату сұлбасы:

1 – есік оймасы; 2 – науа; 3 – айналмалы пластина; 4 – темір жол.

Есік оймасының есептелуі келесі ретпен жүргізіледі. Қазбаның мақсаты (адамдың жүріп тұруы, электровоздар жүруге арналған және т.б.) мен оның ауданы анықталып, есік оймасының ауданы $S_{\partial.n}$ және оның $S_{\partial.n} / S_e$ қатынасы анықталады. Содан соң (11.3) формуласы мен қажетті есік оймаларының жалпы кедергісі $R_{\partial.n}$ анықталады. Бұлардан кейін төмендегі формула бойынша барлық есік оймаларының жергілікті кедергісінің жалпы коэффициентін анықтайды:

$$\xi_{об} = 1,66 R_{\partial.n} S_e \quad (11.8)$$

Есік оймасының жергілікті коэффициентін анықтайды,

$$\xi = 2,4 \left(\frac{S_e}{S_{\partial.n}} - 0,65 \right)^2 \text{ болғанда } S_{\partial.n} / S_e \leq 0,5; \quad (11.9)$$

$$\xi = 2,89 \left(\frac{S_e}{S_{\partial.n}} - 1 \right)^2 \text{ болғанда } S_{\partial.n} / S_e > 0,5; \quad (11.10)$$

Есік оймасының қажетті саны:

$$n_n = \frac{100 \xi_{об} - \xi (200 - k_n)}{\xi (k_n - 100)}, \quad (11.11)$$

формуласымен анықталады.

мұнда, k_n – түзету коэффициенті, % (11.3-сурет).

Есік оймаларының өзара қашықтығы (м) келесі формуламен өрнектеледі:

$$l_n = (2,5 \div 4,5) d_3, \quad (11.12)$$

мұнда, d_3 – қазбаның эквивалентті диаметрі, м.

$$d_3 = 4S_e < P;$$

P – қазбаның периметрі, м.

Пластиналы айналмалы реттегіштер пластина арасындағы ойма ауданы $S_{n.n}$ ең төменгі (минимум) мәнінде (бұл кезде қазбалардың негізгі атқаратын қызметі мен көлденең қимасының

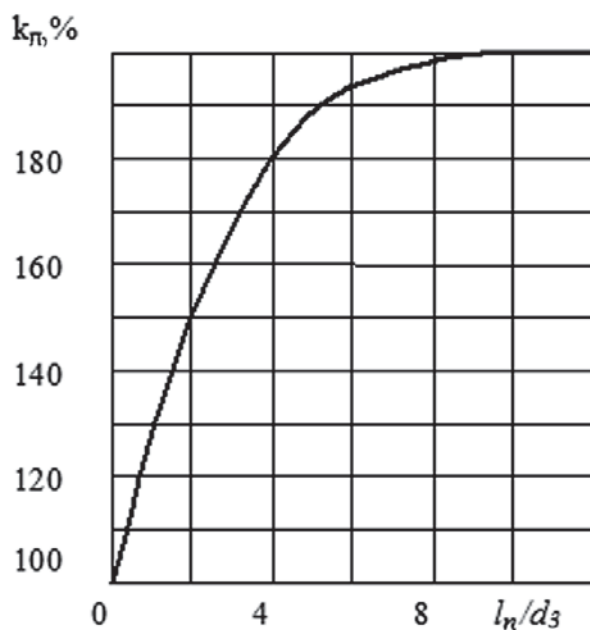
ауданы есепке алынады) реттегіш кедергілерінің ең жоғары мәні бойынша есептеледі. (11.3) формуласымен жалпы қосымша кедергі анықталады. Содан соң пластинаның түрі мен орналасу сұлбасына байланысты төмендегі формула бойынша жергілікті кедергінің ең жоғары мәні анықталады: 5,5

қазбаның бір жағында орнатылған сүйір жиекті бір пластина үшін:

$$\xi_{max} = 5,5 \left(\frac{S_6}{S_{n.n}} - 1 \right)^2; \quad (11.13)$$

Бір-біріне қарама-қарсы орнатылған сүйір жиекті екі пластина үшін:

$$\xi_{max} = 26,3 \left(\frac{S_6}{S_{n.n}} - 1 \right)^2; \quad (11.14)$$



11.3-сурет. k_n түзету коэффициентін анықтау графигі

Бір реттегіштің ең жоғары жергілікті кедергісі ($H.c^2/m^8$):

$$R_{n.n} = 0,6 \xi_{max} / S_6^2 \quad (11.15)$$

формуласымен анықталады.

Пластина тізбекті орнатылған кезде оның қажетті санын:

$$n_{nl} = R_{\partial} / R_{n.n} \quad (11.16)$$

формуласымен анықтайды.

$S_{n.n} / S_{\partial} = (0,65 \div 1)$ кезінде пластиналардың өзара қашықтығын (м) келесі формуламен анықтайды:

$$l_{nl} = 40 \left(1 - \frac{S_{n.n}}{S_{\partial}} \right) \quad (11.17)$$

Ауа бүркеуін есептеу. Өзара тоғысатын ағыстың біржақты ауа бүркеуіші неғұрлым тиімді болып келеді. (11.3) формуласымен ауалық бүркеудің аэродинамикалық кедергісі анықталады. Қазбаның ауа бүркеуішімен жабылмайтын ауданы (терезе ауданы), (11.6) және (11.7) формуласымен анықталады.

Бүркеуішті жасау үшін қажетті ауа шығыны ($\text{м}^3/\text{с}$):

$$q_{\partial} = \frac{v_n d_{щ} S_{\partial}}{\sqrt{-d_{щ} \cos \alpha_3}} \left(1 - \frac{1}{1 + \alpha S_{\partial} \sqrt{R_{\partial}}} \right), \quad (11.18)$$

формуламен анықталады.

Мұнда, v_n – ауа қозғалысының алғашқы жылдамдығы (ауа бүркеуіші орнатылғанға дейін); $d_{щ}$ – бүркеуіш саңылауының ені, м; $\alpha_3 = 45 \div 60$ ауа бүркеуішінің осі мен қазба қимасы жазықтығы аралығындағы бұрыш, градус, α – коэффициент ($S_{ок} / S_{\partial} < 0,5$ болғанда $\alpha = 0,2$ және $S_{ок} / S_{\partial}$ болғанда $\alpha = 0,24 > 0,5$).

Ауа бүркеуішін тудыратын желдеткіштің депрессиясы тең болады,

$$h_{\partial} = h_{ст} + h_{вен} + h_{ск} \quad (11.19)$$

мұнда, $h_{ст}$ – ауа жеткізетін құбырдағы жоғалған статикалық депрессия; $h_{вен}$ – желдеткіш арнасында жоғалатын статикалық депрессия; $h_{ск}$ – ауа бүркеуіші саңылауынан шығатын жылдамдықты депрессия.

11.4. Қазбаның аэродинамикалық кедергісін азайту

Ауа шығынын реттеудің неғұрлым тиімді әдісі – қазбаның аэродинамикалық кедергісін азайту, себебі бұл кезде шахтаға түсетін ауа шығыны көбейеді, ал әлсізденген тармақтағы ауаның жоғалуы оның күшейтілетін тармаққа жұмсалатын жанама ағысынан аз. Оң реттелу кезінде күшейтілетін тармақтың ауа шығыны Q_1' -тан Q_1 дейін көбейеді, ал әлсізделген тармақтағы ауа шығыны Q_2' -тан Q_2 дейін кемиді. Параллель тармақтағы ауаның табиғи таралуының бұзылуы ондағы депрессияның теңдігін бұзады, яғни:

$$h_1 = R_1 Q h_1^2 > h_2 = R_2 Q h_2^2$$

Ауаны жаңадан тарату кезіндегі депрессияның тепе-теңдігі, егер аэродинамикалық кедергі R_1 төменде келтірілген мәнге дейін кемігенде орын алады:

$$R_1' = R_2 \frac{Q_2^2}{Q_1^2}$$

Аэродинамикалық кедергіні азайту аэродинамикалық коэффициенті ($H \cdot c^2/m^4$):

$$\alpha = R_1 S_e^3 / (L, P) \quad (11.20)$$

мәнге дейін төмендету жолымен азайтуға болады.

Мұнда, L , P , S_e – тиісінше, күшейтілетін тармақтағы қазбаның ұзындығы, периметрі және көлденең қимасының ауданы.

Табылған α коэффициенті бойынша тиісті бекітпе түрін таңдап алады. Егер жаңа қабылданған бекітпе үшін $\alpha' < \alpha$ болса, онда қазбаны қайта бекіту жұмысы жүргізілетін бөлігінің ұзындығы келесі формуламен анықталады:

$$l = \frac{L}{1 - \frac{\alpha'}{\alpha}} \frac{\Delta h}{h} \quad (11.21)$$

мұнда, Δh – басқа тармақтағы депрессия мен алғашқы депрессия арасындағы айырма.

Күшейтілетін тармақтағы ауа шығынын берілген мәнге дейін ұлғайту, оның көлденең қимасының ауданын:

$$S_{\sigma}^{2,5} = k_{\phi} \alpha L / R_1' \quad (11.22)$$

мәнге дейін көбейту жолымен жүргізуге болады.

Мұнда, k_{ϕ} – қазбаның формасын ескеретін коэффициент.

Күрделі тораптағы ауа шығынын қайта тарату қажет болса, қазбаның ең жоғары аэродинамикалық кедергісін азайтқан жөн болады. Егер бұған мүмкіндік болмаса, онда оған қосымша қазба жасау қажет, яғни ауа қозғалысының ұзындығын қысқарту қажет.

11.5. Қосалқы желдеткіштің көмегімен реттеу

Күшейтілетін тармаққа қосалқы желдеткіштерді қазбадағы ауа шығынын ұлғайтуды қамтамасыз ету үшін қосымша депрессия жасау мақсатында орнатады. Қосымша желдеткіштер қазбаға далдасыз орнатылса (желдеткіш-эжектор) жылдамдықты депрессия есебінен және желдеткіш далда арқылы жұмыс істейтін болса статикалық депрессия есебінен қосымша депрессия жасайды. Желдеткіш-эжектор қазбаның кедергісі төмен болғанда қолданады. Жоғары депрессия қажет болған жағдайда далда арқылы жұмыс істейтін желдеткіштер қолданылады.

Аэродинамикалық кедергіні басуға және ауа шығынын ұлғайтуға жұмсалатын пайдалы депрессияны келесі формуламен анықтайды,

$$h_{\text{пол}} = h_{\text{ск}} - h_{\text{уд}} \quad (11.23)$$

мұнда, $h_{\text{ск}}$ – желдеткіштен шыға берістегі жылдамдықты депрессия; $h_{\text{уд}}$ – желдеткіштен қазбаға берілетін ағынының қазбаның ұлғаюы кезінде соққыға жұмсалатын депрессияның жоғалуы.

Желдеткіш-эжектордан шығатын ауа ағынының қуаты, кенеттен ұлғаюудағы соққыға (пайдасыз жоғалу), сондай-ақ қазбаның аэродинамикалық кедергісін басуға және ауа ағысына жылдамдық беру үшін (қуаттың пайдалы бөлігі) жұмсалады.

Желдеткіштен шығатын ауа ағынының қуаты (Дж/с) келесі формуламен анықталады,

$$N_{в.п} = k_{к.э} \frac{Q_в^3 \rho}{2S_в^2} \quad (11.24)$$

мұнда, $Q_в$ – желдеткіштің өнімділігі, м³/с. $k_{к.э}$ – кинетикалық энергия коэффициенті (конфузор бар болса $k_{к.э} = 1$); ρ – ауаның тығыздығы, кг/м³.

Соққыға жоғалатын ауа ағынының (желдеткіштен шығатын) қуаты (Дж/с) келесі формуламен анықталады,

$$N_{yд} = \frac{Q_в \rho}{2} \left(\frac{Q_в}{S_в} - \frac{Q_{об}}{S} \right)^2 + \frac{(Q_{об} - Q_в) Q_{об}^2 \rho}{2S^2} \quad (11.25)$$

мұнда, $Q_{об}$ – қазбадағы ауаның жалпы шығыны, м³/с. S – желдеткіш орнатылған жердегі қазбаның көлденең қимасының ауданы, м².

Желдеткіштен шығатын ауа ағынының пайдалы қуаты (Дж/с) келесі формуламен анықталады,

$$N_{пол} = RQ_{об}^3 + \frac{Q_{об}^3 \rho}{2S^2} \quad (11.26)$$

мұнда, R – желдеткіш-эжектор жұмыс істейтін желдету торабының аэродинамикалық кедергісі, Н·с²/м⁸.

Желдеткіш-эжектордың қолданатын пайдалы қуаты:

$$N_{пол} = N_{в.п} - N_{yд} \quad (11.27)$$

формуласымен анықталады.

(12.24), (12.25), (12.26) өрнегін ескеріп, (12.27) өрнегінен аламыз,

$$RQ_{об}^3 + \frac{Q_{об}^3 \rho}{2S^2} = k_{к.э} \frac{Q_в^3 \rho}{2S^2} - \frac{Q_в \rho}{2} \left(\frac{Q_в}{S_в} - \frac{Q_{об}}{S} \right)^2 - \frac{(Q_{об} - Q_в) Q_{об}^2 \rho}{2S^2} \quad (11.28)$$

(12.28) теңдеуін қазбадағы ауаның жалпы шығынына ($Q_{об}$) қатысты шеше отырып, желдеткіштің жұмысы кезінде қазбадағы жалпы ауа шығынын (м³/с) анықтайтын:

$$Q_{об} = \frac{1,41Q_6}{\sqrt{S_6 S \left(1,66R + \frac{1}{S_6^2} + \frac{1}{S^2} \right)}} \quad (11.29)$$

формуласын аламыз.

Желдеткіш-эжекторды қолдану ол жұмыс жасап тұрған кездегі кедергісі,

$$R = \frac{0,6}{S^2} \left(\frac{2S}{S_6} - \frac{S^2}{S_6^2} \right) \quad (11.30)$$

формуласымен анықталған қандай да бір кризистік шамадан кем болғанда қолданған жөн.

Желдеткіш-эжектордың өнімділігі оның толық қуатының сипаттамасы желдеткіштің шығу қимасының немесе конфузордың сипаттамасымен (ауа ағыны жылдамдығын өсіруге қойылған конус тәрізді құбыр) қиылысқан нүктесі арқылы анықталады. Күшейтілетін тармақтағы берілген ауа шығыны конфузордың ауа шығар ауданын құбылту, тиісті желдеткішті таңдап алу арқылы анықталады.

Далда арқылы жұмыс істейтін желдеткішті орнату кезінде оның бас желдеткішпен біріккен жұмысын ескеріп есептейді.

III БӨЛІМ

ШАХТАНЫ ЖЕЛДЕТУ

§12. Кен қазу учаскелерін желдету

12.1. Жалпы мәліметтер

Кен қазу учаскесін желдету деп құрамына тазартыс кенжары, тасымалдау қазбасы, қазым кеңістігі кіретін қазбалар жүйесін айтады. Тау-кен жұмыстары көмір және кен шахталарындағы тазартыс кенжарларында неғұрлым қарқынды жүргізіледі. Кен қазу жұмыстарын жүргізу үдерісінде пайдалы қазбалардан, тау жынысынан, сондай-ақ жару жұмыстарынан кеніш шаңы, жылу және зиянды газдар бөлінеді.

Желдетудің негізгі міндеті қазбадағы адамның қалыпты физиологиялық іс-әрекеті үшін ондағы ауаны сұйылтып, зиянды газ бен шаңды сорып алып, қалыпты жылу ортасын жасау үшін қажет ауа шығынымен қамтамасыз ету. Ауа ағынының параметрі (ауа шығыны мен оның жылдамдығы турбуленттігі) осы мәселені шешуді қамтамасыз етуі керек. Тазартыс қазбасын желдету тиімділігі желдету сұлбасына біршама дәрежеде тәуелді. Учаскенің немесе шахтаның желдету сұлбасы деп тау-кен жұмысындағы жаңа ауа мен шығарылатын ауа ағынының бағыты сызылып, белгіленуін айтады (қажет болған жағдайда ауаның жоғалу жолы мен бағыты да көрсетіледі). Желдету сұлбасы шахтаға берілетін ауаның неғұрлым тиімді пайдаланылуын қамтамасыз етуі керек. Бұл ауаның жоғалуын азайту, сондай-ақ желдету құралдарының саны мен қосымша сору көздерін, шахтаға берілетін ауаның ластану көздерін жою, кенжардан шығатын ауа ағынын тікелей желдету қазбасына бұру арқылы жүзеге асырылады. Желдету сұлбасы кен қазу учаскесін және тұтас шахтаны желдетуге жұмсалатын шығындардың ең аз шамасымен басқаруды, сонымен бірге желдету параметрлерін жеткілікті бақылауды қамтамасыз етуі қажет. Өзара жалғастырылу түріне қарай ауа беретін, тазартыс және желдетіс қазбаларының қазу учаскесіндегі желдету сұлбалары U тәрізді, Z тәрізді, V тәрізді және H тәрізді деп бөлінеді (12.1-сурет).

Желдетіс сұлбасы	Қазу тәртібі	
	Тура	Кері
U - Тәрізді		
Z - Тәрізді		
V - Тәрізді		
H - Тәрізді		

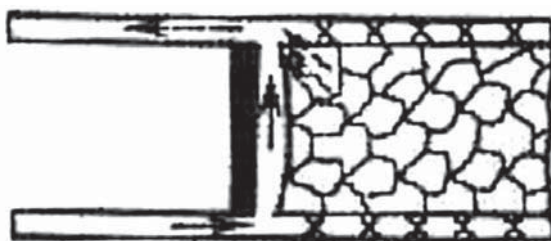
12.1-сурет. Шахталардағы қазу учаскесін желдету сұлбаларының жіктелуі

12.2. Зиянды қоспаларды біртіндеп сұйылту арқылы желдету сұлбалары

Лаваны жаңа ауамен қайталама ағынды қозғалыс арқылы лавадан шығатын ағынды көмір массивіне қарай бұру зиянды қоспаларды біртіндеп сұйылту арқылы желдету ең қарапайым желдету сұлбасы (12.2-сурет). Жаңа ауа тасымалдау штрегімен беріліп, игерілген кеңістікпен тазартыс кенжар арасына таратылып желдетіс штрегіне бұрылады. Сұлбаның артықшылығы ол игерілген кеңістік арқылы жоғалатын ауа мөлшерінің аздығы, желдетудің сенімділігі, игерілетін қабатты ұңғымамен газсыздандыру мүмкіндігі. Сұлбаның негізгі кемшілігі – игерілген кеңістіктің жоғарғы бөлігіне, желдету штрегіне метан концентрациясын алып шығу, бұл аталған кемшілік сұлбаны қазбададағы айрықша газ бөлінуі кезінде қолдануға мүмкіндік бермейді. Тағы бір кемшілігі кенді діңгектерді (столбы) қазу үдерісінде (оның жұмысын реттеу қажет болғанда) учаскелік депрессиясының өзгеруі, тасымалданатын көмірден жаңа

ауа ағынына метанның түсуі, лаваға түсетін ағынның шаңдануы және бірбіріне жақын кен қабаттарын ұңғымалармен газсыздандыру тиімділігінің төмен болуы.

Тақтаны созылым ұзындығы бойынша қазу кезінде, сондай-ақ тазартыс кенжарын тәуелсіз желдету сұлбасы да қолданады (12.3-сурет). Мұндай сұлбаны көмір қабаттарын қосарланған лавамен қазып алу кезінде де пайдаланады. Бұлар үшін лавадағы ауа шығынының өзара байланысы тән.



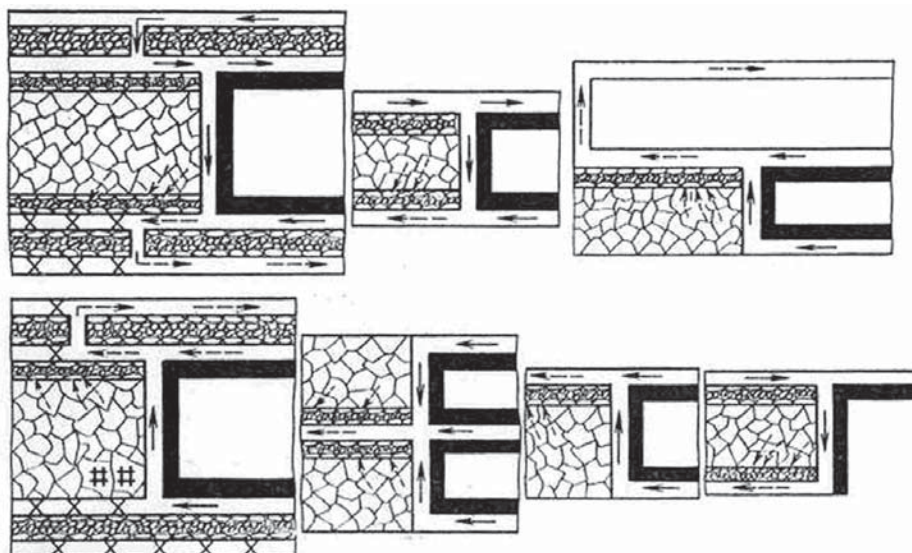
12.2-сурет. Кен қазу учаскесінің зиянды қоспаларын біртіндеп сұйылту және шығарылатын ауа ағысын көмір қабатына бұратын желдетудің қайталама ағынды сұлбасы



12.3-сурет. Кен қазу учаскесінің зиянды қоспаларын біртіндеп сұйылтатын желдету сұлбасы

12.3. Зиянды қоспаларды оқшауланған сұйылтумен желдету сұлбасы

Игерілген кеңістіктің газмолдылығы жоғары газды шахтасы жұмыс істейтін қабат үшін, терең горизонтта тау жұмысын жүргізу кезінде, әртүрлі көздерден түсетін зиянды метанды оқшауланған сұйылтумен желдету сұлбасын қолдану қажет (12.4-сурет).



12.4-сурет. Өндіру учаскесінің зияндылықтарын оқшаулап сұйылту сұлбасы

Мұндай сұлбаның тиімділігі мынада:

қазылған кен қабатынан, игерілген кеңістіктен және тасымалданып жатқан көмірден бөлінетін метанды оқшаулап шығара алады;

қосымша қазбадан бұрғыланған газсыздандыру ұңғысының пайдалану мерзімінің ұзарту арқылы жақын орналасқан көмір қаттарын газсыздандыру тиімділігін жоғарылату мүмкіндігі;

жергілікті жылу бөлу көздерінің есебінен шахтаға түсетін ауа ағыны температурасының кемиді;

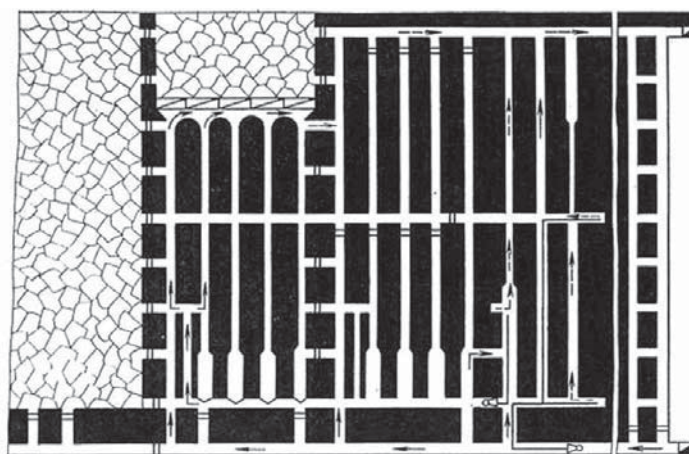
лаваға түсетін ауа ағынының көліктік (транспортным) қазбалармен өтпейтін болғандықтан ауа шаңдылығы кемиді;

жаңа ауа ағынына шығулың қосымша жолдары болғандықтан жұмыс қауіпсіздігінің артады.

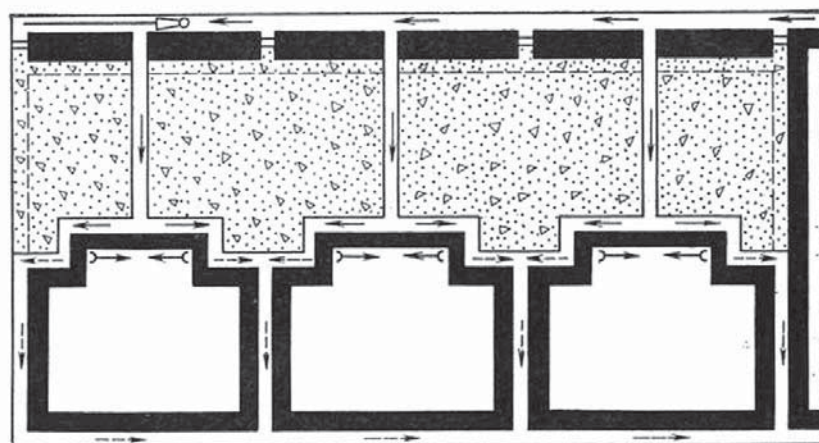
Құлама бағыты бойынша лавалармен кен қазу учаскесінде де осыған ұқсас желдету сұлбасы қолданылады.

12.4. Қуатты күрт құлама көмір тақталарын қазу кезіндегі желдету сұлбалары

Күрт құлама қуатты көмір тақталарын қалқалы (шитовый) қазу жүйесімен өндіру кезінде тазартыс кенжары 12.5-суретте көрсетілген сұлбамен желдетіледі. Таза ауа кенжарға көмір түсіретін пеш арқылы түсіп, қалқан астындағы кенжар маңы кеңістігінен өтеді, мұнан әрі түйісім және жүрістік пеш арқылы желдетіс штрегіне түседі.



12.5-сурет. Қуатты күрт құлама көмір тақтасын қалқалы қазу жүйесімен өндіру учаскесін желдету сұлбасы

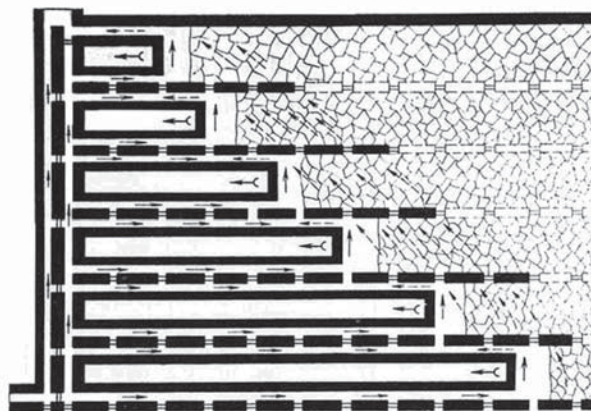


12.6-сурет. Қуатты күрт құлама көмір тақтасын қазымкеңістікті толтырмалап қазу жүйесімен өндіру учаскесін желдету сұлбасы

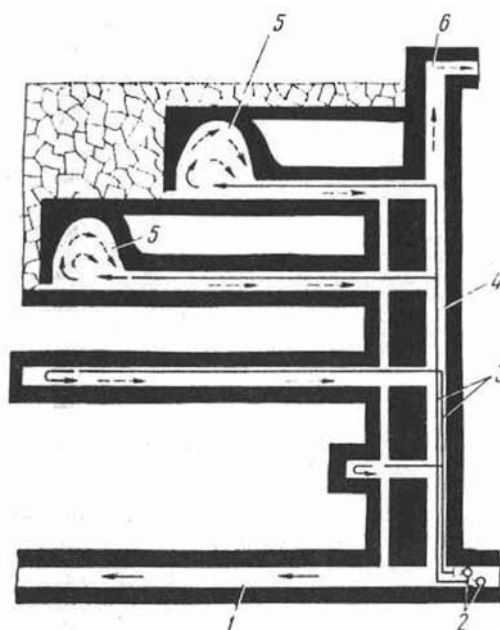
Қуатты күрт құлама көмір тақтасының өндіру учаскесін қазым кеңістікті толтырмалап және созылым ұзындығы бойынша ұзын дінгектермен қазу кезінде 12.7 және 12.8-суреттерде көрсетілген желдетіс сұлбалармен жүргізіледі.

Қуаты 6-8 м күрт құлама көмір тақталарын бір панельді арақабаттық гидроуатымды қолданып гидравликалық өндіру кезінде, таза ауа кен учаскесіне жинақтаушы (аккумулятор) штректен түсетін сұлбаны (12.8-суретте) қолданады. Жинақтаушы штректен арақабаттағы тазартыс кенжарларына жүрістік пеште жүргізілген құбыр арқылы таза ауа беретін жергілікті желдететін желдеткіш орнатылған. Жүрістік пештен шығарылатын ауа ағысын желдету

штрегіне бұрады. Сұлбада жергілікті желдетіс желдеткіштердің болуы, бұл жағдайда өтпелі ағынмен желдетілмейтін тазартыс кенжарына ауаның аз берілуі кезінде, желдетуге жұмсалатын энергияны ұлғайтады. Ауа кенжарға едәуір дәрежеде гидромониторлық ағынның эжекторлы әсері есебінен түседі. Сондықтан тазартыс кенжарында метанның жинақталуы мүмкін.



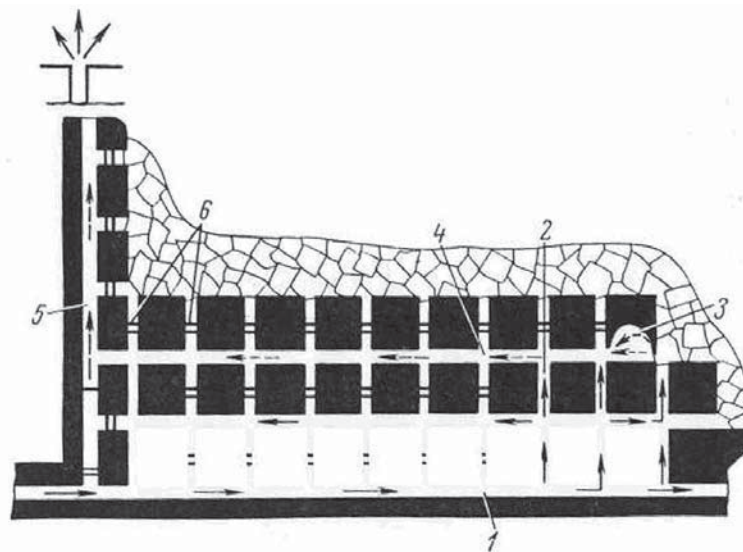
12.7-сурет. Қуатты күрт құлама көмір тақтасын созылым ұзындығы бойынша ұзын дінгектермен қазу кезінде өндіру учаскесін желдету сұлбасы



12.8-сурет. Жергілікті желдеткішті қолданып, көмірді арақабаттақ бірпанельді гидроату кезінде өндіру учаскесін желдету сұлбасы:

- 1 – жинақтаушы штрек; 2 – жергілікті желдеткіштер;
3 – желдетіс құбыры; 4 – жүрістік пеш; 5 – арақабаттық тазартыс кенжары; 6 – желдетіс штрегі.

Тазартыс кенжарын жалпы шахталық депрессия есебінен желдету сұлбасы да осыған ұқсас жағдайда қолданылады (12.9-сурет). Бұл жағдайда арақабаттар, әрбір 6 м сайын пешпен қосылады. Таза ауа жинақтаушы штрекке түсіп пеш арқылы тазартыс кенжарына беріледі. Содан соң ауа ағысы арақабаттық штрек арқылы жүрістік пешке бағыттталып, мұнан әрі жалпы шахталық шығарылатын ағынға беріледі. Ауаның таралуы далданың көмегімен реттеледі.



12.9-сурет. Арақабаттақ бірпанельді көмірді гидроуату кезінде өндіру учаскесін жалпы шахталық депрессия есебінен желдету сұлбасы:

*1 – жинақтаушы штрек; 2 – пештер; 3 – тазартыс кенжары;
4 – арақабаттық штрек; 5 – жүрістік пеш; 6 – далдалар.*

Сұлбаның артықшылығы – жоғары сенімділігі, жергілікті желдету желдеткіштері мен ауалық құбырлардың болмауы. Кемшілігі – өте көп тілме қазбаларын және далда құрылғыларын жүргізудің қажеттілігі, ауа жоғалуының жоғарылығы.

Гидрошахталардағы ашық науада гидроқоспаның қозғалысы ауаның қарсы қозғалысы кезінде қосымша аэродинамикалық кедергі тудырады да қозғалысқа бағыттас болса ауа қозғалысына жәрдем береді. Сондықтан, гидрошахталардағы желдету сұлбаларына гидроқоспа мен ауаның жолай серіктесе қозғалуы болуы тиіс деген ерекше талап қойылады (әсіресе, ауа шығыны аз болатын тазартыс кенжарына жалғасқан қазбаларда). Гидрошахтада тазартыс

кенжарын желдетудің сенімділігіне ерекше назар аударылуы тиіс. Жергілікті желдету желдеткіші қолданылған сұлбаларда желдетудің еркін ауа ағыны алысқа жетуін қамтамасыз ету керек. Осы мақсатта қосарланған (спаренные) желдеткіштер қолданылады және мұнда құбырдың қымталуына (герметичность) назар аударылады, ауа ағынының рециркуляциясы болмауы тиіс.

§13. Тұйық қазбаларды желдету

13.1. Жалпы мәліметтер

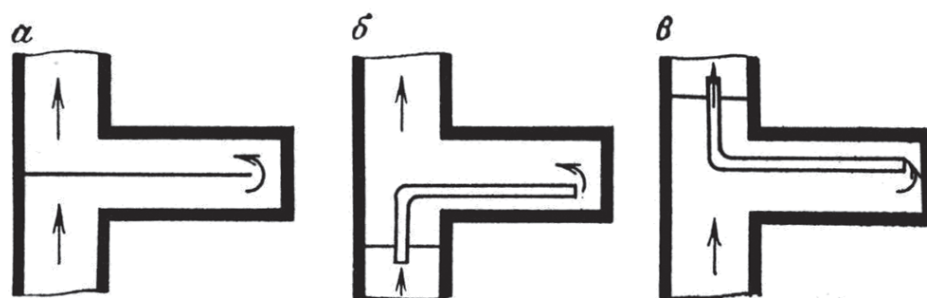
Көмір және кен шахталарын салу және пайдалану көптеген жерасты қазбаларын өтумен байланысты. Осылайша, жұмыс істеп тұрған көмір шахталарында жыл сайын 7 мың км жуық қазба желдетіледі [7]. Жекелеген қазбаның ұзындығы 3 км, ал газды шахталарда бір қазбаны желдетуге берілетін ауа шығыны 2000 м³/мин жетеді. Шахталардағы тұйық қазбаның желдету көлемі тазартыс кенжарын желдетуге қажетті ауа шығынының көлемінен асып түсетін жағдайлар жиі кездеседі.

Желдету сипатына байланысты қазбаны желдету екіге бөлінеді: тура және тұйық. Тура (сквозные) қазбалар басқа қазбалармен екі жерде қосылады және оны желдету бас желдеткіш (жалпы шахталық депрессия) және табиғи тартылыс арқылы жүзеге асырылады. Тұйық қазбалар басқа қазбалармен тек бір жерде ғана қосылады. Тұйық қазбаның желдету ерекшелігі ол, ондағы бөлінетін зиянды қоспаларды оқшаулау үшін арнайы құрылғыларды немесе оған іргелес қазбада орналасқан құралдарды қолдану арқылы жүзеге асуы мүмкін. Газды емес шахталарда желдету құралдарын қолданбай-ақ 10 м-ден көп емес қазбаларды жүргізуге болады. Мұндағы зиянды қоспаларды оқшаулау турбулентті және молекулярлық диффузия есебінен жүзеге асырылады. Тау-кен қазбасын жүргізу (өту) қарқындының артуы, жоғары өнімді машиналар мен механизмдердің қолданылуы, тау-кен жұмыстарының тереңдігінің үздіксіз өсуі және осыған орай жыныс пен ауа температурасының жоғарылауы, газ бөлінуі, газдылығы артуы тұйық қазбаның желдетуді өте күрделендіре түседі. Кейбір шахталарда жергілікті желдеткіштер қуатының қосындысы, бас желдеткіштің қуатынан артып та кететін жағдайлар кездеседі.

13.2. Жалпы шахталық депрессия арқылы қазбаларды желдету

Тұйық қазбадағы кенжарға ауа беру бас желдету желдеткіштері арқылы, ұзына бойы арақабырғалар (перегородки), желдетіс құ-

бырлары, ұнғымалар мен параллель қазбаларды қолдану арқылы жүзеге асырылады. Ұзына бойғы арақабырға (13.1-суретте) ұзындығы онша үлкен емес (≤ 60 м) қазбаларға көп мөлшерде ауа беру қажет болғанда қолданылады. Ұзына бойы арақабырға резеңкелі матадан (желдетіс құбырларының қалдықтарынан) тақтайдан, кірпіштен, т.б. тұрғызылады.

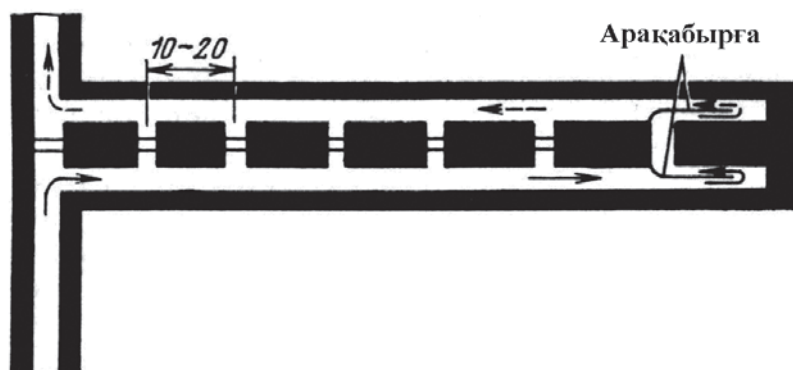


13.1-сурет. Арақабырғаны (а), кенжарға ауа беретін желдетіс құбырын (б) және кенжардан ауаны соруды (в) қолданып жалпы шахталық депрессия арқылы түйық қазбаларды желдету сұлбасы

Арақабырғаға қойылатын негізгі талап – оның ауа өткізбеуі. Ауаның жоғалуымен күресу үшін арақабырғалар цемент ерітіндісімен немесе сазбен, торкрет бетонмен немесе пенополиуретанмен қапталуы тиіс. Ұзына бойғы арақабырғалар өндірісте сирек қолданылады.

Қатаң желдетіс құбырлардың көмегімен түйық қазбаларды желдету арақабырғамен бірге жүзеге асырылады (13.1-сурет), себебі құбырдың кедергісі салыстырмалы түрде жоғары келеді. Бұл әдіс қысқа қазбаларды желдету кезінде қолданылады. Нақты жағдайға байланысты құбырмен қазбаларға таза ауаның берілуі немесе газданған ауа шығарылуы мүмкін.

Параллель қазбаларды қолданып түйық қазбаларды желдету өте ұзын қазбалар кен сілемімен жүргізілген жағдайда және оны желдетуге көп мөлшердегі ауа қажет болғанда қолданылады. Бұл жағдайда негізгі қазба мен қатар қосалқы қазбада жүргізіледі. Белгілі бір қашықтықтан (10-20 м) соң, қазбалар бірімен-бірі қайта түйіседі (13.2-сурет).



13.2-сурет. Параллелді қосалқы қазбаларды қолданып жалпы шахталық депрессия арқылы тұйық қазбаларды желдету сұлбасы

Кенжарға қарай таза ауа негізгі қазба бойымен қозғалады. Кенжарға ауа беру үшін ұзына арақабырғаны, желдетіс құбыры мен жергілікті желдеткішті пайдаланады. Тұйық қазбаны құбыр мен арақабырғаның ұзындығы 60 м аспаған жағдайда жалпы шахталық депрессия арқылы желдетуге болады.

Қазбалар арасында жаңа түйісімдердің жүргізілуіне орай ескі түйісімдердің аралығында ауа өткізбейтін құраммен қапталған арақабырғалар (шлакблукты, тас, бетонды және т.б.) тұрғызылуы керек.

Қосарланған қазбаларды жалғастыру үшін түйісімдердің орнына бір немесе бірнеше үлкен диаметрлі ұңғымаларды бұрғылауға болады. Ескі ұңғымалар мұқият қымталуы тиіс.

Жоғарыда келтірілген жалпы шахталық депрессия арқылы тұйық кенжарға ауа беру әдістерінің артықшылығы – тәулік бойы қазбаларды желдетудің үздіксіздігі және қазбада механикалық тартылыстарды тудырушы көздердің болмауы, бұл өз кезегінде жерасты жұмыстарының сенімділігі мен қауіпсіздігін қамтамасыз етеді.

13.3. Жергілікті желдеткішті қолданып қазбаларды желдету

Қазбаларды жүргізу шартына байланысты желдетудің: айдамалы, сору және аралас әдістері қолданылады.

Желдетудің айдамалы тәсілі (13.3-сурет) жиі тараған. Газды шахталарда бұл қолданылуы міндетті және бірегей әдіс. Мұның

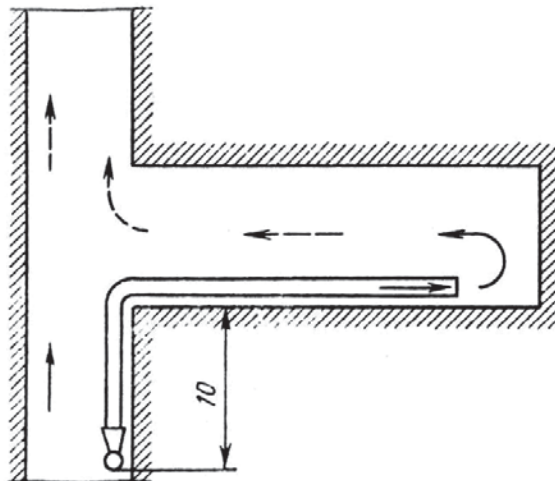
артықшылығы құбырдан үлкен жылдамдықпен шығатын таза ауа арқылы кенжар маңы кеңістігін екпінді ауа ағысымен толтыруы. Егер құбырдың қазба қабырғасының бірінде орналасқан бір басы кенжардан

$$l \leq 4\sqrt{S_B}, \quad (13.1)$$

қашықтықта (м) орналасатын болса (В. Н. Ворониннің ұсынысы бойынша), онда бұл әдіс кенжар маңы аймағын тиімді желдетуді қамтамасыз етеді.

Мұнда, S_B – қазбаның көлденең қимасының ауданы, м².

Газды көмір шахталарындағы Қауіпсіздік Ережесі бойынша құбырдың басы кенжардан ≤ 8 м қашықтықта орналасуы қажет, ал газды емес және кен шахталарында тиісінше ≤ 12 м ≤ 10 м. 13.1 формуласынан қазбаның көлденең қимасының өсуіне байланысты l қашықтығы артатындығын көреміз, мұның салдарынан Қауіпсіздік Ережесін сақтаған жағдайда кенжар маңы аймағының желдету қарқыны да артады. Желдетудің айдама тәсілінің артықшылығына кенжар маңы кеңістігіне (мұнда газ бөлінуі жоғары және адамдар жүреді) жаңа ауа түсетінін (метаны жоқ) мұның еңбек қауіпсіздігін қамтамасыз ету шаралары жеңілденетінін жатқызуға болады.



13.3-сурет. Қазбаны жергілікті желдеткішті қолданып айдамалы әдіспен желдету сұлбасы.

Ауа кенжардан бастап одан шығатын сағаға қарай қозғалған кезде, оған қазба бетінен газ бөлініп қосылып отырады, шығарыла-

тын ағындағы газ мөлшері жалпы шахталық депрессияның арқылы желдетілетін қазбадан ауа шыққанға дейін үздіксіз көтеріледі. Бірақ айдама құбырдың жарықтарынан қосымша таза ауаның түсуі есебінен газ мөлшерінің өсуі тежеледі. Сонымен мұндағы ауаның жоғалуы (утечка) белгілі дәрежеде оң рөл атқарады. Егер тура қазбада орнатылған айдама желдеткіштің ауа беру қабілеті оған түсетін ауадан үлкен болса, онда шығарылатын ауаның бір бөлігі желдеткішпен қайтадан сорылады да құбыр арқылы кенжарға беріледі. Бұл құбылыс ауаның рециркуляциясы деп аталады. Ауаның рециркуляцияның теріс салдарын жиі тудырады (желдету уақытын ұзартады, қазбаның газдану қаупін туғызады). Рециркуляцияны (ауаның қайта айналымын) болдырмау үшін қауіпсіздік Ережесі бойынша желдеткішті желдетілетін қазбаның сағасынан ≥ 10 м қашықтықта орнатады. Бұл жағдайда желдеткішке берілетін ауа тура қазбамен қозғалатын ауа шығынының 70%-на кем немесе тең болу керек ($\leq 70\%$). Бірақ бұл шартты орындағанмен де, барлық уақытта ауаның рециркуляциясы жойыла бермейді (өте үлкен қималы қазбада, желдеткіш маңындағы тура қазбада ауа қозғалысының жылдамдығы газ диффузиясының жылдамдығына тең немесе кем болса).

Үдерістің физикалық мәні жағынан алып қарағанда, рециркуляцияны болдырмау үшін, желдеткіштегі ауа қозғалысының жылдамдығы $> 0,15$ м/с болуы керек (яғни, диффузия жылдамдығынан үлкен). Қауіпсіздік Ережесінің талабы бойынша, қазбадағы ауа қозғалысының жылдамдығы ≥ 25 м/с болуы тиіс. Яғни:

$$\frac{Q - Q_B}{S_B} \geq 0,25 \quad (13.2)$$

мұнда, Q – жалпы шахталық депрессия арқылы қазбадан өтетін ауа шығыны, м³/с; Q_B – айдама желдеткіштің берілімі, м³/с.

Айдама әдісімен желдетудің кемшілігі жару жұмыстарын жүргізу кезінде одан бөлінген улы газдың қазба бойымен қозғалуы. Сондықтан қазбаға адамның кіруіне, ондағы улы газдың мөлшері шартты көмір тотығы көлеміне шаққанда 0,008% болғанда ғана рұқсат етіледі. Қазбаны желдету үшін көп мөлшерде ауа берілу қажет. Бірақ, қазбаны желдету есептеуін оның бүкіл ұзындығы

бойынша жүргізбейді, тек оның бөліктеріне ғана жүргізеді, өйткені газ бұлты кенжардан сағаға қозғалған сайын, ондағы улы газдың мөлшері таза ауамен қосылып сұйылады және диффузиялық үдеріс есебінен үздіксіз азая береді.

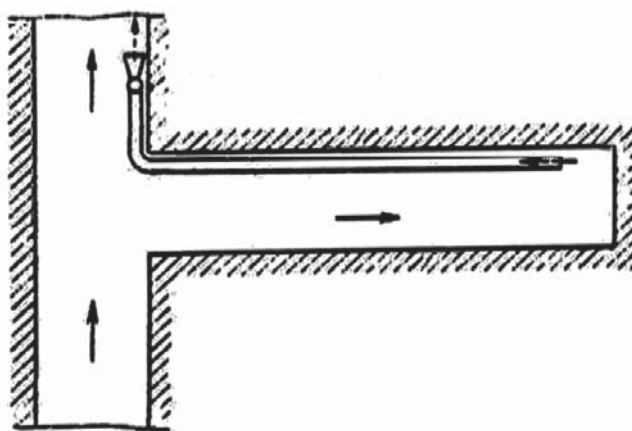
Мұның нәтижесінде кенжардың біршама қашықтықта жазыла созылған газ бұлтындағы улы газдың мөлшері мүмкіндік шегіне келіп кетеді. Улы газдың ең жоғары рұқсат етілген шегіне тең болатын мөлшері кенжардан қазбаның көлденең қимасына дейінгі қашықтықта анықталып, оның шектік ұзындығы деп атайды да, келесі формуламен табылады,

$$L_{кр} = 13,1 \frac{B}{S_B} b \phi \sqrt{\eta} \quad (13.3)$$

мұнда, B – ЖЗ шығыны, кг; ϕ – жыныстың сулылық коэффициенті; η – жеткізу коэффициенті (ауаны жеткізу дәрежесін ескереді); v – ЖЗ газдылығы, л/кг.

Қазбаның межелі (критической) ұзындықтан үлкен кезіндегі желдету көлемі қазбаның көлденең қимасы ауданы мен оның межелі ұзындығының көбейтіндісіне тең.

Сора желдету әдісі (13.4-сурет) газға қауіпті емес көмір және кен шахталарында қолданылады. Бұл тәсілдің артықшылығы ластанған ауа кенжар маңы кеңістігінен құбырмен сорып алынады да, ал таза ауа кенжарға қазба бойымен түсетіндіктен оның біршама бөлігі газданбайды.



13.4-сурет. Жергілікті желдетуді қолданып, сору әдісімен қазбаны желдету сұлбасы

Желдетуді дұрыс ұйымдастырғанда, зиянды газдардан ажыратылған көлем, қазбаның көлденең қимасының ауданы мен газ лақтыру аймағының ұзындығының көбейтіндісіне тең болады. Басқа шарттары бірдей болғанда ол тұрақты боп қалады және қазба ұзындығына тәуелді болмайды, сондықтан желдетудің сору әдісінде желдету үшін берілетін ауа мөлшері, айдамалау әдісіне қарағанда аз болады. Адамдар, қазбада газ лақтырысы аймағынан:

$$l_{o.r} = 20B / \gamma I_3 \sqrt{S_B} \quad (13.4)$$

формуласымен анықталған шектен (қашықтықтан) тыс жерде бола алады.

Мұнда, γ – жарылатын тау-кен массивінің тығыздығы, т/м³; I_3 – бір жарылыс кезінде қазбаның алға жылжуы, м.

Сору әдісімен қазбаны желдетудің тиімділігі сору құбырының соңы мен кенжардың аралығындағы қашықтыққа тәуелді (кенжарға ол қанша жақын орналасса қазбаны желдетуі де тезірек жүреді). Бұл қашықтық ұзарған сайын кенжар бөлігінде тоқырау аймағы пайда болады да, қазбаның желдету ұзақтығы тез жоғарылайды. Кенжар маңы мен газ лақтырысы аймағын желдетудің тиімділігі сору құбырының соңы мен қазбаға дейінгі қашықтықты:

$$l_m = 0,5 \sqrt{S_B}$$

формуласымен анықтау арқылы қамтамасыз етіледі :

Сору құбырының соңы мен кенжарға дейінгі ең үлкен қашықтық:

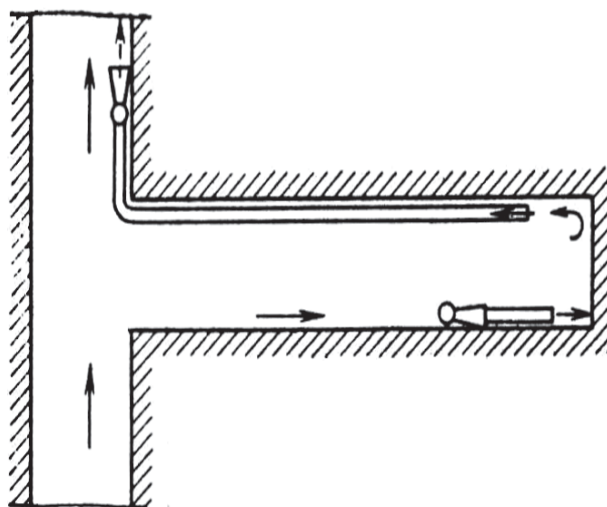
$$l_{m.max} = 3\sqrt{S_B}$$

формуласымен анықталады.

Бұл әдіспен желдетудің негізгі кемшілігі қажетті l_T қашықтықты ұстап тұру, сақтаудың қиындығы, себебі ауалық құбырдың соңы жыныс сынықтарының ұшу аймағында болғандықтан, оның ауа құбырының зақымдану мүмкіндігі өте жоғары. Әдетте желдетудің бұл әдісінде қатты құбыр қолданылады. Кенжар маңы аймағына

желдеткіш орнатылатын болса иілгіш құбырларды қолдану мүмкіндігі бар. Бұл жағдайда желдеткішті сақтау мақсатында оның сорар жеріне металл құбыр кесінділерін бекітеді.

Желдетудің аралас әдісі көбінесе газды емес шахталарда қазбаларды жедел жүргізу кезінде қолданылады. Мұнда айдамалау әдісімен (кенжар маңы аймағында газдың белсенді араласуы) сору әдісі (желдетудің шектелген көлемі) біріктірілген. Аралас әдісте желдетуге бір немесе екі желдеткіш қолданылады (13.5-сурет). Бір желдеткішті қолданылған жағдайда ол алғашында сору әдісімен жұмыс істейді де, жоғары концентрациялы газ бұлтын кенжардан құбыр арқылы шығарылатын ағынға қосқан соң, айдамалы әдіске ауыстырылады. Екі желдеткішті қолданған кезде негізгі желдеткіш қазбаның сағасына жақын орнатылады да ($10 \text{ м} \leq \text{қашықтықта}$), сору әдісімен жұмыс істейді. Екінші (қосалқы) желдеткіш қысқа айдамалы құбырмен жабдықталып, қазбаның кенжарға жақын маңда орнатылады.



13.5-сурет. Жергілікті желдеткішті қолданып айдамалы-сору (аралас) әдісімен қазбаны желдету сұлбасы

Ауа айдаушы желдеткішке берілетін ауа, сору құбырына түсетін ауадан 20-30% кем болуы керек. Газ бұлтының қазба сағасына қарай таралуын болдырмау үшін, кейде қазбаға 30-50 м қашықтықта желдетіс далдасы орнатылады. Бұл жағдайда ауа айдаушы желдеткішке берілетін ауа сору құбырына түсетін аудан 10% кем болуы мүмкін.

13.4. Желдетіс жабдықтары

Қосарланған кенжармен жүретін тұйық қазба мен оның тұйық бөліктері көбіне пневматикалық не электрлік қозғағышты желдеткіш құбырмен ішінара желдетіледі. Көмір және кенді қазбада қатты сондай-ақ иілгіш құбыр қолданылады. Қатты құбыр металдан және синтетикалық металдардан (кейде ағаштан) жасалады. Қатты құбыр үлкен беріктікте ұзақ қызмет етуге шақталап айдау желдетуіне де, сору желдетуіне де қолданылады. Қатты құбырдың кемшілігіне оның массасының үлкендігін, тасымалдау қиындығын, салыстырмалы алғанда түйісуінің көптігін айтуға болады, бұл оның монтаждалуын күрделендіріп, ауа жоғалуының көбеюіне әкеп соқтырады. Металл құбыр қалыңдығы 2-2,5 мм болатын болаттан жасалады. Құбырдың ұзындығы 2,5-4 м, диаметрі 0,3-1 м немесе онан да көп буынмен жасалады. Құбыр буының жалғастырымдары фланстік болттармен астар (прокладка) арқылы бекітіледі.

Астар үшін май сіңдірілген қартон, табақ резина қолданылады. 1 м металл құбырдың массасы 24-70 кг аралығында өзгереді. Пайдалану мерзімі құрғақ және сулы қазбаларда тиісінше 24 және 36 ай. Иілгіш құбыр айдау режимінде жұмыс істейтін желдеткіште қолданылады. Спираль сақиналы қатты иілгіш құбыр желдеткіштің ауаны айдамалау режимінде де, сору режимінде де қолдана береді. Көмір және кенді шахталарда МУ түріндегі иілгіш құбыр қолданылады. (Екі жағы жанбайтын резинамен қапталған мақта қағаз чефер матасынан жасалған). ПХВ – (Екі жағынан полихлорвинилмен қапталған чефер матасынан жасалған), ТНР және ЧЛХР (лавсан және мақта матадан екі жағына да резинамен қапталған біріккен матадан жасалған), ЧЛХВ – (полихлорвинилмен қапталған лавсан мақталы матадан жасалған), ЧЛВУ – (құрамында углен бар антистатикалық қасиеті бар матадан жасалған). Құбырдың диаметрі 0,4; 0,5; 0,6; 0,8; 1 м. Негізгі буынның ұзындығы 10 және 20 м тең, диаметрі тиісінше $\leq 0,8$ және $> 0,8$ м. Ауыстырылатын буын 5 м, 10 м ұзындықпен шығарылады. Буын бірімен бірі серпінді болат сақинамен білезік арқылы жалғастырылады. Желдеткіш қосылғанда түйіскен жері өзін-өзі нығыздайды. Ауа қысымының аздығында иілгіш құбыр қабысып, онда қыртыстар пайда болады, бұл құбырдың аэродинамикалық кедергісін арттырады. 1 м құбырдың массасы 1,3-2,3 кг.

Құбырдың қызмет ету нормасы оның түріне қарай әртүрлі, құрғақ және сулы қазбада сәйкес 16-28 және 14-26 ай нормаланса, ал ылғалды қазбада 14-26 ай шегінде. Пайдалану режимі бұзылған жағдайда құбырдың қызмет ету мерзімі 2 не онан да көп кемиді. Текстовиниттік құбыр ауа өткізбеуді қамтамасыз ететін полихлорвинилді пластмассамен бір немесе екіқабат қапталған. Текстовиниттік құбырдың массасы аз, ал коррозияға қарсылығы жоғары болады. 1 м құбырдың массасы диаметріне қарай 2,4-тен 3,4 кг дейін өзгереді. Пайдалану мерзімі ылғал жерде 12-15 ай, құрғақ қазбада 24-30 ай. Аэродинамикалық кедергі коэффициенті 0,5 м, 0,6 м, 0,7 м, 0,8 м, ал диаметрлері, тиісінше – 0,0016; 0,0015; 0,0013; 0,0013.

Пластикалық құбыр негізі полихлорвинилді шайырлы пластиктен жасалады. Пластик табақшаны бір-бірімен қабаттап пісіреді. Пісіру жоғарғы бітеулікті қамтамасыз ету үшін екі жақты жүргізіледі. Құбыр буынының арасы өзара муфтамен немесе сақинамен жалғасады. ВНИИОМШС жасаған шыны пластикалық құбыр жоғары беріктілігімен, аз аэродинамикалық кедергісімен, ұзақ тұтынатын мерзімімен ерекшеленеді. Құбыр стандартқа сәйкес жануы қиын және жанатын болып шығарылады. Қиын жанатын иілгіш құбыр полимерлік қабықшамен қапталып, газ бен шаңға қауіпті шахтаға қолдану үшін шығарылады. Олардың статикалық қысымы 1000 Па-ға дейін шыдайды, жанғыш құбыр газ бен шаңға қауіпсіз шахтаға қолдануға арналған. Олар статикалық қысымы 500 Па-ға дейін шыдас береді.

Иілгіш және қатты құбырдың бұдырлығымен сыртқы ауа өтімділігін азайту мақсатында негізгі құбырдың диаметрінен сәл кішірек жұқа қабықты жұмсақ полиэтилен құбырын оның ішіне ендіріп орналастыру ұсынылады. Желдету екпінінен болатын статикалық қысым әсерінен полиэтилен жазылады да, құбырдың ішкі бетінің тегістігін қамтамасыз етіп, құбыр өткізгіштің кедергісін 2-3 есе кемітіп, ал ауа жоғалуын мүлдем жояды.

Желдеткіш құбыр аэродинамикалық кедергімен және сыртқы ауа өткізбейтіндігімен сипатталады. Құбырдың аэродинамикалық кедергісін ($H \cdot c^2/m^8$):

$$R = \alpha \cdot P_T \cdot L_T / S_T^3 \quad (13.5)$$

$$R = 6,45 \cdot \alpha \cdot L_T / d_T^5 \quad (13.6)$$

формулаларымен анықтайды.

Мұнда, α – аэродинамикалық кедергі коэффициенті, $H \cdot c^2/m^4$; L_T – құбырдың ұзындығы, м; P_T – құбырдың периметрі, м; S_T – құбырдың көлденең қимасының ауданы, m^2 ; D_T – құбырдың диаметрі, м.

Аэродинамикалық кедергі коэффициенті құбырдың бұдырлығы мен диаметріне, сондай-ақ қабырғасының керілу дәрежесіне (иілгіш құбыр үшін) тәуелді. Металл құбыр үшін $\alpha = 0,0025 \div 0,0037$, МУ түріндегі иілгіш құбырлар үшін $\alpha = 0,0046 \div 0,0048$. Иілгіш және қатты құбырлардың аэродинамикалық кедергілері 13.1 және 13.2 кестелерде келтірілген мәліметтермен сипатталады. Құбырды монтаждаудың сапасы кеміген жағдайда аэродинамикалық кедергі артады. Статикалық қысым жеткіліксіз болса иілгіш құбыр қабысады, бұл аэродинамикалық кедергінің ұлғаюына әкеледі. Сондықтан аэродинамикалық кедергі есептеулерінде құбырдың әлсіз керілуін 25%-ға арттыру қажет.

13.1-кесте

Құбырдың ұзындығы, м	Иілгіш құбыр диаметрінің (м) аэродинамикалық кедергісі								
	0,5			0,6			0,7		
	Құбыр түрі								
	МУ ТНР ЧЛХР	ПХВ ЧЛХВ ЧЛХВУ	ПХВК ЛХВ	МУ ТНР ЧЛХР	ПХВ ЧЛХВ ЧЛХВУ	ПХВК ЛХВ	МУ ТНР ЧЛХР	ПХВ ЧЛХВ ЧЛХВУ	ПХВК ЛХВ
100	10	7	6	4	2	1	1,2	0,95	0,8
150	14	10	9	5,5	3	2	1,7	1,4	1,1
200	18	14	12	7,0	4	3	2,2	1,8	1,5
300	26	20	18	10	7	5	3,2	2,6	2,2
400	33	27	25	13	9	7	4,2	3,4	3,0
500	40	34	31	15,5	10	9	5,1	4,3	3,7
600	47	40	37	18	14	10	6,1	5,2	4,4
800	59	51	46	22,5	18	14	8,0	6,9	6,0
1000	71	62	57	28	22	17	10	8,5	7,7
1200	82	74	67	32	26	21	11,9	10,3	9,3
1500	95	87	80	38	32	26	15,0	13,3	12,0
2000	115	108	101	50	43	34	21,5	19,0	17,2

Құбырдың диаметрі, м	Аэродинамикалық қатты құбырдың кедергісі	
	Металды	Текстоновинитті
0,3	100	56
0,4	22,8	10,8
0,5	5,8	3,3
0,6	2,5	1,2
0,7	1,1	0,5
0,8	0,6	0,25
0,9	0,3	0,13
1	0,16	0,08

Құбырлардағы ауаның жоғалу коэффициенті (құбырдың басындағы дебит қатынасының немесе желдеткіш дебитіне тең құбыр соңына дейін жететін ауа мөлшеріне қатынасы) және ауаны жеткізу коэффициентімен (жоғалту коэффициентіне кері шама) бағаланады.

Металл құбырлар үшін жеткізу коэффициенті келесі формуламен анықталады:

$$\eta = \frac{1}{\left(\frac{1}{3} k_B d_T \frac{L_T}{l_{3.T}} \sqrt{R} + 1 \right)^2} \quad (13.7)$$

мұнда, R_g – түйісудегі меншікті ауа өтімділігінің коэффициенті; (қанағаттанарлық және жақсы құрастырылған құбыр үшін тиісінше, 0,0025-0,003 және 0,001-0,002 тең деп қабылданады); $l_{3.m}$ – құбыр буынының ұзындығы, м (13.1-кесте).

МУ түріндегі құбыр үшін n коэффициентінің мәні 13.3-кестесінде келтірілген.

Құбырдың ұзындығы, м	n коэффициенті диаметрі 0,6 м құбырлар үшін	
	Желдеткіш ұзындығы 10 м	Желдеткіш ұзындығы 20 м
100	0,93	0,93
200	0,88	0,87

300	0,82	0,84
400	0,76	0,80
500	0,71	0,77
600	0,65	0,74
700	0,58	0,72
800	0,52	0,70

Есептеу кезінде өте ұзындықтағы иілгіш құбырлардың бірінші 20 буыны үшін ауа жоғалуы әр буын үшін 1%, ал келесі буынға – 0,5% деп алуға болады. Жеткізу коэффициентінің мәні текстовинитті құбыр үшін 13.4-кестеде көрсетілген.

13.4-кесте

Құбырдың диаметрі, м	Құбырдың ұзындығы бойынша ауаны жеткізу коэффициенті, м							
	100	200	300	400	500	600	700	800
0,5	0,98	0,95	0,91	0,87	0,83	0,77	0,72	0,70
0,6	0,98	0,97	0,93	0,90	0,87	0,84	0,79	0,76
0,7	0,99	0,97	0,95	0,92	0,90	0,87	0,84	0,79
0,8	0,99	0,98	0,96	0,94	0,92	0,90	0,87	0,84

Тұйық қазбаны желдету үшін жергілікті желдету кезінде пневматикалық және электрлі қозғағышы бар ості желдеткіш жиірек қолданады.

СВМ – 4м, СВМ – 5, СВМ – 6м, ВМ – 3м, ВМ – 4м, ВМ – 5м, ВМ – 6м, ВМ – 8м, ВМ – 12м, (цифрлар патрубканың шығу, кіру өлшемдерін де (дм) көрсетеді) ості желдеткіштер жиі қолданылады. Желдеткішке ауа беру арнаулы бағыттаушы резиналы профильденген қалақшадан тұратын бағыттаушы аппараттың көмегімен реттеледі, бұл арнаулы механизм көмегімен +40°-тан –50° дейін айнала алады. Мұның өртке қауіпсіз болып келуі, оларды газ бен шаңға қауіпті шахталарда қолдануға мүмкіндік береді.

ВМП – 3М, ВМП – 4, ВМП – 5М, ВМП – 6М желдеткіштері (пневматикалық қозғалыспен) і көмір мен газдың кенеттен лақ-

тырысының қаупі бар шахта мен суфлярлық бөліністерде қолдануға арналған.

ВМП түріндегі желдеткіштің берілімі пневматикалық жетек қалағына түсетін қысылған ауаны соплоның көмегімен реттейді.

Қазбаларды жүргізу кезінде шахта оқпанын, оқпан албарын және өте ұзын қазбаларды желдету үшін: ВЦПД – 8, ВЦП – 16, ВЦ – 7, ВМЦ – 8 және ВЦО түрлеріндегі жұмыс дөңгелегі үлкен диаметрлі ості және ортадан тепкіш желдеткіштер қолданады. ВЦПД-8 желдеткішінің екі-жақты соратын бағыттаушы аппараты мен электрқозғалтқышын сатылап қосатын тетігі бар. ВЦП – 16 желдеткіші бір-жақты сорады және шу деңгейі төмен. Бұған беретін ауаны реттеу жұмыс үстінде бағыттаушы аппаратының қалақшасын бір мезгілде бұру арқылы жүзеге асады. ВЦП – 7 желдеткіші бір жақты сорады, басқа да ортадан тепкіш желдеткіштерден айырмашылығы ауа ағынын ұдайы бір бағытқа бағыттайды. Оны монтаждауға, арнайы қуыстың көмегінсіз-ақ орнатуға болады. Жергілікті желдетуге пайдаланатын ортадан тепкіш заманауи желдеткіштердің ауа беру қуаты $30 \text{ м}^3/\text{с}$, ал депрессиясы – 600 Па жетеді.

Қазбаны желдетудің сенімділігін арттыру үшін соңғы жылдары жергілікті желдетудің резервтелінген жүйесі кең қолданыс табуда. Оңтайлы нұсқа деп жергілікті желдетудің негізгі желдеткіші істен шыққанда қосылатын, резервтік желдеткіштің жұмысында ауа беруі өзгермей, қоректендіріп тұрған учаскелік подстанциядан дәл бұрынғыдай өлшемдік қуатпен әрі қарай жұмыс жасауын айтады. Жұмыс (негізгі) және резервтік желдеткіштерді қосу үшін бұрғын ұшашалы ауыспалы қақпағы бар, металл құбыр немесе иілгіш құбыр кесіндісі қолданылады.

Желдеткішке қосылған ұшашалы камерада еркін қозғалып жүрген қақпақ негізгі желдету екпіні қысымынан резервтік желдету патрубкасын жабады да, саңылауды толық бітейді, ал резервтік желдету қосылғанда қақпақ негізгі келте құбырды жабады. Желдеткіштерді иілгіш құбыр буындарымен қосқанда тиісті резервтік немесе негізгі желдету жұмыстарында иілгіш құбыр ауамен толады да, ал келесісінде сығылып өшірілген желдеткіштің қақпағын бітейді.

§14. Тұйық камераларды желдету

14.1. Жалпы мәлімет

Камера деп тау-кен қазбасының көлденең қимасының салыстырмалы өлшемдері үлкен, ал ұзындығы қысқа қазбаны айтады. Камера тәрізді тұйық қазбаны желдету – күрделі мәселе, өйткені үлкен көлемді желдету үшін өте көп көлемді ауа шығынын талап етеді.

Сұйылту мен зиянды қоспаны шығару ұстанымы бойынша тау-кен қазбалары төмендегі топтарға бөледі.

I топ. Желдету негізінен тасымалдаудың конвективтік құраушысы арқылы жүзеге асырылатын қазба. Мұндай қазба қимасының ауданы $\leq 20 \text{ м}^2$, ондағы ауаның жылдамдығы $\geq 0,1 \text{ м/с}$ шегінде жатады;

II топ. Желдету негізінен тасымалдаудың конвективтік және диффузиялық құраушысы арқылы жүзеге асыратын қазба. Мұндай қазбаның көлденең қимасының ауданы $20-150 \text{ м}^2$ шегінде, ал ауа қозғалысының жылдамдығы – $0,01 - 0,1 \text{ м/с}$ шегінде жатады;

III топ. Желдету негізінен ауаны тасымалдаудың конвективтік, диффуздық және гравитациялық құраушысы арқылы жүзеге асырылатын қазба. Мұндай қазбаның көлденең қимасы ауданы $>150 \text{ м}^2$, ал ондағы ауа қозғалысының жылдамдығы $<0,01 \text{ м/с}$.

I топтағы камера тәрізді тұйық қазбаны желдету, тұйық қазбаны желдетуге ұқсас жүзеге асырылады.

II топтағы камера тәрізді тұйық қазбаны желдету мынадай әдістермен жүзеге асырылады:

1. Қысқа камераны (ұзындығы $\leq 40 \text{ м}$) желдету, камераның алқымына (горловине) орнатылған конфузормен жабдықталған желдеткіш арқылы жүзеге асырылады. АЗ зарядының жарылуы кезінде қазбаның кіріккен бөлігіне таза ауа лақтырылады. Камерадағы қалған газ конфузормен желдеткішпен алынады.

2. Ұзындығы $20-100 \text{ м}$ камера бір немесе бірнеше үлкен диаметрлі құбырмен жабдықталған айдамалау құралдармен желдетіледі.

Кенжарды желдетуге үшін ауа шығыны ($\text{м}^3/\text{мин}$) мына формуламен анықталады,

$$Q_3 = \frac{85L_K}{t_n} \left(3 + \lg \frac{B}{V_K} \right) \quad (15.1)$$

мұнда, L_K – камераның ұзындығы, желдетудің есептік ұзақтығы, м; B – жарылысқа қажетті ЖЗ шығыны, кг; V_K – көлденең қимасының ауданын ұзындығына көбейткенге тең көлемді желдететін камера, м³.

3. Ұзындығы >100 м камера аралас әдіспен желдетіледі, мұнда желдету құралдарының (немесе біреу) бір бөлігі айдама және екінші бөлігі сорумен жұмыс істейді. Тұйық камераны аралас әдіспен желдетудің келесі ерекшеліктеріне тоқталайық. Жарылыс кезінде алған қарқынды диффузияның кинетикалық энергиясының едәуір қоры бар газ бұлты камераның алқымына қарай қозғалып, камера алқымынан сору желдеткішіне қарай жылжып, сору желдеткіші орнатылған жазықтықты қияды. Сору желдеткіші газ бұлтының қозғалуына елеулі қарсылық көрсетпейді. Камера бойынша газ бұлты жылжыған сайын оның қозғалу жылдамдығы кемиді. Бірақ кенжарға ауа айдамалау желдеткіш жұмысы есебінен түсетін ауа соратын желдеткіш берілімінен аз болғандықтан, газ бұлты өз бағытын кері өзгертіп, қозғалатын ауамен араласады.

Ауаның негізгі бөлігі қазбадан сорма желдеткіштің сорғышына қарай қозғалады. Камераның алқымы жағынан сорушы желдеткіштің берілімі мен айдаушы желдеткіштен кенжарға түсетін ауа мөлшерінің айырмасындай ауа көлемі түседі. Сору желдеткішінің берілімі (м³/мин):

$$Q_{от} = \frac{2.3k_{YT}V_{n.c}}{t_n} \lg \frac{1,2C_n}{C_u} \quad (15.2)$$

формуласымен анықталады.

Мұнда, k_{YT} – соратын құбырдағы ауа жоғалымы коэффициенті; $V_{n.c}$ – камераның желдетілетін бөлігінің көлденең қимасының ауданы мен кенжардан сорма желдеткіштің сорғышына дейінгі қашықтықтың көбейтіндісіне тең көлемі, м³; C_n , C_u – тиісінше, шығатын және түсетін желдету ағындарындағы газдардың шектік концентрациялары.

Айдама желдеткіштегі берілім сорма желдеткіш берілімінен 40% кем болу керек.

Неғұрлым күрделірегі – III топтың желдетілуін ұйымдастыру. Бұл камерадағы газодинамикалық үдерістің ерекшеліктері келесідей болады. Жарылыстан соң газ бұлты жоғары температураның әсерінен қазбаның төбесіне көтеріледі де, диффузия мен жылудың әсерінен қазбаның қарсы қабырғасына дейін тарайды. Бұлт қозғалған сайын суып, төмендеп, камераның бүкіл көлемін толтырады. Газ лақтырысы аймағының тұрақты шекарасы болмағандықтан, камераның бүкіл көлемін желдету қажеттігі туады. Біршама уақыттан соң (30-40 мин) газ бұлты әртүрлі тығыздықтың әсерінен қабаттала бастайды. Қазба төбесінде көмір тотығының салыстырмалы мөлшері көбейе бастайды.

Азот тотықтары және басқа да ауыр газдар төмен жерге түседі. Камерада улы газдардың концентрациясы камераның басқа бөлігінен 2 – 3 есе көп болатын тоқырау аймағы қалыптасады. Бұл аймақтағы газ концентрациясының төмендеуі камераның басқа бөлігіне қарағанда өте жай жүреді. Қалыптасқан тоқырау аймағының орналасуы қазым кеңістіктің формасына, ауа жеткізетін және ауаны алып кететін арналардың саны мен орналасуына тәуелді. Бір ғана осындай камерада ауа қозғалысының оңтайлы $>0,15$ м/с жылдамдығын жасау үшін тұтас шахтаны желдетуге қажет ауа көлемімен салыстыруға болатын орасан мол ауа мөлшерін қажет етеді.

14.2. Тұйық қазбаларды желдетуді жобалау

Тұйық қазбаларды жүргізу кезінде желдету жобасына: желдету әдісін таңдау, қажетті ауа мөлшерін есептеу, құбырдың аэродинамикалық кедергісін анықтау және таңдау, тартылыс тудырушы көздерді таңдау кіреді. Желдету әдісін таңдау кен-геологиялық және технологиялық факторға байланысты. Қажетті ауа шығынын табиғи газ бөлінісі, ЖЗ шығыны, ондағы жұмыс жасайтын адамдар саны, жылулық факторы мен ауаның ең төменгі (минимум) жылдамдығы бойынша анықтайды. Осы көрсеткіштер бойынша есептелген ауа мөлшерінің ең жоғары шамасын қабылдайды. Комбайнмен, соққылау балғасымен, бұрғылау машинасымен жүр-

гізілетін тұйық қазба үшін метан бөлінісі факторы бойынша ауа шығыны (м³/мин) мына формуламен анықталады:

Кенжар маңы кеңістігін желдету үшін:

$$Q_3 = 100 I_3 / (C_u - C_n) \quad (15.3)$$

Барлық қазбаны желдету үшін:

$$Q_{\text{выр}} = 100 I_6 / (C_u - C_n) \quad (15.4)$$

мұнда, I_3 – уатылған пайдалы қазба мен ұзындығы 20 м қазба маңы аймағының аршылған бетінен бөлінетін метан мөлшері, м³/мин; I_6 – қазбаның тқтас ұзындығынан метанның толық бөлінуі, м³/мин.

Қазбаны бұрғылау – жару әдісімен жүргізетін газды, көмір және кен шахтыларындағы ауа шығыны (м³/мин) қазба маңы кеңістігін желдету үшін, метан бөлу факторы бойынша:

$$Q_3 = \frac{S_B I_3}{k_C} \left[\frac{71 I_{\text{max}}}{S_B I_3 (C_{II} - C_{II}) + 18 I_{\text{max}}} \right] \quad (15.5)$$

формуласымен анықталады.

Мұнда, $I_3 = 8$ – желдету құбырының соңынан қазбаға дейінгі қашықтық, м; k_C – ағынды пайдалану коэффициенті ($S_B < 10$ м² болғанда $k_C = 1$ және $S_B > 10$ м² болғанда $k_C = 0,8$); I_{max} – пайдалы қазбаларды уатқаннан кейінгі қазба маңы кеңістігіндегі ең үлкен метан бөлінісі, м³/мин.

Қазба маңы кеңістігіндегі жарылыстан соңғы метан бөліністің шектік мөлшері 2% тең деп қабылданады.

Қазба маңы кеңістігін желдету үшін ЖЗ шығыны факторы бойынша ауа шығыны (м³/мин),

$$Q_3 = \frac{2,25}{t_{II}} \sqrt[3]{\frac{V_{\text{я.г}} S_B^2 I_k^2 k_{\text{обв}}}{k_{\text{ум}}^2}} \quad (15.6)$$

мұнда, $V_{\text{я.г}}$ – ЖЗ жарылысынан соң пайда болған улы газдардың мөлшері, л; I_k^2 – (13.3) формуласымен анықталатын тұйық қазбаның

ұзындығы; $k_{обв}$ – қазбаның сулылық коэффициенті (құрғақ жыныста - 0,8 тең, ішінара сулы жыныста – 0,6; сулы жыныста – 0,3); $k_{ум}$ – құбырдағы ауаның жоғалу коэффициенті.

ЖЗ жарылысынан соң пайда болған улы газдардың мөлшері тең болады,

$$V_{я.г} = 100B_V + 40B_{II} \quad (15.7)$$

мұнда, B_V, B_{II} – тиісінше, көмір және жыныстарды жаруға жұмсалатын ЖЗ шығыны, кг.

Сора желдету кезінде қазба маңын желдету үшін ауа шығынын ($m^3/мин$) келесі формуламен анықтаймыз,

$$Q_3 = \frac{2,13}{t_{II}} \sqrt{BbS_B \left(15 + \frac{B}{5}\right)} \quad (15.8)$$

Аралас кезінде желдетудегі сорма желдеткішінің ауа беру қуаты ($m^3/мин$):

$$Q_B = \left(2V_{II} + 2S_B l_3 + 0,76\sqrt{BV_{II}b}\right) / t_{II} \quad (15.9)$$

формуласымен анықталады.

Негізгі бөлігі жалпы шахталық депрессиямен, ал кенжар маңы кеңістігі жергілікті желдеткіштермен желдетілетін параллель қазбаларды жүргізген жағдайда ауа шығыны келесі формуламен анықталады,

$$Q_y = 1,43 \sum Q_e + Q_{ум} \quad (15.10)$$

мұнда, $Q_{ум}$ – далда мен діңгек арқылы түсетін ауаның қазбаның бүкіл ұзындығы бойынша ауаның жоғалуы, $m^3/мин$.

Қазбада бір мезгілде жұмыс істейтін ең жоғары адам саны бойынша қажетті ауа шығыны ($m^3/мин$),

$$Q_3 = b \cdot n \quad (15.11)$$

мұнда, b – бір адамға жұмсалатын ауа нормасы, $m^3/мин$; n – адамдар саны.

Қазбада тоқырау аймағының пайда болуының алдын алу үшін қауіпсіздік Ережесі бойынша қазбадағы ауа қозғалысы жылдамдығының ең төменгі шектік мөлшерін сақтау қажет. Ауа қозғалысының ең төменгі шектік жылдамдығы бойынша ауа шығыны ($\text{м}^3/\text{мин}$) келесі формуламен анықталады,

$$Q_3 = 60 v_{v.min} S_g \quad (15.12)$$

мұнда, $v_{v.min}$ – ауаның ең төменгі шектік жылдамдығы, м/с.

Жылулық факторы бойынша ауа шығыны ($\text{м}^3/\text{мин}$) мына формуламен анықталады:

$$Q_3 = T_{каз} / [c_a (\theta_{uu} - \theta_{tt}) \rho 60] \quad (15.13)$$

мұнда, $T_{каз}$ – қазбадан бөлінетін жалпы жылу, кДж/сағ; θ_{uu} – қазбадан шығатын ауаның температурасы, $\theta_{uu} \leq 26^\circ\text{C}$; θ_{tt} – қазбаға түсетін ауаның температурасы, $^\circ\text{C}$; ρ – ауаның тығыздығы, $\text{кг}/\text{м}^3$; c_a – ауаның жылу сыйымдылығы, кДж/(кг $^\circ\text{C}$).

Қазбаны дизельді жабдықтармен өту кезінде ауа шығыны ($\text{м}^3/\text{мин}$) келесі формуламен анықтайды,

$$Q_3 = q_n \sum N \quad (15.14)$$

мұнда, $\sum N$ – қозғалтқыштың қосынды қуаты, Вт; $q_n = 0,007 - 1$ Вт тиесілі ауа шығынының нормасы, $\text{м}^3/\text{мин}$.

Желдеткіштің ауа беру шамасы:

$$Q_{жс} = k_{ут} Q_3$$

формуласымен анықталады.

Мұнда, келесі шарт сақталуы тиіс:

$$Q_{жс} \geq Q_3$$

Жергілікті желдету желдеткішінің соруында ауа шығыны:

$$Q_{\text{ж.с}} \geq 1,43Q_{\text{ж}}$$

шартын қанағаттандыруы тиіс.

Әртүрлі құбырларға жұмыс істейтін және бір орында орнатылған сорма желдеткіштер тобындағы ауа шығыны:

$$Q_{\text{ж.с}} \geq 1,43\sum Q_{\text{ж}} \quad (15.15)$$

шартын қанағаттандыруы керек.

Желдеткіштің депрессиясы (Па) келесі формуламен анықталады,

$$h = R_m Q_{\text{ж}} Q_3 + \sum h_{\text{ж}} \quad (15.16)$$

мұнда, $h_{\text{ж}}$ – құбырдың жергілікті кедергісін жеңуге жұмсалатын депрессия, Па.

Құбырдың әр бұрылысы үшін депрессияны мына формуламен анықтайды:

$$h_{\text{ж}} = 0,35\delta^2 v_a^2 \quad (15.17)$$

мұнда, δ – құбырдың бұрылу бұрышы, рад; v_a – құбырдағы ауа қозғалысының бұрылуға дейінгі түзу сызықты учаскесіндегі ауаның орташа жылдамдығы, м/с.

Егер құбырдың аэродинамикалық кедергісі ауаның жоғалуы ескеріліп берілсе, онда $Q_{\text{ж}}$, Q_3 көбейтіндісі Q_B^2 алмастырылады. Желдеткішті таңдау үшін $h_{\text{ж}}$ және $Q_{\text{ж}}$ есептік мәні жергілікті желдету желдеткішінің сипаттамасына түсіріледі. $h_{\text{ж}}$ және $Q_{\text{ж}}$ мәндерін қанағаттандыратын және ПӘК ең үлкен желдеткіш қабылданады.

§15. Шахтаны желдету сұлбалары мен әдістері

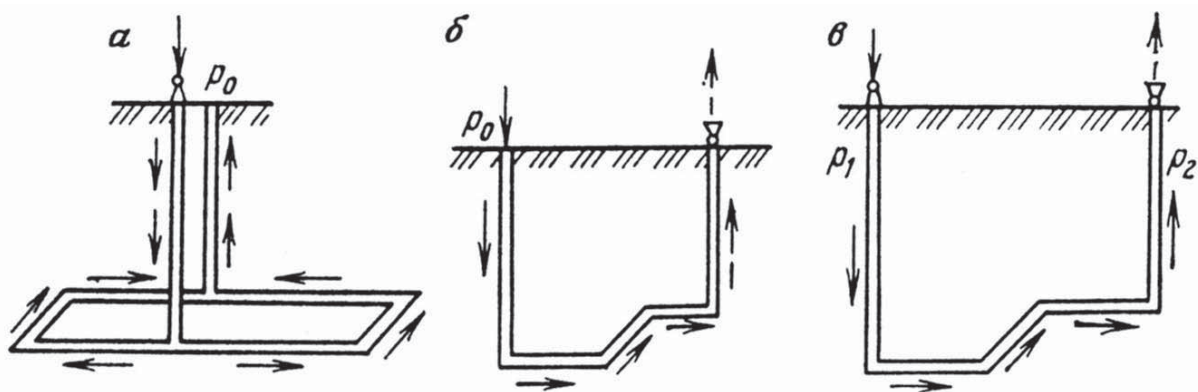
15.1. Желдету әдістері

Ауаның қазбамен белгілі бағытта, талапқа сай қарқынмен қозғалуын қамтамасыз ету үшін, қозғалыс жолында оның қысымдарының белгілі бір айырмасын жасау қажет. Қажетті ауа қысымының айырмасын жасау әдісіне қарай айдамалы, сору, аралас (айдамалы-сорушы) желдетіс сұлбалары деп бөлінеді (15.1-сурет). Желдетудің айдамалы әдісімен шахтадағы қысым айырмасын шахтаның ауа беретін оқпанында жоғары қысым жасау арқылы жүзеге асырылады. Желдеткіштің механикалық энергиясы есебінен ауаның атмосфералық қысымы p_a желдеткіштен шығатын қысымын p_1 дейін ұлғайтады да, ал оқпанның сыртқа шығар сағасында ол қалыпты атмосфералық қысымға теңеседі. Осылайша қазбада шахта депрессиясын тудыратын қысымдар айырмасы пайда болады да, ол:

$$h = p_1 - p_a$$

түрінде өрнектеледі.

Айдама әдісінің артықшылықтары – бір ғана желдететін құралды қолдану мүмкіндігі (тарамдалған желдету торабында) әдетте бұл, шахт жазықтығының орталығына орналасқан қазба жұмысының жалпы желдету горизонтынсыз-ақ жүргізілуі, бас желдеткіш жұмысының орнықтылығы, тораптағы ауа шығынын таратуды реттеу және апат кезінде желдету режимін басқарудың қолайлылығы, сондай-ақ желдеткіш жұмысын бақылау мүмкіндігі (желдеткіш қозғалтқышының қоректенуі үшін электр энергиясын беруді қамтамасыз ету мақсатында), желдеткіштің ұзақ мерзімді қызмет етуі, құлатылған жыныстан ауа сорылуының болмауы. Айдама әдістің кемшілігі – шахта үстіндегі құрылыстар мен ауа беретін оқпанда ауа өткізбейтін метан жабдықтардың қажеттігі, сондай-ақ ауа шығыны мен депрессиясын реттеудің үлкен диапазонды желдеткіштің орнатылуы, газды шахталарда желдеткіштің апаттық жағдайда тоқтауы кезінде жарылуға қауіпті орта пайда болып, қазбаның газдануы мүмкін.



15.1-сурет. Шахтаны желдету тәсілдері:
а – айдама; б – сору; в – айдамалы-сору.

Желдетудің сорма әдісінде, ауа қозғалуы үшін қажетті қысым айырмасын оқпан сағасындағы ауаны желдеткішпен сирету арқылы жасайды. Желдеткіштің механикалық жұмысы нәтижесінде оқпан сағасындағы ауа қысымы қалыпты атмосфералық ауа қысымынан ρ_2 , мәніне дейін кемиді. Бұл жағдайдағы ауаның депрессиясы:

$$h = \rho_a - \rho_2$$

формуласымен анықталады.

Бұл кезде қазбаның кез келген нүктесіндегі ауа қысымы $< \rho_a$. Сондықтан желдеткіш тоқтағанда жербетінен атмосфералық ауа, шахта ауасының қысымдарының айырмасы әсерінен жерасты қазбаларына түседі. Бұл айрықша газды шахталар үшін маңызды, өйткені газ бөлінісі кезінде қысым жоғарылайды да, қазбадағы газданудың тежелуін тудырады. Желдетудің сорма әдісінде орталық бір желдеткішті де, сондай-ақ шахта жазықтығынан қапталдық (флангалық) бірнеше желдеткішті де орнатуға мүмкіндік береді.

Орталықтық бір желдеткіш болған жағдайда оның жұмысы орнықты, қазбадағы ауа ағынын реверстеу мен ауа бөлінуін реттеу мүмкіндігі де жеңілдеу жүзеге асады. Бірақ бұл жағдайда желдеткіш арнасын жүйелі күтімге алып, оны ұдайы кен шаңынан жүйелі тазартылып отыру қажет. Газды шахталарда жалпы ауа ағынына енетін шығарылатын ауаның құрамындағы метан мөлшерін ұдайы бақылауға алу айрықша маңызды, өйткені желдеткіш құралдарынан

бұл ауа ағынының өтуі кезінде метанның жарылу мүмкіндігі артады. Шахта оқпанының әртүрлі жеріне желдеткіш қою шахта қапталындағы кен өндіру учаскесін желдетудің тиімділігі мен екпінін арттырады. Осы шартпен көбіне қуаттылығы кемірек желдеткіштерді қолдануға мүмкіндік туады, бұл қазба ұзарғанда ерекше тиімді болады. Бірақ бірнеше желдеткіштерді қолдануда ауа ағынын реттеу күрделенеді. Мұнда желдетуге жұмсалатын энергия артады (кейбір желдеткіш экономикалық тиімсіз режимде жұмыс жасайтындықтан), құлатылған жыныстар аймағынан ауа сорылуыдың болуы, жарықшақтар мен саңылаулар арқылы тазартыс кенжарындағы ауаның ластануын тудырады, жарылыстар мен опырылулар орын алады. Кен қабатының өздігінен тұтануы өте қауіпті, өртке себепкер болуы да мүмкін. Сондықтан сору әдісі өздігінен тұтануға бейімділігі жоқ көмір қабаттарында (тереңдігі > 200 м), бұзылыстар мен жарықшақтар және т.б. опырылу аймағы арқылы өтетін ауаның жер бетімен аэродинамикалық байланысы жоқ жерлерде қолданылады.

Желдетудің айдамалы-сору әдісінің мәні, қазбада айдаушы желдеткіш бөлігінде ауаның мол болуы қысымды көбейтіп, екінші сорушы желдеткіш жағында – сиреуін туғызу. Шахтаның айдама және сорма желдеткіш арқылы жасалатын депрессиясы:

$$h = \rho_1 - \rho_2$$

формуласымен анықталады.

Желдетудің айдамалы-сору әдісінде шахтадағы қысымның қалыпты атмосфералық қысымға тең болатын аумақ бар. Бұл аумақтағы қысым мен жер бетіндегі ауаның қысым айырмасы нөлге тең, бұл аумақ сыртқы бетпен арнаулы арна арқылы қосылады да, ауа қозғалысы болмайды. Сондықтан айдамалы-сору әдісі қазым кеңістік пен жарықшақтан ауаның сорылуы мен жоғалуын азайтуды немесе жою қажет болғанда қолданылады. Бұл әдіс жалпы шахталық депрессияны шахта оқпанына тізбекті орнатылған ауа беретін желдеткіш пен ауа соратын екі желдеткішке таралуына мүмкіндік береді. Бұл әдіспен ауа қозғалысының жолында жоғары қысым айырмасын тудыру мүмкін болғанымен сыртқы бетпен қазбаның

аэродинамикалық байланысы кемиді, бұл оның айдаушы және сорушы әдістермен салыстырғанда ерекше артықшылығы. Бірақ бірнеше сорма желдеткіштері болғанда және тау-кен жұмысының бытыраңқылығында желдетуді басқару қиындай бастайды. Бұл әдіс тау-кен қазбасы біршама ұзын болғанда және өздігінен тұтанатын кен және көмір шахталарында қолданады.

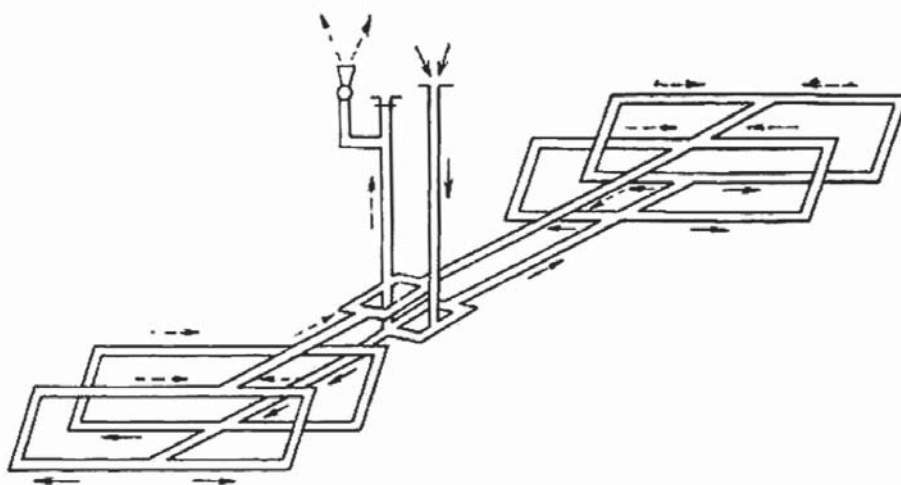
15.2. Желдету сұлбалары

Желдету сұлбасын таңдау кезінде қазбаны желдетудің тіпті басқа мақсатқа қолданатынын да, мысалы, кен көтеру, тасымалдау және т.б. ескеріп, желдетудің мүмкіндігін толық пайдалануға ұмтылу қажет.

Шахтаның жалпы аэродинамикалық кедергілерін азайту үшін, ауа ағынын параллель тарамдардың мүмкін санының ең көбіне бөлу керек. Барлық тазартыс және даярлау қазбалары мен басқа да жұмыс орындары желдету ағынының жаңа ауасымен желдетілуі тиіс. Шығатын ауа ағыны мен шахтаға түсетін ауа ағыны еш уақытта бірімен бірі араласпауы қажет. Таза ауа түсетін қазба мен ластанған ауа өтетін қазбаның қиылысуын мүмкіндігінше азайту қажет. Бұл желдету құралдарының санын азайтуға мүмкіндік береді (есік, шлюз, кроссинг, көпір, далда). Желдету сұлбасы желдету торабында ауаның табиғи таралуы есептелген таралымға жақын болуын қамтамасыз етілуі тиіс. Бұл жағдайда оң және теріс реттеуші органдар саны ең аз саны қажет болады (желдетіс терезесі, ауа бүркемесі, көмекші желдеткіштер және т.б.). Желдету сұлбасын қауіпсіздік Ережесінің талаптарына сай таңдау қажет. Шаңдылық бойынша қауіпті және конвейермен жабдықталған шахталарда скипті және көлбеу оқпандармен ауа беруге, сондай-ақ құлатылған аймаққа ауаны бұруға тыйым салынады. Қазбада ауа қозғалысының жылдамдықтарының жоғары және төменгі мүмкін шектері сақталуы қажет. Барлық тазартыс кенжарлары мүмкіндігінше жалпы шахталық депрессияның тікелей ағынымен ешқандай жерастылық желдеткіштің көмегінсіз желдетуі керек.

Қазбаның саны мен өзара орналасуы ластанған ауаны шығару, таза ауаны беруге байланысты, орталықты, қапталды және аралас

желдетіс сұлбасы деп бөледі. Желдетудің орталықты-қосарланған сұлбасында (15.2-сурет) ауа беретін және ауаны шығаратын оқпан шахта жазықтығының орталығына орнатылады.



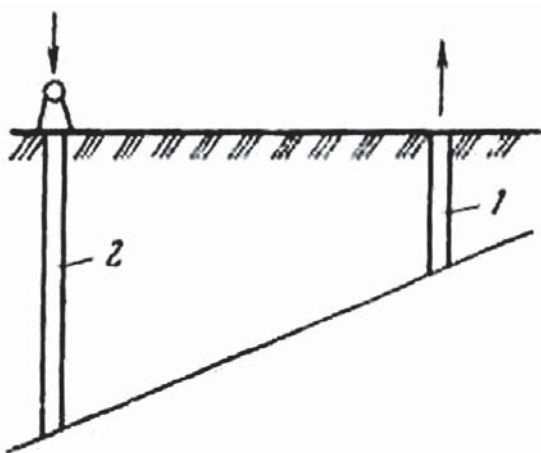
15.2-сурет. Желдетудің орталықты-қосарланған сұлбасы

Таза ауа оқпандардың бірімен беріледі, шахта қанаттарына тарайды, тазартыс кенжарын орай өтіп, мұнан әрі желдету қазбасы мен екінші оқпанға беріліп, жер бетіне көтеріледі. Оқпандардың өзара қашықтағы 30-100м шегінде өзгереді. Бұл сұлба қазу тереңдігі >200 м болғанда қолданылады.

Желдетудің орталықтандырылған сұлбасында (15.3-суретте) оқпандар бір-бірінен едәуір қашықтықта орналасады. Бұл сұлба шахта жазықтығының жоғарғы бөлігін қазу кезінде қолданылады. Өйткені орталықты-қосарланған және орталықтандырылған сұлбасында ауа параллель қазбамен қозғалады, бірақ қарама-қарсы бағытпен (таза ауа кенжарға ластанған ауа кенжардан) қозғалса, онда бұл сұлбаны қайталама ағынды (возвратноточными) деп атайды.

Орталық сұлбалардың артықшылығына:

- жөндеу шығындарының салыстырмалы түрде аз болуы;
- шахтаны пайдалануға берудің жеделдеуі;
- діңгектердегі пайдалы қазбалардың жоғалымының төмендігі;
- бір желдеткішпен жұмыс жасау мүмкіндігі;
- жерүсті ғимараттарының бір жерде шоғырлануы мен желдетуді басқарудың қарапайымдылығы жатады.

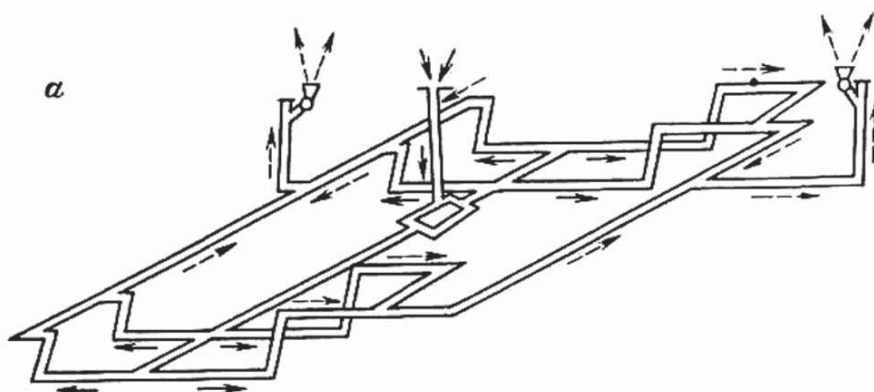


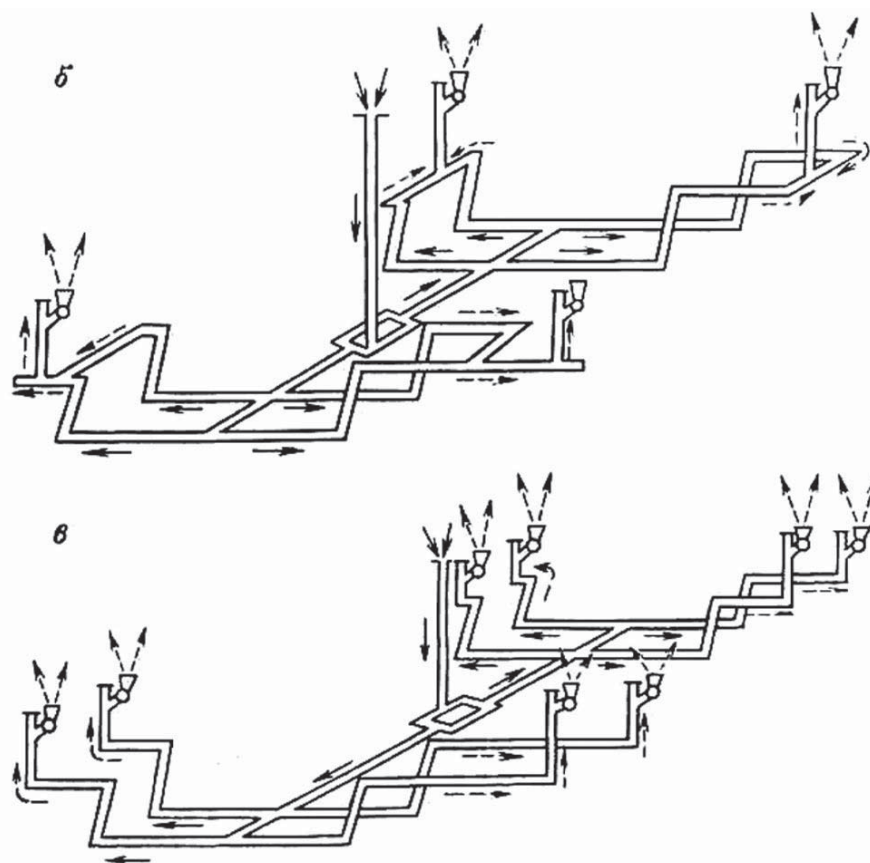
15.3-сурет. Шахтаны желдетудің орталықтандырылған сұлбасы:
1, 2 – тиісінше, ауаны шығаратын және ауа беретін оқпандар.

Орталық сұлбаның кемшіліктеріне:

- шахтада депрессияның жоғары болуы;
- оқпан маңына таза ауа мен шығарылатын ауа жоғалуының молдығын;
- желдету тереңдігін қамтамасыз етудің қажеттігін, (оқпан мен тазартыс кенжар ара қашықтықтарының өзгеруіне байланысты);
- желдетіс деңгейжиегінің шахты алабының бүкіл ұзындығында қажет болатындығын жатқызуға болады.

Желдетудің қапталдық (диагональдық) сұлбасы шахта алабын ашу кезінде орталығында да, оның шекарасында да қолданады (15.4-сурет). Шахта алабының орталығында бір немесе екі оқпан (әдетте бұл ауа беретін оқпан), ал шахта алабының шекаралында қапталдық оқпан (әдетте, бұл ауаны шахтадан алып шығатын) орналасады. Таза ауа орталық оқпан арқылы қазбаның негізгі деңгейжиегімен тазартыс кенжарына қарай қозғалады.





15.4-сурет. Шахтаны желдетудің қапталдық сұлбалары:
а – қапталды; б – топтасқан; в – учаскелік

Шығатын ауа ағындары желдетіс деңгейжиегіне түседі де, қапталдық оқпан арқылы сыртқы жербетіне шығарылады. Ауа қанаттың бүкіл ұзындығы бойынша бір бағытта қозғалады, яғни қапталды желдету сұлбасы тура ағынды.

Шахта алабының ұзындығы үлкен болған жағдайда өздігінен тұтануға бейім газ, көмір шахта алабының қанаттарында орналасқан ауаны шығаратын екі оқпаны бар сұлба қолданылады. Сорма желдеткішті кенорнының жеке учаскесін қазуға арналып жүргізілген қапталдық екі уақытша шурфқа орналастыруға болады. Тазартыс кенжарының жылжуына қарай шурфты әрбір 100-150 м сайын өтеді, бұл шахтаны іске қосу мерзімін жылдамдатады, өйткені бұл кезде негізгі қазбаларды шахта алабының шекарасына дейін жүргізу қажет болмайды. Сұлба жоғарғы деңгейжиектерін қазу кезінде, яғни онша терең емес тау-кен жұмыстарында қолданылады. Қазу учаскесінің

саны аз болса және олар ауа беретін оқпаннан үлкен қашықтықта орналасса, онда қапталдық, топтық немесе учаскелік сұлбалар қолданылады (15.4-сурет). Бұл жағдайдағы қапталдық желдеткіштер жеке учаскені немесе учаскелер тобын желдетуді қамтамасыз етеді. Қапталдық сұлбаның артықшылығына:

- ауа беретін оқпаннан тазартыс кенжарына дейінгі ауа қозғалысында ауа жоғалымының болмауын;
- қапталдық оқпандардағы (тасымалдау үшін аз қолданатын) ауаның жербетілік жоғалуының азаюын;
- ауа қозғалысы жолының кемуінен жалпы шахталық депрессияның кемуін;
- қазудың әртүрлі кезеңдерінде депрессияның біркелкі таралуын;
- шахта алабын қазудың бүкіл кезеңінде желдетіс деңгейжиектеріндегі қазбаларды күтіп, ұстау қажеттілігінің болмауы жатады.

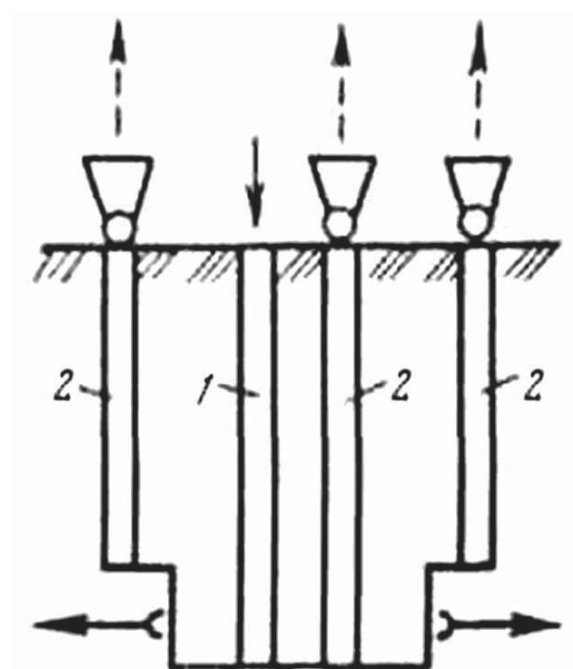
Қапталдық сұлбаның кемшілігіне:

- күрделі шығындардың көптігі (шахта алабының шекарасына дейін тазартыс жұмыстары басталмас бұрын қазбаның негізгі қабатында жұмыс жүргізудің қажеттілігінен болады);
- оқпан маңындағы сақтандырғыш дінгекте пайдалы кенді жоғалымының өсуі (бұл бағалы кендерді қазу кезінде айрықша маңызды);
- желдетіс қондырғылары санының көп болуы (электрмен қамту және желдетісті басқарудың күрделенуі);
- апаттық режимде ағынды қайта бұрудың (реверсирования) қиындығы жатады.

Шахтаны желдетудің (15.5-сурет) аралас сұлбасы орталық, қапталдық сұлбаның элементтерін өзіне біріктіреді. Бұл сұлбадағы ауа беруші ретінде, орталық оқпан, ал ауа шығарушыға орталықта және қапталдарда орналасқан оқпан қолданылады. Мұндай сұлбаны қолдану кезінде қазбаның бір бөлігі (әсіресе, ауа беруші оқпаннан ұзақ орналасқан қазбалар) тура ағынмен, ал екінші бөлігі қайталама ағынмен желдетіледі. Орталықты – қапталдық сұлбада ауа шахтаға орталық оқпан арқылы беріледі де, қапталда және орталықта ор-

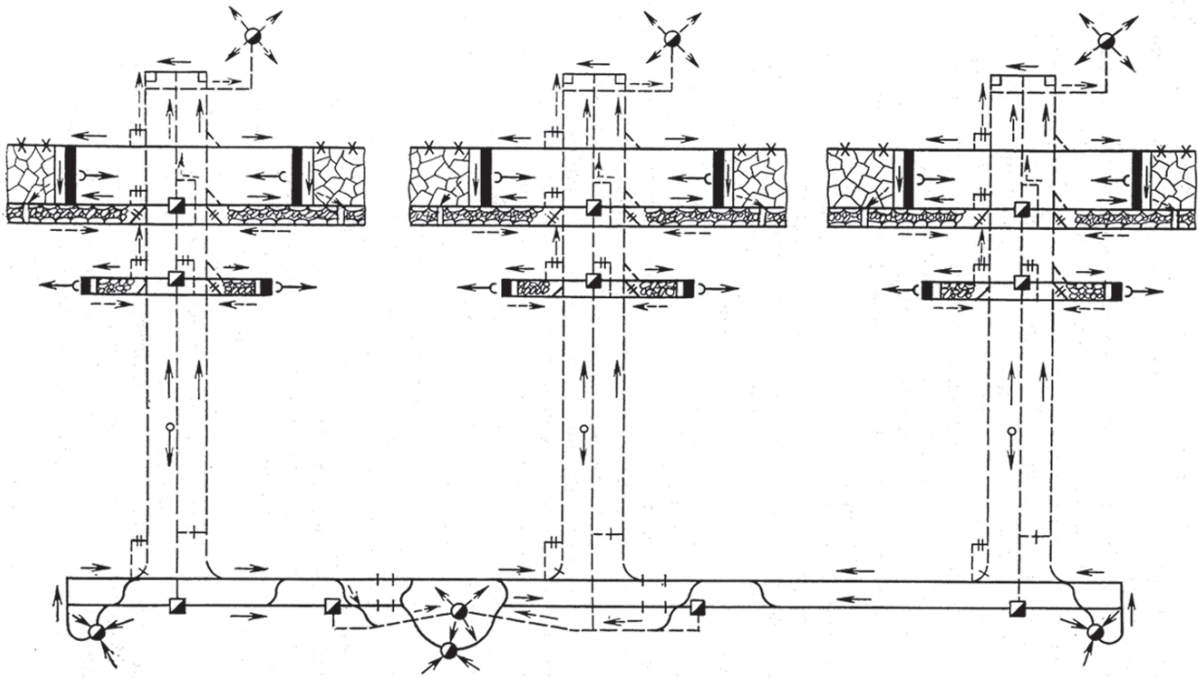
наласқан жұмыс учаскелеріне таратылады. Қаптал учаскесінен шығарылатын ауа ағыны қапталдағы желдетістік оқпанға беріледі, ал шахта алабының орталығында орналасқан учаскеден шығарылатын ауа екінші оқпан арқылы жербетіне шығарылады.

Осылайша шахта алабының орталықтағы және қапталдағы учаскелерін желдету бөлектеп жүргізіледі. Сондай-ақ бұл сұлба бойынша даярлау деңгейжиегі мен (шығарылатын ауа ағыншаларын орталық оқпан арқылы бұру) тазартыс жұмыстары деңгейжиегін (шығарылатын ауа ағыншаларын қапталдық оқпан арқылы бұру) бөлектеп желдетуді жүзеге асыруға болады.



15.5-сурет. Шахтаны желдетудің аралас сұлбасы:
1 – оқпанға түсетін ауа; 2 – оқпаннан шығатын ауа.

Егер желдету шарты бойынша шахта алабын бірнеше участоктарға (секцияларға) бөлу қажет болса, онда желдетудің аралас-секциялық сұлбасы қолданылады. Бұл жағдайда шахта алабының орталығынан ауа түсетін оқпан және ауа шығаратын оқпанды да өтеді, ал ауаны қапталдан шығаруға шурф (тік қазба) жүргізіледі. Секция бөлектенген ауа ағынымен желдетіледі (15.6-сурет) және өте ірі шахталар мен кеніштер де қолданылады. Мұнда ауа беру және шығару үшін шахталық оқпандар саны 10-ға дейін жетуі мүмкін.



15.6-сурет. Шахтаны желдетудің секциялық сұлбасы

Желдетудің аралас сұлбасының артықшылығына:

- қазбаның саны бірнеше және шахта алабының өлшемдері үлкен болғанда желдеткіш қондырғыларының депрессиясы салыстырмалы жоғары болмайды;
- жеке учаскелерді желдетудің жоғарылауы;
- учаскеге ауа таратуды реттеудің оңайлауы;
- шахтадан сыртқы шығатын қазбалар көбейгендіктен шахтыдағы еңбек қауіпсіздігінің артуы жатады.

Аралас сұлбаның кемшілігіне: желдету торабының күрделілігі, желдеткішті басқару мен тұтас шахтадағы ауа таратуды реттеудің қиындығы, орасан мол күрделі қаржы шығыны жатады.

§16. Шахтадағы ауаның жоғалуы

16.1. Жалпы мәлімет

Ауаның жоғалуы (утечка) – деп ауаның пайдалану орынына толық түспей, қарастырылмаған жолдармен шығып жоғалған бөлігін айтамыз.

Ауаның жоғалуы қазым кеңістікте, діңгектер мен тастардың жотасында, қымтау (герметизирующие) құрылғыларында (желдетіс далдалары, желдетіс есіктері, желдеткіш арналарының қабырғалары, шахты үстілік құрылыстарда т.б.) жүреді. Қымтау құрылғылары шахтаға түсетін және шығарылатын ауаны оқшаулауға арналған. Мұндай жоғалулардың нәтижесінде ауаның тазартыс және даярлау кенжарына түсу мөлшері кемиді. Мұны өтеу үшін шахтаға көп ауа беру керек, бұл өз кезегінде желдетуге жұмсалатын электр энергиясын арттыруды қажет етеді. Жоғалым ауаның қазбаларда таралуын басқаруды қиындатады, желдету мерзімін ұзартады, қазбаның шаңдануы мен газданудың көтерілуіне байланысты еңбек өнімділігі төмендеп қауіпті жағдайлар тудырады. Өздігінен тұтануға бейім пайдалы қазба діңгектеріндегі жарықшақтан ауаның шашырай сорылуы жер астылық өртті тудыруы да мүмкін. Қазым кеңістік арқылы ауаның жоғалуы, газсыздандыру жүйесіндегі метан мөлшерінің кемуіне әкеліп, метанды-ауалық қоспаның сапасын кемітеді. Пайдалы қазбаны өндіру процесінде, ауа жоғалуының жаңа жолдары жасалады және оның шамасы кеңістік пен уақыт бойында ұдайы өзгерісте болады.

Тау-кен қысымының әсерінен желдету құрылыстары бүлінеді, бұзылады. Калийлі және тас тұзы шахталарында ауаның жоғалуы ылғалдылықтың өзгеруі, желдетіс ғимараттарының қазба қабырғасымен түйіскен жерлерін зақымдап, оның қымталуын бірден кемітеді. Қазым кеңістігі ауданының артуы нәтижесінде ауаны оқшаулау мақсатында тұрғызылған желдетіс ғимараттарының саны да артады (кен шахталарында олардың саны бірнеше жүзге жетуі мүмкін).

Ауаның жоғалуы (утечки): жалпы шахталық, жерастылық және жербетілік жоғалымдар болып бөлінеді. Ауаның жалпы шахталық жоғалуы, желдеткіш дебитімен шахта торабының барлық пункттерін

желдету үшін пайдаланатын ауа мөлшерінің айырмасымен сипатталады (тазартыс, даярлау кенжарлары, қызметтік камералар және т.б.). Жерүстілік ауа жоғалуы (сорылу) желдету арналары мен оның кері бағытты құрылғыларының, шахта үстіндегі ғимараттар мен құрылыстардың, оқпандағы далдалар мен жабындылардан (перекрытия), шурфтар және т.б. жақсы қымталып тығыздалмауынан болады. Жерүстілік ауа жоғалымдарын жер бетінде орнатылған желдеткіштердің дебиті мен шахтаға түсетін ауа мөлшерінің өзара айырмасы арқылы анықталады.

Жерастылық ауа жоғалымы желдету ғимараттары, көмір діңгектері, деңжиек пен жербетілік қазбаны қосатын қазым кеңістік арқылы жүреді. Жерастылық ауа жоғалымдары жоғалу сипаты қарай: жергілікті, үздіксіз-таралған және аралас болып бөлінеді. Жергілікті ауа жоғалуы желдету ғимараттарына, желдету құбырының түйісуіне байланысты. Үздіксіз-таралған жоғалу қазбаның ұзындығы бойында қазым кеңістік арқылы және тас жотасы арқылы жүреді. Аралас ауа жоғалуы қазбаның таза ауа ағыны қазбасынан шығарылатын ауа ағыны қазбасының аралығындағы діңгек, түйісімдердегі желдетіс далдасы арқылы жүреді.

Жалпы шахталық ауа жоғалуы (%) келесі формуламен анықталады,

$$P_{об} = 100(Q_в - Q_{пол}) / Q_в,$$

мұнда, $Q_в$ – желдеткіштің дебиті, м³/мин; $Q_{пол}$ – шахтаның желдетіс торабындағы барлық пункттерді желдетуге жұмсалатын ауа мөлшері, м³/мин.

Ауаның жерасты жоғалуы (%) келесі формуламен анықталады,

$$P = 100(Q_{ш} - Q_{пол}) / Q_в,$$

мұнда, $Q_{ш}$ – шахтаға берілетін ауа мөлшері, м³/мин.

Ауаның жерүстілік жоғалуы (%):

$$P_{нов} = 100(Q_в - Q_{ш}) / Q_в,$$

формуласымен анықталады.

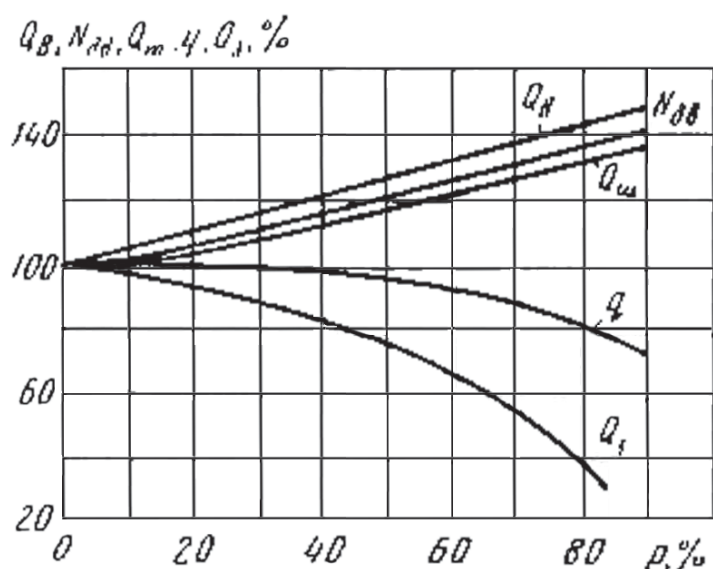
Ауа қозғалысының режимі турбулентті (арналармен ірі жарықтан өтерінде), ламминарлы (кеуекті ортаның фильтрациясында) немесе аралықты болуы мүмкін. Кедергілер заңы:

$$h_c = R_l Q_{ym} + R_k Q_{ym}^2,$$

түрінде болады.

Мұнда, R_l, R_k – тиісінше, аэродинамикалық кедергінің сызықтық және квадраттық құраушалары, $H \cdot c^2 / m^8$; Q_{ym} – жоғалу (утечки) нәтижесінде болатын ауа жоғалымы, $m^3 / \text{мин}$; h_c – желдетіс ғимараттары арқылы қысымның түсуі, Па.

Жоғалу желдетіс торабының аэродинамикалық кедергісін кемітеді. Ауаның ішкі жоғалуы желдеткіштің дебитіне, жер бетінен шахтаға сорыла түсетін ауа мөлшеріне (сыртқы жоғалу), кенжарға түсетін ауаның мөлшеріне (16.1-сурет) әсер етеді.



16.1-сурет. Осьті желдеткіш қуатының Q_b : оның қозғалтқышының қуатына $N_{дв}$, ауаның ішкі жоғалуына q , шахтаға $Q_{ш}$ және кенжарға Q_3 түсетін ауа мөлшеріне, жерастылық ауа жоғалуы мөлшеріне p тәуелділігінің графигі

Ішкі жоғалу есебінен аэродинамикалық кедергінің кемуі желдеткіш дебитінің өсуіне және шахтаға түсетін ауаның көбеюіне әкеледі. Бірақ бұл жағдайда кенжарға түсетін ауаның пайдалы мөлшері кемиді, мұның нәтижесінде $1 m^3$ пайдалы ауаға жұмсалатын шығындар артады.

16.2. Желдетіс ғимараттары арқылы ауаның жоғалуы

Ауаны таза және шығарылатын ағыншаларға бөліп тұруға арналған, желдетіс ғимараттарынан өтетін ауа жоғалуы ($\text{м}^3/\text{мин}$), осы құрылыстан өтетін қысымның аса төмендеуі мен оның сапасына тәуелді болады (аэродинамикалық кедергімен сипатталады) және:

$$Q_{ym} = \sqrt{h_c / R_c}$$

формуласымен анықталады.

Мұнда, R_c – желдетіс ғимаратының аэродинамикалық кедергісі, $\text{Н}\cdot\text{с}^2/\text{м}^8$.

Ауаның жоғалу орындары желдетіс ғимараттарының түріне байланысты. Тұйық желдетіс далдаларында, ауа жоғалуының негізгі орны далда мен тау жынысының түйіскен жері (әсіресе қазба төбесінде), мұнда, ауа жоғалуы 80 – 90%, қалған бөлігі далданың өзі арқылы сыздықтайды. Ауаның бұл мөлшері ғимараттардың материалы мен салыну сапасына тәуелді болады. Ауаның ең жоғары жоғалуы тақтай мен ағаш қиындыларынан салынған, ал ең азы бетоннан салынған далдаларда байқалады. Басқа жағдайларда тұйық далданың периметрі неғұрлым үлкен және тұрғызылған қабырғаның қалыңдығы жұқа болған сайын, ауа жоғалуы да көп мөлшерде болады. Тұйық далдадан өтетін ауа жоғалуы ($\text{м}^3/\text{мин}$) М. А. Патрушевтің формуласымен анықталады:

$$Q_{ym} = k_{e.n} P_n \sqrt{h_c / l_n}$$

мұнда, $k_{e.n}$ – ауа өткізгіштік коэффициенті, бұл депрессия 1 даПа болғанда, қалыңдығы 1 м далданың 1 м периметрінен шығатын ауа мөлшерін ($\text{м}^3/\text{с}$) сипаттайды, $\text{м}^3/(\text{Н}^{0.5}\cdot\text{с})$; P_n – далданың периметрі, м; l_n – далданың қалыңдығы, м.

Егер желдетіс далдасында адам немесе көлік жүретін есік қалдырылса, онда ауа жоғалуының негізгі массасы есіктен, оның кіріс периметрі бекітілген рамасы, сондай-ақ суағар, рельс өтетін жерлерден өтеді. Желдетіс ағынының қысқа тұйықталуын болдырмай, қазбадағы жоғалтуды азайту үшін екі немесе одан да көп желдетістік есігі бар (шлюздер) далдалар орнатылады.

Шлюзден өтетін ауаның жоғалуы келесі формуламен анықталады,

$$Q_{ym} = \varphi k_{e,d} S_d \sqrt{h_c},$$

мұнда, φ – шлюзде есігі бар далдалардың санына байланысты коэффициент; $k_{e,d}$ – депрессиясы 1 даПа болған кезде есіктің 1 м^2 ауданына тиесілі есікті далдадан сыздықтайтын ауа мөлшерін сипаттайтын ауа өткізгіштік коэффициенті, $\text{м}^2/(\text{Н}^{0.5}\cdot\text{с})$. S_d – есіктің ауданы, м^2 .

Ауа өткізгіштік коэффициенті: астарсыз темір есік үшін (немесе ағаш есікті кесінділерден жасалған далдалар) – 0,02; бетонды немесе қышты далдадағы қос қапталды есіктер үшін – 0,12, тасты немесе бетонды далдада шпунт тақтаймен қағылған, резеңке маталы қаңылтырмен қапталған бірқапталды есік үшін – 0,007 тең. Шлюздегі желдетіс есіктерінің санын ескеретін коэффициентті есік бір, екі, үш, төртеу болғанда, тиісінше 1; 0,76; 0,66; 0,57 тең болады.

Желдетіс есіктерінің аэродинамикалық кедергісі ($\text{Нс}^2/\text{м}^8$):

$$R_c = 1/(k_{e,d}^2 S_d^2).$$

формуласымен анықталады.

Кроссинг арқылы өтетін ауаның жоғалуы есігі бар далда арқылы және кроссинг арнасының қабырғасы арқылы өтеді. Аталған орындардағы ауа жоғалуы кроссингтың материалы мен жасалу сапасына байланысты. Бетон кроссингты арнадан өтетін ауа жоғалуы және метал арнадан өту кезіндегі жалпы жоғалту, тиісінше 40-55 және 60-70% құрайды. Егер кроссинг қазбаның айналып өту үшін жасалса, онда ауаның жоғалуы тек, шлюз арқылы ғана жүреді.

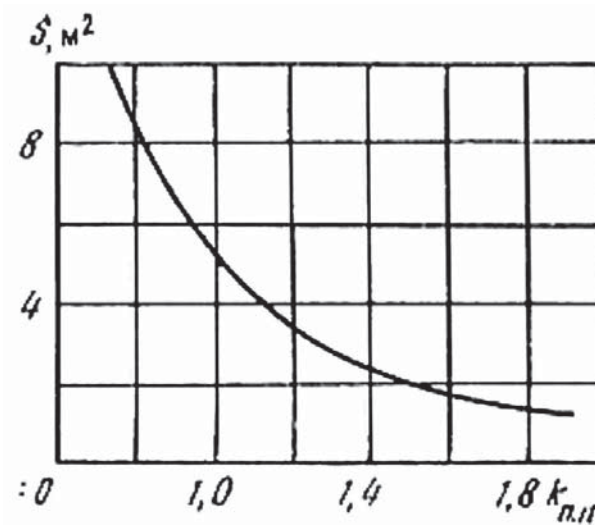
Ауаның ең көп жоғалуы параллель қазбаларда болады, мұның біреуімен таза ауа ағыны жүреді де, ал екіншісімен шығарылатын ауа жүреді (мысалы еңіс және жүріс жол қазбасы, штрек және желдетістік қиыс қазба және т.б.). Ауаның жоғалуы түйісімдердегі далдалар және оны бөлуші діңгек арқылы да жүреді.

Ауаның негізгі жоғалуы далда арқылы болады. Параллель қазбалардағы ауаның жоғалуы далда орнатылған түйісімдерінің өзара қашықтығына, қоршаған жыныстың жағдайы мен олардың

арасындағы қысымның түсуіне байланысты. Олар келесі формуламен анықталады:

$$Q_{ym.n} = \frac{0,01nk_y Q_{k.в}}{k_{n.n}},$$

мұнда, n – далдалардың саны; k_y – ауа жоғалуының келтірілген коэффициенті. $Q_{k.в}$ – параллель қазбаның соңы дейін беруге қажетті ауа мөлшері, м³/мин; $k_{n.n}$ – далда ауданының келтірілген коэффициенті (16.2-сурет).



16.2-сурет. Далда ауданының S келтірілген коэффициентіне $k_{n.n}$ тәуелділігінің графигі

Көмір шахтасындағы нормативтік ауа жоғалудың нормативтік коэффициенттері тиісінше, тұйық далдадан, екі есікті желдету шлюзінен және кроссингтен өту кезінде 7-42, 19-82 және 35-100 м³/мин шегінде жатады.

§17. Шахтадағы желдетіс ғимараттары

17.1. Желдетіс ғимараттарының атқаратын қызметі

Желдетіс ғимараттары үш топқа бөлінеді.

1-топ. Ауаның өтуіне арналған желдетіс ғимараттары (желдеткіштердің арналары, желдетіс далдалары, т.б.).

2-топ. Желдету ағыстарын оңашалуға арналған желдетіс ғимараттары.

3-топ. Кен қазбалардағы ауа ағындарын жөнге келтіретін желдетіс ғимараттары.

Желдетіс ғимараттары желдетуді ұйымдастыруда өте маңызды рөл атқарады. Жұмысшы орындарын қажетті ауа мөлшерімен қамтамасыз ету үшін желдетіс ғимараттары дұрыс құрылып, дұрыс пайдалануы тиіс. Ауаның мөлшерін реттеу тереңдігі, жұмыстың қауіпсіздігі мен апатты жағдайлардағы жұмыскерлердің өмірі және желдету тұрақтылығы желдетіс ғимараттардың жағдайларына байланысты болады.

1-топтағы желдетіс ғимараттарының аэродинамикалық кедергісі мүмкіндігінше аз болуы керек. Бұл шарттың қойылуына желдетіс ғимараттары арқылы ауаның көп мөлшері өтеді, ал бұл депрессияның айтарлықтай жоғалуына себепкер болған. Осы топтың ең жауапты ғимараттары ретінде желдетіс арналары саналады. Арналардың сәтсіз құрылысы (аэродинамикалық сапасы жағынан) кедергісі қарсы қуаттың шығынын өсіріп, оған қатысты шығынды туындатады.

Кроссингтер мен ауа көпірлері қазбаның таза және шыққан ағындардың қиылысында орнатылып, ағындарды бөлу қызметін де атқарады.

Шахталарда қолданылатын далдалар желдетіс және өртке қарсы, субөгетті және сүзгілі, жарылысқа төзімді және кедертті, сонымен қатар комбинациялы болуы мүмкін. Қазбаларда желдетіс далдалар таза ауаны шыққан ауадан оқшаулау үшін және апатты жағдайларда (өрт, газдың оқыс лақтыруларында, т.б.) желдетісті түйіндеу үшін тұрғызылады. Желдетіс далдалар арқылы өтетін ауаның кемуін ең

аз көрсеткішке дейін төмендету үшін олардың аэродинамикалық кедергісі мүмкіндігінше ең көп дәрежеде болуы тиіс. Барлық желдетіс ғимараттары өртке төзімді және кен қысымы мен жарылыстарында бұзылмайтын болуы тиіс. Шахта ортасының қатал (қышқылды су, дымқыл мен ауа температурасының өзгеру жағдайларында) әсері кезінде олар өздеріне тән қасиеттерін сақтаулары тиіс. Еңбек сыйымдылығы мен оларды тұрғызу бағасы, сонымен қатар пайдалану кездеріндегі күтіп ұстау шығындары ең аз мөлшерде болуы керек. Өздігінен жануға икемді қабаттарды қазатын көмір шахталарында, сонымен қатар камералық қазу жүйесін қолданатын шахталарда тұйық далдалар қолданылады. ВостНИИ мәліметі бойынша бұрынғы КСРО-ның көмір өнеркісібі Министрлігіне қарасты шахталарда қайта санақ жүргізу барысында бір шахтаға 48 бірлік құрайтын (тұйық далдалардан басқа) желдетіс ғимараттардың 35 мыңы пайдаланылатындығын көрсетті. Желдетістік есіктері бар далдалар өндірісте қолдану кеңінен таралған. Осылайша, Кузнецк және Қарағанды көмір бассейндерінде желдетістік есіктері бар далдаларды қолдану тиісінше 76,9 және 98,2% құрайды. Ал қалған ғимараттардың 23,1% кроссингтер мен қақпақтарды 1,8% құрайды.

17.2. Желдетіс далдалары

Бітеу желдетіс далдалар уақытша және тұрақты болуы мүмкін. Уақытша далдалар – салыстырмалы түрде жеңіл конструкциялы. Олар желкендерден, желдетіс құбырлар мен тақтайлардың қалдығынан жасалады. Апаттарды жою барысында үрмелі және парашютті далдалар қолданылады. Тақтайлы далдалар келесі конструкциядан тұрады. Тақтайлар арнайы орнатылған тіреулерге немесе ағаш бекітпелі рамаларға жоғарыдан төмен қарай қатты қазылады. Саңылауларды саз немесе цемент ерітіндісімен бітейді. Желкенді далдалар брезенттен жасалған қабат, палатка-плащ немесе синтетикалық мата түрінде болады. Техникалы резина бұйымдар шығаратын Уфа зауыты мен МГИ бірлесіп, 4-12 м² ауданды қималарды бөгейтін үрмелі қымтау далдаларын шығарды. Далдалар беріктілігі жоғары механикалық екі қабатты капронды резиналық

матадан жасалады. Үрмелі далдалар далданың периметрі бойынша екі үрмелі секцияларды қосатын обтюратор мен сөрелерді қалпында ұстауға арналған қаңқалардың екі қабығынан тұрады.

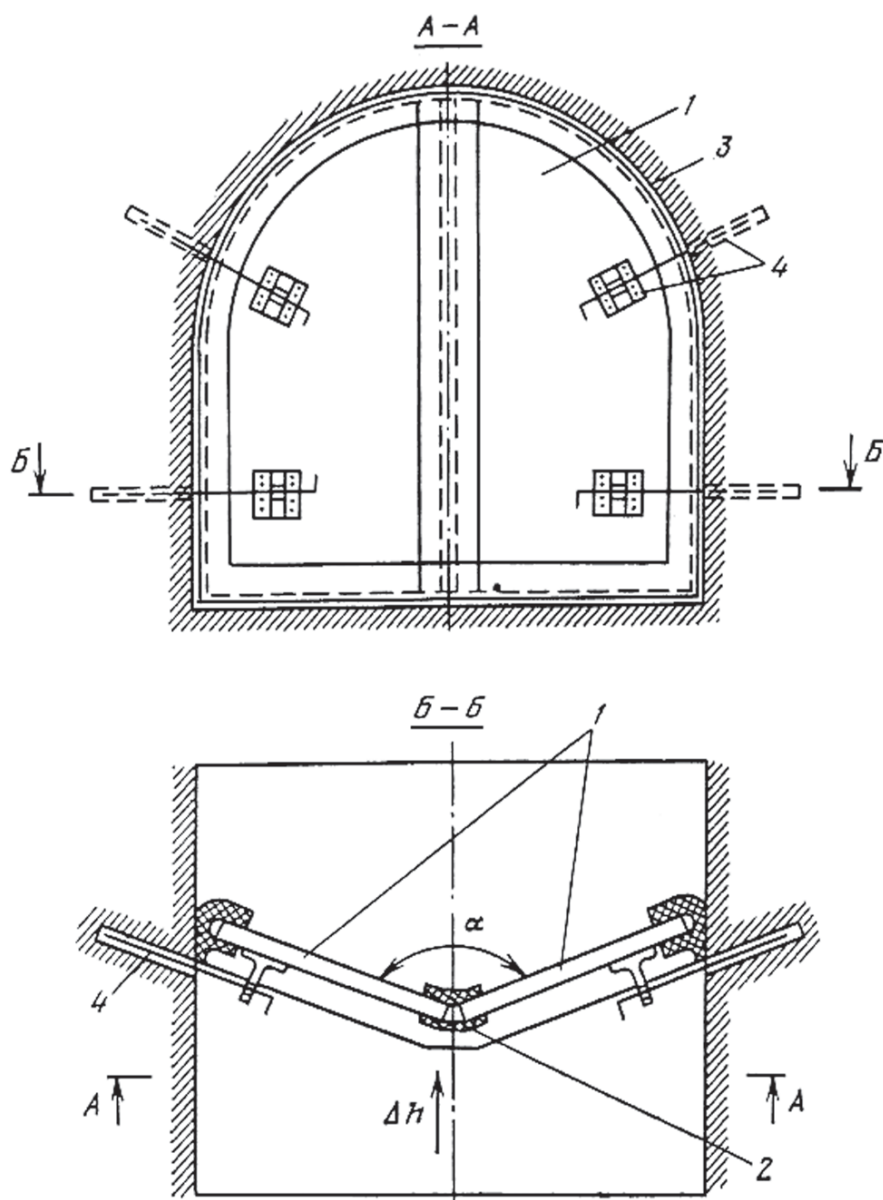
Обтюратор ауа ағынын тудыратын қысымның төмендеу кезінде қолайлы, қоршаған жыныс бұдырлығы мен қазба пішініне сәйкес болатын ортаңғы бөлікте бос қалпында орналасады. Далдалар қазбадағы ауа ағынына қарсы тартпаларды обтюратормен алғаннан кейін бекітпе рамалардың арасында орналастырылады. Секциялардағы ауа қысымын 800 – 100 даПа-мен қамтамасыз ететін шахталық ауа магистральдары және басқа да заттардың көмегімен далдалардың орнату ұзақтығы 15-20 минутты құрайды.

Далдаларды орнату орындарында ауаның жылдамдығы ≤ 6 м/с, ал далдалар арқылы қысымның төмендеуі 50 даПа болуы керек. Ауаның қосымша тербелуінсіз далдалар 5 күнге дейін жұмыс істейді. Далдаларды әртүрлі қазбаларда 20 рет орналастыруға болады. Далданың салмағы 70 кг құрайды.

ВНИИГД-да ауа жылдамдығы 0,5-12 м/с, қысымның өзгерісі 0,7-2,50 даПа, температурасы -50-ден +70 градусқа дейінгі және ауаның салыстырмалы ылғалдылығы $\leq 10\%$ құрағанда қазбада орнатылатын парашютті желдетіс далдалары шығарылды. Парашютті далдалар диаметрлері 4, 5, 6 метрлі және аудандары 9, 15, 20 м² құрайтын қималарды бекітеді. Далдалардың салмағы 9, 15, 20 кг. Парашютті далдалар тудыратын аэродинамикалық кедергісі бекітпе түріне байланысты болады және 2-50Н · см²/м шамасында өзгереді. Далдалар ауаның шығынын 5-10 есе төмендете алады.

Парашют қазбаның төбесі мен қабырғасына анкер бұрандама көмегімен, ал бекітпесіз қазбаларда осы мақсатқа арнайы орнатылған тіреуге бекітіледі. Сенімді оқшаулау үшін екі далда кезекпен (шлюзді құрайды) орнатылады.

ВНИИ-да универсал тасымалы желдетіс далдалары жасалады. Оның құрылысы 17.1-суретте келтірілген: 1 – қатпарлы қалқа, 2 – шарнирлі қосылыс, 3 – жұмсақ серпінді тығындама, 4 – арнайы құрал-жабдықтарды қазбада толық бекітуге арналған ғимараттың периметрі.



17.1-сурет. Универсал тасымалы далданың сұлбасы

Далданың қалқасы ауаның ашық түрде оқшауланған қазбалардың қимасын жоғарылатады. Сол себептен тығындамамен бірге далда қалқасының ашылу бұрышының өзгерісін түзету арқасында көлденең қиманың өзгермелі ауданды қазбалардың серпімді қымтауына жетеді. Басқа да далданың конструкциялы ерекшелігі қазбадағы оның қиғаштауынан туындайтын қысымдар өзгерісінің жоғарылату кезіндегі ауа өткізгіштігінің төмендеу әсері. Тұрақты далдалар қождан және бутобетоннан, тастан, кірпіштен, шлакоблоктан, пенопластан және де басқа материалдардан жасалады. Қысқаша бөренелерден жасалған далдалар саздарды, пасталар-

ды қолдану арқылы орнатылады. Полиуретаннан, корболидті МФП – Б пенопластан, фенольдi ФРП пенопласынан жасалған далдалардың оқшаулау қасиеттері өте жоғары. Осы материалдардан жасалған далдалар отқа төзімді болып келеді. Бетоннан, кірпіштен, білезден жасалған далдалармен салыстырғанда олардың ауа өткізгіштігі 3-15 есе, тұрғызу еңбек сыйымдылығы 2.5-9 есе кіші, тұрғызу жылдамдығы 2-5 есе жоғары, бағасы 1.5-2 есе төмен. Шпренгельді далдалар оқшауланған кеңістікте жанғыш газдардың жарылысынан қауіп төнген жағдайда өртті бөлікшелерді оқшаулау үшін қолданады. Қазбада екі далда тұрғызылады, олар: өзінен қазбаның үш диаметрінен аспайтын саңылаулы және оқшаулаушы (қымтаушы) далдалар. Осы далдалар оқшаулаушы далда сыртындағы адамдар мен ғимараттар үшін, далданың соқпа толқынының қысымын қауіпсіз дәрежеге дейін төмендетеді.

17.3. Желдетіс есіктері

Желдетіс есіктері бар далдалар (әрі қарай желдетіс есіктері деп аталады) қарапайым далдалар сияқты рөл атқарады. Көбінесе ағыншаның бұрылуын жою үшін екі есіктер кезекпен қойылады. Мұндай құрылғы шлюз деп аталады. Желдетіс есіктері адамдар мен көліктердің өтуі үшін пайдаланылады. Мұндай жағдайда шлюз есіктерінің арақашықтығын осы бөлікшеге ең ұзын құрам орналасатындай етіп алады. Есіктердің саңылаулары далда ауданының 30-90% алады. Сондықтан осындай желдетіс ғимараттардың аэродинамикалық сапасы есіктің өзін қымтауына және бекітпе рамада қыстырылуына байланысты болады. Желдетіс есіктердің көбі бетонды және тасты далдаларда орнатылады. Есіктер ағаштан немесе металдан жасалады және біржармалы, екіжармалы болады. Металмен қапталған ағаш есіктер есік сынығы аса жағымсыз маңызды орындар мен оқпан маңайындағы аула аудандарда орнатылады. Өйткені шахтаның желдетіс жүйесінің маңызды бөлігін істен шығаруы мүмкін. Жоғары қымтау қасиетін беру үшін ағаш есіктерінің матасы резеңкеленген матамен немесе киізбен және жазық темірлермен тігіледі, төменгі жағы алжапқышпен жабдықталады, ал тақтайлар қисынын шпунтқа келтіреді. Есіктер үлкен қысым жақ-

қа қарай ашылулары тиіс. Егер екі жақтың қысымдары үлкен болса, бір адамға ашу өте қиынға соғады. Осындай жағдайда есіктердің ашылуын жеңілдету үшін есіктердің ашылар жерінде кішкене терезесі бар есіктер орнатылады. Адамдар өткен соң есіктер әрқашан жабық болуы үшін оны арнайы құрылғыларымен (пружинамен, жүкпен, т.б.) жабдықтайды. Транспорттық құралдардың өтуі үшін есіктер көлік қозғалысының арнайы орындарында олардың ашылуы мен жабылуына қолайлы берілістермен жабдықталады.

Шлюзді басқару аспабымен жабдықталған автоматтандырылған желдетіс есіктері өндірісте кеңінен қолданылады. Басқару аспабы көлік құралдарының өткізудің автоматтандырылған жүйесмен және апатты шлюзбен басқаруды қамтамасыз етеді. Шлюздер есіктердің жағдайлары мен аэродинамикалық сапасы туралы мәлімет беретін бақылау аспабымен жабдықталған.

17.4. Кроссингтер

Кроссингтер – таза ауа мен шыққан ағыншалар қазбаларының қиылысындағы орындарда орнатылады. Олар бөлікшелі (бір бөлікшені қызмет ету үшін) және күрделі (бірнеше бөлікшелерді қызмет ету үшін). Кроссингтер бітеу және адамдар мен көлік құралдары өтуі үшін арналған бір немесе екі шлюзді болады. Кроссингтегі ауаның жылдамдығы 10 м/с аспауы тиіс. 5 м³/с төмен ауаны өткізетін бөлікшелі кроссингтердің қима ауданы $\geq 0,5$ м² және металл қабырғасының қалыңдығы ≥ 2 мм болатын темір бетонды немесе металды құбырлармен жабдықталады. Өткізілетін ауаның шығынының жылдамдығы > 5 м³/с болғанда кроссингтер аспалы көпірмен жабдықталады. Ауа шығыны 20 м³/с және одан да көп болғанда сондай қималар мен тіреуіштері бар қазбалар қатарына жататын жазық өткізу қазбалары жүргізілуі тиіс. Кроссингтегі тастан және бетоннан немесе темірбетоннан тұрғызылады. Құбырдан жасалған кроссингтер үшін чуракты далда құрылғылары қолданылады. Кроссингтердің қымталануы ғимараттардың мұқияттылығымен және бетінің цемент ерітіндісімен, әктаспен, су мен сұйық әйнекпен, латекспен, полиуретанмен және қапталып жетілдіреді. Кроссингтер әртүрлі кедергілердің (тарылу, кеңейу,

бұрылу және т.б.) қосындысымен сипаталады. Кедергілердің төмендетуге көлденең қима өлшемдерін өсіру, қазбаның кедір-бұдырлығын азайту, ауаның кіру және шығу орындарындағы құрылғылардың көмегімен қол жеткізуге болады.

17.5. Өлшеу бекеттері

Өлшеу бекеттері ауа қозғалысының жылдамдығын өлшеу және оның шығынын анықтау үшін арналған. Бекеттер тұрақты бекітпелі, түзу қазбаларда орналастырылады. Өлшеу бекеттерінің орналасу орны мен құрылысы ауа қозғалысының бірқалыптылығы мен қозғалу жылдамдығының симметриялы қимасын қамтамасыз етуі тиіс. Рамалы және аркалы бекітпелері бар қазбаларда ені мен төбесі бойынша ұзындығы 5-6 м бөлімше ауаның бірқалыпты кіруі мен шығуын (10 градусты бұрышпен) қамтамасыз ететін тегіс тақтайлармен бекітпеленеді. Өлшеу бекетін салу барысында қазбаның желкені мен төбесінің арасындағы ауа қозғалысын жою керек. Бекеттерде ауаның шығыны мен оның қозғалыс жылдамдығын және де ауадағы газдың концентрациясын жазатын тақтай ілінеді.

§18. Шахта желдетісін бақылау, шаң-желдетіс қызметі

18.1. Жалпы мәліметтер

Көмір шахтасы мен кеніштерді желдету кеңістік пен уақытта оның параметрлерінің едәуір дәрежедегі динамикаларымен сипатталады. Сондықтан да шахтаның желдету жүйесінің жағдайын бақылауда ұстау қажет. Қауіпсіздік Ережесі бойынша, келесі желдету параметрлерін жүйелі бақылауға алу қажет:

- желдеткіш арнасы мен қазба арқылы өтетін ауаның жылдамдығы мен шығыны;
- шахта ауасындағы оттегі мен көмір қышқыл газының концентрациясы (ауа құрамын толық талдау кезінде);
- метанның концентрациясы (газды шахтада ауа құрамын талдау кезінде);
- көмір тотығының концентрациясы (өздігінен тұтануға бейім кен қабаттарын қазатын шахтадағы ауа құрамын талдау кезінде);
- азот тотықтарының концентрациясы (кен шахтасы мен көмір шахталарындағы жару жұмысынан соң ауа құрамын талдау кезінде);
- зарядтау камерасындағы сутегінің концентрациясын;
- ауаның температурасы;
- $20^{\circ}\text{C} <$ температурада ауаның салыстырмалы ылғалдығы.

Мұнан басқа кен және көмір шахталарында қазбаның депрессиясы мен ауа қысымын бас жергілікті желдеткіші және желдету ғимараттары желдеткіштерінің параметрлерін бақылау кіреді. Желдету параметрлері тиісті журналдарда тіркеледі, ал негізгі параметрлер желдетіс жоспарларында көрсетіледі.

18.2. Ауа қозғалысының жылдамдығы мен шығынын бақылау

Ауа шығынын бақылау:

- даярлау, тазартыс қазбаларында, қазу учаскесінен, қанаттан, тақтадан деңгейжиек пен тұтас шахтадан шығарылатын ауа ағынында;
- шахтаға бас желдеткіштен берілетін ағынның тарамданатын орны мен қазбаның даярлау кенжарындағы жергілікті желдеткіштің ауа ағынында;

- жалпы шахтаға берілетін және шығарылатын ауа ағыныны камераларында жүзеге асырылады.

Ауа шығынын газды емес шахталарының қазбаларында, I және II санатты газ шахтасының камераларында айына бір реттен кем емес; III – санатты шахта қазбасында – екі айда бір реттен кем емес; ал санаттан тыс шахталар мен кенеттен лақтырыс қауіпі бар шахталарда – айына ең кемінде үш рет бақылайды. Ауаның көлемдік шығыны ($\text{м}^3/\text{с}$) келесі формуламен анықталады:

$$Q = v_B S_B$$

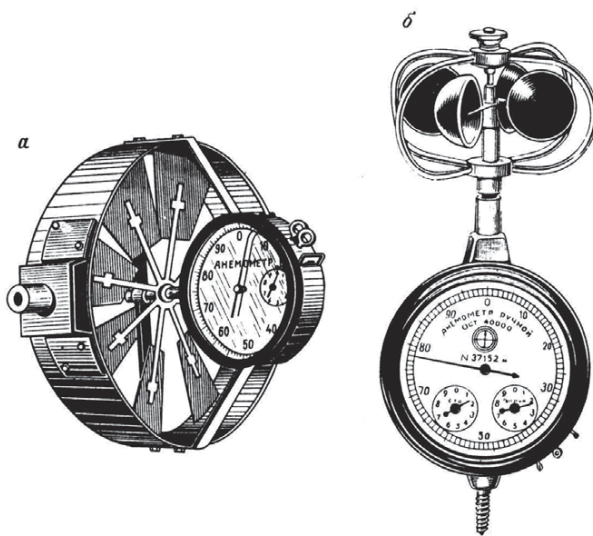
мұнда, v_B – ауа қозғалысының орташа жылдамдығы, $\text{м}/\text{с}$; S_B – қазбаның көлденең қимасының ауданы, м^2 .

Ауаның орташа жылдамдығы анемометрдің көмегімен өлшенеді. Анемометрдің жұмыс ұстанымы – айналысқа келтіретін қалаққа немесе айналсоқ табақшасына үдемелі қысымның берілуі. Ауа қозғалысының жылдамдығы төмендегі формуламен анықталады:

$$v_g = a + bn$$

мұнда, n – айналатын қалақшаның айналым жиілігі; с^{-1} ; a, b – ауа қозғалысының жылдамдығын әрбір анемометр үшін тексеріспен өлшеу жолымен анықталатын сандық коэффициенттер.

Қанатшалы анемометр АСО – 3 және табақшалы анемометр МС – 13 өндірістік тәжірибеде жиі қолданылады (18.1-сурет).



18.1-сурет. Анемометрлер: АСО-3 (а); және МС – 13(б).

АСО – 3 анемометрімен ауа қозғалысының 0,3-5 м/с диапазондағы жылдамдығы өлшенеді. Ауа ағыны қалаққа әсер етеді, бұның айналысы керілген ось арқылы есептегіштің стрелкасына беріледі. Есептегіш механизмінің іске қосылуы арретирдің көмегімен жүзеге асады. Ауа қозғалысының жылдамдығын өлшеу келесі түрде жүзеге асады:

1. Анемометрдің ауа ағынына қойылмас бұрын оның көрсетілімін есебін (n_1) жазылып аады;
2. Анемометр ауа ағынына қойылады тіркелген t_1 уақытта есептегіш механизмі іске қосылады.
3. 100 секундтан кейін есептегіш механизмін тоқтатады да t_2 сөндіру уақытын тіркейді.
4. Анемометрдің n_2 көрсетілімін жазып алады.
5. Формула бойынша айналатын қалақшаның айналым жиілігі:

$$n = (n_2 - n_1) / (t_2 - t_1)$$

формуласымен анықталады.

6. Алынған n мәні үшін анемометрдің паспорты бойынша ауа қозғалысының жылдамдығы анықталады.

ИС-13 табақшалы анемометрінің АСО-3 анемометрінен өзгешелігі ауа ағынының үстемелі қысымы, шеңбер бойынша симметриялы орналасқан жартылай сфералы төрт табақшаның ішкі бетіне беріледі. МС-13 табақшалы анемометрімен ауа қозғалысының $1 \div 20$ м/с диапазонындағы жылдамдығы өлшенеді.

Сондай-ақ ауа қозғалысының жылдамдығын өлшеу үшін:

$$h_d = v_B^2 \rho / 2$$

формуласымен анықталатын үдемелі жылдамдықты (немесе динамикалық) өлшеуге арналған Пито түтігі (18.2-сурет) қолданылады.

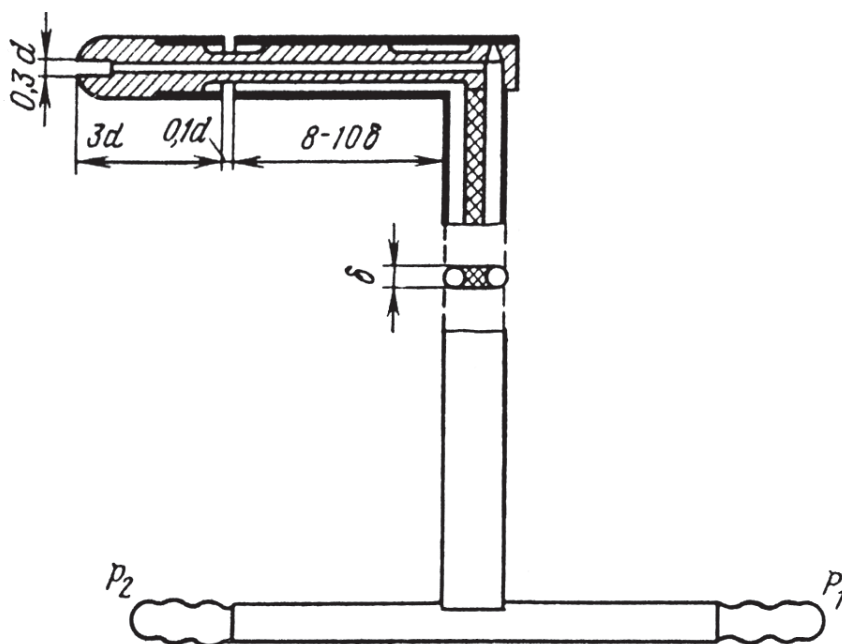
Мұнда, ρ – ауаның тығыздығы, кг/м³.

Пито түтігінің екі арнасы бар. Оның біреуі ауа ағынына қарсы шығарылған толық P_1 қысымды қабылдайды, екіншісі түтіктің пе-

риметрі бойынша жарықшақ түрінде ауа ағынына перпендикуляр қойылып, P_2 статикалық қысымын қабылдайды. Бірінші, екінші арнаны түтікшенің шығарылымы сәйкесінше “плюс”, “минус” таңбаланады. Микроманометрдің сәйкес түтіктеріне жалғай отырып h_D қысымын табады. Мұнымен бір мезгілде ауа қысымын P_a және оның температурасын T анықтайды. Сонан соң, ауаның тығыздығын мына формула бойынша анықтайды:

$$\rho = 0,461\rho_a / T$$

Пито түтікшесі ауа қозғалысының жылдамдығы $> 1,5$ м/с болған кезінде қажетті дәлдікті қамтамасыз етеді.



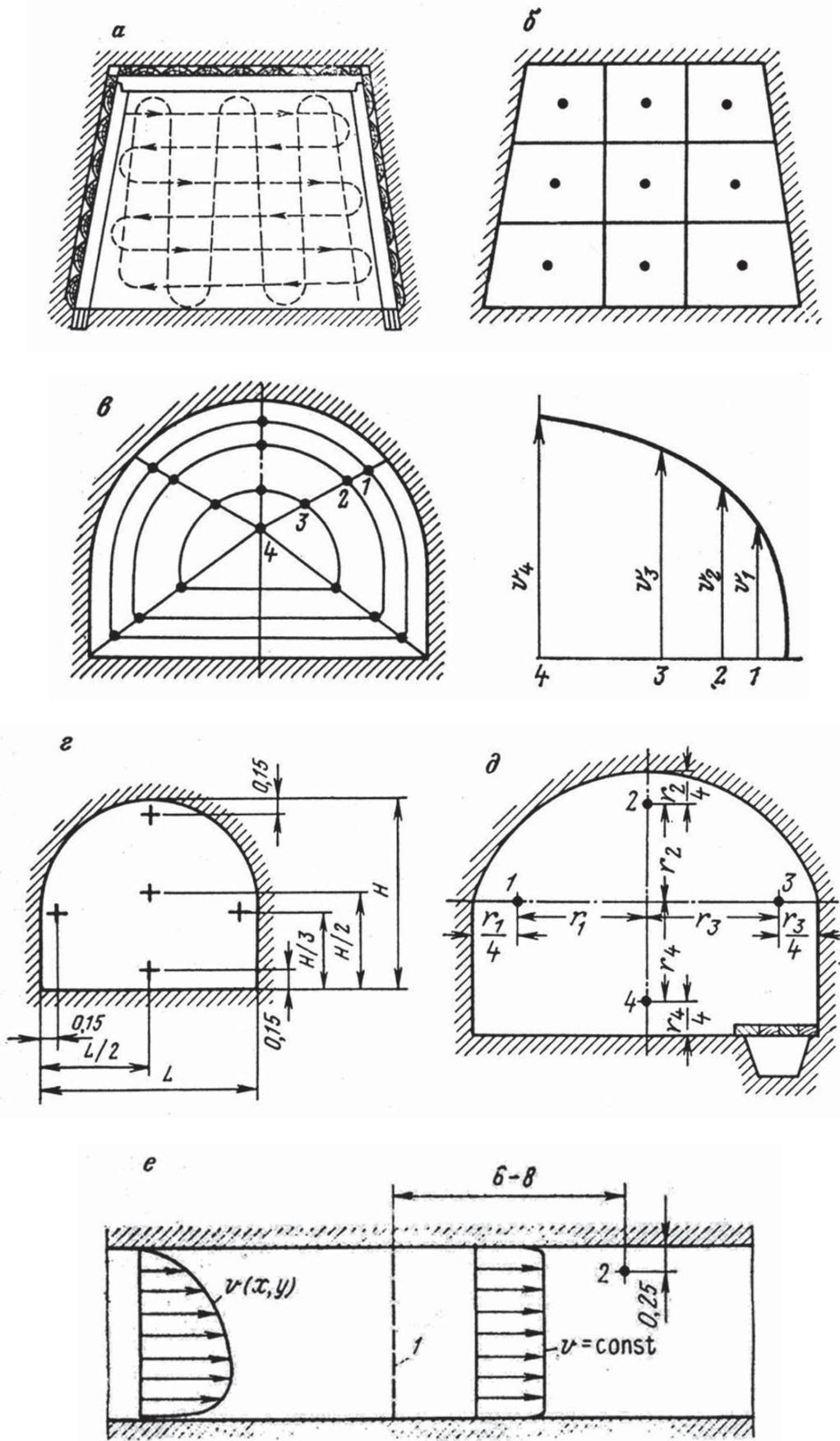
18.2-сурет. Пито түтікшесі

Ауа жылдамдығын жедел анықтау мақсатында қосымша есептеу енгізбей, электр синалы түрінде тіркеп отыратын автоматтандыру процесіне байланысты, датчик жасалған.

Датчиктерге қанатшалардың айналмалы қозғалысын электр сигналына өзгертетін, сондай-ақ ағынның жылу (салқын) әсерін электр сигналына өзгертуін қамтамасыз ететін датчиктер жатады. Қа-

натшалардың айналмалы қозғалысын электр сигналына өзгертетін датчиктер, фотоэлектрлік, импульстік, индукциялық анемометрде қолданылады. Фотоэлектрлік жартылай өткізгішті АФЭ – 1 анемометрдің жұмыс әрекеті айналушы қалақша арқылы өтетін жарық ағынының үзілу ұстанымына негізделген. Қалақшалардың айналу жиілігі артқан сайын жарық ағынын пульсациясы да артады, бұл фотоэлементте бейнеленеді. Ауа қозғалысының жылдамдығы фотоэлементтен өтетін ток күшімен өлшенеді. Мұндай анемометрлер ауа қозғалысы жылдамдығының ≤ 5 , ≤ 10 және ≤ 20 м/с диапазонында өлшеуге мүмкіндік береді. Импульстық индукциялық анемометрлер АИ-1 және АИ-2 магнит өрісіндегі қалақшалардың қозғалуындағы импульсті есептеуге негізделген. Ауа қозғалысының жылдамдығы М – 265 магнитоэлектрлік аспабымен тіркеледі. Ол ≤ 5 және ≤ 10 м/с диапазонды есептей алады. Қызған электр элементтерінің ауа қозғалысынан суу ұстанымына негізделген ауа қозғалысының жылдамдығын бағалау термометрлері де қолданылады. Көптеген термоанемометрдің жұмыс ұстанымы электр тогынан қызатын сымның Уинстон көпірінің тізбегіне қосылуын негізделген. Өзінен ауа ағыны өткенде сымның сууынан, оның температурасы кемиді, нәтижесінде оның электрлік кедергісі азаяды, бұл өз кезегінде көпірдің тепе-теңдігін бұзады да, ол электр приборда тіркеледі. Термоэлектрлік АТЭ-2 ауа қозғалысының $\leq 0,5$ м/с жылдамдығында, өлшеудің қажетті дәлдігін қамтамасыз етеді.

Ауа қозғалысының жылдамдығы ауа ағыны түсетін және шығарылатын басты өлшем алу стансасында және қазбаның қалған өлшем алу пункттерінде өлшенеді. Өлшем алу стансасымен пункттер қазбасының түзу сызықты учаскесінде орнатылады. Ауа қозғалысының жылдамдығын анемометрді қолданып, қазба қимасын жазық және тік сызықтарымен анемометрмен жүре отырып, сондай-ақ нүктелі әдіспен де жүргізу арқылы жүзеге асырылады (18.3 а, б-суретте). Мұнда қазбаның көлденең қимасы бірнеше секцияға бөлінеді және әр секциядағы ауа қазбасының жылдамдығы өлшенеді.



18.3-сурет. Ауаның қозғалыс жылдамдығын өлшеу сұлбалары

Ауа қозғалысының орташа жылдамдығы:

$$v_c = \frac{1}{S_B} \sum_1^m v_{Bi} S_{Bi}$$

формуласымен анықталады.

Мұнда, v_{Bi} – 1-секциядағы ауа қозғалысының жылдамдығы, м/с;
 S_{Bi} – 1-секцияның көлденең қимасының ауданы, м².

Ауа қозғалысының жылдамдығы, сондай-ақ Е.Симод ұсыныған полярлық әдіспен де жүргізіледі. Әдістің мәнісі қазба қимасын радиалды түзумен секцияларға бөлу (18.3 в-суретті қараңыз). Осы түзулердің әрқайсысының бойынан полюстен бастап $\frac{1}{2}, \frac{1}{4}, \frac{1}{10}$ радиалды түзудің ұзындығын тең қашықтықта және полюстің өзіндегі ауа қозғалысының өлшемі алынады. Сонан соң 1, 2, 3 тұйық контур бойынша жылдамдықты орташа шамаға келтіреді. Қима бойынша ауаның орташа жылдамдығы:

$$v = 0,083v_{e4} + 0,313v_{e3} + 0,286v_{e2} + 0,283v_{e1}$$

формуласымен анықталады.

Тәжірибе қимадағы полюстің орнын таңдау соңғы нәтижеге әлсіз әсер ететінін көрсетеді.

Полярлық әдісті қазбаның ауа жылдамдығы нүктелік өлшемі кезінде көлденең қиманың формасы күрделі болғанда қолдану тиімді болады.

Сондай-ақ қимадағы ең үлкен жылдамдығын өлшеу арқылы да ауа қозғалысының орташа жылдамдығын анықтау әдісі де қолданылады. Бұл әдіс қиманың формасы ұзақ уақыт өзгермей тұрған қазбада қолданылады. Қима әдісі бойынша ауа қозғалысының орташа жылдамдығы келесі формуламен табылады:

$$v = k_c v_{max}$$

мұнда, $k_c = 0,7 \div 0,8$ – қазба бетінің кедір-бұдырлығына тәуелді, жылдамдық коэффициенті. v_{max} – қимадағы ауа қозғалысының ең жоғары (максимум) жылдамдығы, м/с.

Доға формалы қазба үшін ауа қозғалысының жылдамдығы нүктелердің шектелген саны бойынша анықталады (18.3 *г*-суреті). Бұл нүктедегі жылдамдықтардың орта арифметикалық мәні, қимадағы ауа қозғалысының жылдамдығының орташа мәніне сәйкес келеді.

Қазбадағы ауа жылдамдығы орнықты болса ауа қозғалысының орташаға келтірілген жылдамдыққа тең кезде нүктелер орны қазба қабырғасынан 1,4 радиусқа тең жерде жеткілікті дәлдікпен анықталады.

Қазба қимасының тұрақсыз формасы кезінде кейде контур сызығы бойынша жылдамдығы қабырғадан сәйкес радиустың 1/4 қашықтықта орналасқан қима ортасынан өтетін тік және жазық осьтерде жататын төрт нүктеде өлшенеді. Қимадан өтетін ауа қозғалысының орташа жылдамдығы:

$$v_{\text{с}} = (v_{\text{с1}} + v_{\text{с2}} + v_{\text{с3}} + v_{\text{с4}}) / 4$$

формуласымен анықталады.

Автоматты бақылау жолымен бір нүктелік өлшем алу кезіндегі ауа қозғалысының орташа жылдамдығын анықтау айрықша маңызды. Бұл жағдайда қима торкөзбен жабу арқылы жылдамдық жазықтығын жасанды жасау әдісі қолданылады (18.3 *е*-суретте көрсетілген).

Торкөз ұяларының өлшемі 2-2,5 мм. Егер қазбада қима бойынша ауа қозғалыс жылдамдығының таралуында ырықтылық орын алса, онда торкөздің тікелей сыртында жылдамдық жазықтығы теңесіп, 2 нүктеде орнатылған жылдамдық датчигі қазба қимасымен қозғалатын ауаның орташа жылдамдығын өлшейтін болады.

Ауа шығынын анықтау үшін орташа жылдамдық өлшенген пункттегі қазба қимасының ауданын өлшеу қажет. Негізгі желдету қазбасында ұзындығы ≤ 10 м болатын орнықты қимадағы учаскеде өлшеулерді жүргізу бекеті орнатылады. Қалған пункттердегі ауа шығынын бақылау өлшеу жылдамдығын анықтау кездерінде жүзеге асырылады. Ол үшін қиманың орталық бөлігіне қойылған саңылау көздерінен қазба қимасының контурын суретке түсіріп отыратын фотопланиметриялық әдіс қолданылады. Мұнан соң суретке түсіру

арқылы алынған қима нақты есептелінеді. Сондай-ақ, қимасы кен бетінің контурымен жүргізілетін профилографымен немесе қарапайым масштабтық өлшеу жүргізілетін контурлық (профильдік) әдіс қолданылады.

Ауа жылдамдығының үздіксіз өлшеу құралдарының мұнан былайғы дамуы алынған ақпаратты диспетчерге беріп отыратын тұрақты автоматты құралдар жасауға әкелді. Өндірісте шығарылатын “Воздух” кешені ауа жылдамдығын үздіксіз автоматты бақылау кезінде алынған ақпараттарды шахта диспетчеріне жеткізуге арналған. Оны дербесте желдетуді басқарудың диспетчерлік жүйесінде де немесе ауаны қазбаның жекелеген учаскесінен жалпы шахталық ауа таратуда да, автоматты басқару жүйесінде де пайдалануға болады.

Қазбадағы ауа ағынының жылдамдығының белгіленген межеден кемуі кезінде шахтадағы апаттық белгі беру жүйесін қосуға, ауа мөлшерімен жеткілікті қамтамасыз етілмеген қазбаның электр энергиясын автоматты түрде ажыратуға қолданылады. Қосалқы делдету құралдарын іске қосады.

Бұл кешен келесі:

- датчик орнатылған жердегі ауа қозғалысының жылдамдығын автоматты үздіксіз бақылауды;

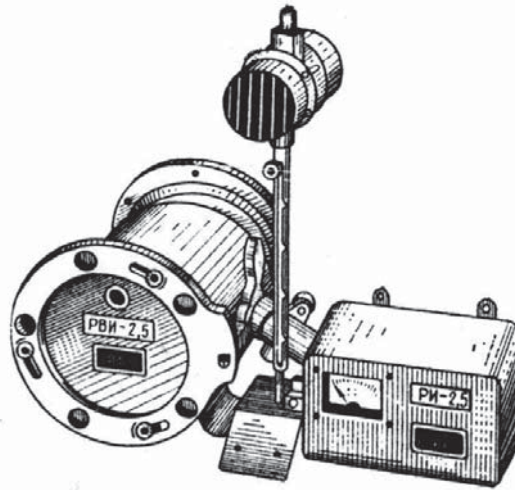
- АКВ–1У5 аппараты аспабын көрсетуі бойынша ауа қозғалысы жылдамдығын алыстан көру арқылы бақылау;

- ақпаратты өңдейтін және жинайтын құрылғыға ауа жылдамдығы туралы үздіксіз сигналдарды беру;

- СПИ–1 бағандары арасымен АКВ-1У5 және БИВ-РУ5 құрылғысы арасындағы телефон байланысы функцияларын орындайды;

АКВ-1У5 аппараты жарылуға қауіпсіз боп орындалған, ал БИВ- 1У5 өлшеуіш блогымен ДВТ-1У5 датчигі – жарылысқа және ұшқынға қауіпсіз. Ауа қозғалысының жылдамдығы $\leq 2,5$, ≤ 5 және ≤ 10 м/с диапазонында өзгереді. Өлшеу қателігі $\pm 10\%$ құрайды.

Ауа қозғалысының жылдамдығын өлшеу үшін ИСВ-1 құрылғысы (18.4-сурет) қолданылады, ол шаң мен газға қауіпті кен және көмір шахталарында қазбалардағы ауаның қозғалыс жылдамдығын үздіксіз технологиялық бақылауды іске асыруға арналған. Ол ауаның көлемдік шығынын жанама автоматты түрде есептеу үшін де пайдаланылуы мүмкін.



18.4-сурет. Ауа қозғалысының жылдамдығын өлшейтін ИСВ-1 құрылғысы

Оның жұмыс әрекеті тахометрлік ұстанымға негізделген. Қанатшаның айналуы кезінде пермалдық пластиналар индуктивтік түрлендіргіштің магнит ағынын тұйықтайды, бұл генератор кернеуінің амплитудалық модуляциясын тудырады. Детекторланған сигнал тұрақты ұзындық пен амплитудалы калибрленген импульске түрленеді, мұның жиілігі қанатшаның айналу жылдамдығы туралы информацияның тасымалдаушысы болады. Импульсті есептеу кезінде жылдамдық импульсына пропорционал өзгертін ұдайы бірқалыпты кернеу болатын тізбекте жинақталады. ИСВ-1 аппараты алғашқы түрлендіруді жалғастырушы кабелінің ток түрлендіргіші және қоректендіруші блоктан тұрады. Ток күші 0,31-5 мА болатын, ауа жылдамдығы туралы сигнал СПИ-1 ақпарат қабылдайтын диспетчерлік бағанға беріледі. Ауа жылдамдығы 0,5-8 м/сек диапозонында өлшенеді. Өлшеу қателігі ($\pm 0,15-0,08$). ИСВ – 1 аппаратын ауа шығынын жанама өлшеуге де қолданады.

18.3. Шахта ауасының құрамын бақылау

Шахта ауасындағы оттегі мөлшерін бақылау шахталық интерферометрдің ШИ-6 көмегімен жүзеге асырылады. Интерферометрдің жұмыс ұстанымы, жарықтың екі когеренттік сәулесінің, оның біреуі таза ауамен, ал екіншісі сыну көрсеткіші таза ауадан өзгеше болатын әйтеуір бір газ құрамдағы ауамен толтырылған камерадан

өтуіндегі пайда болатын интерференциялық картинаның ығысуын тіркеуге негізделген. Интерферометр металл корпусқа жайғастырылған газды-ауалық камераның жалғастырушы элементінен тұратын оптикалық бөлшектерден тұрады. Оның құрамды бөлігіне, сондай-ақ оттегі концентрациясын өлшеу кезіндегі метанды адсорбциялауға арналған бес нөмірленген сорғыш түтік кіреді. Резина алмұртпен сорып, талдауға алынған ауаны сүзгілер жүйесі арқылы өткізіп, өлшеу камерасын толтырады. Мұнан соң жарық көзі қосылады да, окуляр арқылы интерференциялық картинаның ығысу дәрежесі арқылы оттегінің концентрациясын анықтайды. Оттегі концентрациясы 5-21% диапазонында өлшенеді. Оттегі концентрациясының өлшеу дәлдігі $\pm 0,1\%$; Оттегі концентрациясын үздіксіз бақылау үшін тасымалданатын СКП-1 белгі беруші қолданады. Оттегі концентрациясы 13-21% диапазонында өлшенеді. Дыбыстық және жарықтық белгі беру оттегі концентрациясы 19% дейін төмендегенде жүзеге асады. Белгі берушінің жұмыс әрекеті құрамында оттегі бар, газдың термомагниттік конвекция құбылысын пайдалануға негізделген (біркелкі емес магнит өрісінде орналасқан, қызған денені қоршаған газ конвекциясы).

Конвекция нәтижесінде сезгіш элементтің сууы жүреді, бұл кезде оның электрлік кедергісі ауысады. Соңғының өзгерісінен газ қоспасындағы оттегі концентрациясы анықталады.

Оттегі концентрациясын анықтау үшін, сондай-ақ химиялық газ анықтағыш ГХ-6 қолданылады. Мұның жұмыс ұстанымы бақыланатын газбен реакцияға түскенде заттың түсінің өзгеруіне негізделген. Газ анықтағыш АМ-5 аспираторы және индикаторлық түтіктен тұрады. Ауа сынамасы түтік арқылы аспиратормен айқындалады, бұл кезде түсті реакция жүреді. Реактивпен боялған бағанның биіктігі арқылы газдың концентрациясы анықталады. Оттегі концентрациясын өлшеу қателігі шкаланың жоғары шегінен $\pm 5\%$ құрайды.

Ауадағы көмір қышқыл газының концентрациясын бақылауды шахталық интерферометр ШИ-3, ШИ-5, ШИ-7, ШИ-8, ШИ-10, ШИ-11 және ШИ-12 көмегімен жүзеге асырады.

Интерферометр ШИ-3 көмір қышқыл газын $\geq 6\%$ диапазонында анықтауға мүмкіндік береді. Өлшеу қателігі $\pm 0,3\%$. ШИ-5 интерферометрінде жарық көзі есебінде жарық беретін шамды

қолданылады. Интерферометр ШИ-7 көмір қышқыл газының жоғары концентрациясын (100% дейін) өлшеуге арналған. ШИ-8 және ШИ-10 интерферометрлері өлшеу дәлдігімен сипатталады (қателігі $\pm 0,2\%$ құрайды).

Көмір қышқыл газының концентрациясын өлшеу үшін, сондай-ақ диапазоны ≤ 2 , ≤ 15 және $\leq 50\%$ болатын индикаторлық түтік және АМ-5 тері аспираторы құрамына кіретін химиялық газ анықтағыш ГХ-5 қолданылады. Түтіктің әрбір түрі үшін жоғары шкаласынан бері қарай өлшеу қателігі 10% құрайды.

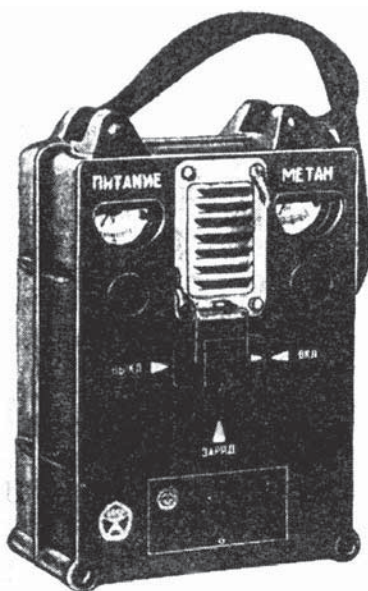
Метан концентрациясын бақылау эпизодтық әрекет кезінде тасымалдау құралымен, тасымалдаушы автоматты аспаппен (машинаға қондырылған) және стационарлы автоматты құралдармен жүзеге асырады. Эпизодтық әрекет кезінде қолданатын тасымалдаушы құрал есебінде шахталық интерферометрлер пайдаланылады. Өйткені көмір қышқыл газы мен метанның жарық сыну көрсеткіші іс жүзінде бірдей, метан концентрациясын анықтау үшін қолданатын шкаламен көмір қышқыл газын да анықтауға да болады.

Интерферометрлер де дәл осылай. Интерферометрдің көмегімен метан концентрациясын бақылауда ауа өлшеу камерасына түспес бұрын көмір қышқыл газдың сорғышы арқылы өтеді, ал көмір қышқыл газдың концентрациясын анықтау кезінде сорғышты ажыратады.

Бірінші жағдайда метанның ауадағы концентрациясын, екіншіде – метан мен көмір қышқыл газының қосынды концентрациясын өлшейді. Бұл концентрацияның айырмасынан көмір қышқыл газының концентрациясы анықталады. Бетіндегі сезгіш элемент метанмен жанасқанда термокатализдік тотығу ұстанымына негізделген датчигі бар метан концентрациясын өлшеуіштері өндірісте кеңінен қолданылуда. Бұл ұстанымға тасымалдайтын СШ-2 және СММ-1 (18.5-сурет) автоматты метан анализаторының жұмыс әрекеті жатады. Бұл анализатордың басты элементі ол, метан концентрациясын $\geq 2\%$ өлшеуде дыбыстық және жарықтық сигналдарды тарату жүйесі. СММ-1 анализаторының ерекшелігі метанға қауіптілік белгісі кезінде үздік-үздік созылмалы дыбыс шығарады. Бұл дыбыстың метан концентрациясы қауіптілік межеден аса бастағанда тұтас дыбыстық сигналға айналуы, бұның өзі алыс қашықтықтан метанның қауіптілік тенденциясын анықтауға

мүмкіндік береді. Метан концентрациясын үздіксіз автоматты бақылау үшін СМС-1 белгі берушісін пайдаланады. Мұны бас жарық берушінің орнына орнатады да, ал оның электрлік көпірлік желісін (сұлбасын) –аккумулятор корпусына орнатады. Ол метан концентрациясы 2% болғанда қауіптілік белгісін аралығы 1-5с жиілігінде жыпылықтау арқылы тарата бастайды. Өлшеу қателігі $\pm 0,3\%$.

ТМРК-3 комбайнды метан-релесі тазартыс және қазбаларды жүргізу комбайндарының жұмыс орындарында, электровоздарда және басқа да механизмдерде метан концентрациясын үздіксіз бақылауды қамтамасыз етеді.



18.5-сурет. СШ-2 метан талдауышы

Метан концентрациясы 2% болғанда метан-реле дыбыстық, сәулелік сигнал береді де, электр желісін ажыратып тастауға әмір береді. Ажыратып тастаушы сұлба метан-реле сұлбасын жаңадан тізбекке қоспаса, комбайнды алыстан басқару жүйесі қосылмайтындай етіп жасалған. Метан-реленің қоректендіру блогын алмастыру 8 сағаттан көп емес мерзімде орындалады.

Газды шахталарды метан концентрациясын бақылаудың неғұрлым сенімді құралдары, ол негізгі элементтері шығарым сигналдары бар датчиктермен жабдықталған автоматты бақылау құралдары және автоматты аспаптар. Шахталарда АМТ-3 сериялы

әмбебап құралдары қолданылады. Мұның негізінде жергілікті және жалпы шахтылық автоматты қорғану жүйесін және снымен қатар метан концентрациясын алыстан басқару жүйесін де құруға болады. АМТ–3 құралы:

- шахта қазбасындағы метан концентрациясын $\geq 2,5\%$ диапазонында бақылауды;
- метан концентрациясы белгіленген шекке жеткенде тазартыс және даярлау кенжарларын электрмен қоректендіруді автоматты ажыратуды;
- диспетчерлік пунктке метан концентрациясы туралы үздіксіз ақпарат беріп, бұл ақпараттардың үздіксіз жазылуын;
- метан концентрациясы белгіленген шектен асқанда дыбыстық және сәулелік сигналдар беруді (жергілікті, учаскелік, орталықтандырған);
- шахта атмосферасын газдан қорғау жүйесі мен кешенді алыстан бақылау жүйесінде метанды-ауа қоспасының жарылу мүмкіндігін жоюды қамтамасыз етеді.

Шахта ауасының зиянды өртке қауіпті газдардың компоненттері құрамын бақылау үшін ауа сынамасын әскерилендірілген тау-кен құтқару зерханаларында (ВГСЧ) көп сатылы сигналды талдаудан өткізіледі. Сондай-ақ талдаудың кешенді әдісі де өндірісте жиі қолданылады.

18.4. Ауаның температурасын, ылғалдылығы мен қысымын бақылау

Температураны бақылау өлшеудің жылдам және жоғары дәлдігін қамтамасыз ететін сынапты термометрлермен жүзеге асырылады. Ең жоғары температура тербелісін өлшеу үшін максимумді сынап термометрлері қолданылады. Сынаптың кемуі кезіндегі температураның ең жоғары көтерілген көрсеткішін сақтау үшін резервуар сағасындағы сынап термометрінің капилляры тарылған. Мұның нәтижесінде жоғары көтерілген сынап бағанасы төмен түспейді. Өйткені тарылған жердегі үйкеліс күші бағанның ілінісу күшінен жоғары болады да, бағанның үзілуі кезінде максимум температураны тіркеуге мүмкіндік болады. Сондай-ақ ауа температурасын өздігінен жазатын термографпен де тіркейді.

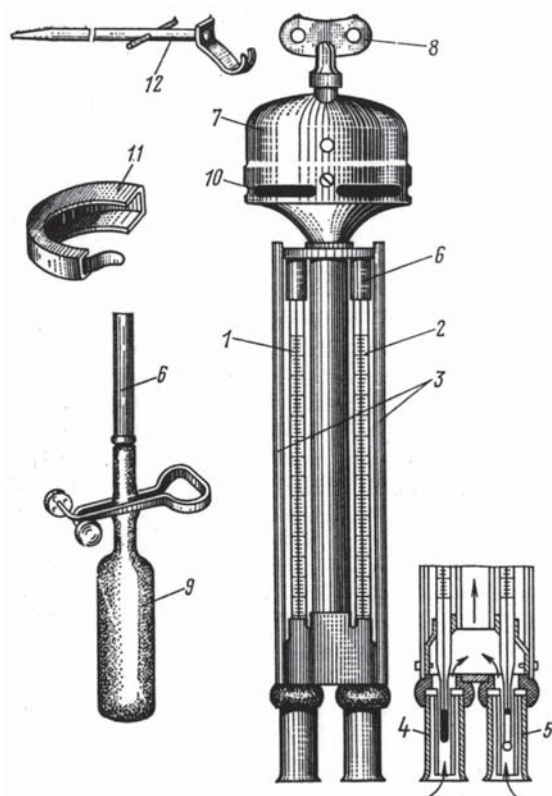
Ауаның салыстырмалы ылғалдылығы (ылғалды ауадағы су буы массасының су буына толық қаныққан ауаның массасына қатынасы) екі шыны термометрден және аспиратордан тұратын психрометрмен (18.6-сурет) өлшенеді. Термометрдің резервуары қорғаныш түтікке орнатылған. Термометрдің жоғары бөлігі қалпақшаға бекітілген. Аспиратор пружинаны кілтпен бұрап қозғалысқа келтіретін желдеткіш шайбадан тұрады. Өлшеу жүргізерден алдын сол жақтағы термометрдің батисті шүберекпен оралған резервуары тамызытқышпен (пипетка) дымқылдандырылады. Мұнан соң ауаны термометр арқылы тартатын аспиратор механизмі іске қосылады. Ауа аспиратордан саңылау арқылы шығарылады. Аспиратор саңылауы сыртқы ауа ағынынан қалқаншамен қорғалған. Ылғалдың булануының салдарынан сол жақтағы термометр оң жаққа қарағанда төмен температураны көрсетеді. Ауаның салыстырмалы ылғалдылығы осы екі термометрдің көрсетулерінің (арнайы психрометрлік кесте арқылы) айырмасы және құрғақ термометрдің көрсетілімімен анықталады.

Ауа қысымын бақылау – барометр-анероид және барографтың көмегімен жүзеге асырылады. Барометр-анероидтың жұмысы қымталған сауыттағы қысымның өзгерісі кезіндегі ауа көлемінің өзгеруіне негізделген. Айрықша сезімтал микробарометрлердің дәлдігі жылудан оқшауланған корпусы арқылы және тізбектеле жалғасқан анероид қорапшасынан тұратын бірнеше блокты қолдану арқылы қамтамасыз етіледі. Есептеудің дәлдігі лупа қолданумен жоғарыдай түседі. Оптикалық микробарометрлерде атмосфералық қысым өзгерісі айналар жүйесімен тіркеліп, олардың бұрылу бұрыштары микроскоптың көмегімен анықталады. Микробарометрлер 7200-8400Па диапазонындағы қысымды өлшеуді қамтамасыз етеді. Өлшеу қателігі – ± 3 Па. Микробарографтар депрессиялық түсірілімдерді жүргізу кезінде бақылаушы құрал есебінде қолданылады. Бұлардың дәлдігі микробарометрдің дәлдігімен шамалас келеді.

Қысымдар айырмасын өлшеу үшін депримометр қолданылады. Депримометр сұйықпен толтырылған (әдетте керосин) бірбірімен жалғастырылған ыдыстар жүйесі. Ыдыстың бірі жабылған мұндағы ауа қысымы тұрақты, ал екінші ыдыс ашық қалдырылады. Сұйық деңгейін әртүрлі нүктеде өлшеу арқылы осы нүктеделердегі есептеу айырмасы бойынша, нүктелер арасындағы депрессия анықталады.

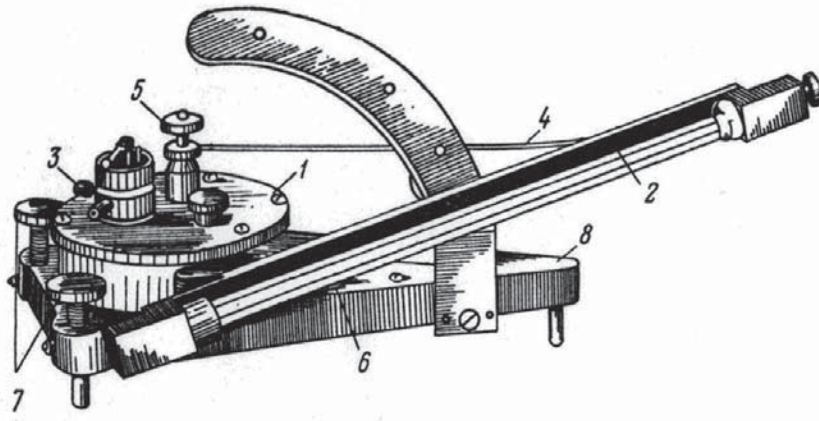
Қысымды тікелей өлшеу үшін көп шекті микронометр ММН аспабы (18.7-сурет) қолданылады.

Микронометр – металды қорапқа салынған өлшеуіш шыны түтіктен, резина шлангымен жалғасқан метал резервуардан тұрады. Шыны өлшеуіш түтік 250 мм дейін миллиметрлік шкалаға бөлінген. Түтікті аспаптың факторының 0,2; 0,3; 0,4; 0,6; 0,8 мәндерімен сәйкес, әртүрлі көлбеу бұрышпен орнатуға болады. Түтіктегі сұйықтың тұрмысын нөлдік жағдайға келтіру үшін реттегіш барабан қызмет етеді. Өлшегіш түтіктің соңы резина шлангамен үшжүрісті кранмен жалғасады. Үшжүрісті кран резервуар мен өлшеу түтігін өлшеулер жүргізілетін нүктеге қосуды жүзеге асыратын рычагпен қамтылған. Микронометр тұғырдың жазық қалпын реттейтін, екі деңгеймен және қалақшалармен жабдықталған.



18.6-сурет. Аспирациялық психрометр:

- 1, 2 – термометрлер; 3 – термометрдің қорғаныс оправалары;
 4,5 – термометр резервуарларының қорғаныстық түтіктері; 6
 – термометрді бекітуге арналған қалпақшалар; 7 – аспиратор; 8
 – аспиратор пружинасын іске қосатын кілт; 9 – тамыздықшы;
 10 – саңылау; 11 – саңылауларды жабатын қалқаниша;
 12 – аспапты ілуге арналған сырық.



18.7-сурет. ММН - микроанометрі:

1 – металды резервуар; 2 – өлшеу түтікшесі; 3 – үшжүрісті кран;
4 – резиналы шланг; 5 – реттеуші барабан; 6 – деңгейлік; 7 – тұғырдың
жазық қалпын реттейтін қалақша; 8 – тұғыр.

Микроанометр депрессияны ≤ 250 даПа диапазонында өлшеуді қамтамасыз етеді. Өлшеу дәлдігі 0,1 даПа. Депрессия (Па) келесі формуламен анықталады:

$$h = k_{np} k_{э.с} l_{н.с},$$

мұнда, k_{np} – прибор факторы; $k_{э.с}$ – температура өзгерген кездегі этил спиртінің тығыздығының өзгеру коэффициенті; $l_{н.с}$ – өлшеуіш түтіктегі сұйықтың көлбеу бағанының ұзындығы, мм.

Егер өлшеулер жазық қазбаның екі нүктесінен жүргізілсе, онда бұл учаскедегі қысым (Па) барометрді қолдану кезінде келесі формуламен анықталады:

$$h = (p_1 - p_2),$$

мұнда p_1, p_2 – өлшеулер жүргізілген 1 және 2 пункттегі тиісті ауа қысымдары, Па.

Көлбеу немесе тік қазбадағы депрессияны анықтау кезінде соңғы бақылау нүктесінің арасындағы ауа бағанының қысымына түзету енгізіледі. Бұл жағдайдағы депрессия (Па) келесі формуламен анықталады,

$$h = p_1 - (p_2 \pm gp_{cp} H_{om}),$$

мұнда, g – іріктеу үдеуі, м/с²; p_{cp} – ауаның орташа тығыздығы кг/м³; H_{om} – бақылау нүктесінің абсолют белгісінің айырмасы, м.

$$p_{cp} = (p_1 + p_2)/2$$

мұнда, p_1, p_2 – өлшеулер алынған 1, 2-пункттегі тиісті ауа тығыздығы, кг/м³.

Плюс, минус таңбалары өлшеу нүктесінің орналасуына байланысты қабылданады.

Барометрді пайдалану кезінде, атмосфералық қысымның өзгерісіне бақылаушы барометрдің есеп айырмасы түріндегі түзетуді енгізу қажет. Бұл жағдайда депрессия (Па) келесі формуламен анықталады:

$$h = p_1 - (p_2 \pm gp_{cp} H_{om}) \pm (p_k'' - p_k'),$$

мұнда, p_k'', p_k' – бақылаушы барометрдің сыртқы аспаптан есеп алу кезіндегі көрсетілімі.

Атмосфералық қысым жоғарылауы кезінде түзету плюс таңбасымен, ал кемуі кезінде минус таңбасымен алынады.

Жылдамдықты қысым айырмасына түзетуді алмауға да болады. Бұл түзетуді алған жағдайда депрессия (Па) келесі формуламен анықталады:

$$h = 13,6[p_1 - (p_2 gp_{cp} H_{cm}) - (p_k'' - p_k')] + (p_1 v_{e1}^2 - p_2 v_{e2}^2)/2$$

мұнда v_{e1}, v_{e2} – тиісінше, 1 және 2-пункттерде өлшеу алу кезінде ауа қозғалысының тиісті жылдамдықтары, (м/с).

Өлшеу маршрутын таңдау кезінде өлшеулерді алу пункті жоғары белгіде тұру керек, ал екі көрші пункттердің аралығындағы депрессия <10 даПа болуы қажет.

18.5. Шаң-желдетіс қызметін ұйымдастыру

Шахтада шаңға қарсы шараларды орындау жауапкершілігі желдетіс және техника қауіпсіздігі (ВТБ-ЖТҚ) учаскесіне жүктеледі. Шахтаға қажет болған жағдайда, қауіпсіздік техникасы бойынша

қауіптердің алдын алу жұмыстарының учаскесі құрылуы мүмкін. ЖТҚ учаскесінің бастығы, техника қауіпсіздігі бойынша алдын алу жұмыстарының бастығы шаңмен күрес шаралары мен құралдарының нақты параметрлері нормативтік талаптарға сәйкес болуын ұдайы бақылап (айына бір реттен кем емес) отыруы қажет. Тау-кен учаскесінің мастері мен желдету және қауіпсіздік техникасы (ЖТҚ) учаскесінің мастері, шаңмен күресу құралдарының дұрыс жағдайда болуын ұдайы бақылайды, оларды пайдалану, шаңмен күресу технологиясының сақталуын қадағалайды.

Шахтадағы шаң бақылаудың мәні, ол кен өндіру процестерін орындау кезінде (кезеңді бақылау) қазбалардың шаңдануын жүйелі бақылау (жедел бақылау) және ауада кремнийдің еркін қос тотығы мөлшерін кезеңді анықтау. Ауаның шаңдануын жедел бақылау П-101 автоматты шаң өлшеуішпен, ал кезеңді бақылау – шаң өлшеуіш көмегімен немесе АЭРА аспиратрымен жүргізіледі. Ауа шаңдылығын өлшеу және кремнийдің еркін қос тотығының мөлшерін анықтау әскерилендірілген тау-кен құтқару бөлімі (ВГСЧ - ӘТҚБ) зертханасында орындалады. Ауаның шаңдылығын жедел бақылауды ЖТҚ бастығы ай сайын шахтаның бас инженері бекітетін графикке сәйкес жүргізеді.

Өлшеу нәтижелері ауысым баянхатына жазылады. ВТБ учаскесінің бастығы кезеңдік бақылауды тоқсан басталудан 15 күн бұрын ӘТҚБ бастығымен келісілген, шахтаның бас инженері бекіткен тоқсандық жоспарға сәйкес жүзеге асырылады.

Ауаның шаңдылығынан өлшеулерді алу, шахтаны желдету және қауіпсіздік техникасы учаскесі өкілінің қатысуымен ӘТҚБ қызметкерлері жүргізеді, акт-нарядпен рәсімделеді. Өлшеулер нәтижесі екі апта мерзімі ішінде шахтаға беріледі. ЖТҚ учаскесінде ӘТҚБ зертханасы бақылап отыратын ауаның шаңдануы туралы журнал жүргізіледі. Журнал 10 жылға дейін сақталады. Шахтаның бас инженері айына кемінде бір рет ауаның шаңдылығы туралы мәліметті нормативке сәйкес болуын талдайды.

Ауаның шаңдылығын жедел бақылау, шаң концентрациясынан өлшеулерді алу келесі пункттерде жүргізеді:

- ауа қозғалысымен бағыттас комбайннан 10-15 м қашықтық жердегі жайпақ көмір тақталарын қазу кезінде;

- күрт құлама көмір тақталарын қазу кезінде – өрлей желдетуде тазартыс кенжарының жоғарғы бөлігінде және ылдилай желдетуде тазартыс кенжарының штрекпен түйісетін жерінен 10-15 м қашықтықта;

- жонып қазу кезінде тазартыс кенжары мен штректің түйісуінен 10-15 м қашықтықта (тазартыс кенжардан шығатын ауа ағынында);

- тазартыс кенжарының оймасын (нищи) даярлау кезінде – оймадан 10 м қашықтықта ауа қозғалысының бағыты бойынша;

- даярлау қазбасының кенжарында шпурды бұрғылау және көмірді тиеу кезінде – кенжардан 5-10 м қашықтықта, комбайнның жұмысы кезінде комбайнды басқару пультіне жақын маңда;

- конвейерлік қазбада ауа қозғалысымен бағыттас, көмірді конвейерден конвейерге қайта тиеу пунктінен 10-15 м қашықтықта;

- стационарлы тиеу пункттерінде – ауа қозғалысымен бағыттас шан көзінен 10 м қашықтықта.

Кен өндіру жағдайларына сәйкес ЖТҚ учаскесінің бастығы шан концентрациясын өлшеу үшін қосымша пункттер белгілеуі мүмкін.

Шан концентрациясы қазба биіктігінің ортасында, ал қазба биіктігі 2 м асатын болса, онда ауа қазба табанынан – 1,5 м биіктікте өлшенеді. Өлшеу аптасына кемінде бір рет жүргізіледі.

Аспирациялық приборлар АЭРА қолдану кезінде арнайы патронды АФА-18 немесе АФА-10 сүзгілері қолданылады. Қазбадағы шанжарылысының қауіпсіздігін бақылау ай сайын учаскелік ЖТҚ қызметкерлерімен, қазбаға жауапты учаскесінің қадағалауымен жүзеге асады. Шаңға байланысты әктеу, жуу, тазалау шаралары қолданылса, онда шаңды тікелей көріп бақылау арқылы жүргізіледі.

Қонған құрғақ көмір шаңы болмаған жағдайда қазбаның шаңжарылысына қауіпсіздігін НКП-1 сорғысы көмегі арқылы үрлеу әдісімен бақылайды. Тоқсанына бір рет қазбаның шаңжарылысына қауіпсіздігін бақылау ӘТҚБ зертханасында жүргізіледі. Қарқынды шаң бөлістеріне сынама алу учаскенің басында, ортасында және аяғында жүргізіледі, ал көмірді конвейермен жеткізу қазбаларында тиеу орындарында және қазба ұзындығының әрбір 100 м сайын жүргізіледі.

Көмір шаңының инертті шаңның үстіне жинақталуы қазбаның сыртқы бетінің боялуымен анықталады. Егер тура қарағанда инертті

шаң көрінбей қазбаның барлық сыртқы беті немесе оның бөліктері көмір шаңымен жабылса, онда мұндай қазбаны шаң жарылысына қауіпті қазбаға жатқызады және оны қайта күлдейді (осланцевания). Күлдеу және су жапқыштарының (заслоны) жағдайын бақылауды ЖТҚ учаскесі мен қазбаға жауапты учаске жүргізеді. Жапқыштар ыдыстардың дұрыс орнатылуы мен оның жарамдылығы бойынша тексеріледі. Кенжардың жылжуына қарай жапқыштар ауыстырылып отырады. Жапқыштарды ауыстыру орындарын ЖТҚ учаскесінің бастығы анықтайды және оны шахтаның бас инженері бекітеді. Жапқыштарды бақылау нәтижесі арнайы кітапқа енгізіледі. Мұнда әрбір жапқыш туралы мәліметтер мен ЖТҚ учаскесі бастығының тексеру нәтижесі көрсетіледі (айына екі рет).

§19. Шахта желдетісін жобалау

19.1. Жалпы мәліметтер

Жобалау кезеңінде шахтаны желдету мәселесін шешу ерекше маңызды, өйткені жобалау кезінде жіберілген қателік еңбек қауіпсіздігін төмендетуге, кенжарға түсетін жүктемені шектеуге, шахтаны қайта жаңғырту үшін құралдар мен еңбек шығынын ұлғайтуға әкеп соқтырады.

Шахтаны желдетуді жобалау кезінде шахта мен учаскенің желдету сұлбасын таңдау мәселесі, қазбадағы зиянды газдардың бөлінуін болжау, шахтаны желдету үшін ауа шығынын анықтау, ауа қозғалысы жылдамдығының шектік мөлшері бойынша қазба қимасын тексеру, қыс кезінде шахтаға түсетін ауаны жылыту үшін калориферлерді таңдау, қазбадағы ауа қозғалысының қалыптылығын тексеру, шахта депрессиясының есептемесі, қазба бойымен ауа таралуын реттеу, шахтаны желдету әдісі мен бас желдету желдеткішін таңдау, желдетудің экономикалық көрсеткіштерінің есептеулері шешіледі. Бірқатар жағдайларда жобалаудың қосымша кезеңдері болуы мүмкін (мысалы, өте күшті газданған шахта үшін газсыздандыруды жобалауды орындау қажет, терең шахталар үшін – ауа тазарту жобасы). Желдетуді жобалау, пайдалы қазбаларды өндіру, қазу технологиясын жобалаумен тығыз байланыста қарастырылады, бұл бұрынғы есептелген желдетудің де технологиясын нақтылауға мүмкіндік береді. Жоғары газданған, терең шахталардағы желдету факторы, бірқатар технологиялық шешімдерді қабылдау кезінде зор маңызға ие.

19.2. Желдету сұлбасын таңдау

Жобалау барысында шахта мен учаскені желдету сұлбасын таңдау кезінде келесі талаптарды орындау қажет. Желдету сұлбасы келесі шарттарды қамтамасыз етуі керек:

- тұтынатын орынға қажетті ауа мөлшерін жеткізуді, бұл үшін кейбір жағдайларда қосымша құрылыстарды жүргізу, нысандардың тізбекті сұлбасынан параллель желдету сұлбасына өтудің қажет болуы мүмкін;

- шахтаның ең аз депрессиясы мен ең көп ауа шығынына қол жеткізілетін желдету торабының ең аз аэродинамикалық кедергісін;

- ауа жоғалуының ең аз шамасы, бұл шығарылатын ауа мен жаңа ауаның сенімді бөлектеу кезінде мүмкін болады (мысалы, қапталды желдету сұлбасында), ауа жоғалуының негізгі көзі болатын желдету ғимараттарының және олардың қиылысының ең аз санында жүзеге асады;

- ауаның табиғи таралуының қажетті деңгейге мүмкіндігінше жақын болуы;

- қазбаны ұзақ тіке ағынмен, мүмкіндігінше жалпы шахталық депрессия арқылы желдету;

- кенжарға үйінді арқылы ауа беру немесе ауаны шығарудың мүмкін еместігі және зиянды газ бен шаң арқылы таза ауаны ластаудың мүмкін болмауы (таза ауа ағынын конвейермен жабдықталған скипті және көлбеу оқпанмен беруге тиым салынады);

- тазартыс кенжарларын және қатты газданған шахтадағы негізгі газ бөлетін орындарды оңаша желдету, бұл тазартыс кенжарында үлкен мөлшерде газ бөлінуі мүмкіндігін жояды, сонымен бірге кенжарға түсетін жүкті ұлғайтуға мүмкіндік береді;

- ағысты реверстеудің жеңілдетілуі, еңбекке қолайлы жағдай мен апат кезіндегі адамдарды қорғау мүмкіндігін жасауы, үнемділікті қамтуы тиіс;

Газға қауіпсіз терең емес көмір шахтасының қазу учаскесін желдету үшін, көмірмен жүргізілген штректен шығатын ағыншаларды бұратын қайталама ағынды сұлба, ал үлкен газды шахталарда зиянды газды бөліну көздерінде желдетудің оңашаланған сұйылту сұлбасы, қазым кеңістіктің орналасқан қазба ортасынан тазартыс кенжарынан шығарылатын ауа ағыншаларын бұру сұлбасы қолданады. Сондай-ақ соңғы екі сұлба тазартыс кенжарын желдету үшін аз ауа шығынын қажет етеді, бұл оған түсетін жүкті ұлғайтуға мүмкіндік жасайды.

Шахтаны желдетудің орталық сұлбасы шахты алабының ұзындығы үлкен емес (көмір шахтасында ≤ 2 км), метанмолдық $10 \text{ м}^3/\text{т}$ дейін болса, өнімділігі көп болмағанда (көмір шахталарында $\leq 2000 \text{ т}/\text{тәу}$) қолданады. Бұл сұлбаны көбінесе қапталды желдету оқпанын жүргізу үлкен шығын әкелетін терең шахталарда қолданады.

Желдетудің қапталды сұлбасы тереңдігі онша үлкен емес шахталарда қолданылады. Бірыңғай желдету деңгейжиегін ұстау мүмкін

болмағанда (мысалы, бір-біріне жақын орналасқан көмір тақталарын құлата қазу кезінде) немесе бір-бірінен қашықтау орналасқан кенді учаскелік шурфтармен қазу кезінде қапталды сұлба қолданылады.

Газмолдығы аса жоғары ірі шахталарда немесе бір-бірінен алшақтау орналасқан кен сілемдерін бір шахтамен қазу кезінде (бірнеше шахтаны бір шахтаға біріктіргенде) желдетудің секциялық сұлбасы қолданылады. Кузнецк, Печорск, Қарағанды және Қиыр Шығыс көмір бассейндерінің көмір шахталары үшін бір секциялы сұлбасы бойынша 6000-12000 м³/мин шегінде ауа беру мүмкіндігі бар (мұның аз мәні бір немесе екі қабатты кен тақталарында, ал жоғары мәні қабатталған кен тақталарына (свиты пластов) тиеселі). Кенді шахталарда секциялық сұлба секцияда 100-140 тармақ және тәуелсіз контурлар саны ≤ 60 болғанда қолданылады.

19.3. Шахтаның газмолдылығын болжау

Көмір шахтасының метанмолдылығын көмір тақтасының метандылығымен немесе статистикалық әдіспен анықталады. Көмір тақталарының метандылығын пайдалану кезінде көмір шахтасының метанмолдығы (м³/т) келесі формуламен анықталады,

$$q_{из} = q_{уч} + q_{не} + q_{см} \quad (19.1)$$

мұнда, $q_{уч}$, $q_{не}$, $q_{см}$ – тиісінше өндіру (қазу) учаскесінің, даярлау қазбасындағы ескі қазым кеңістіктегі салыстырмалы метанмолдылық (м³/т) .

$Q_{уч}$, $q_{не}$ – мәнін қазбаның барлық учаскелеріндегі орташа өлшенген мәніне тең деп алынады. Тақтаның салыстырмалы метанмолдығы келесі формуламен анықталады,

$$q_{ш} = \sum_{i=1}^n (q_{ш,и} A_{ш,и}) / \sum_{i=1}^n A_{ш,и} \quad (19.2)$$

мұнда, $A_{ш,и}$ – шахтадағы i шахталық тақтаның саны.

Өндіру учаскесінің салыстырмалы метанмолдығы келесі формуламен анықталады:

$$q_{yч} = q_{nl} + \Sigma q_{cm} + q_n \quad (19.3)$$

мұнда, $q_{yч}$ q_{ne} q_n – тиісінше, өндірілген тақтадан және тақта серіктен, жанас жыныстардан бөлінетін салыстырмалы метан бөлінісі, м³/т.

Таза ауа түсуі болмайтын желдету сұлбасы үшін өндірілетін тақтадан салыстырмалы метанбөлініс келесі формуламен анықталады,

$$q_{nl} = k_{c.p} (x - x_l) + k_k(x - x_{oc}) \quad (19.4)$$

мұнда, x – өндірілетін тақтаның табиғи метандылығы; x_l – өндіру учаскесінің аймағынан шығарылған көмірдің қалдық метандылығы м³/т; x_{oc} – көмірдің қалдық метандылығы, м³/т; $k_{c.p}$ k_k – тиісінше, метан бөлінуге әсер ететін қазу жүйесі мен қазым кеңістікте қалған көмір үйінділерінің коэффициенттері.

Тақта-серіктестің салыстырмалы метанбөлінісі келесі формуламен анықталады,

$$q_{nl} = k_1 (m_{nc}/m_e)(x_{nc} - x_{ocn.e})[1 - (H_1/H_2)] \quad (19.5)$$

мұнда, k_1 – тазартыс кенжарының жылжу жылдамдығының, қазу жүйесі мен көмір тығыздығының әсерін ескеретін коэффициент; m_{nc} – тақта-серіктестегі көмір топтамасының жиынтық қуаты, м; m_e – өндірілетін тақтадан алынатын пайдалы қуат; x_{nc} – тиісінше, тақта-серіктестің табиғи және қалдық метандылығы. H_1 – өндірілетін тақта мен тақта-серіктес арасындағы нормаль бойынша қашықтығы; H_2 – өндірілетін тақта мен тақта-серіктес арасындағы газбөлініс іс жүзінде нөлге тең болатын нормаль бойынша қашықтығы.

Жоғарыда келтірілген жағдайлардан метанмолдылық - шахта қазбаларына уатылған көмірден бөлінетін газ мөлшеріне тура пропорционал екенін көреміз. Жоғарыда қарастырылған факторлар бір-біріне жақын орналасқан газбөлінісіне де бар.

Жанас жыныстардан бөлінетін салыстырмалы метанмолдық (м³/т) келесі формуламен анықталады,

$$q_n = k_2 (x - x_{oc}) \quad (19.6)$$

мұнда, k_2 – төбені басқару әдісін, тазартыс кенжарының жылжу жылдамдығын, қазу тереңдігі мен ұшпалы заттардың шығуын ескеретін коэффициент.

Даярлау қазбасының салыстырмалы метанмолдығы келесі формуламен анықталады,

$$q_{нв} = I_{н.в} + A_{н.в} \quad (19.7)$$

мұнда, $I_{а.п.в}$ – даярлау қазбасына бөлінетін абсолютті метанбөлініс, м³/тәул; $A_{п.в}$ - даярлау қазбадасындағы көмір өндіру көлемі, т/тәул.

$$I_{н.в} = I_{н.п} + I_{у.з} \quad (19.8)$$

мұнда, $I_{н.п}$ – өндіріліп жатқан тақтаның қозғалмайтын аршылған бетінен метанбөлініс, м³/тәул; $I_{у.з}$ – уатылған көмірден және қозғалыстағы кенжар бетінен бөлінетін метанбөлініс, м³/тәул.

$I_{н.п}$ шамасы қазбаның аршылған бетінің санына, тақтаның қуатына, кенжардың жылжу жылдамдығына, көмірдің алғашқы аршылған бетінің метанбөлінісіне (яғни тақтаны аршудың алғашқы кезеңіндегі аршылған бірлік беттен уақыт көлемі бірлігінде бөлінген метан мөлшері), қазбаның ұзындығына және $x - x_{oc}$ айырмасына тәуелді.

Қазбадағы уатылған көмірден және жылжитын кенжар бетінен бөлінетін метанбөлініс келесі формуламен анықталады,

$$I_{у.з} = mS_{в.у} v_3 \gamma (\chi - \chi_{oc}) \quad (19.9)$$

мұнда, $S_{в.у}$ – көмір қазбасының көлденең қима ауданы, м²; v_3 – кенжардың жылжу жылдамдығы, м/тәул; γ – көмірдің тығыздығы, м/м³.

Ескі қазым кеңістіктің метанмолдығы (м³/т) келесі формуламен анықталады,

$$q_{с.м} = k_3 (q_{уч} + k_4 q_{нв}) \quad (19.10)$$

мұнда, $k = 0,1 \div 0,35$, желдетіс қазбаның ескі қазым кеңістікке жалғасу жағдайын және тақта-серіктестің болуын ескеретін коэффициент; $k = 0,6 \div 1$ өндіру (қазу) учаскесін даярлау әдісін ескеретін коэффициент.

Болжаудың статистикалық әдісін қолдану кезінде қазбаның салыстырмалы метанмолдығы ($\text{м}^3/\text{т}$),

$$q = (H - H_{\text{мз}}) / H_{\text{м}} + 2 \quad (19.11)$$

мұнда, H – қазу тереңдігі, м; $H_{\text{мз}}$ – метанды аймақ шекарасының тереңдігі (мұнда салыстырмалы метанмолдық $2 \text{ м}^3/\text{т}$), м; $H_{\text{м}}$ – метанмолдық сатысы, $\text{м}^3/\text{т}$.

Қазбаның H' тереңдіктегі салыстырмалы метанмолдылық q' белгілі болғанда, H'' тереңдіктегі салыстырмалы метанмолдылық келесі формуламен анықталады,

$$q'' = (H - H') / H_{\text{м}} + q' \quad (19.12)$$

Кен-геологиялық шарттардың өзгермелі болып келуіне байланысты статистикалық әдісті 100-200 м тереңдіктегі метанмолдылықты болжауға ұсынылады.

Көмір шахталарының көмірқышқылы бөліністерін эмпирикалық формулалармен, шахтаның өнімділігімен, көмірқышқылдығын байланыстыратын (тазартыс немесе даярлау кенжарындағы) көмір жынысының газдылығымен, жыныстың қуатымен, оның аршылған бетінің ауданымен, кенжардың жылжу жылдамдығымен, көмір белсенділігінің химиялық көрсеткішімен, қазбаның қызмет мерзімі және ұзындығымен анықталады. Көмір шахталарындағы қазбада көмірқышқылының бөлінісін болжаудың бірыңғай әдісі жасалынбаған.

Көмір шахталарының газмолдығын немесе барлық шахта үшін бір мезгілде немесе оның жеке қазбасы үшін көмірқышқылы газмолдығын дара анықтауға болады:

Мәскеу түбіндегі бассейндердегі шахталар үшін,

$$I_{\text{ш}} = 1600 + 2,85 A_{\text{ш}} \quad (19.13)$$

Шығыс Донбасс шахталары үшін,

$$I_{\text{ш}} = 0,65 A_{\text{ш}} \quad (19.14)$$

мұнда, A_{uu} – шахтаның тәуліктік өнімділігі, т/тәул; x_{uu} – жыныстың көмір қышқылға молдылығы m^3/t .

Көмір шахтасының жеке қазбадағы көмір қышқылының бөлінуін анықтайтын формула [17] жұмыста келтірілген.

Кейбір жағдайларда шахтадағы газбөліністі болжау желдетуге кететін ауаны есептеумен біріктіріледі. Бұл жағдайда формулаларға ауа мөлшерін есептеу үшін газбөліністі анықтайтын параметрлер қосылады. Мысалы, жару жұмыстарын жүргізу кезінде пайда болатын газ факторы бойынша ауа мөлшерінің есептеулері жүргізіледі.

19.4. Шахтаны желдету үшін ауа шығынын анықтау

Шахтаны желдету үшін шахтаға берілетін ауа мөлшерін анықтау желдетісті жобалаудың ең маңызды кезеңдерінің бірі. Шахтаға берілетін ауа мөлшері улы, жарылғыш газ, шаңның шектік мөлшерін және ауаның қажетті температурасын сақтауды қамтамасыз етіп, оттегінің құрамын қалыпты сақтау жолымен ондағы адамдардың денсаулығы мен еңбек етуіне қолайлы жағдай жасауға арналған.

Ауа шығынын тұтас шахтаға және әрбір кенжарға (тұтыну орындары) жеке дара есептеуге болады, яғни кенжарлық әдіс. Кенжарлық әдіспен ауа шығынын анықтау әдісінде шахтаға қажетті ауа шығынын олардың жиынтығы арқылы табады. Ауа шығынын кенжарлық әдіспен есептеу әрбір шахтаның өзіндік ерекшеліктерін ескеруге мүмкіндік береді.

Ауа шығыны: оттегіні тұтыну бойынша, метан бөлінуі бойынша, көмір қышқылы газының бөлінуі, қопару жұмысында бөлінетін шаң мен газдың мөлшерлері бойынша есептеледі. Терең шахталарда қажетті ауа шығынының мөлшерін жылулық факторы бойынша тексеру қажет.

Ауа шығынын оттегіні тұтыну факторы бойынша есептеуді шахтадағы ең көп адамдар санын олардың қалыпты тіршілігін қамтамасыз ететін нормативті ауа шығынына көбейту арқылы анықтайды. Бұл жуық әдісі болып есептеледі. Көптеген жағдайда ауа шығынының оттегіні тұтыну факторы бойынша есептелген мәні, әдетте басқа факторларға қарағанда кемдеу болады.

Улы және жарылғыш газ бөлінісі факторы бойынша ауа шығынын есептеу кезінде олардың бөлінетін орындары анықталып, содан соң әрбір газ бөліну орны үшін қазбадан бөлінетін ең үлкен газ мөлшері есептеледі. Әрбір газ бөлінетін орындарды желдету үшін ауа шығыны ($\text{м}^3/\text{мин}$) келесі формуламен есептеледі:

$$Q = kI_{\max} \quad (19.15)$$

мұнда, k – ауадағы газдың қажетті концентрациясына тәуелді сұйылту коэффициенті; I_{\max} – нысандағы бөлінетін газдың ең үлкен мөлшері, $\text{м}^3/\text{мин}$.

ЖЗ жарылысы кезіндегі газбөлінісі факторы бойынша ауа шығынын есептеудің динамикалық әдісін қолдану газ концентрациясының уақыт бойынша кемуін ескеруге мүмкіндік береді.

Тұтас шахта үшін қажетті ауа шығыны жеке нысандардың ауа шығындарының жиынтығына тең. Мұндай есептеулер үшін әрбір жеке қазбадағы газ бөліну шамасын, яғни шахтаның газдылық балансын білу қажет.

Шаң бөлінісі факторы бойынша ауа шығынын есептеу келесі формуламен анықталады,

$$Q = v_{\text{в.опт}} S_{\text{г}} \quad (19.16)$$

мұнда, $v_{\text{в.опт}}$ – ауа қозғалысына оңтайлы жылдамдығы, $\text{м}/\text{с}$; $S_{\text{г}}$ – қазбаның көлденең қимасының ауданы.

Ауаның жоғалуын (утечка) ескеретін болсақ, онда жалпы шахта үшін ауа шығыны келесі формуламен анықталады,

$$Q = Q_0 + Q_{\text{ут}} \cdot k_{\text{ут}} \quad (19.17)$$

мұнда, Q_0 – шахтаны желдетуге жұмсалатын негізгі ауа шығыны, $\text{м}^3/\text{мин}$; $Q_{\text{ут}}$ – ауаның жоғалуы, $\text{м}^3/\text{мин}$; $k_{\text{ут}}$ – ауа жоғалуын ескеретін коэффициент.

Ауа жоғалуының бір бөлігі газды сұйылтуға қатысуы мүмкін болғандықтан,

$$Q = Q_0 + (1 - n_{\gamma}) Q_{\text{ут}} \quad (19.18)$$

мұнда, n_{γ} – газ сұйылтуға қатысатын ауа жоғалуының үлесі.

Көмір және кен шахталары үшін ауа шығынын есептеудің олардың технологиялық ерекшеліктеріне байланысты түбірлі айырмашылығы бар. Шахтаны желдетуге жұмсалатын ауа шығынын жобалауда, әдетте, көптеген факторларды есепке алады (метан бөлінуі, шаң бөлінуі). Осының нәтижесінде ауа шығынының көптеген мәндері алынады. Шахтаны желдетуге ең соңғы шешуші ауа шығынын анықтау үшін, оның біркелкілігін сақтайтын факторлар есепке алынады.

Айталық, шешуші фактор шаң бөліну мен оттегін тұтыну болсын. Санитарлық гигиеналық тұрғыдан алғанда, мұндай факторларда оттегінің кемуі, шаңның артуы біркелкі болмайды (бұл факторлардың біреуі оттегі жетіспеушілігін, ал екіншісі – пневмокониоз ауруын тудырады). Сондықтан желдетуді мұнан әрі есептеу үшін біркелкі емес екі фактор бойынша есептелген ауа шығынының үлкенін алады. Ауадағы көмір тотығы мен азот тотықтарының қатар келуі адам организміне әсерін күшейеді, яғни адамға әсері жағынан бұл факторлар біркелкі (бір көлем азот тотықтарының азоттың қос тотығына есептегендегі улылығы жағынан 6,5 көлемді көмір тотығына пара-пар). Бұл жағдайдағы ауа шығынын есептеуде әрбір біркелкі факторға шақталған ауа шығындарының қосындысын алу керек. Осы жағдайда ғана ауадағы біркелкі қоспамыздың мүмкіндік шегі қамтамасыз етіледі. Ауадағы қоспалар жарылғыштығы жағынан біркелкі болуы мүмкін (мысалы, метан, сутегі) сондықтан, егер ауада біркелкі және біркелкі емес қоспалар болса, ауа шығыны әрқайсысына жеке-жеке есептеледі. Жеке қоспалардың біркелкілері қосылады да, ең соңғы есептеуде осылардың ең үлкені алынады. Сондай-ақ, мұндай қоспалар абсолюттік мәнінің қосындысы болуы да мүмкін. Сонымен әрбір осы жолмен алынған қосынды мәнге ауа шығыны есептеледі. Мұнан әрі есептеуге ауа шығынының ең үлкен мәні алынады. Егер ЖЗ жарылысында бөлінетін газды шартты көмір тотығы деп қарастырсақ, онда шахтаны желдету үшін жұмсалатын барлық фактор бойынша ауа шығыны біркелкі емес. Сондықтан ауа шығыны әрбір фактор бойынша жеке дара есептеледі де, мұнан әрі есептеу үшін олардың ең үлкені қабылданады.

Көмір шахтасындағы ауа шығынын жобалау [14,17] жұмыстармен сәйкес есептеледі. Жұмыс істеп тұрған көмір шахтасы үшін ауа шығынын есептеуге есептік газ көлемі емес, нақты шахтадағы газ бөлінуді өлшеумен алынған газ көлемі алынады.

Шахтаны жобалау сатысында желдету есептеулерін әуелі тазартыс кенжарын желдету үшін ауа шығынын анықтаудан, өндіру участогы мен даярлау қазбасын сонан соң, ауа жоғалуының орнын толтыру мен оңашаланған камераны желдету үшін ауа шығынын анықтаудан бастайды. Ауаның бұл шығындарының қосындысы кейбір резервтерін қосып есептегенде бас желдетудің дебитін анықтайды. Даярлау қазбасын желдету үшін қажетті ауа шығынын есептеу мұнан алдыңғы тарауларда келтірілген.

Метан мен көмір қышқылы газдарының тұрақты бөліну факторы бойынша лаваны желдету үшін қажетті ауа шығынын ($\text{м}^3/\text{мин}$) келесі формуламен анықтайды:

$$Q = 100I_{\text{л}} / (C_{\text{д}} - C_{\text{п}}) \quad (19.19)$$

мұнда, $I_{\text{л}}$ – лавадағы газбөлінісі, $\text{м}^3/\text{мин}$; $C_{\text{д}}$ – тазартыс кенжарынан шығатын ағындағы газ концентрациясының мүмкін шектігі; $C_{\text{п}}$ – тазартыс кенжарына түсетін ауа ағындағы газ концентрациясы, %.

Жарылыс жұмыстарын жүргізу кезіндегі газ бөлінісі факторы бойынша қажетті ауа шығыны ($\text{м}^3/\text{мин}$) келесі формуламен анықталады:

$$Q = (34 / T) \sqrt{BV} \quad (19.20)$$

камера үшін:

$$Q = (11 / k_t T) \sqrt[3]{BV} \quad (19.21)$$

мұнда, T – желдету ұзақтығы, мин; B – бір мезгілде жарылатын ЖЗ мөлшері. V – қазбаның ең көп желдетілетін көлемі, м^3 ; k_t – камерадағы еркін ағыстың турбуленттік коэффициенті.

Кенжардағы бір мезгілде жұмыс істейтін адамдардың ең жоғары саны факторы бойынша ауа шығынын ($\text{м}^3/\text{мин}$) келесі формуламен анықтайды:

$$Q = 6 \cdot n_{\text{л}} \quad (19.22)$$

мұнда, n_l – кенжарда бір мезгілде жұмыс істейтін адам санының ең жоғары саны. 6 м³/мин бір адамға тиесілі ауа шығынының нормасы.

Шаң бөлінісі факторы бойынша қажетті ауа шығыны келесі формуламен анықталады:

$$Q = 60 \cdot v_{\text{в.онт}} \cdot S_l \quad (19.23)$$

мұнда, $v_{\text{в.онт}}$ – қазбадағы шаң бөлісі факторы бойынша ауа қозғалысының оңтайлы жылдамдығы.

Газ бөлінісімен немесе температура бойынша есептелген ауа қозғалысының жылдамдығы шаң бөлінісінің ыңғайлы жылдамдығынан кем болған жағдайда ғана, шаң бөлінісі факторы бойынша ауа шығыны анықталады.

Резервтік кенжарларды желдету үшін жұмсалатын ауа шығыны жұмыс жасап тұрған кенжарларды желдету үшін жұмсалатын ауа шығынының жартысына тең деп қабылданады.

Тұрақты газ бөлінісі факторы бойынша өндіру учаскесін желдету үшін жұмсалатын ауа шығыны келесі формулалармен анықталады:

$$Q_{\text{уч}} = Q k_{\text{у.в.п}} + Q_0 \quad \text{және} \quad k_{\text{у.в.п}} \geq I_{\text{уч}} / I_{\text{в}} \quad (19.24)$$

$$Q_{\text{уч}} = Q (I_{\text{уч}} / I_{\text{в}}) k_{\text{у.в.п}} < I_{\text{уч}} / I_{\text{в}} \quad (19.25)$$

мұнда, $k_{\text{у.в.п}}$ – қазым кеңістіктен ауаның жоғалуын ескеретін коэффициент, $k_{\text{у.в.п}} = 1,1 \div 1,85$; Бұл коэффициент төбені басқару, желдетіс сұлбасына және төбе жыныстарына тәуелді. $I_{\text{уч}}, I_{\text{в}}$ – тиісінше, өндіру учаскесіндегі және тазартыс қазбасындағы абсолютті газбөлініс, м³/мин; Q_0 – лавадан және тасымалданатын көмірден бөлінетін метанды сұйылтуға жұмсалатын қосалқы қазбадағы ауа шығыны, м³/мин.

19.5. Шахтаның депрессиясын есептеу

Көмір шахталары үшін ең үлкен шектік депрессияның мәні 3000 Па-ға тең. Газдылығы бойынша жоғары категориялы шахталар мен өнімділігі 4000 т/тәул және одан да жоғары шахталар үшін ең жоғары

шектік мүмкін депрессия 4500 Па-ға тең. Шахта депрессиясын анықтау кезінде есептеудің негізгі бағыты таңдалынады. Әрбір бағыт ауа түсетін оқпанның сағасынан басталып, шахтаның бір немесе бірнеше қазбаларынан жүріп өтіп, оқпанның ауа шығаратын сағасында аяқталады. Есептеудің бағыттары шахтаның барлық негізгі қазбаларын қамтуы тиіс.

Есептеу бағытына кіретін барлық қазбалардың депрессиясы мен аэродинамикалық кедергісі, ұзындығының максимум мәні мен минимум мәні жазылатын, әрбір бағыт үшін кесте толтырылады (19.1-кесте).

19.1-кесте

Шахтаның депрессиясын есептеу кестесі

Есептеу кезінде қазбаның белгіленуі	Қазбаның аталуы	Бекітпе түрі	Қазбаның аэродинамикалық параметрлері						Ауаның шығыны, м ³ /с		Қазбаның депрессиясы, Па									
			$\alpha \cdot 10^3, \text{H} \cdot \text{c}^2$	P, м	S, м ²	L, м		R, $\text{H} \cdot \text{c}^2 / \text{m}^1$		Қазбаның басында		Қазбаның соңында								
						min	max	min	max											

Әрбір бағыты бойынша шахтаның депрессиясы (Па) келесі формуламен анықталады,

$$h_{\text{ш}} = (1 / k_{\text{к.ж}}) \left[(1 / k_{\text{ж.к}}) \sum_{i=1}^{n_{\text{B}}} (h_i + h_{\text{a.c}}) \right], \quad (19.26)$$

мұнда, $k_{\text{к.ж}}$ – желдету арнасындағы қысымның жоғалуын ескеретін коэффициент (көмір шахтасы үшін $k_{\text{к.ж}} = 0,9$); $k_{\text{ж.к}}$ – жергілікті

кедергі есебінен болатын қысымның жоғалу коэффициенті (көмір шахтасындағы бас желдетіс қазбасында, яғни желдету учаскесінің шегінен тыс аумақта $k_{ж.к} = 0,9$); n_B – қазбалардың саны; h_i – қазбаның i –депрессиясы; $h_{в.о}$ – ауа суытушының депрессиясы, Па.

Жергілікті кедергінің есебін дәлірек жүргізу үшін оның депрессиясын әрбір бағыт үшін жеке есептейді, содан соң $\sum_{i=1}^{n_B} h_i$ шамасымен қосады. Бұл кезде $k_{ж.к} = 1$ тең деп қабылдайды.

Мұнан соң табиғи тартылыстың шахта депрессиясына әсерін бағамдайды. Егер табиғи тартылыс жыл бойы оң болса, онда шахта депрессиясын есептеу кезінде бұл есепке алынбайды, бұл шахтаны желдету біршама резервпен қамтамасыз етіледі деген сөз. Егер жыл ішінде салыстырмалы аз уақыт болса да табиғи тартылыс теріс болса, онда шахта депрессиясын табиғи тартылыстың ең үлкен теріс мәніне ұлғайту қажет. Егер шахтаны желдетуге бірнеше желдеткіштер қолданылса, онда мұндай есептеулер әрқайсысына жеке дара жасалынады. Жоғары таулы шахталардың депрессиясы әдеттегі әдіспен есептеліп, $0,101/\rho$ шамасына көбейтіледі (мұнда ρ – жоғары биіктікте орналасқан шахтаның атмосфералық қысымы, МПа).

Шахтаның депрессиясы барлық бағыттағы депрессиялардың ең үлкен мәніне деп алынады. Бұған көмір шахталарындағы соңғыдан бұрынғы ярустың, панельдегі бағандардың немесе өндіру алабының жұмыс жағдайына сәйкес келеді. Егер депрессияның есептік мәні депрессияның ең жоғары мүмкін мәнінен үлкен болса, онда жерасты қазбаларының мүмкін депрессиясын (жерасты қазбаларының кедергілерін кеміту арқылы оның қосынды депрессиясын қаншалықты кемітуге болатынын) келесі формуламен анықтайды,

$$h_n = k_{м.с} + (k_{к.в} h_d - h_{в.о}), \quad (19.27)$$

мұнда, h_d – мүмкін депрессия.

Шахта депрессиясын барлық бағыттағы депрессияларды анықтап алған соң, реттеу әдісімен барлығын да осы шамаға келтіру керек. Мұнда реттегішті диагоналардағы ауа ағынының орнықтылығын қамтамасыз ететіндей шартпен орнату керек. Шахта депрес-

сиясы алғашқы 15-20 жылға, яғни желдеткіштің қызмет мерзіміне есептеледі. Бұл кезеңде шахта депрессиясының уақыт бойынша өзгеру графигі жасалады. Бұл бас желдеткіштің жұмысын реттеуге уақтылы шаралар қолдануға мүмкіндік береді. Бұл кезеңде тым болмағанда шахта депрессиясының ең үлкен және ең кіші мәндерін есептеу қажет.

19.6. Шахтаны желдету әдісін таңдау

Шахтаны желдету әдісін таңдағанда (§18 қараңыз) қабылданған әдіс бойынша шахтаға берілетін ауаның қажетті көлемін беру мүмкіндігі бағаланады. Мысалы, сору әдісімен жұмыс істейтін желдеткіш скиптік оқпанда орнатылған жағдайда желдеткіш арнасы штыбпен ластанып, оның кедергісі артуы мүмкін. Бұл шахтаға түсетін ауа мөлшерінің кемуіне әкеліп соқтырады. Қабылданған желдету әдісінде ауаның жоғалуы (утечка) ең аз шамада болуы керек. Мысалы, шахтаға сору-айдамалы әдісті қолдану кезінде ауа қысымының атмосфералық қысымға шамалас болатын аймағы кездеседі. Егер осы аймақтың жербетімен аэродинамикалық байланысы болса, осы байланыс арнасы арқылы болатын ауа жоғалуы (жербетіне немесе жербетінен) ең аз шамада болады (желдетудің басқа әдісінен салыстырғанда аз). Шурфта жартылай стационарлы көптеген сору желдеткіштерін пайдаланған жағдайда, шурф сағасының қымталудың жеткіліксіздігінен жербетінен едәуір мөлшерде ауаның сорылуы орын алады.

Айдамалы бір стационар желдету қондырғысын қолдану кезінде беттік ауа жоғалуы кемиді. Кейбір жағдайларда желдету жерастылық ауа жоғалуына әсер етуі мүмкін.

Желдету әдістері бас желдету желдеткішінің саны аз болуын қамтамасыз етуі керек, өйткені олардың параллель жұмысы желдетуді реверстеу мен басқаруды қиындатады (әсіресе, өрт кезінде). Желдету әдістері сонымен бірге оқпан мен желдеткіштің қатып қалудан (обмерзания) сақтандырып, желдету ағынын жылдам және сенімді реверстеуі арқылы мүмкіндігінше өртке қауіпсіздігін қамтамасыз ету қажет.

Желдету әдісі жұмыс орнына берілетін ауаның тазалығына да әсері бар. Өйткені шахтаның тау-кен қазбаларына ауа конвейерлік

немесе скипти оқпан арқылы желдетудің айдамалау әдісімен жіберілсе ауа шаңданады.

Желдетудің сору әдісі газмолды көмір шахталарында кеңінен қолданылады. Кен шахталарында қазу тереңдігі 1500 м дейін болғанда қолданылады. Жербетімен аэродинамикалық байланысы бар жерлерде қазбалардың газбен ластануы мүмкін болғандықтан бұл әдісті қолдану қолайлы болмайды.

Желдетудің айдамалау әдісі көмір шахталарында аэродинамикалық кедергісі аз, газмолдығы төмен, жербетінен тереңдігі көп емес деңгейжиектерді қазу кезінде, қолданылады.

Желдетудің айдамалы-сору әдісі үлкен аэродинамикалық кедергілі көмір шахталарында, пайдалы қазбалары өздігінен тұтануға бейім жыныстарды өндіру кезінде, тау-кен қазбасының жербетімен аэродинамикалық байланысы бар жерлерде қолданылады. Бұл әдіс кен шахталарындағы шахтаны 2 – 3 учаскеге бөліп 2000 м тереңдікке дейін секциялау кезінде қолданылады.

19.7. Бас желдету желдеткішін таңдау

Бас желдету желдеткішін таңдау үшін оның депрессиясын (Па) келесі формуламен анықтайды,

$$h_B = h_{ш} + h_{BH} \quad (19.28)$$

мұнда, $h_{ш}$ – шахтаның депрессиясы, Па; h_{BH} – желдеткіштегі ішкі қысымның жоғалуы, Па.

$$h_{d.g} = R_g Q_g^2; \quad (19.29)$$

мұнда, R_g – желдеткіштің аэродинамикалық кедергісі, $H \cdot c^2/m^8$; Q_g^2 – желдеткіштің дебиті, m^3/c .

$$R_g = a(\pi/D^4) \quad (19.30)$$

мұнда, a – 0,4 ÷ 1 желдеткіш түрін ескеретін коэффициент; D – желдеткіштің жұмыс дөңгелегінің диаметрі, м.

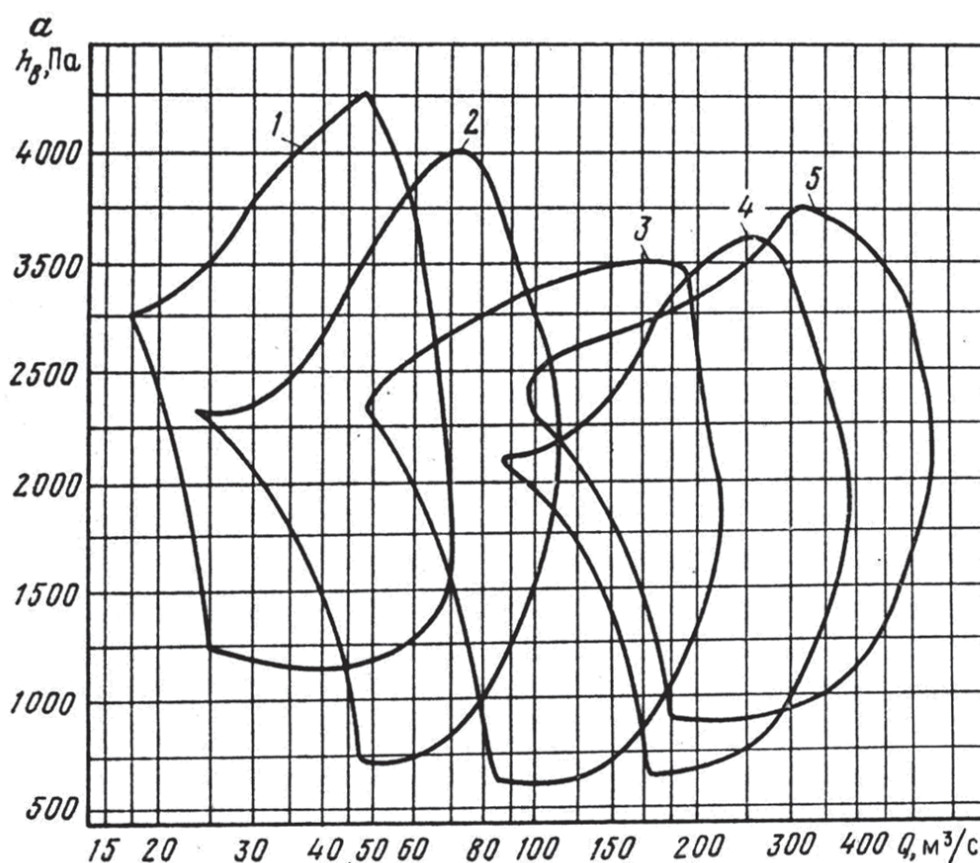
$Q_в$, $h_в$ мәндері әрбір шахта алабын өзіне тән ерекшелікпен қазу кезеңіне (мысалы, деңгейжиекті қазу үшін) желдеткіштің қызмет серзіміне есептеліп, графикте көрсетіледі. (19.1-сурет). Шахтаны желдетуге барлық есептік жұмыс режимі өндірістік пайдалану аймағына (экономикалық тиімді жұмыс режимінің аймағы) кіретін желдеткіштер қолданылады. Таңдап алынған желдеткіш бүкіл қызмет ету мерзімінде тиімді жұмыс жасауы тиіс. Қажет болған жағдайда оның $Q_в$ және $h_в$ мәндерін ұлғайтатын резерві болуы керек (мысалы 20 %).

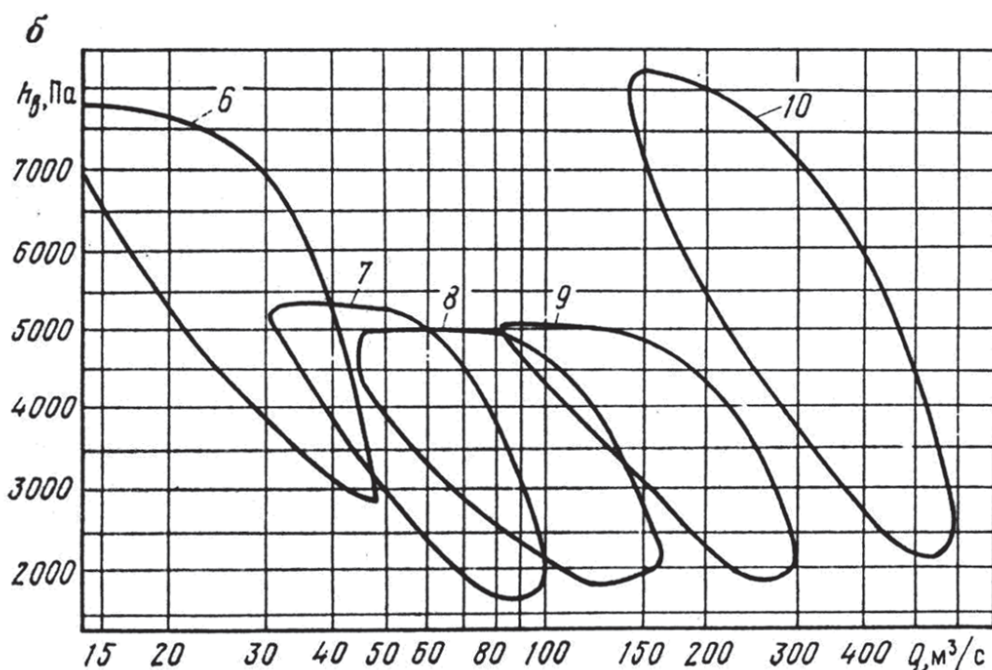
Желдеткіштің пайдалану мерзімінде оның жұмыс дөңгелегінің жиілігін бір рет қана, онда да қозғалтқышын ауыстыру кезінде ғана рұқсат етіледі.

Желдеткіш қозғалтқышының қуаты (кВт) келесі формуламен анықталады:

$$N_в = Q_в h_в / 1000 \eta_в \eta_д \eta_н, \quad (19.31)$$

мұнда, $\eta_в$ – желдеткіштің пайдалы әсер коэффициенті (ПӘК); $\eta_д$ – қозғалтқыштың ПӘК; $\eta_н$ – қозғалтқыштан желдеткішке беру ПӘК.





19.1-сурет. Осьті және ортадан тепкіш бас желдету желдеткішін өндірістік пайдалану аймағының графигі

Желдеткіштің депрессиясы ≤ 1500 Па болғанда осьтік желдеткішті, депрессиясы 1500-3000 Па болғанда осьтік ортадан тепкіш, ал $3000 >$ болғанда ортадан тепкіш желдеткіштерді қолдану тиімді болады. Егер қолда бар желдеткіштердің бірде-бірі қажетті желдету режимін қанағаттандырмаса, онда бірнешеуімен бірге жұмыс істеуге болады. Желдеткіштің есептік режимге сәйкес жұмысы кезінде оның біріккен жұмысының орнықтылығын тексерудің қажеттігі болмайды. Мұндай тексеру параллель қосылған желдеткіштердің жұмыс режимін елеулі өзгерісінде жүргізіледі.

Кен шахталарында жаппай жару жұмысы кезінде желдетуді күшейту үшін қосалқы (көмекші) желдеткіштер қолданылады. Қос желдеткішті параллель қосады. Қосымша желдеткіш тек ЖЗ жаппай жару кезінде қосылады. Мұндай жағдайда негізгі және қосымша желдеткіштердің біріккен жұмысының тиімділігі тексеріледі. Өйткені, негізгі және қосымша желдеткіштердің бірігіп аса үлкен қуатпен жұмыс істеуінен гөрі, оны қуатты бір желдеткішпен айырбастау тиімді болуы мүмкін. Бірнеше желдеткіштің біріккен жұмысында осьтік желдеткішке қарағанда ортадан тепкіш желдеткішке көбірек орын беріледі, өйткені оның орнықтылығы жоғары келеді.

19.8. Шахтаны желдетудің экономикалық көрсеткіштерін есептеу

Желдетудің ең басты белгісі оның экономикалық тиімділігі боп табылады. Қандай да бір техникалық шешімдердің экономикалық тиімділігі оған жұмсалған шығын мен одан алынған пайданың айырмасы арқылы анықталады (пайдалы қазбаны өндіруді ұлғайту, басқа да баптарға жұмсалатын шығындарды және т.б. азайту). Өйткені, шахталық желдетісте қандай да бір қабылданған шешімнің тиімділігін бағалауға мүмкіндік беретін әдістеме жоқ, сондықтан желдетудің экономикалық тиімділігі оған жұмсалған шығын жуықтаумен анықталады: желдетуге неғұрлым аз шығын жұмсалса (Қауіпсіздік Ережесінің шарттары орындалғанда), ол экономикалық тұрғыдан тиімдірек болады. Мәселені мұндай тұрғыдан шешілуі онша қатаң талап емес, желдетуге көп шығын жұмсай отырып көп пайда табуға да болады.

Шахтаны желдетуге жұмсалатын шығын желдету мен желдету қазбасын ұстауға, желдеткіштің өзін сатып алуға, желдеткіш ғимаратының ірге тасын салуға, желдету арналары, калорифер, реверстік құрылғылар, электр энергиясы, жөндеу, желдеткішті тексеру мен күту, желдеткіш ғимараттары мен құралдары, желдетіске қызмет жасайтын адамдардың еңбекақысы, механикалық цех, қазандық, телефон бекеті, көліктерге бөлінеді. Келтірілген жылдық шығын теңге есебімен келесі формуламен анықталады,

$$Z_{ки} = Z_{э} + Z_a + Z_{жсөн} + Z_{күт} + Z_{к.м} + E_n Z_{жс} \quad (19.32)$$

мұнда, $Z_{э}$ – электр энергиясының жылдық шығыны, теңге; Z_a – амортизацияға жұмсалатын жылдық шығыны, теңге; $Z_{жсөн}$ – желдету қондырғысын баптауға, ағымдағы жөндеуіне жұмсалатын жылдық шығын, теңге; $Z_{күт}$ – күтіп ұстау жылдық шығыны, теңге; $Z_{к.м}$ – көмекші материалдарға жұмсалатын жылдық шығын, теңге; $Z_{жс}$ – желдету қондырғысының құны, теңге; $E_n = 0,14$ – күрделі шығындар тиімділігінің нормативтік коэффициенті, б.ү.;

$$Z_{э} = (1/\tau) \sum_{i=1}^n \left[(Q_{\text{в}i} h_{\text{в}i} / 1000 \eta_{\text{в}i} \eta_{\text{Д}i}) T_i C_1 m_i + C_2 N_i m_i \right], \quad (19.33)$$

n – қондырғының қуаты мен режимі өзгермеген тұтыну уақыты кезеңдерінің саны (τ жылында); T_i – жыл ішіндегі i кезеңдегі жұмыс сағаты саны; C_1 – 1 кВт·сағ электр энергиясының құны, теңге; m_i – i -кезеңінің ұзақтығы, жыл; C_2 – қозғалтқыш қуатының бекітілген 1 кВт·А бағасы, теңге. N_i – i -кезеңдегі электр қозғалтқышының бекітілген қуаты, кВт·А.

Желдету шығыны шахтаның тау-кен техникалық шарттарына байланысты.

Шахтаның газмолдығы немесе ЖЗ шығыны артқан сайын желдету шығыны да артады. Шахтаның аэродинамикалық кедергісі кеміген сайын ол да кемиді. Шахтаның өнімділігі артқан сайын желдету шығыны кеми түседі.

IV БӨЛІМ

КАРЬЕРЛЕРДІ ЖЕЛДЕТУ

§20. Карьердегі микроклимат және карьер орналасқан ауданның климаттық жағдайы

Табиғи орта климатының негізгі параметрлеріне – температура, барометрлік қысым және ауаның ылғалдылығы жатады. Атмосфера белгілі уақыт аралығында үздіксіз қозғалыста болады. Ауа қозғалысы жербетінде горизонталды жазықтықта қысымның әркелкі таралуын туғызады. Желдің орташа жылдамдығы мен бағытының қайталануы уақыт аралығында (жыл, ай, уақыт) анықталады.

Жауын-шашынның мөлшері мен түсу қарқындылығы аймақ климатының негізгі өлшемдеріне байланысты. Негізгі метеорологиялық сипат күннің түсу радиациясының қарқындылығы мен анықталатын жергілікті жердің жылу режимі болып табылады. Соңғысы күннің тұру биіктігі, атмосфераның мөлдірлігі және жербетіне түсетін күн сәулесінің құлау бұрышына байланысты.

Микроклимат – жербетіндегі ауаның қабаты. Карьердің микроклиматы орналасқан ауданның климатына, сонымен бірге динамикалық және термикалық факторларға байланысты.

Карьерлердегі ауа жылдамдығы негізінен динамикалық күшке, яғни жербетіндегі желдің жылдамдығы және күн радиациясына байланысты туындайтын ауаның ысуы мен салқындауын тудыратын термикалық күшке байланысты болады.

Жербетіндегі желдің жылдамдығынан 2 м/с карьердегі ауа жылдамдығы желдің ағымдық энергиясына айтарлықтай дәрежеде әсер етіп, желдің аз жылдамдығында басты термикалық факторға бағынады. Желдің бағыты мен жылдамдығы уақыт бойынша тұрақты емес. Жел жылдамдығының тәуліктік өзгерісі ауа қабатындағы турбулентті ауысыммен сипатталады.

Карьердегі жер бетінің ауа жылдамдығы, карьердің 200 м және одан да тереңдіктегі шамасына қарағанда аздау. Бұл ер-

кіндік ағысы заңымен түсіндіріледі. Еркін ағыстың ерекшелігі ағыстағы статистикалық қысым және сыртқы орта қысымының тепе-теңдігімен сипатталады. Карьердегі желдің бағыты мен жылдамдығы тұрақсыз. Ауаның ысуы мен салқындауын туғызатын термикалық күштер карьердегі ауа жылдамдығының өзгеруіне әсерін тигізеді. Карьердегі негізгі ауа алмасу критерийі термикалық күштер әсерінен температуралық градиент пайда болады. Карьердегі температура градиенті теріс шамадан 100 метрде + 6 градусқа дейін, аудан климатының жалпы жағдайымен өзгереді. Төменгі шама мен температура градиентінің теріс мәні кешкі немесе түнгі сағаттарда жер инверсия нақытылығы және таңғы сағаттағы биіктіктегі ауа температурасының жоғарылау қарқындылығымен байланысты.

Атмосферада вертикалды карьер градиенттердің өзгеру сипаты екі фактор әрекетімен түсіндіріледі: бірінші, ары-бері бағыттағы ауаның алмасуынан горизонталды температуралық аумақтың біртекті еместігі, екінші карьер атмосферасына ауаның жоғары ағымы өз температурасымен әрекеті карьер аймағындағы температурасына алмасады.

Карьер кеңістігінің геометриясы, жербеті сипаты мен технологиялық үдерістер жылу балансының ерекшелігіне және карьердегі күн радиациясының бөлінуімен шағылысады.

Карьердегі термикалық режимдердің тағы бір ерекшелігі: ернеулер мен кертпештеріндегі ауа мен топырақ температураларына таралуы әркелкі. Бұл беткейлердің әртүрлі құламалығы мен көлеңкелігіне байланысты. Мысалы, түс уақытында оңтүстік ернеу жылу жеткіліксіздігі жағдайында, ал батыс пен шығыс ернеуде солтүстікке қарағанда температура төмен.

Карьердің термикалық режимнің екінші ерекшелігі: жер бетіне қарағанда, карьердегі ауа жылырақ келеді. Мұнымен карьер түбінің тиімді сәуле шығарудың аз мөлшерінен альбедосы да аз, яғни жер беті денелерінің шағылысу мүмкіндігі шамасының сипаты немесе құламалы шашыратуда сәуле шығару.

Бұл жердегі ауа температурасының өзгерісінің негізі бұлттылық болып табылады.

Күн радиациясы (энергия, күн шашырауы) жерге және атмосфераға басты энергия көзі болып табылады. Жерге басқа да көздер түрлері шамалы ғана. Күн радиациясы әсерінен берілетін қызу термикалық фактор карьердегі табиғи ауа алмасуын қалыптастыруға үлкен әсер етеді.

Карьердің ернеуіндегі күн радиациясы қарқындылығының өзгеруі карьер кеңістігіндегі тау-кен жыныстарының қызуы салдарынан туындайтын жылу жағдайын анықтайды.

Тікелей күн радиациясының ашық күндегі шамасын мына формуламен анықтайды:

$$Q = q_n \cos \Theta, \text{ вт/м}^2, \quad (20.1)$$

мұнда, q – тегіс жердегі күн радиациясы қарқындылығының шамасы, Θ – күн сәулесі бағыты бөктердің, карьер ернеуі мен бұршақ арасындағы бұрышы.

Күннің бұрылуы шамасы жыл мезгілдеріне және жаздық күннің ұзақтығында $+23^\circ 27'$ шамасында, ал қыстағы күннің ұзақтығы $-23^\circ 27'$ бойынша өзгереді. Жылына екі рет көктемдік және күздік теңесулерде нөлге тең болады.

Тіке күн радиациясы қарқындылығының өзгеруі көлбеу бағыттағы ендікте $40^\circ-60^\circ$, тіке күн радиациясы көлбеу бағытта таңғы 5-те түсе бастайды да, жергілікті уақытпен 20 сағатта тоқтайды. Тіке күн радиациясының жоғарғы шекті шамасы түс уақытына келеді.

Көлбеу бағыттағы тіке күн радиациясының таралуы q_n – жер бетінен 2 м биіктікте актинометриялық зерттеулермен анықталады. 38° -тан 64° ендікте мына формуламен есептеледі,

$$q_n = \frac{q \sinh h}{\sinh + c}, \text{ вт/м}^2, \quad (20.2)$$

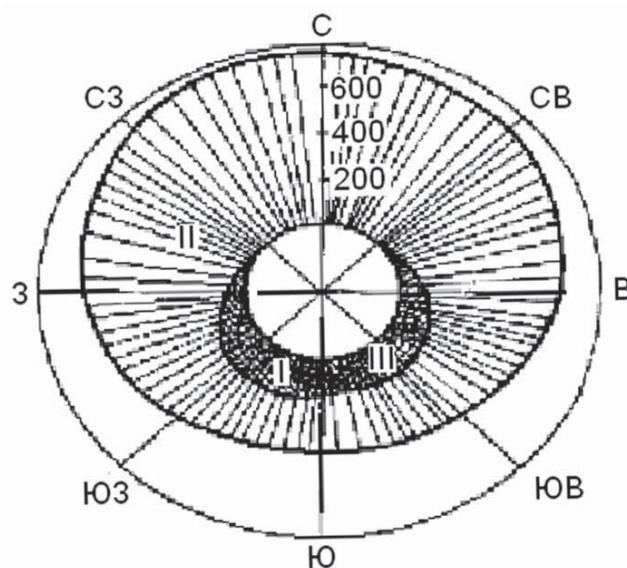
мұнда, q_0 – тұрақты күн (белгіленген ендікке тең $0,0035 \text{ вт/м}^2$), h – белгіленген аумақтағы күннің тұру биіктігі тәуліктің есептелген сағатымен, яғни жиекпен жоғарылауы бұрыштық градуспен айқындалады; C – атмосфераның мөлдірлігін сипаттайтын эмпирикалық коэффициент.

Актинометриялық станциялардың бақылауы бойынша бұлтсыз күндерде C эмпирикалық коэффициент шамамен 0,25: 0,43 құрайды.

Күннің тұру биіктігінің шамасы (күннің бұрылуы, еңкеюі n , жауын) барлық ендікте, жыл немесе күн уақыты, сонымен қатар жер бетін бағдарлауды формуламен анықтаймыз. φ географиялық ендік, жауын.

Сағаттық бұрыш түс уақытымен анықталады $\gamma = 0$, n сағатына 15 n тең болады. n саны түс уақытында оң, ал түстен кейін қарама-қарсы. $\cos \theta$ белгісі сәуленің құлау бұрышына, жарықтың түсуі мен қиғаш ендікте көлбеу және тік жақтарымен карьерді бағдарлайды.

Карьер ернеуіне тіке күн радиациясы қарқындылығының эпюрасы 20.1-суретте көрсетілген, ернеу бөктерлерінің бұрышы $30^\circ: 50^\circ$.



20.1-сурет. Карьердегі тіке күн радиациясының таралу эпюрасы:

I – 5 сағат; II – 12 сағат; III – 19 сағат

Тіке күн радиациясының жоғары шекті қарқындылығы таңғы 5-те оңтүстік-батыс ернеуден келеді. Күн сәулесі карьердің оңтүстік, оңтүстік-батыс, батыс және солтүстік-батыс беттеріне түседі, ал қалған бөлігі көлеңкеде қалады.

Түс уақытында жоғары шегі солтүстік ернеуден, төменгі шегі оңтүстіктен келеді. Мұнымен солтүстік ернеуге 798 Вт/м^2 , көлбеу бағытта - 680 Вт/м^2 . Сағат 19-да күн радиациясының жоғарғы шегі

оңтүстік-шығыс ернеуден келеді. Күн сәулелері карьердің шығыс, оңтүстік-шығыс және оңтүстік ернеуіне түседі, қалған бөлігі көлеңкеде қалады.

Карьер ернеуіне және көлбеу беткейлердегі күн радиациясының қарқындылығының өзгеруіндегі заңдылықтарды мына түрде көруімізге болады,

$$Q = -a\tau^2 + b\tau - c, \quad (20.3)$$

мұнда, a , b , c – теңесу параметрінің өлшемі; τ – уақыт.

Карьерді тереңдету күн радиациясы ағынының азаюына әкеледі. Сонымен бірге, карьердің төменгі кертпештеріне тіке күн сәулесінің түсу ұзақтығы да азаяды.

Жарықтандырудың біркелкі еместігі және уақыт бойынша тіке күн радиациясының таралуы, сонымен бірге карьерді тереңдету тұрақсыз температура аймағының қалыптасуына әкеледі. Жеке бөліктердегі қызудың біркелкі еместігінен жергілікті циркуляция артады, жергілікті ағыстар пайда болады және сол уақытта карьердің айтарлықтай бөлігі ұзақ уақыт бойына радиациялық баланса қарама-қарсы жағдайда жылудың жоғалуы жылудың келуінен артық болады.

20.1. Ашық кенорнындағы негізгі ластаушы көздер және жұмыс аймағы ауасының күйі

Ашық кенорнындағы негізгі технологиялық үдерістер және карьердегі зиянды факторлармен күресу. Ашық кенорны жұмысшыларының еңбек жағдайлары, олардың денсаулығы мен жұмыс қабілеттілігіне теріс әсер ететін, көптеген қауіпті және зиянды факторлармен сипатталады. Оларға жұмыстың ауырлығы, температура мен ауаның салыстырмалы ылғалдылығының жағымсыз әсерлері, атмосфераның шаңдалуы мен газдалуы, жеткіліксіз жарықтандыру, қолданылатын құрылғылар мен қондырғылар бөлетін жоғары діріл көзінің болуы, асқын шу, кешкі және түнгі жұ-

мыс ауысымында және қауіпті шарттарда жұмыс істеудің әсерінен үнемі психикалық жүктемелердің түсуі жатады.

Тиеу-тасымалдау үдерісі кезінде жұмысшылардың жұмыс жағдайын жақсарту үшін еңбек қорғау шараларын жақсарту керек. Осы мақсатта бірқатар іс-шаралар жүргізілуі тиіс. Олардың алдыңғы қатарында технологиялық үдерісті терең зерттеу жатады, содан кейін ашық кенорны орналасқан аймақтың климаттық, геологиялық жағдайын бақылап, ескеру қажет. Жұмыс орнының жағдайын бақылағаннан кейін осы жердегі қауіпті және зиянды факторлар айқындалады. Ашық кенорнындағы негізгі технологиялық үдерістер нәтижесінде пайда болатын осы факторлардың қауіпті және зиянды әсерлерін жоюдың бірден-бір жолы – олардың алдын алу.

Ашық кенорнының геологиялық және климаттық жағдайын терең зерттеу жұмыстары кен орнында қауіпсіз еңбек жағдайын қамтамасыз етуге мүмкіндік береді. Себебі, геологиялық, ауа-райы жағдайлары да жұмысшылардың жұмыс жағдайына тікелей әсер етеді.

Ашық әдіспен жер қойнауынан пайдалы қазбаларды өндіру ертеден бастап қолданылып келеді. Бұл әдістің кеңінен қолданыс табуы оның экономикалық жағынан тиімді, еңбек өнімділігі жоғары және қауіпсіз болуымен түсіндіріледі.

Карьердегі жұмыстар пайдалы қазбалар мен аршыма тау жыныстарын қазудан, тасымалдаудан және қоймалаудан тұрады. Осыған байланысты негізгі өндірістік үдерістерге тау жыныстарын қазуға дайындау, қазу жұмыстары, тиеу-тасымалдау жұмыстары, бос тау жыныстарын үйінділеу және төгу немесе пайдалы қазбаларды қоймалау жатады. Егер карьерде пайдалы қазбаларды ақырғы өнімге байытатын немесе өңдейтін болса, онда олар да негізгі үдеріс құрамына кіреді. Әрбір негізгі үдерістің, оны жүргізуге мүмкіндік жасайтын немесе жеңілдететін қосалқы жұмыстары болады.

Осыдан басқа карьерлерде тау-кен жұмыстарын жүргізуді қамтамасыз ететін көптеген жалпы үдерістер (энергиямен қамтамасыз ету, желдету, ылғалдандыру, пайдалы қазбаларды сынамау, құрал-жабдықтарды жөндеу және т.б) орындалады.

Тау-кен жыныстарын қазуға дайындау тау-кен жұмыстарының қауіпсіздігін, өндірілетін шикізаттың сапасын және келесі үдерістерде техникалық құралдардың техникалық мүмкіндігін және қолайлы жағдайда қолданылуын қамтамасыз ету мақсатында жүргізіледі. Даярлау, қазу жұмыстары өндірілетін кен қазбаларын құрғатуды (механикаландырылған экскаваторлық әдісте), тау-кен жыныстары сілемін қопсытуды, агрегаттық жағдайын өзгертуді және тау-кен жыныстарын оңай қазуға мүмкіндік беретін басқа да жұмыстарды қолдануды қосады.

Ашық кенорындарында тау-кен жыныстарын қазуға даярлау әдістері шикізаттың сапасына қойылатын талаптарға сай тау-кен жыныстарының сілеміндегі түріне, агрегаттық күйіне және физикалық қасиеттеріне, кәсіпорынның қуатына, техникалық құралдарға, сондай-ақ жұмыс жүргізудің табиғи жағдайына байланысты болады. Тау-кен жыныстарын қазуға даярлаудың меншікті шығыны қазудың меншікті шығынының 5-40%-ын құрайды.

Жұмсақ, тығыз, құмды, табиғи ұсақталған тау-кен жыныстары және сусымалы қиыршық тас қоспаларының әдеттегі жағдайындағы қазу барлық қазу-тиеу құрал-жабдықтарының түрлерімен жүргізіледі.

Тау-кен жыныстарын тасымалдау үдерісі – еңбекті ең көп қажет ететін және қымбат тұратын (жалпы шығынның 30-70%) үдеріс. Әр карьерде жыл сайын он шақты мыңнан жүз миллион тоннаға дейін тау жыныстары қоспалары қазылады және тасымалданады. Үлкен карьерлерде көлік коммуникацияларының жалпы ұзындығы жүздеген километрлерге жетеді. Тау-кен жыныстарын тасымалдаудың маңызды ерекшелігі тиеу және төгу жерлерінің тұрақты еместігі болып табылады, осының әсерінен көлік жолдары ұзартылып немесе қысқартылып және еңбекті көп қажет ететін қосалқы жұмыстармен жылжытылып отырады.

Ашық кенорындарында жүк тасымалдайтын белгілі техникалық құралдардың барлық түрлері қолданылады. Олардың ішінде теміржол, автомобиль және конвейер көліктері кең қолданыс тапты.

Теміржол көлігінің артықшылықтары: жылжу құрамының теміржолмен жүруіне меншікті кедергі аздығынан энергияны аз

тұтынуы; жолдың өткізу қабілетінің жоғары болуы; кез келген арақашықтыққа тасымалданғанда, іс-жүзінде карьердің жұмыс өнімділігін жоғарылату мүмкіндігі; көлік құралдарын автоматтандыру және көлік операцияларын басқару мүмкіндігі; кез келген ауа-райы жағдайларында және тау-кен геологиялық жағдайларда жұмыстың жүргізілуі; тасымалдаудың 1 т/км өзіндік құны аз (автомобиль және конвейер көлігімен салыстырғанда 4-6 есе) болуы.

Теміржол көлігінің кемшіліктеріне: жолдың планына қойылатын талаптардың жоғарылығы; тау-кен жұмыстарының жалпы көлемінің ұлғаюы; карьерді салу мерзімінің ұзаруы; көлік құралдарының аз маневрлігі мен сұрыптап қазу кезінде экскаватордың өнімділігінің азаю мүмкіндігі; жолдарды жылжыту мен күтіп ұстауға еңбек шығынының көп кетуі жатады.

Автомобиль көлігі жүк айналымы жылына 15 миллион тоннаға дейінгі өнімділігі аз орташа және үлкен карьерлерде негізінен басқа көлік түрлерімен бірге қолданылады. Автомобиль көлігі карьерді салуда, құрылым пішіні күрделі пайдалы қазбаларды қазуда, карьер алаңының көлемі көп болмағанда және жер бетінің топографиясы күрделі болса өте тиімді.

Автомобиль көлігінің негізгі кемшіліктеріне: жүк көтергіштігі жоғары автомашиналардың бағасының жоғарылығы, сонымен қатар тұтынымдық шығындардың көптігі, соның салдарынан 1 тонна тау жыныстарын тасымалдаудың өзіндік құнының жоғарылауы; ауа райына және автожолдардың жағдайына тікелей байланыстылығы; қар жауғанда, тұманда, мұздақта және ауа райы бұзылғанда өнімділіктің төмендеуі, тасымалдау жұмыстарының уақытша тоқтап қалуы; тасымалдаудың интенсивтілігі жоғарыласа, карьер атмосферасының газдануы мен шаңдануы.

Конвейерлік көлік жұмсақ тау-кен жыныстарын, көмірді, құмды, қиыршық тас карьерлерінде жүктерді тасымалдау үшін қолданылады. Іс жүзінде конвейерлік көліктерді пайдаланып ұсақталып қопарылған барлық тау-кен жыныстарын тасымалдауға болады. Конвейер көлігінің артықшылықтары: жүк тасымалдаудың үздіксіздігі және

бірқалыптылығы; қазу-тиеу және үйінді құралдарының өнімділігін арттырудың мүмкіншілігі (теміржол көлігімен салыстырғанда 25-30%-ға); еңбек жағдайын жақсарту және қауіпсіздігін жоғарылату мүмкіндігі; автоматтандыру және орталықтан басқарудың қолайлығы; конвейерлік қондырғының жоғары өнімділігі және жер бедері ойлы-қырлы болғанда қолдану мүмкіндігі. Конвейер көлігін жүк айналымы 20-30 млн.т/жыл және одан да көп карьерлерде, тау жыныстарының қалыңдығы едәуір жұмсақ, тасымалдау қашықтығы 2,5-3 км, тереңдігі 150 метрден артық карьерлерде және едәуір жүк тасқыны болған кезде қолдану тиімді болады.

Конвейер көлігінің негізгі кемшіліктері: қолайсыз ауа райы шарттарына (төмен температура, жауын-шашын) байланыстылығы; тасты тау жыныстарын тасымалдағанда оларды өлшемі 150-200 мм-ге дейінгі кесектерге алдын ала ұсақтау қажеттілігі; сұрыптап қазудың және тасымалдаудың тиімділігінің аздығы мен едәуір техникалық қиындығы; бірыңғай көп мөлшерде жүк тасымалын жасаудың шектелгендігі.

Құрама көліктер бір жүкті әртүрлі көліктермен, қайсысы нақтылы бір жағдайда тиімді болса, сол жағдайда қолданып, жүйелі түрде тасымалдау үшін пайдаланылады.

Тасты тау-кен жыныстарын қазатын терең карьерлерде оларды бір жерден жинауға автосамосвалдарды қолдану тиімді, одан әрі тау-кен жыныстарының қоспаларын карьерден шығаруға теміржол, конвейер көліктерін немесе көтергіштерді қолдану тиімді болады.

Көліктің қосалқы жұмыстары көлік коммуникацияларын салудан, күнделікті күтіп ұстаудан және жөндеуден, мезгілімен олардың бөліктерін жылжытудан және жылжымалы құрамды күнделікті күтіп ұстаудан тұрады.

Аршыма тау-кен жыныстары тасымалданып, арнайы бөлінген жерлерге орналастырылады. Үйінділеу ашық кен орындарындағы жұмыстардың технологиялық тізбегінің соңғы кезеңі болып есептеледі. Үйінділеу аршыма тау жыныстарын қабылдаудан, үймелеуден және пайдалы қазбаларды арнайы бөлінген жерлерге қоймалаудан тұрады. Үйінділеу жалпы шығынның 5-20% құрайды.

Аршыма тау жыныстарының үйіндісі қисық қиық пирамида сияқты геометриялық дене болып табылады. Ол мынадай параметрлермен: биіктігімен және қабат санымен, қабат беткейінің бұрышымен, қабылдау қабілетімен, ұзындығы мен үйінді жұмыстарының жылжу бағытымен сипатталады.

Қопсытылған тығыз, жұмсақ және сусымалы тау жыныстарын темір жол көлігімен тасымалдағанда үйінділеу үшін механикалық күректер және драглайндар, көп шөмішті үйінді экскаваторлары, үйінді соқалары, бульдозерлер қолданылуы мүмкін. Ұсақ және орташа қопсытылған тау-кен жыныстарын төккенде қуатты драглайндар, бульдозерлер және көп жүк көтергіш скреперлер қолданылады. Механикалық күректер, сондай-ақ үйінді соқалары кез келген қопсытылған тау-кен жыныстарын үйінділегенде қолданылады.

Ашық кенорындарындағы осы үдерістердің барлығы белгілі бір тәртіппен жүргізіледі, олар техникалық жағынан кез келген кезеңде қажетті жұмыстардың бағыттарын қамтамасыз етуі керек және қолданылатын құрал-жабдықтар өнімділігі жоғары және қауіпсіз жұмыс жасайтын мүмкіндіктер туғызуы керек.

Ашық кенорнындағы жұмыс орнының микроклиматы негізінен метеорологиялық жағдайларға тәуелді. Карьерлерде жылдың жаз мезгілінде жоғары температура, күн инсоляциясы, екінші ретті жылулық сәуле шығару және ауаның қозғалыс жылдамдығының төмендігі сияқты жағымсыз факторлардың бір уақытта әсер етуімен ерекшеленетін әсерлер пайда болады. Ал, қыс мезгілінде және жылдың ауыспалы мезгілдерінде ашық кен орнының жұмыстары атмосфералық жауын-шашынмен, қатты желмен қатар ауа температурасының төмен болуымен сипатталады. Микроклиматтың осы параметрлері әрқайсысы әртүрлі үйлесімде ағзадағы физиологиялық үдерістердің жүруіне және нәтижесінде адамның денсаулығына және жұмыс істеу қабілетіне үлкен әсер етеді. Ол адам ағзасындағы үздіксіз жүріп тұратын биологиялық үдерістер: жылу шығарумен және жылу түзілумен түсіндіріледі. Жылудың көлемі, адам ағзасындағы биохимиялық үдерістерге және оның атқаратын жұмысының ауырлығына байланысты. Адамның дұрыс өмір сүруі

үшін жылу қоршаған ортаға таратылуы керек. Сонымен қатар, ауа ортасының температурасы 18-ден 30°C-ге дейін көтерілгенде адамның жұмыс істеу қабілеті 18%-ға дейін, ал 40°C-де 30%-ға дейін төмендейтіні тәжірибе жүзінде анықталған. Жылудың тепе-теңдік шарты кезінде адамның жылу бақылау механизмі қысымсыз, жақсы жұмыс істейді, жылулық, жайлылық кезінде көңіл-күйінің жақсаруы және жұмыс істеуге қабілетінің жақсаруы байқалады. Сондықтан оларды қоршаған микроклимат жайлы, оңтайлы болуы керек. Егер жылулық тепе-теңдік бұзылса, онда сәйкесінше жылудың жиналуы немесе артық бөлінуі түзіледі, осыдан ағзаның суынуы немесе ысынуы пайда болады.

Ағзаның ұзақ уақыт және белсенді ысынуы мен суынуы, оның қалпына келу-қорғану механизмдерінің бұзылуына және патологиялық күйдің үдеуіне әкеледі. Сондықтан карьер жұмысшылары шалдығатын аурулардың алдыңғы қатарын тұмау, тыныс алу жолдарының және кәсіби аурулары, сондай-ақ перифериялық жүйке жүйесінің аурулары алады.

20.2. Шаңның шығу қарқындылығын анықтайтын әйгілі әдістер

Ауаның шаңдылығын жеткілікті дәлдікпен анықтайтын белгілі әдістер және оны өлшейтін құралдар бар. Ауаның шаңдылығын бақылауға арналған құралдар екі топқа бөлінеді:

– аэрозольден гравиметрлік, радиоизотоптық, оптикалық, пьезо-электрлік әдістермен дисперсті бөлшектерді бөліп алу мүмкіншілігі бар өлшем құралдары;

– аэрозольден дисперсті фазаны бөліп алмайтын оптикалық, электрлік және акустикалық әдістерге негізделген. Құралдар атмосфералық ауаның шаңдылығын өте үлкен дәлдікпен анықтағанмен, бірақ шаң көзінен шаңның шығу қарқындылығын болжамдауға болмайды. Өйткені шаңның шығу қарқындылығы көптеген факторларға тәуелді.

В.С. Никитин және П.Ч. Чулаков зерттеу жұмыстарын әртүрлі шаң көзінен шаңның шығу қарқындылығын анықтайтын келесідей математикалық өрнектерді ұсынған,

$$J = \frac{1}{K} X^2 \Psi^2_{ad} m_i \exp - \frac{6,3 \sqrt{y^2 + z^2}}{\Psi^2 X^{1,3}}, \quad (20.4)$$

мұнда, J – шаңның шығу қарқындылығы, мг/м³; K – карьерді желдету көлеміне және шаң көзінің орналасуына тәуелді коэффициент; X – шаң ағынының факелінің осінен, шаңдылықты өлшейтін нүктеге дейінгі арақашықтық (м); Ψ – өлшемсіз шекаралық параметр мәні желдету сілеміне тәуелді; u – шаң көзінің жанындағы ауа ағынының жылдамдығы, м/с.

Шаңның шығу қарқындылығын анықтайтын дәл осындай формула П. Ч. Чулаковтың еңбектерінде де көрсетілген. Бұл формулалардың негізгі кемшіліктері түрлі көп факторларға тәуелді коэффициенттерді анықтау болып саналады.

Бұл жұмыстың авторлары «сызықтық» шаң көзінен шаңның шығу қарқындылығын келесі формула арқылы анықтауды ұсынады:

$$J = \frac{1}{K} X \Psi_{ep} N_x U, \quad (20.5)$$

Үздіксіз жұмыс істейтін қозғалмалы шаң көзінен шаңның шығу қарқындылығы келесі математикалық өрнекпен анықталады,

$$J = \frac{K' \vartheta_{cp} U \Psi_{ep}^2 X_1^2 (m_1 - m_2)}{N_m Q(B_{cp} + 2X_1 \Psi_{ep})}, \quad (20.6)$$

20.1-кестеде Қотыр-Бұлақ ҰСФ-ның ұнтақ материалдарды тасымалдау түйіндерінде атмосфералық ауаның шаңдылық сипаттамасы келтірілген.

Қотыр-Бұлақ ҰСФ-ның ұнтақ материалдарды тасымалдау түйіндерінде атмосфералық ауаның шаңдылық сипаттамасы

Сынама алу орны	Шаң концентрациясы, мг/м ³	Шаң бөлшектерінің өлшемдері, мкм												
		17	2,2	2,7	3,4	4,3	5,4	6,8	8,6	10,9	св. 10,9			
Шаңның дисперстік құрамы														
Тау-кен сілемін бункерге аудару алаңы	126,0													
Тасымалдағыштан ұнтақтағышқа тасымалдау түйіні	20,0	0,00 2,15	0,10 4,20	2,10 14,54	3,20 17,50	5,90 20,80	11,70 13,41	12,20 8,43	13,70 6,05	14,20 2,34	36,90 10,48			
Біріншілей ұнтақтау ұнтақтағышынан тасымалдағышқа тиеу	216,6													
Тасымалдағыштан екіншілей ұнтақтау ұнтақтағышына тиеу	60,1													
Екіншілей ұнтақтау ұнтақтағышынан тасымалдағышқа тиеу	329,3	0,35 18,40	0,93 21,10	2,73 10,17	2,95 11,50	3,27 9,90	5,00 6,47	6,40 5,70	6,20 3,40	10,10 1,50	63,07 2,32			
Тасымалдағыштан тасымалдағышқа тиеу	270,7													
Ашық қойма	726,3	0,30 27,10	1,60 23,11	2,40 20,91	3,00 10,32	3,70 6,95	5,10 4,73	6,10 2,13	6,70 1,30	8,70 1,02	62,2 5,13			

алымында – сынамадағы аталған фракцияның салмағы бойынша мөлшері,
бөлімінде – саны бойынша

мұнда, $K'=0,94$ рециркуляция және $K'=1,44$ тура желдету сұлбалары кезінде; $D_{\text{ср}}$ – тиелген және бос машиналардың орташа жылдамдықтары; X_l жолдың ортасынан шаңдылықты өлшейтін жерге дейінгі, m_1, m_0 – шаң массасы, бірдей уақыт аралығында желдің қарама-қарсы және ығы жағынан, мг; N_m – тиелген және бос автокөліктердің саны; Q – фильтрден ауаның өту жылдамдығы, m^3/s ; B_c – автокөліктердің осінің орташалаған мән, м.

Математикалық өрнектің (20.4), (20.5) және (20.6) сияқты көптеген шекаралық және өлшемсіз коэффициенттері бар. Мұндай формулаларды пайдаланып, түрлі технологиялық үдерістер кезінде шаңның шығу қарқындылығын табу оңайға түспейді. Мұнымен қатар көрсетілген формулалар технологиялық үдерістердің циклі кезінде шаңның шығу қарқындылығын анықтауға мүмкіншілік тудырмайды. Сондықтан шаңның шығу интенсивтілігін түрлі технологиялық үдерістер кезінде анықтауға және болжамдауға мүмкіншілік тудыратын әдіс тағайындау қажет. Шаңның шығу қарқындылығын дұрыс анықтау шаңды басу және байланыстырудың әдістері мен құралдарын таңдауға негіз болады.

20.3. Шаң көзінің маңында шаңның қозғалу механизмі

Негізінде кеніш және карьердің ауа атмосферасының ластануы шаң көзінен желдің әсерінен шаң бөлініп шығады деп есептелінеді. Бірақ шаң көзінен ұсақ бөлшектердің атмосфера ауасына шығуы түрлі физикалық құбылыстарға байланысты. Солардың ішінде тура шағылған және шашыраған күн радиациясы маңызды орын алады. Ұсақ бөлшектердің зарядталуының нәтижесінде, шаң көзінің бетінде шоғырланған айырмасы пайда болады. Бұл құбылыстар шаңның бөлініп шығуына әсер етеді Осы құбылыстардың әсерінің нәтижесінде желсіз күні шаң көзінің үстінде қалыңдығы жіңішке «шаң бұлтты» пайда болғанын байқауға болады. Осы «бұлттың» ішінде шаң бөлшектері ретсіз хаостық қозғалыста болады. Әрбір уақыт мезгілінде шаңның кез келген жағынан ауа молекулалары әсер етеді. Әр жағынан әсер ететін молекулалар саны әртүрлі болады. Себебі шаңның сызықтық өлшемдері газ молекулаларының диаметрінен көп есе үлкен. Сондықтан осы әсердің нәтижесінен шаң бөлшектері де ретсіз хаостық қозғалыста болады.

Шаңның желдің әсерінен көтерілуі және оның таралу қарқындылығы көптеген факторларға тәуелді. Шаңның көтерілуіне көптеген ғалымдардың зерттеулері арналған. Мысалы, П. Ч. Чулаков еңбектерінде желдің әсерінен, шар тәріздес бөлшектердің бөлініп шығуы қарастырылған. Күш моменттерінің сақталу заңын пайдаланып, шар тәріздес шаң бөлшегінің ұшып шығу жылдамдығы мәні тәжірибеден алынған жылдамдықтар арасындағы алшақтық тым үлкен. Мұндай болуын теориялық есептеу кезінде бөлшекке әсер ететін кейбір факторлар ғана есепке алынған. Мұнымен қатар шаң көзінің бетінде жатқан бөлшектің желмен әсерлесуін идеалдық түрде қарастырған. Көп факторлы үдерістерді қарастырған кезде математикалық статистиканың негіздерін қолданған дұрыс.

Түрлі факторлардың әсерінен шаң бөлшектері барлық бағытта ұшып шығады. Ауа параметрлерінің термодинамикалық тепе-теңдік күйінде ұшып шыққан шаң бөлшектерінің бағыты әртүрлі болады. Бұл жағдайда шаң бағыттарының ықтималдығы бірдей, олардың ешқайсысының бір-бірінен артықшылығы жоқ. Шаң бөлшектерінің өзара соқтығысуы да кездейсоқ оқиға. Сондықтан жылдамдықтарының мәнінің де өзгеруі кездейсоқ.

Егер соқтығыс нәтижесінде барлық шаң бөлшектері өзінің энергиясын бір-ақ бөлшекке берді дегеннің өзінде ол бөлшектің жылдамдығы шекті болады. Сонымен шексіз аз және шексіз үлкен шама болуының ықтималдығы өте төмен. Сондықтан кез келген шаң ағынының ішіндегі жеке шаң бөлшектері белгілі бір орта жылдамдықпен қозғалуы мүмкін. Сондықтан шаң қозғалысының жылдамдығының мәндері ең ықтимал жылдамдықтың мәнінің маңында шоғырланады. Бұл жағдайларда олардың қозғалысы ретсіз. Осыған байланысты шаңның шығу қарқындылығын анықтауға статистикалық физиканың негіздерін қолдану дұрыс болып саналады.

20.4. Шаңның шығу қарқындылығын аналитикалық негіздеу

Шаңның шаң көзіне жақын ауадағы қозғалысы ретсіз болғандықтан, шаңның шығу қарқындылығын анықтау үшін статистикалық әдісті пайдаланамыз.

Сфера тәріздес шаң көзін қарастырайық, оның бөлшектері бір-бірімен байланыспаған. Шаң көзінің бетін сфера түрінде елестетіп, оның үстінен шаң өтетін ΔS алаңын бөліп, бүкіл шаң көзінің ішіндегі шаңның бөлшектерінің саны N болсын делік. Ол бөлшектер байланыспаған ортаның бір бөлігі болып саналады. Осы N бөлшектің ΔS бағытында ΔS бөлшек қозғалсын:

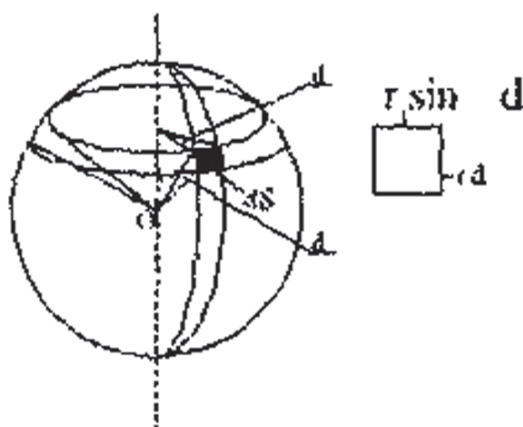
$$\Delta N = N \frac{\Delta S}{4\pi r^2}, \quad (20.7)$$

мұнда, r – сфераның радиусы, ΔS – беттің элементар ауданшасы. Ауданша ΔS сфера үстіндегі бағытына полярлық Θ және φ азимуттық бұрышы арқылы анықтайық. Әрине, әрбір шаң бөлшегін ΔS бетінен өту бағытын Θ және φ бұрыштарының мәні арқылы анықтауға болады. Бұрыштар Θ және φ белгілі бір санақ бағытынан бастап өлшенуге тиіс. Элементтің ауданшасын анықтау үшін r радиусын 20.2-суретінде көрсетілгендей етіп жүргіземіз.

Суреттен көрініп тұрғандай, қарастырылып отырған dS элементі $r d\Theta$ және $r \sin \Theta d\varphi$ қабырғалары бар тікбұрыш болып келеді. Осылайша аламыз:

$$dS = r^2 \sin \Theta d\Theta d\varphi. \quad (20.8)$$

Алынған теңдеу сфералық координаттар жүйесінде $r = \text{const}$ беттік қабат элементіне сәйкес келеді.



20.2-сурет. Элементтің ауданшасын анықтау.

(20.7) теңдеуінде дельталардан дифференциалдарға көше отырып және оған (20.8) теңдеуін қойып, келесі формуланы аламыз:

$$dN_{\Theta} = N \frac{r^2 \sin \Theta d\Theta d\varphi}{4\pi r^2} = N \frac{\sin \Theta d\Theta d\varphi}{4\pi}, \quad (20.9)$$

мұнда, dN шартында Θ және φ қозғалу бағыттары – бұрыштың Θ ден $\Theta + d\Theta$ дейін және φ -дан $\varphi + d\varphi$ дейінгі шектерінде шектелген бөлшектер екеніне бағыт көрсетеді.

Ластау көзінің беткі қабатынан аса алшақ емес арақашықтықта орналасқан ΔS элементінің беттік қабатына дейін жететін Δt уақыттағы шаң бөлшектерінің мөлшерін есептейміз. N бөлшектерінің ішінен жылдамдықтары ϑ -дан $\vartheta + d\vartheta$ дейін өзгеріп отыратын dN_{ϑ} -ді бөліп аламыз. dN_{ϑ} бөлшектерінің арасынан жылдамдық бағыттары бұрыштың $d\Theta$ және $d\varphi$ шектерімен шектелгендерінің мөлшері келесіге тең болады:

$$dN_{\vartheta, \Theta, \varphi} = dN_{\vartheta} \frac{\sin \Theta d\Theta d\varphi}{4\pi}, \quad (20.10)$$

Δt уақыты аралығында ΔS алаңына дейін $dN_{\vartheta, \Theta, \varphi}$ бөлшектері жетеді, онда ΔS түбі және $\vartheta \cos \Theta \Delta t$ биіктігі бар қиғаш цилиндр түзеді. Онда қиғаш цилиндрдегі бөлшектер саны келесіге тең болмақ:

$$dV_{\vartheta, \Theta, \varphi} = dN_{\vartheta} \frac{\Delta S \vartheta \cos \Theta \Delta t \sin \Theta d\Theta d\varphi}{4\pi \vartheta}, \quad (20.11)$$

мұнда, V – ыдыс көлемі.

ΔS алаңына дейін жететін бөлшектердің толық санын алу үшін Θ және φ бұрышы бойынша (20.11) теңдеуінің қосындысын алу қажет. Бұл жерде Θ бұрышы 0-ден $\pi / 2$ -ға дейінгі және φ бұрышы φ -ден 2π -ге дейінгі шектерде өзгереді.

Осылайша Θ және φ бұрыштарының өзгерісі бойынша (20.11) теңдеуінің интегралдауын жүргізсек, ол келесі жазбаға сәйкес келеді:

$$dV_{\vartheta} = \frac{dN_{\vartheta} \vartheta \Delta S t}{4\pi V} \int_0^{\pi/2} \cos \Theta \sin \Theta d\Theta \int_0^{2\pi} d\varphi.$$

ϑ бұрышы бойынша интеграциялау 2π -ді береді, ал қалғандарын келесі түрде жазамыз:

$$dV_{\vartheta} = \frac{dn_{\vartheta} \vartheta \Delta S \Delta t}{4\pi V} 2\pi \int_0^{\pi/2} \cos \Theta d(\cos \Theta) =$$

$$= \frac{dN_{\vartheta} \vartheta \Delta S \Delta t}{2V} (-\cos^2 \Theta) \Big|_0^{\pi/2} = \frac{dN_{\vartheta} \vartheta \Delta S \Delta t}{4V}, \quad (20.12)$$

Алынған теңдеу Δt уақыты аралығында ΔS алаңына жететін және ϑ -ден $\vartheta + d\vartheta$ -ге дейінгі жылдамдықта 2π бұрышының маңайында ұшып жүретін бөлшектер санын береді.

Жылдамдық бойынша 0-ден ϑ_{max} -ға дейінгі шектерде интегралдау, яғни аталған шарттарда бұл ең қолайлы жылдамдық, Δt уақыты аралығында ΔS алаңына жететін бөлшектердің толық санын анықтауға мүмкіндік береді.

$$v_{\Delta S \Delta t} = \frac{\Delta S \Delta t}{4V} \int_0^{\vartheta_{max}} \vartheta dN_{\vartheta}, \quad (20.13)$$

Ықтималдық теориясынан қандай да бір шаманың орташа мәні келесі теңдеумен анықталатыны белгілі:

$$\langle \vartheta \rangle = \frac{1}{N} \int_0^{\vartheta_{max}} \vartheta dN_{\vartheta}, \quad (20.14)$$

Сәйкесінше (20.13) теңдеуіне (20.14) теңдеулерін ескере отырып келесі түрде жазу қажет:

$$v_{\Delta S \Delta t} = \frac{\Delta S \Delta t}{4V} N \langle \vartheta \rangle, \quad (20.15)$$

мұнда, $\langle \vartheta \rangle$ – бөлшектердің орташа жылдамдығының мәні.

Осылайша, Δt уақыты аралығында ΔS_c алаңынан үрленіп ұшатын бөлшектердің санын анықтадық. Бұл жерде Δt уақыты аралығында ΔS_c алаңынан ұшатын бөлшектер ΔS алаңына шаңның пайда болу көзінен аса алыс емес арақашықтықта жететінін айта кеткен жөн. Бұл жерде біз қарастырып отырған V көлем аймағына ΔS_c аймағынан келіп түскен шаң бөлшектері ескерілмеген. Бұл ΔS беттік қабатына жете алмаған бөлшектер есепке алынбағандығымен түсіндіріледі.

Шаңның шығу қарқындылығы деп бірлік уақытта бірлік беттен ұшып шыққан шаң тәрізді бөлшектер массасын айтамыз. Тиісінше, егер (20.15) формуласын орташа өлшенген салмақ шамасына көбейтсек және Δt -ға бөлсек, J – шаңның шығу қарқындылығы шамасын аламыз:

$$J_0 = \frac{m_{cp}}{\Delta t} V_{\Delta s \Delta t} = \frac{m_{cp} N \langle V \rangle}{4V} \Delta S, \quad (20.16)$$

мұнда, $m_{cp} N \langle V \rangle = N_3$ – ауа шаңдылығы, мг/м³. Онда қарқындылықты келесі түрде жазуға болады.

$$J_0 = \frac{1}{4} N_3 \langle V \rangle S, \quad (20.17)$$

Алынған нәтиже, қарқындылық ауа шаңдылығына және бөлшектердің жылдамдығының орташа мәніне пропорционал екендігін білдіреді. (20.17) формуласымен анықталатын шама бірлік уақыт аралығында бірлік аудан арқылы өтетін бөлшектер ағынының массасын сипаттайтынын айта кеткен жөн.

Шаң бөлшектері жылдамдығы шамасының модулі әртүрлі технологиялық үдерістерде және ауа ағынының, оның құрамаларының жылдамдық модульдерінің қосындысымен анықталады.

Тиісінше бөлшектердің орташа жылдамдығының модулін келесі теңдеу арқылы жазуға болады:

$$\langle |v| \rangle = \langle |v_B| \rangle + \langle |v_T| \rangle + \langle |v_d| \rangle.$$

мұнда, $\langle |V_B| \rangle$ – ауа ағынының жылдамдық модулінің орташа мәні; $\langle |V_T| \rangle$ – технологиялық үдерістің әсері кезіндегі жылдамдық модулінің орташа мәні; $\langle |V_d| \rangle$ – ағындағы шаң тәрізді бөлшектердің диффузиясы кезіндегі жылдамдық модулінің орташа мәні.

Шаң бөлшектерінің түріне сәйкес диффузияның орташа мәні алғашқы екі жылдамдықтан айтарлықтай аз болады. Тиісінше $\langle |V_d| \rangle$ шамасын қолданбай-ақ қоюға болады. Сондықтан оны келесі түрде жауға болады:

$$J_0 = \left(\frac{1}{4}\right) N_3 [|v_B| > + < |v_T| >] S, \quad (20.18)$$

мұнда, N_3 – сынама алу орындарындағы атмосфера шаңдылығы мг/м^3 ; S – шаңның пайда болу көзінің беттік бөлігінің ауданы, м^2 .

Технологиялық үдеріс тау-кен сілемінің қозғалысына, сонымен қатар шаң бөлшектерінің де қозғалысына әсер ете отырып, шаңның шығу көзіне тікелей әсер етеді. Технологиялық үдерістердің шаңның пайда болу көзіне әсері тікелей ауа ортасы арқылы болуы мүмкін, яғни технологиялық қондырғының әсер етуінен оның аэродинамикасының өзгереді.

Шаңның бағытын анықтау үшін (20.18) формуласына жылдамдықтың векторлық жазылуын қою қажет.

Шаңның шығу қарқындылығы (20.18) формуласының құрамына кіретін шамалардан басқа, сонымен қатар атмосфераны ластау көзінде болатын шаңның массасына да тәуелді болады. Атмосфераны ластау көзінен шаңның бөлінуі ластау көзінің көлемінде шаңның таралуына тәуелді болады. Бұл тәуелділік жұмыстың жүруіне немесе жаңа беттік қабаттардың босатылуына сәйкес технологиялық үдеріспен анықталып отырады. Технологиялық үдерістер барысында шаңның бастапқы салмағы тау-кен сілеміне сәйкес қондырғының әсерінен ұлғайып отырады. Технологиялық үдерістер кезінде қолданылатын технологиялық қондырғы мен оның түріне байланысты қандай да бір дәрежедегі екіншілей шаңдану жүзеге асады.

Осылайша, ластау көзінен шығатын шаң беттік қабатта, көлемде орналасуына, технологиялық үдеріске байланысты өзгеріп тұрады. Қандай да бір ластау көзінен пайда болатын шаңды үлеспен немесе пайызбен көрсету қабылданған. Егер беттік қабаттағы, көлемдегі және екіншілей шаңданудағы шаңның пайыздық үлесін φ деп белгілесек, онда оны келесі түрге келтіруге болады:

$$\varphi = \frac{\varphi_s + \varphi_v + \varphi_T}{100\%}, \quad (20.19)$$

(20.18) формуласын (20.19)-ға көбейткен кезде әртүрлі технологиялық үдеріс кезіндегі шаңдылық қарқындылығын аламыз және оны келесі түрде жазамыз:

$$J = \frac{1}{4} \frac{(\varphi_s + \varphi_v \varphi_T)}{100} [\langle |V_B| \rangle + \langle |V_T| \rangle] N_3 S, \quad (20.20)$$

мұндағы, J – сәйкес технологиялық үдерістер кезіндегі шаңның пайда болу қарқындылығы, мг/с; φ_s – ластау көзінің беттік бөлігіндегі шаңның пайыздық үлесі, %; φ_v – ластау көзінің көлеміндегі шаңның пайыздық үлесі, %; φ_T – технологиялық үдеріс әсерінен болған, яғни екіншілей шаңдану кезіндегі шаңның пайыздық үлесі, %; $\langle |V_B| \rangle$ – ауа ағыны жылдамдығы модулінің орташа мәні, м/с; $\langle |V_T| \rangle$ – технологиялық үдерістің ластау көзіне әсері кезінде пайда болған жылдамдық модулінің орташа мәні, м/с; N_3 – сынама алу орындарындағы атмосфера шаңдылығы, мг/м³; S – ластау көзінің беттік бөлігінің ауданы, м².

Алынған (20.20) теңдеуі қандай да бір технологиялық үдеріс кезінде, жұмыс барысына сай қандай да бір уақытта шаңның шығу қарқындылығын анықтауға мүмкіндік береді.

20.5. Атмосфералық ауада зиянды заттардың таралуы

Бастамасы атмосфералық ауаны ластау көзінің орталық осімен сәйкес келетін декарттық координаттар жүйесін аламыз. Ауаны зиянды заттармен ластау көзі қарастырылып отырған аймаққа қатысты тік орналасқан деп елестетсек, онда OZ осі жоғары қарай тік орналасып, шаң мен газдан тұратын турбулентті ағын бағытымен сәйкес келеді.

Шаңдылыққа немесе газдылыққа сынама алынатын нүкте декарт координаттар жүйесінде радиус-векторлармен сипатталады:

$$\bar{r} = r_x \bar{i} + r_y \bar{j} + r_z \bar{k}, \quad (20.21)$$

мұнда, r_x, r_y және r_z – тиісінше OX , OY және OZ осьтері бойынша вектордың құрамалары; i, j, k – тиісінше OX , OY және OZ осьтері бойынша жеке орт-векторлары.

r_1 және r_2 радиус-векторлармен сипатталатын екі нүктеде газдылық, тиісінше N_1 және N_2 -ге тең болсын, онда арақашықтыққа тиісті газдылық айырма арқылы анықталатын болады.

$$\Delta N = N_2 - N_1, \quad (20.22)$$

мұнда, $\Delta N - r_1$ және r_2 радиус-векторлармен анықталатын газдылық айырмашылығы, мг/м³ $N_1 - r_1$ радиус-векторына сай келетін сынама алу орнындағы газдылық, мг/м³; $N_2 - r_2$ радиус-векторына сәйкес келетін сынама алу орнындағы газдылық, мг/м³.

Зиянды газ тәрізді заттардың азаю жағына қарай бағытталған ΔN шамасы теріс белгіге ие, себебі r_2 радиус-векторы r_1 радиус-векторына қарағанда координаттар жүйесінен алшақ орналасқан.

ΔN -ның $r_2 - r_1 = \Delta r$ айырмасына қатынасы арақашықтыққа сәйкес шаңдылықтың немесе газдылықтың өзгерісін сипаттайтын болады. Тиісінше, арақашықтыққа сәйкес шаңдылықтың өзгерісін келесі теңдеу арқылы жазуға болады:

$$K = -\frac{\Delta N}{\Delta r}, \quad (20.23)$$

Демек, бұл қатынас атмосфералық ауадағы зиянды заттардың белгілі бір арақашықтықтағы концентрациясын ғана көрсетіп, оның қаншалықты өзгергенін көрсетпейді. Арақашықтықтың басқа интервалында бұл шама, мәні бойынша біршама өзгеруі мүмкін, және арақашықтықтың басқа интервалында әрқашан сынама алушы бір-бірінен айырмашылығы көп болатын K шамасының мәнін алып отырады.

Бұл жағдай зерттеушіге атмосфералық ауада зиянды заттардың таралуы жайлы толық ақпарат алуға мүмкіндік бермейді. Тиісінше, K шамасы қандай да бір нүктеде концентрацияның қандай болғандығына сәйкес анықталуы керек. Басқаша айтқанда, r_1 радиус-векторымен анықталатын K шамасы қарастырылып отырған нүктедегі N_1 зиянды заттардың концентрациясына сәйкес нүктеде анықталуы қажет. Онда (20.23) формуласын келесі түрде жазуға болады:

$$K_1 = -\frac{N_2 - N_1}{N_1(r_2 - r_1)}.$$

r_2 радиус-векторымен анықталатын K шамасы үшін K_2 шамасы келесі формуламен анықталар еді:

$$K_2 = C_2 - C_1 = \frac{(N_2 - N_1)}{N_1 (r_3 - r_2)}.$$

Бұл шартта K_1 және K_2 шамаларының айырмашылығы айтарлықтай болмас еді. Қандай да бір интервалдың бастапқы мәніне келтірілген K_1 шамасын келесідей жазу қажет:

$$K = \left[\frac{\Delta N}{N \Delta r} \right], \quad (20.24)$$

(20.24) формуласын атмосферадағы зиянды заттардың арақашықтыққа қатынасы ретінде жазған жөн. Осылайша, K шамасы атмосферадағы зиянды заттардың арақашықтыққа байланысты салыстырмалы өзгеруін сипаттайды. Бұл шама бір тұрғыдан қарағанда арақашықтық интервалының атмосфералық ауаны зиянды заттармен ластау көзінен алшақтығына тәуелді болады. Бұл тәуелділікті болдырмау үшін (20.24) формуласын аса қатаң математикалық түрде жазу қажет:

$$K = -\lim_{\Delta r \rightarrow 0} \frac{\Delta N}{N \Delta r}, \quad (20.25)$$

Минус белгісі r_2 арақашықтығындағы N_2 концентрациясы r_1 арақашықтығындағы N_1 концентрациясына қарағанда аз болғандықтан шығып тұр. r_1 арақашықтығындағы N -нің бастапқы шамасы t уақытында нақты бекітілген болу керек. Сондықтан N шамасын шектен шығарып, формуланы келесі түрде жазуға болар еді:

$$K = -\frac{1}{N} \lim_{\Delta r \rightarrow 0} \frac{\Delta N}{\Delta r}, \quad (20.26)$$

(20.26) формуласынан келесідей жазуға болады:

$$K = -\frac{1}{N} \frac{dN}{dr}, \quad (20.27)$$

Математикадан белгілі, мұндай жазу N шамасының градиенті болып есептеледі, оны келесі түрде жазған жөн:

$$K = -\frac{1}{N} \text{grad}N, \quad (20.28)$$

(20.28) формуласынан таралған зиянды заттардың таралу коэффициентінің келесі дұрысталған түрі пайда болады. Зиянды газ тәрізді заттардың арақашықтыққа сәйкес таралу коэффициентінің физикалық маңызы атмосфералық ауада зиянды заттар концентрациясы градиентінің меншікті өзгерісі ретінде анықталуында.

(20.21) формуласына сәйкес (20.28) теңдеуін декартты координаттар жүйесінде келесі түрде келтіруге болады:

$$\vec{K} = -\frac{1}{N} \left(\frac{\partial N}{\partial r_x} i + \frac{\partial N}{\partial r_y} j + \frac{\partial N}{\partial r_z} k \right), \quad (20.29)$$

Егер таралу (x, z) немесе (y, z) жазықтықтарында қарастырылып отырса, онда K шамасы тиісті формулалармен анықталады:

$$K_{x,z} = -\frac{1}{N} \left(\frac{\partial N}{\partial r_x} i + \frac{\partial N}{\partial r_z} k \right), \quad (20.30)$$

$$K_{y,z} = -\frac{1}{N} \left(\frac{\partial N}{\partial r_x} i + \frac{\partial N}{\partial r_z} k \right), \quad (20.31)$$

мұнда, K -дағы индекстер – атмосферада зиянды заттардың концентрациясы өзгеріп отыратын жазықтықтарды көрсетеді. Сондықтан (20.30) және (20.31) формулаларын екі өзара перпендикуляр XOZ және YOZ жазықтықтарында атмосфералық ауадағы зиянды заттардың таралуын сипаттауға мүмкіндік беретін теңдеу ретінде қарастырған жөн.

§21. Тиеу-түсіру жұмыстарын гидрошаңсыздандыру

21.1. Тау-кен массаларын тиеу кезінде шаңды басу үшін қолданылатын әдістер мен тәсілдер

Карьер атмосферасының ластануымен күресу сұрақтарына көптеген Отандық және шетел ғалымдарының жұмыстары арналған. Барлық жұмыстарда профилактикалық шаралардың белгілі бір түріне теориялық негіз және олардың тиімділігіне баға беріледі. Бұл жұмыстарда карьерде бөлінетін шаңның мөлшерін ШРК деңгейіне дейін төмендету сұрақтары ерекше орын алады.

Карьердегі шаң мөлшерін төмендетудің негізгі әдістеріне тау массаларын суару, ылғалдандыру және алдын ала ылғалдандыру жатады. Профилактикалық іс-шараларды тәжірибе жүзінде іске асыру әртүрлі техникалық және физикалық-химиялық құралдарды қолдану арқылы іске асырылады.

Теміржол көліктерін қолданатын кенорындарында жұмыс істеу үдерісі кезінде пайда болатын шаң мөлшерін азайту үшін негізгі құрал ретінде қазіргі уақытқа дейін қуаты әртүрлі гидромониторларды пайдаланатын гидропоезд қолданылады.

Тау-кен техникалық шарттарға байланысты экскаваторлы қазба бөлімдерде ұшатын және қонып қалған шаңмен күресу үшін кең диапазонды әсерімен ерекшеленетін суаратын қондырғылар пайдаланылады. Суарушылар шаң шығару көзіне тікелей жақын жерлерге, ал жекеленген жағдайларда экскаватор шөмішінің бағыттаушысында немесе жоғары бөлігінде орнатылады. РМ-5 типті үйінділейтін машиналарында орнатылған КГ-5 типті суаратын қондырғының суаратын құрылғысы шөміштен жүк түсіру кезінде автоматты түрде іске қосылады. Суаратын жүйенің түтікшелерінің диаметріне және тау-кен жыныстарының минералогиялық құрамына байланысты суаруға кететін су шығыны 6 л/с пен 10 л/с аралығында өзгереді, бұл кезде ауадағы шаңның мөлшері тек 65%-ға төмендейді.

Тиеу-түсіру жұмыстары кезінде шаңды басу үшін қолданылатын суарушылардың жалпы кемшілігіне олардың тиімділігінің төмендігі жатады.

Автокөліктерді пайдалана отырып, ашық кенорындарында жұмыс істеу кезінде тау-кен массаларын ылғалдандыру үшін автоматты өздігінен түсіргіштердің шассиі базасындағы құюшы қондырғылары кең қолданыс тапты. Бұл кезде басты назар сораптардың, ыдыстардың және су белгілеуші құрылғылардың техникалық параметрлеріне аударылады. Сондай-ақ ЮГОК, Кривбас кеніштерінде және Коркинкөмір трестінде тау-кен массаларын ылғалдандыру үшін саптамасы $25-30 \cdot 10^{-3}$ м су жүйесіне қосылған гидромониторларды пайдалану тәжірибелерінен белгілі.

Осы және басқа да ғалымдардың көптеген жұмыстарында тау-кен массаларының жағдайын бағалаған кезде әртүрлі тау-кен жыныстарының үйінділері үшін 4-17% ылғалдылыққа жету шаң бөлінуді минималды деңгейге дейін төмендететіні айтылған.

Көмір өндірісіндегі бұрғылау және одан кейінгі технологиялық үдерістер кезінде шаң бөлінулерді тоқтату мақсатында шахталарда көмірлі тақталарды алдын ала ылғалдандыру әдісі кең өріс алды.

Қоңырат кенішінде жүргізілген тау-кен массаларын алдын ала терең ылғалдандыру тәжірибелері судың меншікті шығыны $0,2 \text{ м}^3$ болса, жылдың құрғақ, ыстық мезгілдерінде тау-кен массаларын экскавациялауға дейін 1-6 күн бұрын сулау әлдеқайда тиімді екенін көрсетті. Бірақ бұл жұмыста судың меншікті шығыны мен ылғалдандырылған тау-кен массаларының ылғалданған күйінде тұру уақыты жеткілікті негізделмеген. Осының нәтижесінде үйінділерді алдын ала ылғалдандыру тәжірибесі ашық тау-кен жұмыстарында кең таралмады.

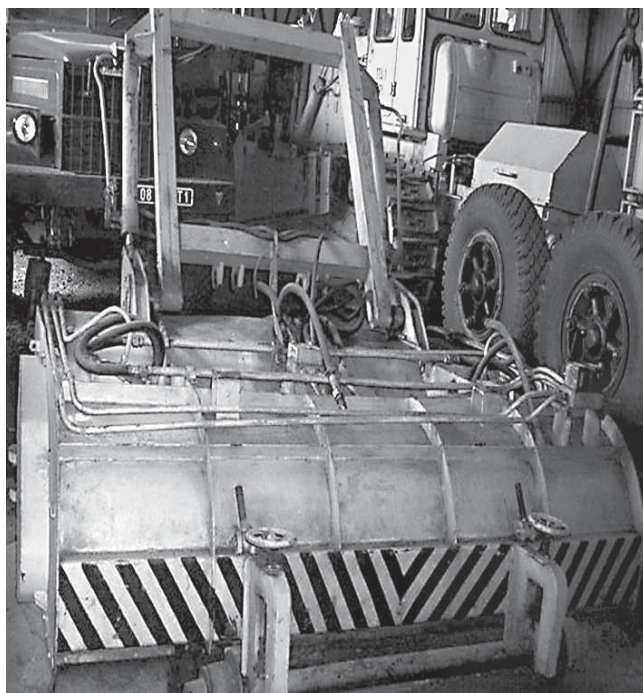
Қазіргі уақытта көптеген кеніштерде сериялы құюшы қондырғылар сәтті пайдаланылуда. Саптамасының диаметрі 3,8-4 см. Бұл құрылғыларды пайдалану ағынның ұзақтығын 70-80% көбейтіп, тау-кен массаларын ылғалдандыруға кететін уақытты азайтуға және құюшы қондырылғылардың рейстерінің санын арттыруға мүмкіндік береді. Қондырғының көптеген артықшылықтарына қарамастан, оның тау массасы үйінділерінің барлық көлемін біркелкі ылғалдандыруға шамасы жетпейді, ал кертпештің төменгі іргесінде орналасқан жерлер түгелдей дерлік ылғалданбайды. Бұл қондырғыларды қолдану үдерісі кезінде ылғалдандырылатын тау-кен массалары үйінділерінің параметрлеріне байланысты өзгеріп

отыратын гидромониторлы ағынның параметрлері маңызды рөл атқарады. Осыдан ылғалдандыру меншікті шығын, үйіндіге сұйықты жіберу және оның фильтрация жылдамдығымен сәйкестігі сияқты параметрлердің жеткілікті түрде негізделуінсіз жүргізілетіні анықталды. Осының бәрі тау-кен массаларын тиеу кезінде шаңды басу мен ылғалдандыру тиімділігінің төмендеуіне алып келеді.

Тау-кен сілемдерін жару кезінде және жарылған тау-кен қазбаларын желдету кезінде улы газдармен бір уақытта күресудің көптеген әдістері мен құралдары бар. Бірақ атмосфераның ластануын төмендету кезінде екі фактор бойынша да бірдей жоғары тиімділікке жету мүмкін емес болып отыр. Жарылған тау-кен жыныстарын белгілі қондырғыларды (ОВ-1, ОВ-3, ВК-1, УМП-1 және т.б.) қолдана отырып ауалы-сулы ағындармен желдету ауа құрамындағы газдардың концентрациясын ШРК-ға дейін төмендетуге рұқсат етеді. Ашық кенорындарында ауалы-сулы ағындармен шаңды басу құрылғысы, УМП-1 қондырғысы 21.1-суретте көрсетілген. Мысалы, жаз мезгілінде салыстырмалы ауа ылғалдалығы төмен және температурасы жоғары Саяқ кенішінде жергілікті желдету қондырғыларын қолдану, желдету үдерісі кезінде де және оны тоқтатқаннан соң да судың интенсивті булануына алып келеді. Бұл уатылған тау-кен массаларының қоршаған ортамен интенсивті ауа алмасуымен түсіндіріледі. Сондықтан уақыт өте үйіндіні ылғалдандыру тиімділігі күрт төмендейді де, тау-кен массаларын тиеу кезінде атмосфераға шаң түседі.

Суландыру-желдетпелі қондырғылардың желдету дәрежесінің жоғары коэффициентіне қарамастан, ол үлкен кемшіліктерге ие. Олардың бірі – жанармайды көп шығындайды, әрі улы газдар бөледі, сондай-ақ үлкен шу шығарады (ВК-1А, РД-3М). Ал басқалары техникалық жетілдірілмеген болып табылады, яғни массасы өте жоғары, мобильділігі төмен және тұтынуға өте көп шығынды қажет етеді (ОВ-1, ОВ-2 және т.б.).

Шаңмен күресудің физика-химиялық құралдарына су, гигроскопиялық және сулаушы қоспалардың сулы ерітінділері, мұнай өңдеу өнімдері жатады. Тау-кен өндірісі кәсіпорындарындағы ластанулармен күресетін бұл құралдардың таңдалуының физика-химиялық қасиеттеріне беттік керілу және тұтқырлық жатады.



21.1-сурет. Кенорындарында ауалы-сулы ағындармен шаңды басу құрылғысы УМП-1

Тұтқырлығы жоғары заттар негізінен кеніштер автожолдарындағы шаңбөлінулермен күресу және шаңданған кеңістіктердегі шаң тәрізді бөлшектерді бекіту үшін қолданылады.

Фильтрациялық қасиеттері төмен болғандықтан, тұтқырлайтын ерітінділер тау-кен массаларын ылғалдандыру үшін қолданылмайды.

Пайдалы қазбаларды өндіргендегі әртүрлі технологиялық үдерістер кезінде шаңмен күресудің ең тиімді, салыстырмалы арзан және негізгі құралы ретінде су пайдаланылады. Сулау қасиетін жоғарылату үшін суға беттік-активті заттар қосылады.

Қазіргі кезде әртүрлі сулағыштарды пайдаланудың теориялық және тәжірибелік материалдары жиналған. Алайда оларды пайдалану бойынша ұсыныстар өте көп және қарама-қайшы концентрациялар диапазонын қамтиды.

Зертханалық сынаулар динамикалық шарттарда ауадан шаңның қонуын қамтамасыз ететін тәжірибелік қондырғымен толықтырылды. Бұл кезде концентрациялары 0,01; 0,1 және 1% үш түрлі ерітінділер қолданылды. Жүргізілген зерттеулер жұмыстың авторына ең тиімді суландырғыш ДБ екенін анықтауға мүмкіндік

берді, оның 0,1 пайыздық ерітіндісі ауаның шаңдылығын 50%-ға және су шығынын 30%-ға төмендетеді.

Ионогенді және ионогенсіз сулағыштармен жүргізілген зерттеулер сулағыштардың беттік керілуін төмендету мен олардың сулау қасиетінің толықтай сәйкестігін көрсетті. Сулағыш ерітінділерінің беттік керілуі төмендеген сайын, оның сулағыш эффектісі жоғарылай түседі. Тұздарды қосу беттік керілуге әсер етпейтіні анықталды.

Зерттеу жұмыстарының нәтижелері авторды, барлық беттік-активті заттар (БАЗ) үшін 0,0005-0,01% концентрациялары ең тиімді, себебі олар шаң басудың жоғары тиімділігін және су мен сулағыштардың шығынын төмендетуге рұқсат етеді деген қорытындыға алып келді.

Жұмыс авторларының зерттеулері, ерітінділер мен ұшып жүрген шаңның өзара әрекеттесуіне, беттік керілудің әртүрлі БАЗ концентрациясына байланысты өзгеруіне және шаңды басу тиімділігінің механизмін анықтауға бағытталған. Жүргізілген жұмыстардың ғылыми құндылығы өте жоғары, олар әртүрлі беттік-активті заттардың (БАЗ) ұшып жүрген шаңдарды ұстау мен тұндыру үшін практикалық жарамдылығын анықтайды.

Алайда бұл жұмыстарда да ылғалдандыру кезінде ұшып жүрген шаңды тұндыру кезіндегідей, химреагенттердің сулы ерітінділерінің меншікті шығыны негізделмеген. Осыған байланысты, кейбір беттік-активті заттарды тек оның шаңды басу тиімділігіне негіздеп пайдалану күмән тудыратын мәселе болып отыр.

Физика-химиялық заттарды пайдалану тиімділігі оларды кешенді түрде пайдалану кезінде жоғарылауы мүмкін. Бұл берілген физика-химиялық зат үшін әртүрлі концентрациялы БАЗ-ды сулы ерітінділер мен судың меншікті шығынын анықтау мен ылғалдандыру тәсілдері сай келуі керек дегенді білдіреді.

21.2. Шаңды басуға қажет судың меншікті шығынын анықтаудың қолданыстағы тәсілдерін талдау

Шаңмен күресу мәселелерін зерттеген кезде түрлі қиындықтар туындайды, соның бірі – нақты дұрыс терминологияның болмауы, ал

бұл өз кезегінде жалпы түсініктерді қарастырғанда шатастыруларды тудырады.

Шаңмен күресу, шаңды аулау, шаңды басу сияқты терминдер көп қолданылады. Біздің ойымызша бұл мүлдем дұрыс емес. Терминдердің біріншісі кейінгілеріне қарағанда жалпылама болып саналады. Соңғы екеуі, біздің ойымызша, келесілерді білдіреді:

Шаңды аулау – қандай да бір қондырғы (мысалы, циклон, сүзгі т.б.) көмегімен ауалы ағыннан шаң бөлшектерін бөліп алуға негізделген. Бұл термин ауаны шаңнан тазарту терминіне пара-пар келеді.

Шаңды басу – бұл шаңның тікелей пайда болу орнында оған әсер ету нәтижесінде оның байланысуы және қонып қалуы жүзеге асады. Одан басқа, ауада қалқып жүретін шаң да (аттыру жұмысынан кейін шаңды бұлтты сумен бүрку, т.б.) басылады. Көбіне бүрку жұмысы шаңды сумен немесе су ертінділері арқылы (мысалы, сумен шайып отырып бұрғылау, сулы-ауалы пневмосокқы арқылы бұрғылау, т.б.) жүзеге асады.

Ылғалдау термині біздің ойымызша шаңның пайда болу орнында, яғни бұзылған тау-кен сілемдерінің көлемдерінде сумен немесе беттік белсенді заттардың судағы ертіндісімен байланыстыру дегенді білдіреді.

Бүруге шаңданған ауаға суды бүрку жатады, нәтижесінде шаң басылуы қажет.

Тау-кен жыныстарын қазу жұмыстарының негізгі технологиялық үдерістері болып бұрғылау-аттыру, тиеу-түсіру және тау-кен сілемін тасымалдау саналады.

Бұрғылау кезіндегі ең көп қолданыс алған шаңмен күресу әдістері болып ұнғымаларды (технологиялық мақсаттарда бұрғыланған тау-кен жыныстарындағы өткелдерді) сумен немесе беттік белсенді заттардың судағы ертіндісімен шайып жуу және шаңды құрғақ ауалау саналады. Шаңның пайда болуының басқа көздерінде шаңмен күресудің әрі оңай, әрі тиімдісі ретінде бүрку, су бұлттарын ұйымдастыру және ылғалдау әдістері саналады. Шаңмен күресу шараларының тиімділігіне шаң шығару көздерінің барлығын бірдей ылғалдағанда ғана жетуге болады. Аттыру жұмыстары кезінде бүрку және су бұлттарын ұйымдастырудың қолданылуы тек шаңның мөл-

шерін ғана емес, сонымен қатар газдардың (азот тотықтарының) мөлшерін де азайтады. Жеке қорғаныс шарасы ретінде респираторлар қолданылады.

Көптеген ғалымдардың жұмыстарында гидрошаңсыздандыру параметрлерінің тау-кен техникалық және климаттық шарттарға, тау-кен жыныстарының физика-химиялық қасиеттеріне және су мен әртүрлі БАЗ-ды су ерітінділерінің физика-химиялық күйіне тәуелді екені жазылған. Сондай-ақ, ең басты параметрлердің бірі су мен сулағыш қоспалары бар сулы ерітінділердің меншікті шығыны болып саналады, ал оны нақты анықтау тәжірибелік және теориялық мәнге ие.

Суару кезінде меншікті су шығынын анықтаудың алғашқы әдістерінің біріне техника ғылымдарының кандидаты В. Ненашевтің жұмысын жатқызуға болады. Ол ұсынған формула келесідей:

$$q = \varphi \frac{b - b'}{\gamma}, \quad (21.1)$$

мұнда, q – суарғыштардың меншікті су шығыны, л/т; φ – кеннің бөлшектелуін ескеретін және Высокогорск кенішінің шарттарына негізделген коэффициент; b – ылғалдандырудың қажетті пайызы, %; b' – кеннің табиғи ылғалдылығы, %; γ – сулағыш сұйықтықтың меншікті салмағы, Н/м³.

Формуладан (21.1) көрінетіндей φ коэффициенті пайызға кері шамаға тең болуы керек. Бірақ бұл коэффициенттің Высокогорск кенішінің шарттарынан ерекшелінетін жерлер үшін қалай анықталатыны белгісіз. Сондай-ақ, b шамасының шегін анықтау керек. Жоғарыда келтірілген кемшіліктердің нәтижесінде (21.1) формула тау жыныстарының физикалық-химиялық қасиеттері басқа кен орындары үшін қолданыла алмайды.

Судың меншікті шығынын анықтаудың түрлі әдістері ұсынылды. Қазіргі кезде бұл әдістер кең қолданыс тапты, әрі теориялық негізделген және тәжірибе жүзінде жарамды деп саналады.

Мысалы, біркелкі ұсақталған шаң тәрізді массаны ылғалдандырғанда судың меншікті шығыны былай анықталады:

$$q = 0,01K_y (\varphi_{omn} - \varphi_e), \quad (21.2)$$

мұнда, q – судың меншікті шығыны, $\text{м}^3/\text{м}^3$; K_y – ірі бөлшектер салдарынан судың меншікті шығынының азаюын ескеретін коэффициент; φ_{opt} – ұсақталған тау-кен жыныстарының оптималды ылғалдылығы, %; φ_e – тау-кен жыныстарының табиғи ылғалдылығы, %.

K_y коэффициенті тәжірибе жүзінде судың балансын есепке ала отырып анықталады:

$$Q = 0,01K_y G \cdot t (\varphi_i - \varphi) - q_n t, \quad (21.3)$$

мұнда, Q – берілетін судың мөлшері, т; t – суару сәтінен бері өткен уақыт, сағ; G – хронометражды бақылаулармен бекітілген, тиеу-тасымалдау кезіндегі экскаватордың іс жүзіндегі өтімділігі, т/сағ; φ_i – өлшемі 1 мм-ден кіші шаң тәрізді бөлшектердің әр сағат сайынғы орташа ылғалдылығы, %; q_n – ылғалдандырғанда тау жыныстарының бетінен буланатын судың мөлшері, т/сағ.

Буланатын судың мөлшері мына формуламен анықталады:

$$q_n = 3,6\beta (P_H - P_e) \frac{11,3 \cdot 10^3}{P_e} \cdot F, \quad (21.4)$$

мұнда, β – масса алмасу коэффициенті, кг/сек·н; P_H – суарылған кеңістік толық суарылғанда су буларының парциал қысымы, Н/м²; P_e – айналадағы ауаның су буларының парциал қысымы, Н/м²; $101,3 \cdot 10^3$ – қалыпты барометрлік қысым, Н/м²; P_e – бақыланатын барометрлік қысым, Н/м²; F – сумен құйылған аудан, м².

Коэффициентті (21.3) және (21.4) формулалар бойынша анықтау тағы 10 өлшемді анықтауды қажет етеді, олардың кейбіреулері физикалық шамалар, басқалары тау-кен техникалық құралдардың өндірістік параметрлерінің шамалары болып табылады. Зырьян кенішінің шарттарына сәйкес коэффициент шамасы $K_y = 0,52$ және меншікті шығын $32,1 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{м}^3$. Бірақ Зырьян кенішінің шарттарынан ерекшелінетін жерлерде $K_y = 0,52$ коэффициентінің мәні негізсіз болып табылады, ал оны анықтау көп жағдайда қиынға соғады, тіпті мүмкін емес. Яғни, (21.2) формуланы қолдану да мүмкін емес.

Тау-кен жыныстарын суаруға кететін су шығынының ауа шаңдалуына тәуелділігін анықтаудың тәжірибелік мәліметтерін ма-

тематикалық өңдеу жұмыстың авторларына мына формуланы анықтауға мүмкіндік берді:

$$q = -\frac{1}{\alpha_0} \ln \frac{N_B}{N_C}, \quad (21.5)$$

мұнда, N_B және N_C – ылғалдандыруға дейінгі және кейінгі ауа шаңдылығы, кг/м³; q – меншікті шығын, м³/м³; α_0 – тау-кен жыныстарының физикалық қасиеттеріне және ылғалдандыру біркелкілігіне тәуелді коэффициент. Бұл коэффициент Қоңырат кенішінің үйінділері үшін 7,5 тең болып қабылданады.

Формула (21.5) сырттай қарапайым көрінгенімен, α_0 коэффициенті үшін оны пайдалану шектелген. Сондай-ақ, α_0 коэффициентінің тау-кен жыныстарының физикалық қасиеттеріне тәуелділігі нақты бір аналитикалық түрде берілмеген. Осының нәтижесінде ол жарылған тау жыныстарын гидрошаңсыздандыру тәжірибесінде кең қолданыс тапқан жоқ.

Қазақстандағы Қоңырат, Карадағ және Қазақ кеніштеріндегі, Садахалин (Ресей) кен басқармасындағы жүргізілген зерттеулер нәтижелерінде тау-кен жыныстарын біркелкі ылғалдандыру үшін судың меншікті шығынын анықтайтын әдіс ұсынылған, ол келесідей:

$$q = 0,01\gamma_m (\varphi_{\text{отт}} - \varphi_e) \cdot V, \quad (21.6)$$

мұнда, γ_m – ылғалдандырылатын тау-кен жыныстарының тығыздығы, т/м³; V – тау-кен жыныстарының көлемі, м³.

Формула (21.6) бойынша меншікті шығынның өлшем бірлігі кг шығып тұр, ал негізінен ол кг/кг, кг/м³ немесе м³/м³ болуы керек. Сондықтан бұл формуланы сәйкес жағдайлар үшін пайдалану күмән туғызатын мәселе болып отыр.

Газ кенбайыту комбинатының кеніштеріндегі тау-кен массалары үйінділері үшін судың меншікті шығыны мына формуламен анықталады:

$$q = \left(q_0 - \frac{W_e}{C} \right) K_u \cdot K_c, \quad (21.7)$$

мұнда, q_0 – судың максималды шығыны, л/т; W_e – өлшемі 0-3 мм фракция қоспасының табиғи ылғалдылығы, %; K_u – булануды ескеретін коэффициент; K_c – кеннің түрін көрсететін коэффициент.

Осы кен орнындағы кендер мен бос тау-кен жыныстары үшін судың меншікті шығыны тиісінше $q_p = 46 \cdot 10^{-3}$ м³/м³ және $q_n = 51 \cdot 10^{-3}$ м³/м³. Сонымен қатар, кендер мен бос тау-кен жыныстарының максималды молекулярлы ылғалсыйымдылығы беріктігі $f = 16-20$ кезінде, тиісінше 15,78% және 17,49% тең, ал олардың табиғи ылғалдылығы 3% болып табылады.

Кривбас кеніштеріндегі тау-кен жыныстары мен кеніштерінің ылғалдылығын зерттеу авторларға судың меншікті шығынын анықтаудың келесі теңдеуін ұсынуға мүмкіндік берді:

$$q = 10^{-4} z (\varphi_m - \varphi_e) \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (21.8)$$

мұнда, z – өлшемі 0-10 мм фракциялардың тау жыныстарындағы пайыздық құрамы, %; φ_m – өлшемі 0-10 мм фракция қоспасының максималды молекулярлы ылғал сыйымдылығы, %; φ_e – өлшемі 0-10 мм фракция қоспасының табиғи ылғалдылығы, %; K_1 – тау-кен жыныстарының бетінен бөлінетін булануды ескеретін коэффициент; K_2 – тау-кен жыныстарының әрқилы ылғалдалуын ескеретін коэффициент; K_3 – 10 мм үлкен ірі фракциялардың сулануын ескеретін коэффициент.

Магнетитті мүйізтастар ($f = 16-18$), сланец ($f = 6-8$) және тотыққан кендерді ($f = 10-12$) зертханалық жағдайда ылғалдығын анықтау үшін 0-10 мм ұнтақ қоспа алынған. Қоспаның құрамына кіретін әртүрлі фракциялардың максималды молекулярлы ылғалсыйымдылығы анықталды. Олардың молекулярлық су сыйымдылығы биік бағаналар әдісімен анықталды. φ_m мен бөлшектер өлшемдері арасындағы тәуелділік мына функция түрінде беріледі:

$$\varphi_m = a \cdot d^b, \quad (21.9)$$

мұнда, φ_m – тау-кен жыныстарының берілген фракциясының максималды молекулярлы ылғал сыйымдылығы, %; d – тау-кен жыныстарының берілген фракциясы бөлшектерінің орташа диаметрі,

мм; a , b – тау-кен жыныстарының сулау қасиетін сипаттайтын эмпирикалық коэффициент.

Формула (21.8) бойынша судың меншікті шығынын анықтау үшін өлшемі 10 мм-ден үлкен кесектерді сулауға кететін ылғал көлемін де ескеру қажет. Бұл өз кезегінде кесектердің орташа ауданы мен оларды қаптап тұрған қабыршақтардың қалыңдығын анықтаумен байланысты.

Фракциясы 10 мм-ден үлкен тау-кен жыныстарының 1 м³ беттік ауданы мына формуламен анықталады:

$$S_{x_2-x_1} = \frac{6 \cdot 10}{\gamma} p m n \left[\frac{x^{n-1}}{(n-1)} - \frac{m x^{2n-1}}{(2n-1)} + \frac{m^2 x^{3n-1}}{(3n-1)} \dots \right], \quad (21.10)$$

мұнда, x – фракция өлшемі, мм; γ – тау-кен жыныстарының меншікті тығыздығы, г/см³; p – 1 м³ тау-кен жынысының тығыздығы, г; m , n – эмпирикалық коэффициенттер.

m және n коэффициенттерін іріліктің жалпы сипаттамаларын жасап, Розин-Раммлер теңдеуін пайдаланып анықтаймыз:

$$R = 100 \exp(-m x^n), \quad (21.11)$$

мұнда, R – x -тан ірі фракциялардың жалпы шығыны, %.

Кесектердің беттік аудандары мен ішінде қалған ылғалды ескере отырып, судың қабыршағының қалыңдығы тәжірибе жүзінде табылады. Беттік аудан мен су қабыршағының қалыңдығы өлшемдері арқылы K_3 коэффициенті анықталады.

K_3 коэффициентін (21.10), (21.11) формулалармен есептеу, сондай-ақ z , a және b коэффициенттерін анықтау қаралған жағдайдан басқалары үшін зерттеулер көлемін ұлғайтады. Сондай-ақ, анықталатын коэффициенттер саны артқан сайын, судың меншікті шығынын анықтау дәлдігі төмендей түседі. Сондықтан (21.8) формула кез келген жағдайлар үшін қолданылуға келмейді және жедел есептеулер үшін жарамсыз болып табылады.

Меншікті су шығынының орнына жұмыстың авторлары үйіндіні ылғалдандыруға кететін судың жалпы шығынын анықтауға ұсыныс жасайды. Ол мына формуламен анықталады:

$$Q = \int_0^t (\varphi_m - \varphi_e) v_n ds \cdot dt, \quad (21.12)$$

мұнда, φ_m – 0-10 мм фракция қоспасының максималды молекулярлы ылғалсыйымдылығы, салыстырмалы бірлікте; φ_e – тау жыныстарының табиғи ылғалдылығы, салыстырмалы бірлікте; v_n – фильтрацияның орташа жылдамдығы, м/с; t – үйіндінің ылғал сіңіру ұзақтығы, с.

Ұсынылған формула кеуекті ортада сұйықтың қозғалуының математикалық теориясына негізделген. Фильтрация анықтау үшін математикалық үлгі пайдаланылады, ол сандық әдіспен, ЭЕМ-нің көмегімен есептеледі. Сандық әдісті қолдану меншікті шығын, қосылған масса және сұйықтың физикалық сипаттамалары арасындағы аналитикалық тәуелділікті анықтауға мүмкіндік бермейді. Сондай-ақ, жұмыстың авторлары (21.10) формуланы интегралдауда айнымалыны таңдаған кезде үлкен қателік жіберген. Интегралдау теориясында осы типтес формуланы ағынды немесе су көзін шектейтін, шектелген кеңістік бойымен шығарады. Жоғарыда көрсетілген дәлелдерді ескеріп, меншікті шығынды (21.10) формула бойынша анықтау өзінің физикалық маңыздылығын жоғалтады, сондықтан ұқсас жағдайлар үшін формула жарамсыз деген қорытынды жасалады.

Қарастырылған формулалардың жалпы кемшіліктеріне оларға сұйықтықтар мен тау-кен массаларының физикалық-механикалық қасиеттерін, қосытылған массасының құрамы мен ондағы сұйықтықтардың физика-механикалық күйін анықтайтын шамалардың жоқтығын жатқызуға болады. Бұл физикалық-механикалық және физикалық-химиялық шамалардың орнын жұмыс авторлары әртүрлі коэффициенттерді енгізумен толтыруға тырысқан. Бұл зерттеу нысанының шамамен алынғанымен түсіндіріледі.

Карьерлер атмосферасының жергілікті ластануларының алдын алу және жоюдың перспективті әдісі зиянды ластануларды ауалысулы ағындармен басу болып табылады. Сондай-ақ, жұмыста көрсетілгендей судың меншікті шығыны $45 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{м}^3 - 50 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{м}^3$. Бірақ бұл жұмыстарда да су шығынын анықтау жолдары толық

көрсетілмеген және қарастырылған формулалар бір уақытта шаң басумен қатар, улы газдарды қарқындау және бейтараптау үшін қажетті меншікті су шығынын негізді түрде анықтауға мүмкіндік бермейді.

Улы газдарды бір уақытта шаңсыздандырып, әрі бейтараптап су ағындарымен шаңды басу кезінде меншікті шығынмен қатар, ағындардың өз параметрлері де негізделмеген.

Ылғалдандыруға кететін меншікті шығынды анықтаудың негізделген теориялық және тәжірибелік зерттеулерінің жоқтығын зерттелетін нысан түсінігінің шамамен алғанымен түсіндіруге болады. Өзінің физикалық тұрғысынан меншікті шығынды анықтау әдістері белгілі ылғалдылыққа дейінгі шаң тәрізді бөлшектерді сулаудан тұратынын айта кету керек. Сондай-ақ, жарылған тау-кен массаның көлеміндегі шаң тәрізді бөлшектердің үлесі ескерілмеген. Сондықтан мұндай принцип негізінен жарылған тау-кен массасын ылғалдандыру әдістерін қарастырмайды. Осыдан тау-кен массасы үйінділерін ылғалдандыру әдісі жеткіліксіз жетілдірілген деп ұйғарым жасалады.

Меншікті шығынды анықтаудың барлық келтірілген әдістерінің негізінде тау массаларын қажетті, оптималды ылғалдылыққа дейін немесе максималды молекулярлы ылғалдылыққа дейін сулау жатады. Сондықтан меншікті шығынды анықтайтын келтірілген формулаларды (21.1), (21.2), (21.5), (21.6), (21.7), (21.8) өзара салыстырып, бағалау мүмкін емес. Осының нәтижесінде, олардың қайсыбірін жалпы және кез келген жағдайлар үшін жарамды, сондай-ақ химреагенттердің меншікті шығынын анықтауға мүмкіндік беретін деп таңдау қиын.

Су және оның БАЗ-ды ерітінділерін қолдану тиімділігі шаң тәрізді бөлшектердің минералогиялық құрамына, суланулығына және дисперстілігіне тәуелді екені анықталды. Химиялық қоспалардың тиімділігі әртүрлі тау жыныстарының, кендердің және көмірлердің сулануы бойынша, жұмыстарда бағаланған. БАЗ-ды сулау тиімділігі жұмыстың мәліметтері бойынша келесі азаюшы тәртіппен орналасады: ДБ>ОП-7> >НБ>сабын ерітіндісі>ДС-РАС>C₁₀-C₁₆>C₅-C₉. Әртүрлі ерітінділердің шаңбасу қасиетін негізінен кеніштердің

атмосферасын жақсарту немесе сумен салыстыру бойынша бағалайды. Сондай-ақ, суланған шаң тәрізді бөлшектердің беттік керілу тұтқырлық және электролиттік күйінің өзгеруі сияқты физикалық шамаларының өзгеруі белгіленеді. Алайда ерітінділердің меншікті шығыны тәжірибе жүзінде анықталады. Мысалы, жұмыстың зерттеулері 1 м^3 көмір үшін $11,7 \text{ л}$ суды 65% -дық кальций хлоридін 2 г/л концентрациясымен беру керек екенін анықтады. Бұл тиімділікті суға қарағанда 30% -ға жоғарылатуға мүмкіндік береді. Жұмыстың біршама зерттеулерінде суға БАЗ-ды қосу, сулау сапасын жақсарту үшін деп бағаланады, бірақ бұл жұмыстарда сулы ерітінділердің мөлшері теориялық негізделмеген. Бұл (21.1), (21.2), (21.5), (21.6), (21.8) формулаларда суды және оның қоспалы ерітінділерінің сулау қасиеттерін сипаттайтын өлшемдердің жоқ болуымен түсіндіріледі. Сондықтан бұл формулалар әртүрлі ерітінділердің меншікті шығынын анықтауға мүмкіндік бермейді.

21.3. Шаңбайланыстыру үшін сұйықтың меншікті шығынын негіздеу

Шағылған тау-кен массаларының көлемін теория жүзінде біртекті кеуектілігімен байланыссыз орта түрінде қарастырайық. Онда ол бірыңғай біркелкі өлшемді, әрі бірдей формалы шар тәрізді түйірлерден тұрады дегенді білдіреді. Яғни, кеуекті кеңістіктің өлшемдері сұйықтықты тек кеуектің бұрыштарында ғана ұстап тұра алады. Егер i -ші кеуекті кеңістігі δV_i сұйықтық көлемін ұстап тұрса, онда үйіндінің көлемінде ұсталып тұрған сұйықтықтың жалпы көлемі мынаған тең:

$$\Delta V_{\text{жс}} = \sum_{i=1}^N \delta V_i, \quad (21.13)$$

мұнда, $\Delta V_{\text{жс}}$ – тау-кен массасы үйіндісіндегі сұйықтық көлемі, м;

Тығыздыққа $\rho_{\text{жс}}$ (21.13) формуланы көбейтіп, үйіндінің көлеміндегі сұйықтықтың массасын алады, яғни:

$$M = \rho_{\text{жс}} \Delta V_{\text{жс}} = \rho_{\text{жс}} \sum_{i=1}^N \delta V_i, \quad (21.14)$$

мұнда, M – үйінді көлеміндегі сұйықтықтың массасы, кг; $\rho_{жс}$ – сұйықтық тығыздығы, кг/м³.

Сұйықтықтың меншікті шығынын су массасының тау-кен үйіндісінің массасының қатынасы ретінде қарастыруға болады, яғни:

$$q = \frac{\rho_{жс}}{\rho_r} \frac{\sum_{i=1}^N \delta V_i}{V_n}.$$

мұнда, q – сұйықтықтың меншікті шығыны, кг/м³; ρ_r – тау-кен массасының тығыздығы, кг/м³; V_n – үйіндінің көлемі, м³, N – кеуектер саны.

Тау-кен массасының салыстырмалы ылғалдылығы φ_0 кеуектердің сұйықтықпен толу дәрежесін көрсетеді, яғни $\Delta V_{жс}$ үйіндісіндегі сұйықтықтың құрамы кеуектердің көлеміне ΔV_n қатысты және мына теңдік түрінде беріледі:

$$\varphi_0 = \frac{\Delta V_{жс}}{\Delta V_n} \cdot 100\%, \quad (21.15)$$

Үйінді кеуектері көлемінің ΔV_n үйінді көлеміне қатынасы оның кеуектілігін анықтайды, яғни:

$$m = \frac{\Delta V_n}{V_n}, \quad (21.16)$$

мұнда, m – тау-кен массасы үйіндісінің кеуектілігі, м³/м³.

(21.15) және (21.16) формулаларды ерітіндінің меншікті шығынының теңдеуіне (21.14) қойып, мынаны аламыз:

$$q = 0,01 \frac{\rho_{жс}}{\rho_r} m \varphi_0, \quad (21.17)$$

мұнда, ρ_r және m шамалары байланыссыз кеуекті ортаның физикалық сипаттамалары болып табылады, ал $\rho_{жс}$ сұйықтықтың қасиетін анықтайды. Салыстырмалы ылғалдылық φ_0 шамасы сұйықтықтың қасиетіне және өнделетін тау-кен массалары мен олардың өзара әсерлесу шарттарына тәуелді. Бірақ (21.17) формуланың кемшілігі ретінде оның тек біртекті кеуектілікті байланыссыз орта үшін

ғана ерітіндінің меншікті шығынын анықтайтынын жатқызады. Кеукті кеңістіктегі сұйықтық пен өлшемі 0-0,5 мм бөлшектер фракцияларының орналасу сұлбасы 8.2-суретте көрсетілген.

Біртексіз кеукті ортадағы сұйықтықтың көлемі келесі түрде беріледі:

$$\delta V_{\text{ж}i} = \delta V_{\text{н}i} - \delta V_{\text{в}i} - \delta V_{\text{1}ki}, \quad (21.18)$$

мұндағы, $\delta V_{\text{ж}i}$ – i -ші кеукті кеңістіктегі сұйықтық көлемі, м³; $\delta V_{\text{н}i}$ – i -ші кеукті кеңістіктің көлемі, м³; $\delta V_{\text{в}i}$ – i -ші кеукті ортадағы ауа көлемі, м³; $\delta V_{\text{1}ki}$ – i -ші кеукті кеңістіктегі тығыз байланысқан сұйықтықты, өлшемі 0-1 мм фракциялардың кіші бөлшектерінің көлемі, м³.

Бұл кездегі кеукті кеңістік құрамындығы 1-ден N_0 -ге дейінгі бөлшек санына байланысты өзгеріп отырады. Егер байланыссыз ортадағы барлық кеук бойынша қосу жұмыстарын жүргізсе, онда үйіндідегі сұйықтық көлемі үшін келесі теңдік алынады:

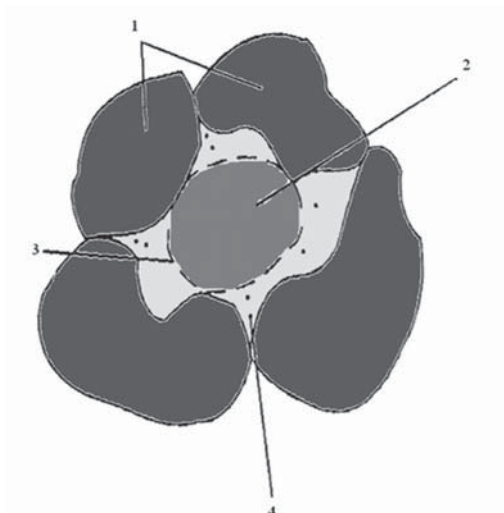
$$\sum_{i=1}^N \delta V_{\text{ж}i} = \sum_{i=1}^N \delta V_{\text{н}i} - \sum_{i=1}^N \delta V_{\text{в}i} - \sum_{i=1}^N \sum_{k=1}^N \delta V_{\text{1}ki}, \quad (21.19)$$

мұнда, $\sum_{i=1}^N \delta V_{\text{ж}i} = \Delta V_{\text{ж}}$ – тау-кен массасының барлық үйінділеріндегі сұйықтық көлемі; $\sum_{i=1}^N \delta V_{\text{н}i} = \Delta V_{\text{н}}$ – барлық үйіндідегі кеуктер көлемі; $\sum_{i=1}^N \delta V_{\text{в}i} = \Delta V_{\text{в}}$ – үйінді кеуктеріндегі ауа көлемі; $\sum_{i=1}^N \sum_{k=1}^N \delta V_{\text{1}ki} = \Delta V_{\text{к}}$ – тығыз байланысқан сұйықтықты бөлшектердің қосынды көлемі.

Онда үйінді кеуктеріндегі сұйықтық көлемі үшін мынадай теңдеу жазуға болады:

$$\Delta V_{\text{нж}} = \Delta V_{\text{н}} - \Delta V_{\text{в}} - \Delta V_{\text{1}}, \quad (21.20)$$

Үйінді кеуктерін толығымен толтырмаған кезде, 0-1 мм фракция бөлшектері сұйықтыққа өткенде, қаңқаның орын ауыстыруы есебінен оның өздігінен тығыздалуы жүреді.



21.2-сурет. Кеукті кеңістіктегі сұйықтық және өлшемі 0 - 1 мм бөлшектер фракцияларының орналасу сұлбасы:
1 – тау-кен жыныстарының кесектері; 2 – ауа кеңістігі немесе ауа саңылауы; 3 – кеук бұрышындағы сұйықтық немесе қима; 4 – өлшемі 0-1 мм фракция бөлшектері

Үйіндінің өздігінен тығыздалу көлемін ескере отырып, сұйықтықтың көлемін мынаған тең деп аламыз:

$$\Delta V_{\text{нж}} = \Delta V_{\text{н}} - \Delta V_{\text{в}} - \Delta V_1 - \Delta V_2, \quad (21.21)$$

мұнда, ΔV_2 – өздігінен тығыздалу көлемінің шамасы, м³.

Кеук құрамындағы ауа көлемі кеук көлемі мен сұйықтық көлемінің айырмасына тең, яғни:

$$\Delta V_{\text{в}} = \Delta V_{\text{н}} - \Delta V_{\text{ж}}, \quad (21.22)$$

(21.22) формуланы (21.21) формулаға қойғанда, үйіндідегі сұйықтық көлемі үшін теңдеу мынадай түрге келеді:

$$\Delta V_{\text{нж}} = \Delta V_{\text{ж}} - \Delta V_1 - \Delta V_2, \quad (21.23)$$

Егер ылғалдылық дәрежесі немесе салыстырмалы ылғалдылық үйінді кеуктері көлемінің φ_0 пайызын құрайды деп алса, онда тығыз

байланысқан сұйықтықтың жалпы көлемі ΔV_1 үйінді кеуектеріндегі $\Delta V_{ж}$ сұйықтық көлемінің $(\varphi + W_m)$ пайызын құрайды. Осыдан ΔV_1 көлемі үшін мынадай қатынасты жазуға болады:

$$\Delta V_1 = \frac{\varphi + W_m}{\varphi_0} \Delta V_{ж}, \quad (21.24)$$

мұнда, φ – 0-1 мм фракция бөлшектерінің пайыздық құрамы, %; W_m – дәл осы фракция бөлшектерінің максималды молекулярлы ылғалсыйымдылығы, %.

ΔV_1 көлемін (21.15) қатынасын пайдалана отырып, үйінді кеуектерінің көлемі арқылы көрсетеміз:

$$\Delta V_1 = \frac{\varphi + W_m}{100\%} \Delta V_n, \quad (21.25)$$

Дисперсиондық жүйені құрғанда 0-1 мм фракция бөлшектері қатысқандықтан, үйінді құрамындағы 0-1 мм фракциялардың салмақты пайыздық құрамына пропорционал үйінді қаңқасында кесектер орын ауысуы жүреді. Сондықтан көлем үшін келесі формула алынды:

$$\Delta V_2 = \frac{\varphi}{100\%} \Delta V_n, \quad (21.26)$$

Келесі формулалардың мәндерін (21.15), (21.24) және (21.26) формулаға (21.23) қойып, қарапайым математикалық түрлендіруден кейін үйіндідегі сұйықтық көлемі үшін мынаны аламыз:

$$\Delta V_{ж} = \Delta V_n [\varphi_0 - (W_m + 2\varphi)], \quad (21.27)$$

$\Delta V_{ж}$ көлемін тиісті сұйықтықтың тығыздығына көбейтсек, оның массасы:

$$M = \rho_{ж} \Delta V_{ж} = 0,01 \rho_{ж} \Delta V_n [\varphi_0 - (W_m + 2\varphi)], \quad (21.28)$$

мұнда, M – сұйықтың массасы, кг.

Онда сұйықтықтың меншікті шығыны мына формуламен анықталады:

$$q = 0,01 \frac{\rho_{жс}}{\rho_r} \frac{\Delta V_n}{V_n} [\varphi - (W_m + 2\varphi)], \quad (21.29)$$

Тау-кен массасының табиғи ылғалдылығын W_e (21.29) формуласын ескеру қажет. Бұл кезде табиғи ылғалдылықты немесе максимал молекулярлы ылғалдылыққа қосу керек немесе болмаса салыстырмалы ылғалдылықтан алу керек, өйткені табиғи ылғалдылық неғұрлым көп болса, соғұрлым көп бөлшектер дисперсиондық жүйені құруға қатысады. Осыған байланысты, сұйықтықтың меншікті шығынын, табиғи ылғалдылықты және (21.13) формуланы ескере отырып, теңдеуді мына түрге келтіреміз:

$$q = 0,01 \frac{\rho_{жс}}{\rho_r} m [\varphi_0 - (W_m + W_e + 2\varphi)], \quad (21.30)$$

мұнда, W_e – тау-кен массаларының табиғи ылғалдылығы, %.

Үйіндіні құрайтын тау-кен жыныстарының тығыздығын тау массаларының тығыздығы арқылы береді. Сонда меншікті шығын мына формуламен анықталады:

$$q = 0,01 \frac{\rho_{жс}}{\rho_r} \frac{m}{(1-m)} [\varphi_0 - (W_m + W_e + 2\varphi)], \quad (21.31)$$

Тау-кен массасы үйіндісінің кеуектілігі қопсыту коэффициентіне байланысты, ол анықтамаға сәйкес мынаған тең:

$$K_p = \frac{V_n}{V_m}, \quad (21.32)$$

мұнда, V_m – сілемдегі кертпештің көлемі, м³.

Тау-кен массасы үйіндісінің кеуектерінің көлемін былай көрсетуге болады:

$$\Delta V_n = V_n - V_m, \quad (21.33)$$

Кеуектілікті (21.16), (21.32) және (21.33) формулаларды пайдалана отырып қопсыту коэффициенті арқылы көрсетуге болады:

$$m = \frac{K_{p-1}}{K}, \quad (21.34)$$

Сұйықтықтың меншікті шығыны үшін (21.34) формуланы ескере отырып мынаны аламыз:

$$q = 0,01 \frac{\rho_{жк}}{\rho_r} (K_p - 1) [\varphi_0 - (W_m + W_e + 2\varphi)], \quad (21.35)$$

Осылайша, алынған (21.35) – формулада тау-кен жыныстары мен сұйықтықтың физикалық-механикалық және физикалық-химиялық қасиеттерін, сондай-ақ үйіндінің құрылымын анықтайтын параметрлерді сипаттайтын шамалар бар.

Кеуектерін толық толтырып сулағанда тау-кен массасы үйіндісінің салыстырмалы ылғалдылығы 100%-ды құрайды және бұл кезде шағылған тау-кен массасының өздігінен тығыздалу үдерісі жүрмейді. Мұндай жағдайда ерітіндінің меншікті шығыны (21.36) формуламен анықталады:

$$q = 0,01 \frac{\rho}{\rho_r} (K_p - 1) [1 - 0,01(W_m + W_e + 2\varphi)], \quad (21.36)$$

Меншікті шығынды φ шамасының кіші мәндері үшін алдын ала бағалау және жедел анықтау үшін мына теңдік пайдаланылады:

$$q = \frac{\rho_{жк}}{\rho_r} (K_p - 1) [1 - 0,01(W_m + W_e)], \quad (21.37)$$

Алынған шамаларға (21.29), (21.30), (21.31) формулаларына жүргізілген талдау нәтижесі меншікті шығын сұйықтың беттік керілу мен заттың сулану коэффициентінің функциясы болып, φ_0 шамасы арқылы анықталатынын көрсетейік.

Үйіндіні сумен ылғалдандырғанда (21.35) формуладан көрінетіндей оның меншікті шығыны нөлге ұмтылады, егер мына шарт орындалса:

$$\varphi_0 - (W_m + W_e + 2\varphi) = 0, \quad (21.38)$$

Судың меншікті шығыны нөлге тең бола алмайды, себебі тау массасы үйіндісін қанша тығыздаса да, кесектердің ішінде кеуектер қалады. Теңдеудің (21.38) нөлге тең болуы, судың қысымсыз ағыны

кезінде үйінді φ_0 , W_m , W_e шарттарды (21.38) қанағаттандыратын және φ шамаларының мәндерімен ылғалданбайтынымен түсіндіріледі.

Үйіндіні ылғалдандыру үшін келесі теңсіздік орындалуы қажет:

$$1 < \frac{\varphi_0}{W_m + W_e + 2\varphi} < \frac{100}{W_m + W_e + 2\varphi}, \quad (21.39)$$

Бұл теңсіздікті үйіндіні сумен ылғалдандыру мүмкіндігін анықтайтын көрсеткіш ретінде қабылдауға болады.

Егер үйіндінің параметрлері, ондағы судың күйін сипаттайтын шамалардың (21.39) теңсіздікті қанағаттандырмайтындай болса, онда суға қосылатын сулайтын құралдарды және үйіндіні ылғалдандырудың әдістерін іздеу қажеттілігі туады.

Сулағыш қоспаларды дұрыс таңдау үшін сұйықтықтың үйінді параметрлерімен және тау-кен массаларымен өзара әсерлесуін анықтайтын шамалар арасында тәуелділік орнату керек.

Тау-кен массасы іргесі мен ол орналасқан тау-кен сілемінің арасындағы сұйықтық үшін өткізбейтін шекара болмайды. Кеуек бұрыштарында немесе S_k қималы жиек түрінде қанша сұйықтық қалса, үйінді кеуектерін толтырған кезде де сонша сұйықтық болуы керек.

Кеуекті бетте S_k қималы жиектің пайда болуы оның өлшеміне, сұйықтықтың беттік керілуіне және суланғыштығына байланысты. Кеуек өлшемдері біршама үлкен болған кезде сұйықтық кеуек бұрыштарында қалып қалады, ал өлшемдері кіші болса, сұйықтық жиектерін құрайды немесе толығымен толтырады.

Сонда кеуекті толтыру дәрежесі немесе үйіндінің салыстырмалы ылғалдалығын пайыздық түрде былай көрсетеді:

$$\varphi_0 = \frac{S_k}{S_0} \cdot 100\%, \quad (21.40)$$

мұнда, S_k – шекті қима, бұл кезде капиллярлық құбылысы байқалады, m^2 ; – кеуекті кеңістіктің орташа қимасы, m^2 .

Капиллярлық құбылысы кеуекті ортаның өлшемі әртүрлі болғанда байқалады. Алайда S_k шамасы ретінде оның капиллярлық құбылысы пайда бола бастағандағы мәнін қабылдау керек.

Кеуекті ортаның цилиндрлік қалпы үшін салыстырмалы ылғалдылықты былай келтіруге болады:

$$\varphi_0 = \frac{r_k^2}{r_0^2} \cdot 100\%, \quad (21.41)$$

мұнда, r_k – капиллярлық құбылысы басталатын радиус немесе капиллярлық құбылысы байқалатын шекті радиус, м; r_0 – тау-кен массасы үйінділерінің орташа радиусы, м.

Шекті радиусты r_k сұйықтықтың беттік керілуі арқылы көрсетеді:

$$r_k = \frac{2\delta}{\rho_{ж} g h} \cos\theta, \quad (21.42)$$

мұнда, δ – сұйықтықтың беттік керілуі, Н/м; $\rho_{ж}$ – сұйықтықтың тығыздығы, кг/м³; g – еркін түсу үдеуі, м/с; h – капиллярлы көтерудің биіктігі, м; θ – сулаудың шеткі бөлшегі.

Осылайша, салыстырмалы ылғалдылықтың сұйықтықтың беттік керілуі мен тау-кен жыныстарының суланғыштығына тәуелділігін мына формуламен көрсетуге болады:

$$\varphi_0 = \frac{4\sigma^2 \cos^2 \theta}{\rho_{ж} g^2 h^2 r_0^2} \cdot 100\%, \quad (21.43)$$

Салыстырмалы ылғалдылықты анықтау тау-кен жыныстарының сұйықтықтың белгілі бір көлемін сіңірмейтініне негізделген. Бірақ тау-кен жыныстары дербес геологиялық деңгейлерді құрайтын бір немесе бірнеше минералдардың тұрақты парагенетикалық қауымдастығынан құралады. Кез келген тау-кен жынысы минералды және кеуекті көлемнен тұратындығы табиғи зат. Сондықтан тау-кен жыныстары кеуектерінің өлшемдеріне байланысты сұйықтықтың біршама мөлшерін сіңіреді. Сондай-ақ, тау-кен жыныстары кесектерінің беті бірыңғай тегіс емес, кедір-бұдыр болып келеді. Сонымен қатар, тау-кен жыныстарының кесектері кеуектердің әртүрлі бағыттарымен, соның ішінде көлденең бағытта да байланыссыз орта құрады. Нәтижесінде бұл салыстырмалы ылғалдылықтың шамасына, яғни меншікті шығынға әсер етеді. Осыған байланысты,

салыстырмалы ылғалдылықты салмақтық әдіспен анықтаған дұрыс, яғни (21.40) формуланы көлем қатынасы түрінде емес, массалар қатынасы түрінде көрсеткен жөн. Бұл (21.40) формулаға сәйкес сұйықтықтың $\rho_{ж}$ және берілген фракциясы массасының тығыздығын ρ_n қою арқылы жүзеге асады. Нәтижесінде мынадай теңдеу пайда болады:

$$\varphi_0 = \frac{400 \rho_{ж} \sigma^2 \cos^2 \theta}{\rho_n (1-m) \rho_{ж} g^2 h^2 r_1^2} \cdot 100\%, \quad (21.44)$$

Егер $\pi \rho_{ж} g r_0^2 h = \mu_{ж}$ туындысының шамасы кеуектегі сұйықтықтың салмағы екенін ескерсе, онда (21.44) формула мына түрге келеді:

$$\varphi_0 = \frac{400 \rho_{ж} \sigma^2 \cos^2 \theta \pi}{\rho_n (1-m) \mu_{ж} g h} \cdot 100\%, \quad (21.45)$$

Онда кеуек бұрыштарындағы салмағы h -тың бірдей мәндері үшін бет формасына тәуелді екенін дәлелдеу қиын емес.

Осыдан беттік керілу мен суланғыштық азайған сайын салыстырмалы ылғалдылық осы шамалардың квадратына пропорционал азаяды деген қорытынды жасалады. Алайда ылғалдылықтың кеуектілікке тәуелділігіне қатысты біржақты шешім қабылдау қиын, өйткені әртүрлі фракциялардың кеуектілігі шамамен бірдей болуы мүмкін, бірақ олардың салыстырмалы ылғалдылығының айырмашылығы үлкен болады. Мұны былай түсіндіруге болады: бөлшектердің бірдей өлшемдері кезінде фракцияларды қаптау тығыздығына тәуелді ұсақ кеуекті де, ірі кеуекті де байланыссыз орта түзулі мүмкін. Органың ірі немесе ұсақ кеуекті болуы түйірлердің қалыптарына байланысты.

Шаңбасудың әдістері мен тәсілдерін таңдау шарттары (21.45) формуланы (21.42) формулаға қойғанда мына түрге келеді:

$$1 < \frac{400 \pi \sigma^2 \cos^2 \theta}{\rho_n (1-m) \mu_{ж} g h (W_m + W_e + 2\varphi)} \leq \frac{100}{W_m + W_e + 2\varphi}, \quad (21.46)$$

Бұл теңсіздікте сұйықтың беттік керілуі мен тау жыныстарының суланғыштығы, сондай-ақ тау-кен массаларының кеуектілігі

бар. Бірақ (21.46) теңсіздікті қанағаттандыратын әртүрлі БАЗ-дардың сулы ерітінділері үлкен концентрациялы, экологиялық және экономикалық тұрғыдан тиімсіз болуы мүмкін. Онда (21.46) теңсіздікті қанағаттандыратын төмен концентрациялы БАЗ немесе үйіндіні мәжбүрлі ылғалдандыру, мәжбүрлі әдіспен сілемені алдынала ылғалдандыру және т.с.с өңдеу әдістерін іздеу қажеттілігі туады. Шаңды байланыстыру әдістерін таңдаумен қатар, ішінде ерітіндіні бірыңғай бөлуге мүмкіндік беретін үйіндіні ылғалдандыру әдістерін жасау керек.

21.4. Бұрғылау-аттыру кезіндегі шаңды басуға қажетті судың меншікті шығынын анықтаудың аналитикалық негізі

Қозғалып келе жатқан тамшының шаң бөлшегімен соқтығысуын кездейсоқ құбылыс ретінде қарау керек. Тиісінше, x арақашықтығын соқтықпай өту мүмкіндігі осы арақашықтықтың $f(x)$ функциясы болады. Бір жағынан, шексіз кішкене dx кесіндісінде соқтығысу мүмкіндігі αdx -ке тең дейік, ал осы кесіндіні соқтығыссыз өту мүмкіндігі $(1-\alpha dx)$ -ке тең болады. $(x+dx)$ арақашықтығын соқтығыссыз өту мүмкіндігін екі түрлі әдіспен көрсетуге болады. Бір жағынан бұл $f(x+dx)$ функциясының өзі, ал екінші жағынан $(x+dx)$ ұзындығының кесіндісін өтуді екі сатыдан тұратын күрделі құбылыс ретінде қарастыру керек: біріншісі x арақашықтығын өту, екіншісі x -тен $x+dx$ -қа дейінгі арақашықтықты өту. Мұндай күрделі құбылыстың болу мүмкіндігі екі құбылыстың мүмкіндіктерінің туындысына, яғни $f(x)(1-\alpha dx)$ -қа тең. Осылайша келесіні шығарамыз:

$$f(x + dx) = f(x) \cdot (1 - \alpha dx), \quad (21.47)$$

немесе шексіз кішкене екінші реттік дәлдікке дейін:

$$f(x) + \frac{df(x)}{dx} = f(x) - \alpha f(x) dx, \quad (21.48)$$

ол жерден аздап туындалып:

$$\frac{df(x)}{f(x)} = -\alpha dx, \quad (21.49)$$

немесе интегралданып келесі теңдеу шығады:

$$f(x) = c \cdot e^{-\alpha x}, \quad (21.50)$$

Интегралданудың тұрақтысын $x = 0$ кесіндісін соққысыз өту мүмкіндігі шынайылық деп табамыз, яғни, $f(0) = 1$. Тиісінше $c = 1$ және оның қорытындысы келесідей болады:

$$f(x) = e^{-\alpha x}, \quad (21.51)$$

Сонымен, шаң қабатын соққысыз өтіп кету мүмкіндігі қабат қалыңдығының үлкеюіне сәйкес экспоненциалды болады.

(21.51) теңдеуді пайдаланып α тұрақтысының физикалық мағынасын анықтайық. Бұл мән ұзындыққа қарама-қарсы өлшемге ие болады және dx деңгейінің көрсеткіші ретінде шексіз мән болуы керек. Оның физикалық мағынасын анықтау үшін (21.51) теңдеуді қолдана отырып, тамшының еркін қозғалысының орташа ұзындығын анықтау қажет. Шексіз кішкентай dx кесіндісінде соқтығысып өткен тамшылар x кесіндісінде соқтығыссыз өткен. x кесіндісін соққысыз өту мүмкіндігі алдыңғы теңдеу бойынша $e^{-\alpha x}$ -тің өзінде де, dx жолындағы соқтығысу мүмкіндігі αdx -ке тең болады. Сондықтан тамшының еркін қозғалысының x ұзындығының болуы мүмкін және ол келесі туындыға тең:

$$\alpha dx \cdot e^{-\alpha x}, \quad (21.52)$$

Тамшының еркін қозғалыс ұзындығының орташа мәні \bar{x} орта мәндерге арналған теңдеу бойынша келесіге тең:

$$\bar{x} = \lambda = \int_0^{\infty} \alpha x e^{-\alpha x} dx = \alpha \int_0^{\infty} x e^{-\alpha x} dx, \quad (21.53)$$

Интегралдауды бөліктеп жүргіземіз. Ол үшін келесі ауыспалыларды енгізейік: $x = u$;

$$d\vartheta = \int_0^{\infty} e^{-\alpha x} dx; \quad \text{әрі қарай } du = dx; \quad \vartheta = -\frac{1}{\alpha} e^{-\alpha x},$$

Нәтижесінде келесіні аламыз:

$$\bar{x} = \lambda = \alpha \left[u \cdot \vartheta \right]_0^{\infty} - \alpha \int_0^{\infty} \vartheta du = -\alpha \frac{x}{\alpha} e^{-\alpha x} \Big|_0^{\infty} + \alpha \frac{1}{\alpha} \int_0^{\infty} e^{-\alpha x} dx = \frac{1}{\alpha}, \quad (21.54)$$

Осылайша, α тұрақтысын тамшының еркін қозғалысының орташа ұзындығына қарама-қарсы шама ретінде түсіндірген жөн. Сондықтан теңдеуді келесі түрде қайта жазуға болады:

$$f(x) = e^{-\frac{x}{\lambda}}, \quad (21.55)$$

λ тұрақтысы үшін де тағы да бір түсіндірме беруге болады. Шаң бөлшектері бірлік көлемде nS -ға тең деп есептейік. Шаңның әрбір бөлшегін шартты түрде r радиусты және $<S$ ауданды дөңгелек нысана ретінде белгілеп, әрбір қозғалыстағы су тамшысы осы нысана ішімен өтетін шаң бөлшегімен соқтығысатындай етіп таңдап алайық. nS өлшемі см^{-1} -ге тең екенін анықтау қиын емес:

$$[nS] = \frac{1}{\text{см}^3} \cdot \text{см}^2 = \text{см}^{-1}.$$

S ауданын «әрекеттесуге арналған тиімді кесінді» және сәйкесінше тиімді қима радиусы деп атау қажет. nS көбейтіндісі бірлік көлемдегі тиімді қималар қосындысы болып келеді және оны макроскопиялық қима деп атау қажет. Өлшемдері d және nS -ке сай келетіндіктен бірлік көлемдегі тиімді қималар қосындысы деп түсіндіріп, оны nS түрінде келтірсек болады.

Тиімді қиманың статистикалық мағынасын түсіндіру үшін мынаны орындаймыз. Тамшы ағынының тығыздығы 1-ге тең болсын, яғни әр 1 см^2 сайын секундына 1 тамшы өтсін. Бірлік көлемдегі шаң бөлшектерінің саны $L = 1$ тең болсын. Сонда соқтығысу мүмкіндігін тиімді қима көлемінің S тамшы ағынына қатынасы ретінде көрсетуімізге болады, яғни 1 см^2 -қа.

Осылайша, S құрамында бір шаң бөлшегі бар 1 см қалыңдықты шаң қабатын өтудегі соқтығысу мүмкіндігі, ал nS шаң бөлшегінің

қалыңдығы n -ға тең болған жағдайдағы соқтығысу мүмкіндігі болады. Мұндай тұрғыдан қарастыру шашыранды су тамшыларының қалқыма күйдегі шаң бөлшектерімен әсерлесу мүмкіндігін анықтауға, сонымен қатар ылғалдауға қажетті судың меншікті шығынын анықтауға мүмкіндік береді.

Бұрғылау және жару (аттыру) жұмыстары кезінде пайда болатын шаңды төмендетуге қажетті судың меншікті шығынын нақты анықтау бұрқу кезінде көңіл аударатын басты мәселе болып саналады.

Жұмыс аймағы ауасының нормаланатын көрсеткіштерінің бірі болып оның ылғалдылығы мен концентрациясы саналады. Суды мөлшерден тыс бұрқу арқылы шаңның концентрациясын төмендету ылғалдылық мөлшерінің шектен асуына әкеліп соғады, сонымен қатар жерасты кеніштеріндегі еңбек жағдайларында да қолайсыз болып келеді. Одан басқа, су табиғи ресурс екенін ұмытпаған да жөн және оны үнемдеу қажет. Сондықтан бұрғылау және атқылау жұмыстар аймақтарының ауасын сумен бұрқуға қажетті меншікті су шығынын нақты есептеу қажет.

Сумен шаң қондыру жұмысын қандай да бір қалыңдықтағы қабатты өтуде қарастырайық. Бұл жерде шаң соққыға әсерлесетін әр тамшы ағыннан құлап түсіп, жерге қонады деп есептейміз. Барлық қабатты шексіз кішкене dx қабаттарына бөлеміз. Қандай да бір бірлік көлемге сәйкес келетін шаң бөлшектерінің саны ndx -ке, ал тиімді қималар қосындысы $Sndx$ -ке тең болады.

Шексіз жұқа қабаттың алдыңғы беттік қабатына N тығыздықты тамшы ағыны түссін, онда әлсіздену:

$$dN = N \cdot S ndx, \quad (21.56)$$

(21.56) теңдеуді интегралдағаннан кейін келесіні аламыз:

$$N = N_0 e^{-snh} = N_0 e^{-h/\lambda}, \quad (21.57)$$

мұнда, N_0 – қалыңдығы h болатын қабатқа кіретін су тамшысының тығыздығы, $\text{кг}/\text{м}^3$; N – ауаның сол h қабатында шаң бөлшектерімен әсерлескен су тамшыларының саны.

Бірлік уақыттағы бірлік көлемде әрекеттесетін су тамшыларының тығыздығын анықтау үшін (21.57) формуланы қолдануға болады.

Шаң бөлшектерінің су тамшысымен әрекеттесуі белгілі көлемде жүзеге асады. Сондықтан n_n бірлік көлемдегі шаң бөлшектерінің тығыздығы белгілі шаңданған ауаның көлемін белгілеп алайық. Онда N саны мынаған тең болады:

$$N = M_n V_n n_n, \quad (21.58)$$

мұнда, M_n – шаң бөлшектерінің орташа массасы, кг; n_n – бірлік көлемдегі шаң бөлшектерінің саны, м³; V_n – шаң бөлшектерінің орташа жылдамдығы, м/с.

$M_n n_n$ көбейтінді ауаның шаңдылығы болып келеді, сондықтан оны N_3 деп белгілейік, сонда (21.58) теңдеу келесі түрге көшеді:

$$N = N_3 V_n, \quad (21.59)$$

мұнда, N_3 – сумен әсерлесіп өткен шаң бөлшектерінің саны.

Шаң бөлшектерімен әсерлескен су тамшыларының санын анықтауды жоғарыдағыдай талдау келесі теңдеуді алуға мүмкіндік туғызады:

$$N_0 = N_6 V_n, \quad (21.60)$$

мұнда, n_6 – таза ауаның бірлік көлеміндегі тамшылар тығыздығы.

(21.59) (21.60) және (21.58) формулаларды теңдеуге қойып, мынаны аламыз:

$$N_3 = N_6 \frac{V_k}{V_n} e^{-h/\lambda}, \quad (21.61)$$

мұнда, N_3 – су тамшысымен әсерлесіп өткен шаң бөлшектерінің саны;

(21.61) теңдеуден ауаның бірлік көлеміндегі су тамшысының тығыздығын табамыз. Мұндағы N_6 шаң бөлшектерімен әсерлесу негізінде анықталатын тығыздық болады. Сонда N_6 үшін келесіні аламыз:

$$N_6 = N_3 \frac{V_n}{V_k} e^{h/\lambda}, \quad (21.62)$$

(21.62) теңдеуді су және шаң бөлшектерінің тығыздығына көбейту меншікті су шығыны анықтамасына сәйкес келетін меншікті су шығынын табуға мүмкіндік береді:

$$q = \frac{\rho_{cy}}{\rho_{шаң}} \cdot \frac{\langle U_{шаң} \rangle}{\langle U_{cy} \rangle} (N_{шаңд.} - N_{ШРЕК}) e^{h/\lambda}, \quad (21.63)$$

мұнда, $N_{шаңд.}$ – судың минималды шығыны, м³/м³; ρ_{cy} – су тығыздығы, кг/м³; $\rho_{шаң}$ – шаң бөлшектерінің тығыздығы, кг/м³; h – шаңданған ауа ағынының қалыңдығы, м.

Тәжірибе жүзінде шаңданған ауа ағыны қалыңдығының орнына шаңданған ауа көлемін алған жөн. Ол келесі теңдеумен анықталады:

$$V = Sh, \quad (21.64)$$

мұнда, V – шаңданған кеңістіктің көлемі, м³; S – шаңданған ауа ағынының қимасы, м². Егер теңдеудегі (21.59) h -ты алмастырсақ, мынаны аламыз:

$$q = \frac{\rho_{cy}}{\rho_{шаң}} \cdot \frac{\langle U_{шаң} \rangle}{\langle U_{cy} \rangle} (N_{шаңд.} - N_{ШРЕК}) e^{\frac{V}{S\lambda}}, \quad (21.65)$$

Есептеу ыңғайлығы үшін S – ретінде шашыратқыш алауының қимасын аламыз. Алынған (21.65) теңдеу шаң бөлшектерінің су тамшыларымен әрекеттесуінің мәндерін ескереді, бұл судың немесе су ерітінділерінің меншікті шығынын анықтауда нақты мәндерге ие болуға мүмкіндік береді.

Осылайша, алынған теңдеу тау-кен өнеркәсіптеріндегі еңбекті қорғау бойынша бірқатар мәселелерді шешуге мүмкіндік береді.

21.5. Шаңсыздандыратын ерітінділермен тау-кен массаларын ылғалдандыру әдістерін жасау және негіздеу

Тау-кен массасы үйіндісінің барлық көлемін біркелкі ылғалдандыру мәселелеріне бірқатар жұмыстар арналған. Бірақ бұл

жұмыстарда әртүрлі сулағыш қоспалар мен судың және оның ерітінділерінің фильтрациясы тау-кен массаларының біркелкі ылғалданбауына алып келетін себептерге талдау жасалынбаған. Фильтрация үдерісінің біркелкі болмауының бірден-бір себебі, әрқилы кольматация түрлерінің болуы. Сондай-ақ, бұл кезде уақытша немесе ауа кольматациясы сияқты түрлері бақыланады.

Дисперсиондық жүйелерден фильтрациясының белгілі шарттарында дисперстік фазалардың бөлінуі – уақытша кольматация болып табылады. Осыған байланысты үйіндінің суды өткізуі нашарлайды, ал кейбір жағдайларда бұл төменгі қабаттардағы сұйықтықтың фильтрациясының толық тоқтауына алып келеді. Ауа кольматациясы үйіндінің бетіне суды жүйесіз түрде бергенде, оның ішіндегі ауаның шығатын кеуектері бітеліп қалады. Сондықтан үйіндінің ішінде ауа кольматациясы бақыланады.

Кольматацияның екі түрінің де алдын алу дегеніміз – бұл ең алдымен, оның әрі қарай фильтрациясына жәрдемдесетін сұйықтықты үйінді кеңістігіне дұрыс бөлу. Физикалық тұрғыдан бұл байланыссыз орталардағы сұйықтың фильтрациясы бастапқы шарттарға тәуелді дегенді білдіреді.

Топырақ үшін су фильтрациясының әртүрлі аспектілері жұмыстарда терең зерттелген. Кеуекті орта арқылы сұйықтықты фильтрация тәжірибе жүзінде анықталған Дарси заңымен сипатталады. Бұл заңға сәйкес сүзу жылдамдығы пьезометриялық қысымға пропорционал болады. Бірақ Дарси заңының қолдану аясы шектелген. Біртекті топырақ үшін Дарси заңы Рейнольдс саны А санынан кіші болғанда қолданылады. А саны 3-10 аралығында өзгеріп отырады.

Ірі кесекті топырақ үшін жылдамдық пен пьезометриялық қысым арасындағы тәуелділік n -ші дәрежелі полиноммен сипатталады, ал оның мәні 2 және одан көп шамаға тең болуы мүмкін және тәжірибе жүзінде анықталады.

Сұйықтық ағысы Дарси заңына немесе фильтрацияның қисық сызықты заңына бағынады және біртекті кеуекті байланыссыз ортаның көлемінде оның әр жаққа бөлінуіне алып келеді. Дарси заңы және қисық сызықты фильтрация заңы кеуектері толық толатын ағындар үшін қолданылады. Сонымен қатар, біртекті кеуекті байланыссыз орталарда кеуектер жүйесінің арасында сұйықтықтар

тарамы пайда болады, бұл фильтрацияның басыңқы бағытының туындауына себепкер болады.

Топырақты толық толтырмаған судың ағысы гидродинамика заңына ұқсас заңдарға бағынады, ал басқа күйдегі сұйықтық қозғалысы булану мен беттік керілу заңдарынан шығатын заңдарға бағынады деген қорытындыға келді. Сонымен қатар, Дарси заңын қолданудың кіші шегінің болмауы, белгілі бір шарттарда байланыссыз кеуекті ортада әлі күнге дейін сұйықтықтың беттік керілуі мен сулануына тәуелді математикалық сипаттамасы жоқ сұйықтықтық ағынының ерекше түрі пайда болады деген ойға итермелейді.

Тау-кен массасы үйіндісінің барлық көлемін ылғалдандыру үшін топырақтағы ағысқа ұқсас ағысты жасау керек, тек бұның бір айырмашылығы топырақ түйірлерінің орнына, үйіндіні құрайтын тау жыныстарының бөлшектерін батыра сулау керек. Әдетте, 0-1 мм фракция бөлшектері үйіндінің барлық көлемінің тек бірнеше пайызын алып жатады. Яғни, үйіндінің кез келген нүктесіндегі оның үлесі үйіндінің барлық көлеміндегі үлестен де кіші болады. Үйіндінің барлық көлемінің 10%-ын 0-1 мм фракциялар құрайды деп алады. Биіктігі 20 метр үйіндінің барлық көлеміне 0-1 мм фракцияларды бірыңғай бөлгенде, әрбір метр биіктікке 0,5% фракция келеді. Яғни, тығыздықтың салыстырмалы өзгерісі ең жақсы жағдайда 0,5% құрайды.

Сұйықтықты фильтрация процесінде тау-кен массасының ылғалдылығының өзгеруі үйіндінің кез келген нүктесінде бір шамаға келеді.

Сұйықтықты фильтрация жылдамдығы ең алдымен V_0 -дің бастапқы шамасына тәуелді. Бастапқы жылдамдық V_0 ылғалдандырылатын бетке жеткізу әдісімен, сондай-ақ тау жыныстарының кесектері және сұйықтықтың өзара әрекеттесуімен анықталады. Ылғалдандырылатын бетке сұйықты жеткізудің кең тараған тәсілі гидромониторларды пайдалану болып табылады.

Ылғалдандыру кезінде басты назар сұйықтықтың үйінді бетімен жанасу сәтіндегі V_0 мәнімен анықталатын ағынның соңғы бөлігіне аударылады.

Шаңды тиімді байланыстыру үшін үйіндіні ылғалдандырудың жетілдірілген әдісі ұсынылады.

Әдіс су беруді кертпеш ылдилы үйінді бетіне көлденең контакт сызығынан бастап, үйіндінің төменгі бөлігіне қарай жүргізгенге негізделеді. Сондай-ақ, мына шартты орындау керек:

$$|\vec{V}_0| \leq |\vec{v}|, \quad (21.66)$$

мұнда, V_0 – ылғалдандырылатын үйінді бетіндегі ағын жылдамдығы немесе фильтрацияның бастапқы жылдамдығы, м/с; v – ұнтақталған тау-кен массасына сұйықтықты фильтрация жылдамдығы, м/с.

(21.66) шарт орындалу үшін үйінді бетінің ылғалдандырылатын ауданы S_1 уақыт t_1 аралығында қатаң түрде ауданы S_ϕ ағынмен суарылу керек. Осыдан S_1 алаңы ауданы S_ϕ ағынмен t уақыт ішінде суарылуы керек.

Суарушы қондырғы қазба бөлімнің ұшындағы кертпештің төменгі алаңында орналасса, шама былай анықталады:

$$S_1 = D_\phi l, \quad (21.67)$$

мұнда, D_ϕ – факельдің ең үлкен диаметрі, м; l – үйіндінің беті бойынша шамасы, м.

Факелдің суарылатын тау-кен массасы үйіндісінің беті бойынша орын ауысуы d_ϕ қадамымен жүреді. Сонымен қатар, оның ауданы t_1 уақыт аралығында өңделеді, ал S_1 ауданын өңдеуге кететін уақыт $t_1 = \sum t_1$ тең. Үйіндінің беті бойымен тереңіне дейін суару кезінде, t_1 уақыт ішінде орын ауыстырулар сұйықтық жиналмайтындай болуы керек. Сонда бұл шартқа мына теңдік сәйкес келеді:

$$\vec{v} t_1 = \frac{D_\phi l}{d_\phi}, \quad (21.68)$$

мұнда, $t_1 - S_1$ ауданын суаруға кететін уақыт, с.

(21.66) шарттың тең жағдайында және $|\vec{V}_0|$ -ді уақыт үшін алмастырса:

$$t_1 = \frac{D_\phi I}{d|V_0|}, \quad (21.69)$$

Үзіліссіздік теңдеуін $|\vec{V}_0| = \frac{Q}{S_\phi}$ пайдаланып және суару уақыты үшін:

$$t_1 = \frac{S_\phi S_1}{Qd_\phi}, \quad (21.70)$$

мұнда, Q – гидромониторлардың максималь су шығыны, $\text{м}^3/\text{с}$; d_ϕ – үйінді бетіндегі алаң, м^2 .

Ылғалдандырудың ұсынылған әдісі адсорбцирленген ауаны, сондай-ақ кеуектерде және үйіндінің бос жерлеріндегі ауаны шығаруды қарастырады. Әдістің тиімділігі сол – шығарылатын ауа ең кіші кедергі жолымен орын ауыстырады, яғни ауа тау массасы үйіндісінің барлық ашық беттерінен шығады.

Бұл әдіс кольматациялық үдерістерді жоққа шығарады, сондықтан тау-кен массасының барлық көлемінде ылғалдандыратын ағын тудырады.

Осылайша, еңбек шарттарын жақсарту мақсатында пайдалы қазбаларды өндірудің технологиялық үдерістерін өзгерту қажеттілігі туады. Өнімділікті біршама төмендететін болса да, технологиялық параметрлерді өзгертіп, тау-кен жұмысшыларының денсаулығын сақтау – бұл қазіргі кездегі ең басты мәселе болып табылады. Өнімділіктің төмендеуін тау массасын ылғалдандыру уақытын азайтып, орнын толтыруға болады.

21.6. Үйіндінің параметрлерін анықтайтын зертханалық жұмыстарға фракцияларды таңдау принципі

Тау-кен массасы үйіндісіндегі кесектер мен кеуектерді бөлу – Колмогоровтың логарифмдік нормаль заңымен сипатталады. Жарылған тау-кен массасы үйіндісінің статистикалық зерттеулері үйіндінің біртектілікке байланыссыз орта екенін дәлелдейді, өйткені логарифмдік заңға сәйкес кесектер өлшемдері әртүрлі болуы мүмкін. Дәл сол статистикалық заңға сәйкес үйінді нысанындағы

кесектер мен кеуектердің орналасуы әрқилы болуы мүмкін. Алайда статистикалық зерттеулер үйіндінің кеуектілігі және салыстырмалы ылғалдылығы сияқты параметрлерін анықтау үшін қолданыла алмайды.

Зертханалық шарттардағы зерттеулерде 0-10 мм фракциялар алынған және олар үшін де максимал молекулярлы ылғалсыйымдылығы анықталды. Сондай-ақ, бұл фракциялар тағы да бірқатар фракцияларға бөлінеді және олар үшін де максимал молекулярлы ылғалсыйымдылық анықталады.

Тау-кен массасы үйіндісінің оптимал ылғалдылығын анықтайтын зертханалық зерттеулер үшін жұмыста біртекті шаң тәрізді масса пайдаланылады. Сондай-ақ, шаң тәрізді зертханалық жағдайдағы зерттеулердің негізі ретінде тау массасының оптималды ылғалдылығын алады. Бірақ оптимал ылғалдылық түсінігі анықталмаған болып табылады. Өйткені тау-кен жыныстары құрылымына қарамастан табиғи және салыстырмалы ылғалдылыққа, сондай-ақ толық максимал молекулярлы ылғалсыйымдылыққа ие болуы мүмкін. Сондықтан тау-кен массасының оңтайлы ылғалдылығын анықтау әдістері де анықталмаған болып табылады.

Әрбір үлесті сәйкесінше $\varphi'_1, \varphi'_2, \varphi'_{N1}$ деп ал таңдалған ауданның көлемін V'_{N1} / V_H үйінді көлемі бойынша φ_{N1} арқылы көрсетеді:

$$m_{N1} = \frac{m_H}{\varphi_{N1}} - \sum_{i=1}^{N1} \varphi'_i, \quad (21.71)$$

Сондай-ақ, теңдеуді үйіндінің V_H көлеміне бөлуге болады, сонда мына теңдеу алынады:

$$m_{N1} \cdot \varphi_{N1} = m_H - \varphi_1 - \varphi_2 - \dots - \varphi_{N1}, \quad (21.72)$$

Толтырманың кеуектілігі m_{N1} гранулометриялық құрамына қарай мынаған тең болады:

$$m_{N1} = \frac{m_H}{\varphi_{N1}} - \frac{\sum_{i=1}^{N1} \varphi_i}{\varphi_{N1}}, \quad (21.73)$$

Толтырманың кеуектілігі (21.71) және (21.73) формуладан көрінетіндей, бір жағдайларда әрбір фракцияның оның ауданына қатысты көлем үлесін, екінші жағдайда әрбір фракция үйіндісінің барлық ауданына қатысты көлемін құрайды. Сондай-ақ, екі формуланың да бірінші бөлігі бірдей, сондықтан:

$$\sum_{i=1}^{N_1} \varphi'_i = \frac{\sum_{i=1}^{N_1} \varphi_i}{\varphi_{N_1}} \quad (21.74)$$

Осылайша, толтырма кеуектілігінің үйіндінің ірі фракцияларына тәуелділігі алынды. Сондай-ақ, (21.71) және (21.73) формулалардың кез келген қалыптағы кесектерден тұратын байланыссыз ортаның кез келген орамына сәйкес келетіні анықталды.

(21.71) және (21.73) формулаларды талдаудан, оң жақ бөліктің екінші мүшесінің кейбір мәндерінде толтырманың кеуектілігі теріс мәнге ие болуы мүмкін екенін көруге болады. Осыдан, толтырманың орамының тығыздығы сілемдегі тау жыныстарының тығыздығынан үлкен немесе тау жыныстары зор кеуектілікке және жарықшақтыққа ие екені анықталды.

Теңдеулердің екінші мүшесінің шамасына қарай, барлық басқа жағдайларда біртектілік байланыссыз орта алынады. Яғни, алынған формулалар кіші кеуектілікке және жарықшақтыққа ие тау жыныстары сілемін бұзу нәтижесінде пайда болған үйінділер үшін жарамды болып табылады. Ал болмаған жағдайларда сілеміндегі тау-кен жыныстарының жарықшақтығы мен кеуектілігін (21.71) және (21.73) формулаларды қолданғанда ескеру қажет.

(21.71) және (21.73) формулалардан алынған қорытындылар Колмогоровтың логарифмдік нормаль заңының статистикасында сипатталған көпфакторлы үдеріске сәйкес келеді.

Бұл формулалар тек толтырманың кеуектілігін ғана емес, сондай-ақ кеуектіліктің және жарықшақтықтың аз мәніндегі тау-кен сілемдері үшін тау-кен массасы үйіндісінің кеуектілігін анықтауға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, (21.71) теңдеуден алынған үйіндінің кеуектілігі мына түрде беріледі:

$$m_H = m_{N_1} \cdot \varphi_{N_1} + \varphi_{N_1} \sum_{i=1}^{N_1} \varphi_i' \quad (21.75)$$

ал (21.75) формуладан:

$$m_H = m_{N_1} \cdot \varphi_{N_1} + \sum_{i=1}^{N_1} \varphi_i \quad (21.76)$$

(21.74) және (21.75) формулаларда бірінші мүшенің шамасына қарай тау-кен массасы үйіндісі ұсақ кеуекті байланыссыз орта болып табылады, яғни үйіндінің ұсақ кеуекті екенін көрсетеді. мәні қаншалықты көп болса, соншалықты орта ұсақ кеуекті болып табылады. Яғни, шамасын үйіндінің ұсақ кеуектілігінің көрсеткіші ретінде қарастырамыз.

Гранулометриялық құрамы әртүрлі болған кезде үйіндінің кеуектілігі бірдей болып, толтырманың кеуектілігі әртүрлілігімен ерекшеленеді. Бұл қаңқаның бос жерлері толтырмамен толық толмағанын білдіреді. $m_{N_1} \varphi_{N_1}$ шамасының кейбір мәндерінде үйіндідегі толтырма үлесі, оның қаңқасының үлесінен көп болуы мүмкін. Бұл жағдайда үйінді кеуектілігі толтырманың кеуектілігімен анықталады.

Осылайша (21.74) және (21.75) формулалар үйіндінің құрылу және ондағы кеуектер мен кесектердің бөлу механизмінен тәуелсіз оның кеуектілігін анықтауға мүмкіндік береді.

Үйіндінің салыстырмалы ылғалдылығын анықтайтын кезде (21.74) және (21.75) формулалардың бірінші бөлігі өте маңызды.

Жүргізілген зерттеулердің нәтижесі тау массасы үйіндісі біртекті кеуектілікті байланыссыз орта екенін көрсетеді.

(21.74) және (21.75) формулалар тау-кен массасы үйіндісінің тығыз орамын сипаттайды. Бұл факторлар үйінді көлеміндегі кесектердің кез келген бөліністерінде қолданылады, өйткені формулаларда үйіндідегі орнына қарамастан әрбір фракцияның көлемдік үлесі бар. Гранулометриялық құрамы бірдей кесектер қалпына қарай өте тығыз және онша тығыз емес орта құрайды, ол да (21.74) және (21.75) формулаларға әсер етеді. Сондай-ақ, (21.74) және (21.75) формулалар зертханалық зерттеулер үшін белгілі бір фракцияларды таңдап, негіздеуге мүмкіндік береді. Үйінді туралы басты мәліметті

таңдалған фракциялар береді. Ал таңдалған фракциялардың кеуектілігі (21.74) және (21.75) формулалармен анықталады, ал гранулометриялық талдау кезінде тау массасы үйіндісін қопсытатын коэффициентпен анықталатын (21.34) формуланы қанағаттандыру керек.

Егер толтырманың кеуектілігі тау-кен массасы кеуектілігінен кіші болса, онда толтырманың таңдалған N_1 фракциясынан бір немесе бірнеше ең ірі фракцияларды алып тастап, ол (21.34) теңдікті қанағаттандырғанға дейін толтырманың кеуектілігі анықталады.

Толтырманың кеуектілігі тау-кен массасы үйінді қаңқасының кеуектілігінен жоғары болса, алдын ала бөлініп алынған толтырмаға бірнеше ірі фракция қосып, ол (21.34) теңдікті қанағаттандырғанға дейін кеуектілікті анықтау керек, яғни кейбір фракциялардың жалпы кеуектілігі үйінді кеуектілігіне тең немесе соның шамасына жақын болады, бұл оларды зертханалық жұмыстар үшін таңдаудың негізі болып табылады.

Барлық кемшіліктерді жою үшін тау массасы үйіндісін зерттеменің физикалық нысаны ретінде қарастыратын бірыңғай әдістеме болу керек. Мұндай әдістемеге үйіндіні біртекті кеуекті байланыссыз орта ретінде қарастыру жатады.

Гранулометриялық құрамы әртүрлі болған кезде үйіндінің кеуектілігі бірдей болып, толтырманың кеуектілігі әртүрлілігімен ерекшелінеді. Бұл қаңқаның бос жерлері толтырмамен толық толмағанын білдіреді. m_{NI} φ_{NI} шамасының кейбір мәндерінде үйіндідегі толтырма үлесі, оның қаңқасының үлесінен көп болуы мүмкін. Бұл жағдайда үйінді кеуектілігі толтырманың кеуектілігімен анықталады.

Жүргізілген зерттеулердің нәтижесі тау массасы үйіндісі біртекті кеуектілікті байланыссыз орта екенін көрсетеді.

Толтырманың кеуектілігі тау массасы үйіндісінің қаңқасының кеуектілігінен жоғары болса, алдын ала бөлініп алынған толтырмаға бірнеше ірі фракция қосып, ол (21.34) теңдікті қанағаттандырғанға дейін кеуектілікті анықтау керек, яғни кейбір фракциялардың жалпы кеуектілігі үйінді кеуектілігіне тең немесе соның шамасына жақын болады, бұл оларды зертханалық жұмыстар үшін таңдаудың негізі болып табылады.

21.7. Карьерлердің тау-кен массасы үйіндісінің гранулометриялық құрамы

Тау-кен массасы үйіндісін ылғалдандыратын сұйықтықтың меншікті шығынын (21.33) формула бойынша анықтау келесі параметрлерді қажет етеді: кеуектілік (m_n), салыстырмалы ылғалдылық (φ_0), максимал молекулярлы ылғалдылық (W_m), табиғи ылғалдылық (W_e) және фракциялардың пайыздық үлесі.

Тау-кен массасы үйіндісінің кеуектілігін m_n (21.75) формулаға сәйкес қосыту коэффициенті бойынша анықтауға болады. Бірақ қалған параметрлерді карьер шарттарында және үйіндінің орналасқан жерінде анықтау өте қиын. Сондықтан үйіндінің гранулометриялық құрамын зерттеп, m_n және φ_0 параметрлерін анықтауға арналған зертханалық зерттеулер үшін сәйкес фракцияларды бөлу қажет.

Сызықтық әдіспен анықталған жарылған тау массасы үйіндісінің гранулометриялық құрамы А қосымшасында келтірілген. Әртүрлі тау-кен жыныстарынан құралған көптеген үйінділер үшін 0-0,20 м фракция шығыны 50% және одан көп болатыны А қосымшасындағы кестеден көрінеді. Гранулометриялық құрамның зерттеулері Саяқ-1 және Тастау карьерлерінде 4 жыл бойына жылдың жаз мезгілінде жүргізілді. Кертпештердің сілемелерін қирату үшін аммиакты-селитралы АС-4-В, АС-8, аммоний бЖВ және т.б. жарылғыш заттар қолданылды.

Сонымен қатар, кертпештегі зарядтың орналасу параметрлері мен жару шарттары өзгермеген. Негізінен гранулометриялық құрамды зерттеу үшін Саяқ кенорнында жиі кездесетін тау-кен жыныстарының мынадай блоктары алынды: туфтықұмтас (С-3), диопорфирит (С-2), мүйізтасты құмтас (С-1), массивті әктас (С-9), гранодифрит (С-6), актинолит скарн (С-5) және кенделген скарн (С-8). Тау-кен жыныстарының белгілену индексін жұмыстың авторлары енгізген. Қолданыстағы фракцияға бөлу әдісі негізінен бульдозерлі жұмыстар, тиеу және т.с.с. әртүрлі технологиялық үдерістерді қарастыруға негізделген. Алайда әртүрлі физикалық үдерістер жүретін нысан ретінде толық мағлұмат алу үшін үйіндіге тереңдетілген түрде гранулометриялық талдау жасап, оның ішінде

ең кіші фракцияны талдау жұмыстарын жүргізу керек. Мұндай фракцияға өлшемі 0-0,20 м фракция жатады. Өлшемі 0-0,20 м фракциялардың гранулометриялық құрамын анықтау бойынша зерттеулер нәтижелері кестеде келтірілген (Б қосымшасы).

Өлшемі 0-0,20 м фракциялар салмақтық әдіспен классификацияланды, яғни өлшемі 10 мм-ге дейінгі фракциялар тиісінше диаметрі 10 мм дейінгі елеуіштер көмегімен зертханалық шарттарда, ал өлшемі 10 мм-ден үлкен фракциялар Саяқ кенішінің шарттарында уатылған блоктарда диаметрі 10,0-12,5 мм; 12,5-15,0 мм; 15,0-17,5 мм ... 100-100 елеуіштерде қолмен еленді. Өлшемі 100 мм-ден үлкен бөлшектер әрқайсысы әр бөлек өлшеніп, келесі кластарға бөлінді: 0,10-0,15 м; 0,15-0,20. Гранулометриялық құрамға жүргізілген талдаулардың нәтижелері оның ең көп ауытқу амплитудасы 4,6-7,3% сәйкес, ал көршілес интервалдардың пайыздық құрамы 0,1-5,8% шамасына ерекшеленетінін көрсетеді. Талдаудың нәтижелері бойынша үйінді түйірлерінің сұрыпталуы нашар, сондықтан орамасы біршама тығыз деген қорытынды жасауға болады. Алайда жүргізілген талдау мен оған сәйкес қорытынды үйіндінің физика-механикалық және физика-химиялық көрсеткіштерін анықтайтын зертханалық зерттеулер үшін арнайы бір фракция топтарын бөлуге мүмкіндік бермейді.

Үйіндінің қопсыту коэффициентін Саяқ кенішінің маркшейдерлік бөлім қызметкерлері тік және фотометриялық әдіспен анықтады. (21.31) формуламен анықталған K_p және кеуектілік m_n мәні В қосымшасында келтірілген.

Бұл кезде φ_{N1} шамасы үйіндінің көлеміне қатысты салыстырмалы бірлікте, сондай-ақ φ_N мәні де салыстырмалы бірлікте, бірақ 0-0,20 м фракция бөлігі ретінде (8.60) формулаға қойылады. Келтірілген формула бойынша жүргізілген есептеулер В қосымшасында тау-кен жыныстары (С-1), (С-2), (С-3) және қопсыту коэффициенті $K_p=1,36; 1,38$ үйінділер үшін фракция саны 8-ге тең және берілген m_8 фракциясының кеуектілігі жарылған тау-кен массасы үйіндісінің кеуектілігіне тең екенін көрсетеді. А және В қосымшасында көрсетілгендей, 0-0,20 фракцияларға және үйіндіге жатқызылған 0-17,5 мм фракциялардың пайыздық құрамы сәйкесінше 60,1%; 59,7%; 63,0%; 60,1% және 30%; 32%; 32%; 30%; 31%; 31% тең.

Кестенің (В қосымшасы) 3-тен 5,8,11 және 12 жолдарын $i = 8$ деп қойып, (21.71) формуламен есептегенде 0-17,5 мм фракциялардың кеуектілігі үйінді кеуектілігінен біршама төмен болды, ал фракцияның 0-0,15 мм сәйкес келетін $i = 7$ мәнінде оның кеуектілігі үйіндінің кеуектілігіне жақын болды. Сондықтан бұл үйінділерді зертханаларда зерттегенде 0-0,15 мм фракцияларды алу керек. Сонымен қатар, үйіндіге жатқызылған 0-0,15 мм және 0-0,20 м фракцияларының пайыздық құрамы сәйкесінше 31-32% және 51,2%-56% құрады.

Актинолитгранатты скарналы (С-5) үйінділер үшін қопсыту коэффициентінің $K_p=1,40; 1,34$ мәндерінде 0-17,5 мм фракциялар үшін $i=8$ кезде, оның кеуектілігі үйінді кеуектілігінен көп үлкен болды. Олар үшін толтырма ретінде фракция саны $i = 30-20$ мм фракцияларды бөліп, ал $K_p=1,34$ болатын үйінділер үшін толтырма ретінде $i=10$ кездегі 0-30 мм фракцияларды қарастырған жөн.

Жүргізілген талдау зертханалық зерттеулерге алынатын фракцияларды таңдау үйіндінің гранулометриялық құрамы мен қопсыту коэффициентіне тәуелді екенін көрсетеді.

Жарылған тау-кен массасы үйіндісінің пайыздық құрамы 0-0,20 м және 55%-дан жоғары фракцияларының қопсыту коэффициенті $K_p=1,32; 1,34$ кезінде оның толтырмасы ретінде қарастырылған фракциялардың санының азаюы байқалады.

Толтырма кеуектілігінің ұқсас есептеуін (21.73) формуланы қолданып жасауға болады, бірақ бұл үшін φ_1 шамасын (8.73) формуламен тау-кен массасы үйіндісіне қатысты қайта есептеу керек. Алайда кеуектілікті есептеудің нәтижелері шамамен дәл сондай болады, себебі (21.71) және (21.73) формулалар өзара байланысты болып табылады.

Үйіндінің кеуектілігі мен оның толтырмасының кейбір мәндері сәйкес келгенмен (21.71) формуламен жасалған есептеулер, оның үйіндінің кеуектілігін нақты есептеуге жеткілікті түрде негіз бола алмайды. (21.71) және (21.73) формулалар түйіршіктердің қалпын ескермейді, сондықтан үйіндінің физика-механикалық және физика-химиялық параметрлерін анықтайтын зертханалық зерттеулерге фракция таңдайтын принцип болып табылады.

21.8. Уатылған тау-кен массасы үйіндісінің физикалық-химиялық параметрлерін анықтаудың нәтижелері

Тау-кен массасы үйіндісінің физикалық-химиялық параметрлеріне максимум молекулалық ылғалсығымдылық, салыстырмалы және табиғи ылғалдылық жатады. Тау-кен жыныстарының ылғалдылығын көрсететін шамалар пайызбен немесе бірлік үлеспен сипатталады. Ылғалдылық тау-кен жыныстарының құрылымы мен минералдық құрамына, сондай-ақ ондағы судың күйіне тәуелді.

Тау-кен жыныстарының және топырақтың кеуектерінде табиғи түрде жиналған судың мөлшерінің бәрін табиғи ылғалдылық деп атайды. Грунттық судың қалыпты деңгейінен төмен орналасқан, қанығу аймағындағы тау жыныстарының табиғи ылғалдылығын шартты түрде тұрақты деп есептеуге болады, ал аэрация аймағында, әсіресе топырақ қабатында табиғи ылғалдылық қоршаған ауаның температурасы мен ылғалдылығының өзгеруіне байланысты, ол тәуелді және мезгілдік ауытқушылықтарға ие.

Тау-кен жыныстарының салыстырмалы ылғалдылығы кеуектегі су мөлшерінің пайызбен сипатталған кеуек көлеміне қатынасымен анықталады. Осылайша, біртекті кеуектілікті байланысты ортаны құрайтын тау массасы үйіндісін сумен ылғалдандырғанда салыстырмалы ылғалдылық және максимум молекулалық ылғалсығымдылыққа сәйкес келетін судың күйі орын алады.

Салыстырмалы, табиғи ылғалдылық және максимум ылғалсығымдылық белгілі әдіспен анықталады. Тәжірибе жүзінде анықталған салыстырмалы ылғалдылықтың шамасы бойынша және (21.45) формуланы қолданып, Саяқ кенорнының әртүрлі тау-кен жыныстарының сумен суланғыштығы есептелді. Сонымен қатар, карьерлік судың беттік керілуі де тәжірибелік жолмен Ребиндер әдісімен анықталды. Берілген (21.12) формуладағы $M_{ж}$ шамасын анықтау үшін тәжірибелік сынаққа бөлінген фракциялардан өлшемі 0-1 мм фракциялар бөлініп алынды, бұл осы бөлшектердің максимум молекулалық ылғалсығымдылығының әсерін жоюға мүмкіндік береді. Ал қалған фракция ұзындығы бағананың ұзындығымен бірдей шланг кигізілген құйғынның көмегімен бағанаға құйылды. Ба-

ғана толтырылып болғаннан кейін, тау-кен жынысына су құйылады. Құрғақ және ылғал сынамаларды өлшеп, әртүрлі тау жыныстары үшін судың салмағы $M_{ж}$ анықталады. Капиллярлы көтерілудің биіктігі барлық тау жыныстары үшін $1 \cdot 10 \text{ м}^3$ деп қабылданады, себебі капиллярлық құбылысының шекті радиусында оның шамасын дәл анықтау мүмкін емес.

Тау-кен массасы үйіндісінің физикалық-механикалық параметрлерінің алынған нәтижелері әртүрлі сулы БАЗ ерітінділердің меншікті шығынын анықтау үшін қолданылады. Алайда тау-кен массасы үйіндісінің физикалық-механикалық параметрлері $\varepsilon = 7;8\%$ салыстырмалы қателікпен анықталады (Д қосымшасы).

Алынған мәліметтердің талдауы (Ж қосымшасы) Саяқ кенорнының көптеген тау-кен жыныстары үшін максимал молекулярлы ылғалсыйымдылықпен салыстырмалы ылғалсыйымдылықтың айырмашылығы бірнеше пайызды құрайтынын көрсетті. Осы шамалардың айырмашылығы айқын байқалатын тау-кен жыныстарына кенделген скарндар жатады, олар сәйкес $25,7\%$ және $65,1\%$ құрайды.

Саяқ кенорны тау-кен жыныстарының суланғыштығы кестеден (Ж қосымшасы) көрінетіндей сезімтал параметрге жатады. Себебі, екінші санның бір бірлікке өзгеруі шеткі бұрыштың $0,5^\circ$ өзгеруіне алып келеді. Сондықтан суланғыштықты анықтаған кезде оның сандық мәні үтірден кейінгі екі бірлікке дөңгелектелді. Қалған сандар сулану бұрышының аздап өзгеруіне себеп болады, яғни секундпен өзгеруіне. Бірақ (21.75) формуланың параметрлерін анықтайтын тәжірибе дәлдігі екінші саннан артық санға дөңгелектеуді қажет етпейді, бұл қойылған мақсатты толығымен қанағаттандырады.

Тау-кен жыныстарының салыстырмалы ылғалдылығы $0-100\%$ аралығында өзгергенде суланғыштық $0-1$ аралығында, ал шеткі бұрыш $0,35-0,62^\circ$ -ден 0 -ге дейінгі аралықта өзгеруі керек. Саяқ кенорны тау-кен жыныстарының сумен суланғыштығы өте жоғары (Ж қосымшасы).

Егер үйіндінің барлық көлемі ылғалданатын болса, онда максималды молекулярлы ылғалсыйымдылықтың, салыстырмалы ылғалдылықтың және сумен суланғыштықтың бар мәндерінде, әртүрлі технологиялық үдерістер кезінде, кіші дисперсті бөлшектердің

ауаға ұшуы болмау керек. Бірақ (21.35) формуладан көрінетіндей, салыстырмалы ылғалдылық ұлғайған сайын, судың меншікті шығыны да ұлғаяды. Меншікті шығынды азайту үшін салыстырмалы ылғалдылықты азайту керек, ол (21.75) формулаға сәйкес тау-кен жыныстарының суланғыштығы мен беттік керілудің шамасын төмендеткенде азаяды.

Суға 0,01% ерітінді алатындай әртүрлі сулағыш қоспалар қосқанда оның беттік керілуі өзгереді (И қосымшасы).

Тау-кен жыныстарының ерітінділермен суланғыштығы мына формуламен анықталады:

$$\cos\theta_p = \sqrt{\frac{\varphi_{0p}}{\varphi_{0B}} \frac{\sigma_B}{\sigma_p}} \cos\theta_B, \quad (21.77)$$

мұнда, $\cos\theta_p$ – ерітіндімен ерігіштік; σ_B – судың беттік керілуі, Н/м; σ_p – ерітіндінің беттік керілуі, Н/м; φ_{0p} – Саяқ кенорнының тиісті тау-кен жынысынан құралған байланыссыз ортаны ерітіндімен ылғалдандырғандағы салыстырмалы ылғалдылық; φ_{0B} – Саяқ кенорнының тиісті тау-кен жынысынан құралған байланыссыз ортаны сумен ылғалдандырғандағы салыстырмалы ылғалдылық; $\cos\theta_B$ – тау-кен жыныстарының сумен суланғыштығы.

Тәжірибелік мәліметтердің талдауы 0,01% тринатрийфосфатының беттік керілуі судың беттік керілуінен 1,32 есе кіші және 0,01%-дық полиглецирид, цикламид, АБЗ, универсин және ДБ ерітінділерінің беттік керілуі тиісінше судың беттік керілуінен 1,30; 1,30; 1,25; 1,22 және 1,10 есе кіші.

Әртүрлі тау-кен жыныстарын тринатрийфосфатының 0,0005% ерітіндісімен суарғанда максимал молекулярлы ылғалсыйымдылық суға қарағанда 1,9-3,1 есе төмендейді. Ал Саяқ кенорнының тау-кен жыныстарына арналған полиглецирид, цикламид, АБЗ, универсин және ДБ ерітінділері үшін тиісінше 1,8-3 есе; 1,7-2,8 есе; 1,2-2,3 есе; 1,5-3 есе және 1,2-2,1 есе төмендейді. Мүйізтасты, құмтасты тау-кен массаларын тринатрийфосфат, полиглецирид, цикламид, АБЗ, универсин және ДБ 0,0005% ерітінділерімен ылғалдандырғанда салыстырмалы ылғалдылық сәйкесінше 1,6; 1,6; 1,4; 1,2; 1,4 және

1,1 есе аз. Дәл сондай ерітінділер үшін Саяқ кенішінің диорит-порфиритті (С-2) тау-кен массасының салыстырмалы ылғалдылығы сумен салыстырғанда, тиісінше 1,8; 1,8; 1,7; 1,3; 1,5 және 1,3 есе аз; ал туфтықұмтас (С-3) үшін 2; 1,9; 1,8; 1,4; 1,7 және 1,4 есе; актинолит-гранатты скарндар (С-5) үшін 2; 1,9; 1,8; 1,5; 1,7 және 1,4 есе; гранодиорит (С-6) үшін 1,9; 1,9; 1,8; 1,5; 1,7 және 1,4 есе аз; кенделген скарндар (С-8) үшін 2; 1,9; 2; 1,7; 1,9 және 1,6 есе аз; массивті әктас (С-9) үшін 2; 1,9; 1,9; 1,8; 2 және 1,7 есе аз. Тринатрийфосфат, полиглецирид, цикламид және АБЗ ерітінділерінің беттік керілуі судың беттік керілуінен біраз төмен, бірақ олардың (С-1) және (С-2) тау жыныстарына қатысты салыстырмалы ылғалдылығы басқа (С-3), (С-5), (С-6), (С-8) және (С-9) тау-кен жыныстарының салыстырмалы ылғалдылығына қатысты басқа ерітінділер үшін 1,2 есе жоғары. Осыдан салыстырмалы ылғалдылық тек беттік керілумен ғана емес, сондай-ақ тау массасының кеуектілігіне, тау-кен жыныстарының тығыздығы мен олардың сумен сулануына тәуелді деп қорытынды жасалады. Саяқ кенорнының барлық тау-кен жыныстарының суланушылығы беттік керілудің ұлғаюымен өседі.

Сумен ылғалдандырса да, БАЗ және сулаушы қоспалардың 0,0005% сулы ерітінділерімен ылғалдандырса да (21.61) немесе (21.68) шарт орындалады. Бұл байланыссыз ортаның үлкен кеуектілікке ие болатындығымен түсіндіріледі (И қосымшасы). Байланыссыз ортаның кеуектілігі 0,2-ден кіші және 0-1 мм фракциялардың пайыздық құрамы 5%-дан көп болғанда, (21.39) немесе (21.46) шарты және (21.45) формуланы пайдаланып, беттік керілуі мен суланғыштығы сәйкес сұйықтықты таңдауға немесе ылғалдандыру әдісін жасауға болады.

Буланудың әсерінен уақыт өте салыстырмалы ылғалдылықтың өзгеруін анықтау үшін зертханалық зерттеулер жүргізілді. Зерттеулер жылдың жаз мезгілінде ауа температурасы 25-30°C аралығында және ылғалдылық 30-35% аралығында өзгеріп отырғанда жасалды.

Алғашқы екі сағаттағы салыстырмалы ылғалдылықтың төмендеуі кеңістіктен буланудың интенсивті процестерімен түсіндіріледі, ал одан кейінгі салыстырмалы ылғалдылықтың төмендеуі, кеуектерден булану үдерісі сұйықтық пен оның буының шектелген кеңістіктегі

динамикалық тепе-теңдігімен шартталатынымен түсіндіріледі. Бес тәуліктің ішінде су үшін де, сондай-ақ тринатрийфосфаттың 0,05%-дық ерітіндісі үшін де мүйізтасты құмтастың (С-1) салыстырмалы ылғалдылығы кіші дисперсті бөлшектерді байланыстыру үшін жеткілікті болып тұрды. Салыстырмалы ылғалдылықтың күрт төмендеп кетуі кеуектерден буланудың өте интенсивті жүруіне алып келеді. Зертханалық зерттеулер мен (21.71) формула бойынша жүргізілген есептеулер тау массасы үйіндісінің әртүрлі ерітінділермен өзара әрекеттескендегі барлық физика-химиялық параметрлерін анықтауға мүмкіндік берді. Алайда қандай да бір ерітіндіні бөлу үшін су және БАЗ-бен сулаушы қоспалардың сулы ерітінділерінің меншікті шығынын есептеу керек.

Су мен оның сулаушы қоспалы ерітінділерінің меншікті шығыны (21.31) формула бойынша есептеледі. Әртүрлі тау-кен жыныстары үшін ρ_n , m және φ_1 шамаларының сәйкес мәндерін (21.31) формулаға кестеден (И қосымшасы) алады, ал сумен немесе беттік-активті заттардың 0,01%-дық ерітіндісімен ылғалдандырған кезде W_m , W_e және φ_0 шамаларының мәнін Ж қосымшасы және И қосымшасындағы арнайы кестелерден алады.

Меншікті шығынды есептеу нәтижелері, мүйізтасты құмтас (С-1), туфтықұмтас (С-3), актинолит-гранатты скарн (С-5) және Саяк гранодиориті (С-6) үшін меншікті шығын оларды тринатрийфосфатының 0,01% ерітіндісімен ылғалдандырғанда минимал мәнге жететінін көрсетті (И қосымшасы). Сондай-ақ, диорит-порфирит (С-2), кенделген скарн (С-8) және массивті әктас (С-9) оларды сәйкесінше полиглециридтің, цикламидтің, универсиннің 0,01%-дық ерітіндісімен ылғалдандырғанда минимал меншікті шығынға ие болады. Сонымен қатар, меншікті шығынның минимал мәні тау-кен жыныстары кеуектілігінің, тығыздығының және 0-1 мм фракциялардың максимал молекулярлы ылғалсыйымдылығының әртүрлі мәндерінде салыстырмалы ылғалдылық шамасының минимал мәніне сәйкес келеді.

Тау-кен жыныстарының кеуектілігі мен тығыздығының мәндері бірдей, ал салыстырмалы ылғалдылықтың мәндері әртүрлі болғанда минимал меншікті шығын максимал молекулярлы ылғал-

сыйымдылықтың минимал мәніне сәйкес келеді. Мысалы, мүйізтасты құмтас (С-1) үшін тау-кен массасының кеуектілігі $m = 0,26$ және тау жыныстарының тығыздығы $\rho_n = 3060 \text{ кг/м}^3$ болған кезде 0-1 мм фракциялардың максимал молекулярлы ылғалсыйымдылығы $W_{\text{мр}} = 8,9$ тең, ал туфтықұмтас (С-3) үшін тау-кен массасының кеуектілігі $m = 0,28$ және тау-кен жыныстарының тығыздығы $\rho_n = 2700 \text{ кг/м}^3$ болған кезде 0-1 мм фракциялардың максимал молекулярлы ылғалсыйымдылығы $W_{\text{мр}} = 6,8$ тең, актинолит-гранатты скарндар (С-5) үшін $m = 0,25$ және $\rho_n = 2900 \text{ кг/м}^3$ болған кезде $W_{\text{мр}} = 6,5$ және Саяқ гранодиориті (С-6) үшін $m = 0,28$ және $\rho_n = 2730 \text{ кг/м}^3$ болған кезде $W_{\text{мр}} = 6,2$ тең.

Ерітінділердің меншікті шығынын анықтау тау-кен массасы үйіндісінің көлеміндегі шаң байланыстырудың қажетті шарты болып табылады. Тау-кен массасы үйіндісінің барлық көлемін ылғалдандыру үшін оның бар көлемінде сүзу жүретіндей жағдай жасау керек.

Тау-кен массасы үйіндісін ылғалдандыру үшін қажетті су мен ерітінділердің меншікті шығынын есептеу ашық кенорнына тасымалданатын сулаушы ерітінділердің көлемін анықтау үшін қажет. Меншікті шығынды дұрыс анықтау карьерлерде еңбек қорғау шараларын ұйымдастыру кезінде экономикалық шығындарды дұрыс есептеуге көмек болады.

§22. Карьер жағдайында тау-кен үйіндісін ылғалдандыру

22.1. Тау-кен массасы үйіндісін ылғалдандыру параметрлерін тәжірибе жүзінде анықтау

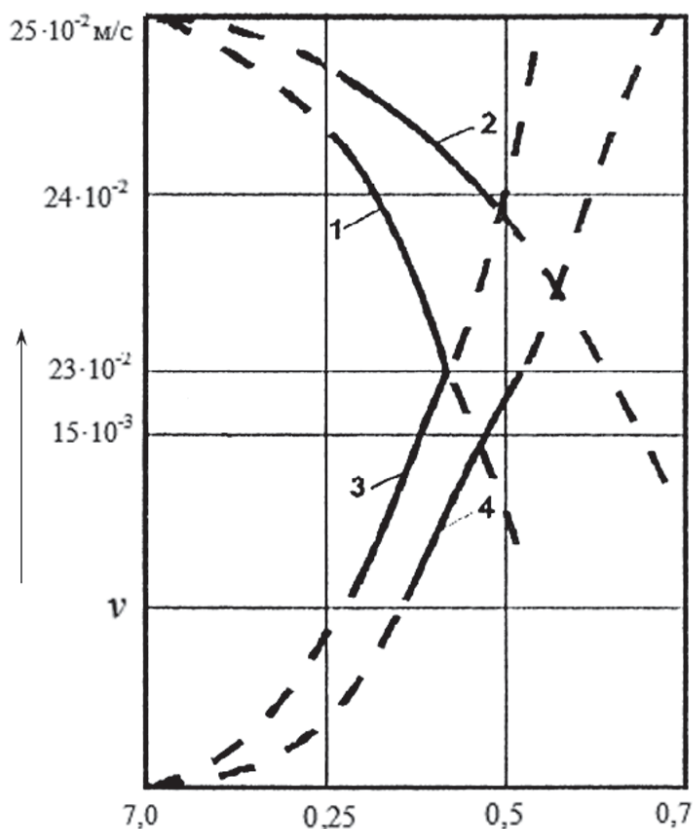
Тау-кен массасы үйіндісін ылғалдандыру параметрлеріне мына шамалар жатады: сүзудің бастапқы жылдамдығы v_0 , телімді суару уақыты t_1 , суару факелінің үйінді кеңістігіндегі ауданы S_ϕ , үйінді телімі кеңістігінің суарылатын ауданы S_1 , факельдің кіші диаметрі d_ϕ , гидромонитордың суды шығындауы Q .

Жарылған тау-кен массасын ылғалдандырған кезде суару ауданы мен гидромонитор ағынының параметрлері маңызды рөл атқарады.

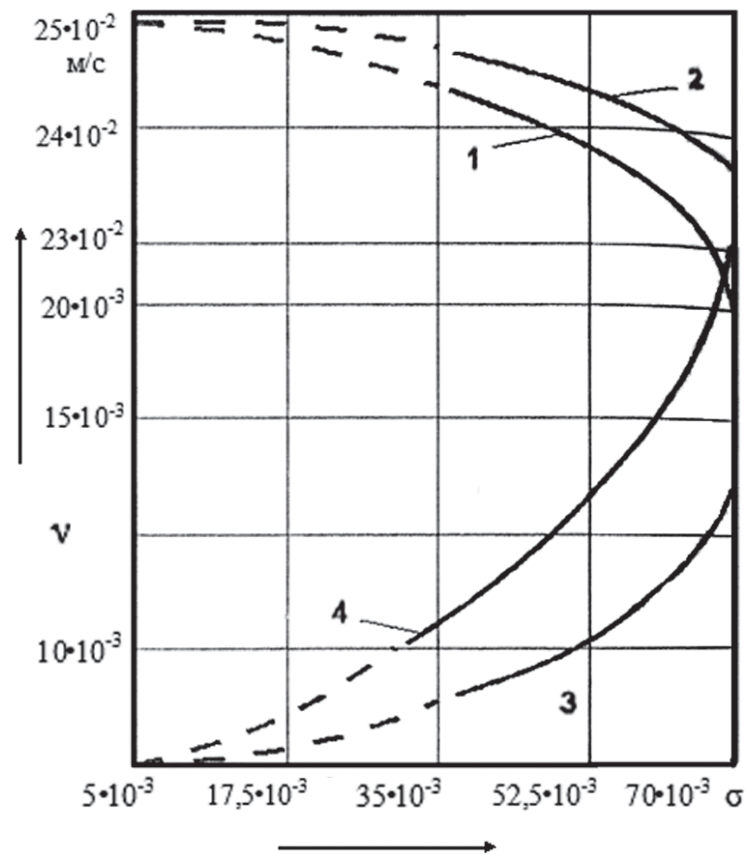
Гидромониторлы ағындарды тау-кен жұмыстарында, өрт сөндіру ісінде, ауылшаруашылық өнімдерін суарғанда, қала көшелерінің жолдарын суарғанда және басқа да жерлерде кеңінен қолданады. Осы жұмыста келтірілген формулалар гидромониторлы ағындардың параметрлерін анықтауға мүмкіндік береді. Алайда бұл формулалардың барлығы нақты бір шарттарда ғана қолданыла алады. Сонымен қатар, ауа кедергісін және суарылатын кеңістік пен ағынның өзара әрекеттесуін ескеретін гидромониторлы ағынның параметрлерін анықтау үшін әмбебап формула да жоқ.

Гидромониторлы ағындар мақсатына қарай негізінен екіге бөлінеді. Біріншісі – максимал динамикалық соққы беру үшін, ал екіншісі – кеңістікті сулау үшін. Алайда, карьердегі өндіру құралдарының қуаты артқан сайын, үйінді көлемі де өседі. Бұл гидромониторларға деген қажеттілікті туғызады. Қолданыстағы гидромониторлық ағындардың параметрлерін есептеу әдістері оның азғантай бөлшегі үшін қолданылады. Сонымен бірге, ылғалдандыру үдерісі үшін ағынның үйінді бетімен жанасатын соңғы бөлігі көп қызығушылық тудырады. Сондықтан кішкене гидромониторлық ағынды есептейтін қолданыстағы әдістеме ағынның соңғы бөлігін есептеу үшін қолданыла алмайды.

Саяқ карьеріндегі төрт жылдық бақылау нәтижелері, ондағы тау массасы үйіндісі негізінен трапеция түрінде болатынын көрсетті. Сонымен қатар, көптеген үйінділер үшін келесі өлшемдер көп кездесті: беттік аудан $S=126 \text{ м}^2$, $h_n=18,5-19 \text{ м}$ және ортаңғы бөліктің ені – 31,5-32 м. УМП-1 қондырғысы ағынының белгілі мәндерінде (Б қосымшасы) мыналарға тең болып шықты: $S_\phi=0,118 \text{ м}^2$, $S_1=14 \text{ м}^2$, $d_\phi=0,33 \text{ м}$, $Q=0,03 \text{ м}^3/\text{с}$, $t_1=180 \text{ с}$. Сондай-ақ, су мен тринатрийфосфаттың 0,0005%-дық ерітіндісінің сүзу жылдамдығы бағаналарды еркін толтыру әдісімен анықталды, сонымен қатар тау-кен массасының суланғыштығына сүзудің және сіңіру жылдамдығының тәуелділігі анықталды, ол 22.1-суретте және 22.2-суретте Саяқ кенорнының диорит-порфириті (С-2) үшін келтірілген.



22.1-сурет. Тау жыныстарының суланғыштығынан сұйықтықтың сіңіру жылдамдығы мен инфильтрациясының өзгеруі:
 1, 2 – сәйкесінше су мен тринатрийфосфаттың 0,01%-дық ерітіндісі үшін сіңіру жылдамдығы; 3, 4 – сәйкесінше су мен тринатрийфосфаттың 0,01%-дық ерітіндісі үшін инфильтрация жылдамдығы



22.2-сурет. Сіңіру жылдамдығы мен инфильтрацияның сұйықтықтың беттік керілуінің әсерінен өзгеруі:

1, 2 – сәйкесінше суланғыштық 0,35 және 0,50 кезіндегі сіңіру жылдамдығы; 3, 4 – сәйкесінше суланғыштық 0,35 және 0,50 кезіндегі инфильтрация жылдамдығы

Суланғыштық төмендеген сайын сұйықтықты сіңіру жылдамдығы артады, ал сүзу жылдамдығы суланғыштық артқан сайын өседі. Осыдан, сұйықтықтың сіңірілуі, сұйықтықтың шекаралық қабаты түзілуімен жүретін орталар үшін, сүзу осы қабат түзілгеннен кейін жүреді деп қорытынды жасалады. Судың беттік сіңіруін әртүрлі БАЗ қоспалармен төмендету шаралары сіңіру және сұйықты сүзу жылдамдығының өсуіне алып келеді.

Саяқ кенішінің жағдайында жүргізілген өндірістік тәжірибелік сынаулардың нәтижелерін қарастырайық. Сұйықтықтың меншікті шығынын (21.31) формула бойынша анықтау тәсілін және оған сәйкес параметрлері $t=180$ с, $S_\phi=0,118$ м², $S_l=14$ м², $d_\phi=0,33$ м, $Q=0,03$ м³/с жарылған тау массасы үйіндісін ылғалдандыру әдісін

сынау – Саяқ кенішінің карьерлерінде жүргізілген. Көрсетілген параметрлерге ие және УМП-1 қондырғысымен ылғалдандыру әдісі үйінді бетінде сұйықтықтың артық мөлшерінің болуын жоққа шығарады. Сонымен қатар, үйіндіге ерітіндіні кертпештің жоғары нүктесінен төменгі нүктесіне қарай жібереді.

Уатылған тау-кен массасы үйіндісінің беті шартты түрде ауданы $S_1=14 \text{ м}^2$ бірнеше телімдерге бөлінеді. Ылғалдандыру сызбасы 22.3-суретте келтірілген.

Тау-кен массасының аздаған көлемін ылғалдандыру суды көп шығындайды, себебі су оның кеңістігінен үйінді іргетасына қарай ағады. Сондықтан тау-кен массасының ылғалданатын көлемі экскаватордың бір күндік өнімділігіне сәйкес келіп немесе бірнеше есе одан асып түсуі керек.

Ылғалдандыру суарушы қондырғы УМП-1 көмегімен Саяқ-1 және Тастау карьерлерінің үйінділеріне қатысты бір жақтан жүргізілді. Ылғалданатын үйіндінің көлемі экскаватордың бір күндік өнімділігіне сәйкес анықталады, ол ЭКГ-4 үшін 6-2400 м және ЭКГ-8И үшін 6000 м құрайды.

Тау-кен массасы үйіндісін анықтау тәсілі $t = 180$ с уақыты бойынша басқарылды. Ал, бұрыштық жылдамдық былай анықталды:

$$\omega = \frac{2\pi d_{\phi}}{360^{\circ} t_1}, \quad (22.1)$$

Тринатрийфосфат ерітіндісінің меншікті шығыны $15,9 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{м}^3$ болғанда, ЭКГ-4,6 және ЭКГ-8И экскаваторлық қазба бөлімдерін ылғалдандыратын ерітінді көлемі сәйкесінше 38,2 және $95,4 \text{ м}^3$ құрады, ал оны ылғалдандыруға кеткен уақыт сәйкесінше 1273 с және 3180 с. ЭКГ-4,6 жұмыс істеген қазба бөлімдегі шартты телімдердің саны – 18. Экскаваторлық қазба бөлім ЭКГ-4,6 УМП-1 қондырғысымен екі айдаудан, ал ЭКГ-8И экскаваторы үшін тау-кен массасының көлемі үш айдаумен ылғалданады.

Бірнеше тәуліктің ішінде экскавацияланатын үйінділер көлемі үшін буланудың алдын алатын әдіс сыналды. Оның мәні – тау-кен

массасының үйіндісін бір бөлек әртүрлі ерітінділермен өңдеу болып табылады.

Тринатрийфосфаттың 0,01%-дық ерітіндісін тау-кен массасының үйіндісіне жібермес бұрын, үйінді беті универсинмен өңделеді. Тау-кен массасының үйіндісі тринатрийфосфаттың ерітіндісімен ылғалдандырылғаннан кейін, оның беті концентрациясы 25-30% хлорлы кальций немесе натрий ерітіндісімен өңделеді. Хлорлы кальций ерітіндісі үйінді кеуектерін 0,5 м тереңдікке дейін толтырып тұрады. Гигроскопиялық тұздардың ерітіндісі суқорғағыш қабат түзеді де, үйіндінің бар көлемі бастапқы ылғалдылығын 10-12 тәулік сақтайды. Сонымен қатар, әрбір жағдайда әртүрлі ерітінділер үшін өңдеу тәртібі үйіндіні ылғалдандыруға ұсынылған ылғалдандыру әдісіне сәйкес сақталады.



22.3-сурет. Тау-кен массасы үйіндісін ылғалдандыру әдісі:
1, 2 – тау жыныстарының кесектері; 3 – үстіңгі нүкте;
4 – төменгі нүкте

Салыстырмалы ылғалдылықты анықтау үшін тау-кен массасы үйіндісінен алынған сынамалар, оның көлемінде тығыздығы жоғары орындар кездесетінін және олар үйіндінің 5-7% құрайтынын көрсетті. Бұл үйінділерді тәжірибе жүзінде ылғалдандыру өте қиын. Осыған орай, тау-кен жыныстарының сілемесіндегі кертпештерді ылғалдандыру үшін жаңа тәсіл ұсынылды.

Уатылған массадағы шаң бөлінуді ескерту әдісі шаңсыздандыратын ерітіндіні арнайы ұңғымаларда сақтауға негізделген. Осы мақсатта өлшемі 5,5×5,5 м ұңғымалар бұрғыланды. Соңындағы

ұңғымалар екі бағытта бұрғыланып және олардың ішіне тринатрийфосфат ерітіндісі құйылады. Блокты уату сәтінде пайда болған үйінді қосымша шаңсыздандыратын ерітінді мен тез әсер ететін жарылғыш газдар қысымы есебінен өңделеді. Сонымен қатар, сілеме ойығының төменгі бөлігі сызат арқылы шаңсыздандыратын ерітіндінің кіруі есебінен өңделеді, бұл кертпештің төменгі бөлігінің ылғалдылығының өсуіне алып келеді.

Жару үдерісі кезінде үйіндіні қосымша өңдеу, жоғарыда көрсетілген сызба бойынша (9.3-сурет) өңдеу кезінде тау-кен массасының біркелкі ылғалдануына себеп бола алады.

Шаңсыздандыратын ерітінді алу үшін УМП-1 қондырғысының ыдысына су құюдан бұрын тринатрийфосфаттың 0,15 литрі қосылады, ол құю және тасымалдау кезінде суда еріп кетеді.

Тринатрийфосфат ақ немесе қызғылт, сары түске боялған, суда оңай еритін құрам болып табылады. Ол техникалық қажеттіліктер үшін МСТ 201-76 сай шығарылады. Сулы техникалық тринатрийфосфат құрамында 38,8% P_2O_5 бар ақ кристалл түрінде болады. Тринатрийфосфатты жабық, жылытылатын бөлмелерде қалыпты ыдыстарда он екі ай бойы сақтауға болады. Ол өрт және жарылысқа қауіпсіз, сондай-ақ улы емес.

Меншікті шығынды анықтау тәсілдері мен жарылған тау массасы үйіндісін ылғалдандыру тәсілдерін сынау Тастау карьерінің 427,5 м; 465 м; 450 м; 470 м; 540 м; 555 м деңгей жиектерінде, ал Саяқ-1 карьерінің 465 м; 435 м; 555 м; 436 м; 566 м деңгей жиектерінде жүргізілді.

Тринатрийфосфаттың 0,0005%-дық ерітіндісінің зертханалық шарттарда (21.31) формуламен анықталған меншікті шығынының карьер шарттарындағы соңғы меншікті шығынына сәйкестігі сынамалардың ылғалдылыққа алынуымен анықталды.

Карьер жағдайында алынған сынамалардың салыстырмалы ылғалдылығы, зертханалық шарттарда анықталған тау-кен массасы ылғалдылығына сәйкес келеді. Осыдан меншікті шығын мен ылғалдандыру тәсілін анықтау әдістері тау-кен массасы үйіндісінің көлеміндегі өлшемі 0-1 мм бөлшектерді байланыстыруға мүмкін-

дік береді, сондықтан экскаватор кабинасындағы және экскаваторлық қазба бөлімдегі ауаның шаңдылығын төмендете алады деп қорытынды жасалады.

22.2. Ұсынылған әдістің тиеу-тасымалдау жұмыстары кезіндегі шаңды басудағы тиімділігін бағалау

Уатылған тау-кен массасы үйіндісін ылғалдандыру әдісінің жүзеге асуы тікелей, яғни, ылғалдылықты есептеуге сынама алу әдісімен және жанама яғни, экскаватордың жұмысы кезінде оның кабинасындағы және экскаваторлық қазба бөлімдегі ауа сынамаларын алу арқылы тексеріледі.

Ылғалданған көлемнің тау-кен массасы үйіндісінің көлеміне қатысты салыстырмалы ылғалдылығы арқылы тиімділігін бағалауға болады. Алайда тау-кен массасы үйіндісінің барлық көлемінің ылғалдылығын тексеру тәжірибе жүзінде өте қиын, әрі тиімсіз іс болып табылады. Ылғалдылықты тексеру үшін алынған сынамалар таңдамалы түрде Саяқ кеніші карьерлерінің тау-кен массасы үйіндісінің гранулометриялық құрамын ескере отырып алынады. Таңдамалардың саны $n=32$ тең болды. Ылғалдандыру тиімділігі келесі формуламен анықталады:

$$\eta = \frac{n_1}{n} \cdot 100\%, \quad (22.2)$$

мұнда, η – тау-кен массасы үйіндісінің ылғалдану тиімділігі %, n_1 – үйіндідегі таңдама сынама саны, оның салыстырмалы ылғалдылығы зертханалық шарттарда анықталған салыстырмалы ылғалдылыққа тең.

Ылғалдылықты анықтау үшін алынған сынамалармен қатар, жұмыс аймағы мен экскаватордың кабинасынан ауа сынамалары да шаңдылыққа тексеру үшін алынады. Сондай-ақ, карьердің микроклимат параметрлерін анықтау үшін өлшеулер жүргізіледі, яғни ауа температурасы мен ылғалдылығы, жел жылдамдығы, атмосфералық қысым және фондық шаңдылық өлшенеді.

Үйінді бетіндегі он нүкте бойынша ылғалдылықты анықтау үшін сынамалар алынды, ал қалған 22 сынама тау-кен массасын экскавациялау үдерісі кезінде алынды.

Ылғалдандырудың барлық тәсілі үшін ылғалдылық пен ауа шаңдылығын есептеуге алынған сынамалардың нәтижелері, Саяқ кенішінде сыналған барлық әдістер, фонды есептемегенде, экскаватордың жұмыс аймағындағы шаңдылықты ШРК деңгейіне дейін төмендетуге мүмкіндік береді. Карьердің орналасу аймағындағы фон $2,9 \cdot 10^{-6}$ - $3,4 \cdot 10^{-6}$ кг/м³ шамасына ие және шекті рұқсат етілген концентрация шамасынан асып түседі. Бұл Саяқ кенішінің карьерлері шөлейтті жерде, кейде жел жылдамдығы 20 м/с асып түсетін аймақта орналасқандығымен түсіндіріледі.

Кестеде (Б қосымшасы) келтірілген ылғалдандыру әдістері Саяқ кенішінің шарттарында жүргізілген өндірістік-тәжірибелік сынаулардың нәтижелері сипатталған әдістерге сәйкес келеді. Тау массасы үйіндісін суарудың бірінші әдісінде ылғалдандыру тиімділігі 70%-ға жетеді, ал өңдеудің екінші және үшінші тәсілдерінде тиімділік тиісінше 73% және 75% құрайды. Сонымен қатар, экскаваторлық қазба бөлімнің шаңдылығы ШРК деңгейіне дейін төмендейді.

УМП-1 қондырғысының саны жеткіліксіз болғанда, әрі экскаватор жұмысының мәжбүрлі тоқтап қалған кезінде алдын ала ылғалдандыру және жару жұмыстары кезінде шаң бөлінуді ескерту қолданылды. Бұл бір немесе бірнеше экскаватордың мәжбүрлі тоқтап қалған кезінде УМП-1 қондырғысы жұмысының да тоқтап қалатындығымен, ал барлық экскаваторлар жұмыс істеп тұрған кезде УМП-1 барлық қазба бөлімнің өңделуін қамтамасыз ете алмауымен түсіндіріледі. Сондықтан алдын ала ылғалдандыру және жару жұмыстары кезінде шаң бөлінуді ескерту УМП-1 қондырғысы үздіксіз жұмыс істеп тұруын қамтамасыз етеді, бұл үйіндіні экскаватор жұмысына дейін бірнеше күн бұрын ылғалдырып қою арқылы жүзеге асады. Болашақта барлық экскаваторлар жұмыс істеп тұрса да, суды тасымалдау жолы ұзақ болса да, УМП-1 қондырғысы үйіндіні уақытылы ылғалдандыра алады және осы әрекетімен тау-кен құралдарының тұрып қалуын жояды.

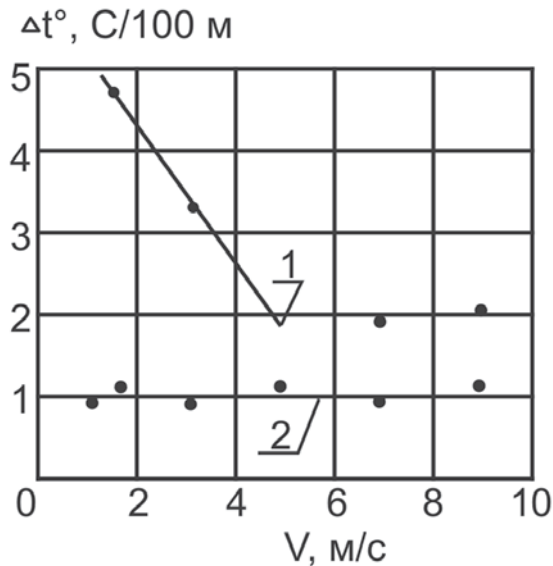
Салыстырмалы ылғалдылықтың күрт төмендеп кетуі кеуектерден буланудың өте интенсивті жүруіне алып келеді, бұл сұйықтықтың үстіндегі кеңістіктің ұлғаюының есебінен жүреді, нәтижесінде сұйықтық пен оның буының арасында динамикалық тепе-теңдік орнамайды.

Үйінді көлемін 70-75% ылғалдандыру тиеу-тасымалдау үдерісі кезінде карьер атмосферасын қалыпты жағдайда ұстап қалуға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, су шығынын төмендетуге қол жеткізіледі, бұл экономикалық жағынан тиімді, әрі құрғақ және ыстық аймақтардағы су тапшылығы жағдайына едәуір оң үлесін қосады.

§23. Карьерлер атмосферасын желдету және табиғи ауа алмасу

23.1. Карьердегі табиғи ауа алмасу

Карьерлердегі табиғи ауа алмасу екі табиғи күштің энергиясымен жүзеге асырылады: карьерді ауамен толтыратын жеке массалар қабатының температурасының әртүрлі болуымен туындайтын, термиялық және динамикалық желдің салдарынан болады. Термиялық күштер тотығу үдерістері мен өрттер кезінде бөлінетін, жылу мен күн радиациясы ағынының қарқындылығымен анықталады. Жер бетіне түсетін күн радиациясы ағыны өзінің ендігіне байланысты тәулік аралығында өзгереді, ал карьерлерде күн сәулесі бағыттарының арасындағы бұрыштар мен олардың енбесінің қиябетіне қатынасына байланысты болады. Карьерлердің солтүстік және оңтүстік қиябеттерінің жылулық шарты, әсіресе жылдың қысқы және көктемгі кезеңдерінде бірден ерекшеленеді. Мысалы, Коркин карьерінің солтүстік жағдауында бір жылда инсоляция салдарынан оңтүстік жағдауына қарағанда 40 %-ға көп энергия түседі. Карьерлердің жағдауларының температураларының өзгеруі салдарынан, оларда бір тәулікте әртүрлі бағыттағы ауалы ағындар қалыптасады. 1 м/с-тен аз жел болғанда ауалы массаның тік бағытта ауысуы тік температуралы градиент белгісі мен шамасына байланысты анықталады. 23.1-суретте келтірілген тік температуралы градиенттің жел жылдамдығына байланыстылығы 2 м деңгейдегі температуралы градиент 1 м/с желдің жылдамдығында және одан жоғары болғанда жылдамдыққа байланысты болмайтындығын және шамасы бойынша температураның құрғақ адиабаттық градиентке тең екендігін көруге болады. 1 м деңгейдегі температуралы градиенттің шамасы жел жылдамдығының артуымен азаяды және 5 м/с және одан жоғары жылдамдық кезінде тұрақты болып қала береді және температураның құрғақ адиабаттық градиентінен жоғары мәнде болады. Бұл 1 м/с және одан жоғары желдің жылдамдығында термиялық фактор 2 м қалыңдықты ауа қабаты ағынында, жылу алмасу үдерістерінің қарқынды жүруіне көмектесетін, тәуелді турбулизатор рөлін атқаратындығын көрсетеді.



23.1-сурет. Желдің жылдамдығына байланысты тік температуралы градиент:
1 – 1 м деңгейдегі; 2 – 2 м деңгейде.

Ауалы ағындар қалыптастыратын, күштер біріге отырып немесе жеке өздігінен әсер ететіндігіне, сонымен қатар карьердің геометриялық көрсеткіштеріне байланысты табиғи ауа алмасудың басты 4 сұлбасы туындайды: конвективті, инверсиялы, рециркуляциялық және турасызықты. Алғашқы екі сұлба карьерлерде термиялық күштердің әсерімен пайда болады, мұнда сондай-ақ табиғи ауа алмасудың 2 сұлбасы элементтерінің бірігуімен инверсиялы-конвективті сұлба пайда болуы мүмкін.

Карьерлердегі ауалы ағынның конвективті және инверсиялы қозғалыс сұлбасы желсіз немесе желі аз ауа-райы жағдайларында пайда болады, өйткені мұнда жел болған кезде карьерлердің жағдайларында температуралық ауысулар жылдам қалпына келетін болады және сонымен термиялық күштердің әсерінен ағындардың пайда болуы жойылып кетеді.

0,8-1 м/с және одан жоғары желдің жылдамдығында табиғи ауа алмасудың жылулық сұлбасы желдік: турасызықты және рециркуляциялық түріне ауысып кетеді. Карьерлерде жел болған жағдайда орындар және аралас сұлбалар болуы мүмкін: турасызықты-рециркуляциялық және рециркуляциялық-турасызықты. Олар-

дың пайда болуы жергілікті жердің бедерімен, карьерлердің геометриялық өлшемдерімен және олардың жұмыс істеу тәртібіне негізделеді.

Табиғи ауа алмасудың желдік сұлбасы кезінде термиялық күштері карьердегі қозғалған ауаға қатты әсер етпейді.

Демек карьерлердегі табиғи ауа алмасу сұлбасын анықтайтын басты физикалық шамалары: ол желдің жылдамдығы u_0 , ауа температурасының Δt тік градиентінің белгісі мен шамасы. Карьердегі ауа алмасу шарттарын сипаттайтын басты көрсеткіштерге жататындар: ол желдің кесе-көлденең бағытындағы l / H_k беттік деңгейдегі карьерлердің өлшемдері L және желдің қозғалыс бағытындағы беттік деңгейі l , карьердің тереңдігі H_k , жағдаулардың қиябеттері бұрыштарының салыстырмалы өлшемдері (β_1 және β_2 – төменгі және төменгі оржолдар топтарына сәйкес жағдаулардың қиябет бұрыштары).

Карьердегі табиғи ауа алмасу сұлбалары және олардың пайда болуы сұлбасы 23.1-кестеде келтірілген.

0,8-1 м/с және одан жоғары желдің жылдамдығы кезінде карьердегі ауа қозғалысы еркін турбулентті ағын заңына бағынады және беттегі желдің бағытымен ауаның сәйкес қозғалысы аймағы – бірінші реттік турбулентті ағын болады, ал ауаның қайтымды қозғалысы аймағы – екінші реттік турбулентті ағын болады.

Ағын егер қатты қабырғалармен шектелген болмаса, еркін деп аталады. Ағындағы турбулентті қозғалыста ауа массасы ары-бері тәртіпсіз қозғалады, олар кесе-көлденең қозғалыста ағынның шегінен шығып кетеді, қоршаған ауалы ортамен біріге отырып, оның қабатын алып кетеді. Еркін турбулентті ағын қоршаған ортаның артып кеткен массасымен турбулентті шекаралық қабат түзеді, олардың қалыңдығы қозғалыс бағытында өсе түседі. Шекаралық қабаттағы кесе-көлденең қимадағы ағынның көлбеу жылдамдығын құраушылары теңдей таралмайды және оның сыртқы шекараларында қозғалмайтын ортамен жанасқан кезде нөлге тең болады. Шекаралық қабаттағы ішкі шекарадағы жылдамдығы қозғалмаған ағынның жылдамдығына тең болады.

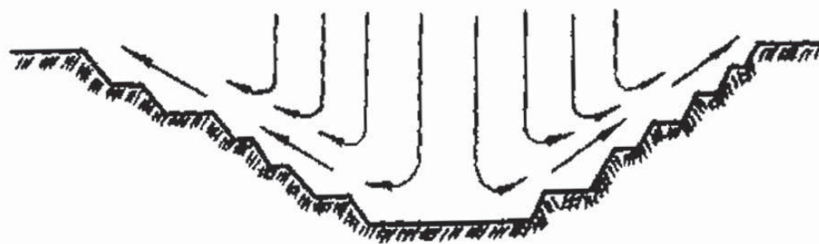
Карьердегі табиғи ауа алмасу сұлбалары және олардың пайда болуы

Ауа алмасу сұлбасы	Анықтауыш физикалық шамалары	Карьердің геометриялық көрсеткіштерін сипаттаушылар
1	2	3
Конвективті	$\Delta t > 1^\circ\text{C}/100 \text{ м}, u_0 < 0,8 - 1,0 \text{ м/с},$ температура	L, H_k және β тәуелді емес
Инверсиялы	$\Delta t = 1^\circ\text{C}/100 \text{ м}, u_0 > 0,8 - 1,0 \text{ м/с},$ температура	Сол сияқты
Рециркуляциялы	$\Delta t = 1^\circ\text{C}/100 \text{ м}, u_0 > 0,8 - 1,0 \text{ м/с},$ жел	$\frac{l}{H_k} < 5 - 6, \beta > 15^\circ$ кезінде
Турасызықты	$\Delta t = 1^\circ\text{C}/100 \text{ м}, u_0 > 0,8 - 1,0 \text{ м/с},$ жел	$\frac{l}{H_k} \geq 5 - 6, \beta \leq 15^\circ$ кезінде және жел жағындағы жағдаудағы тегіс жұмыс істеуде
Рециркуляциялы-турасызықты	$\Delta t = 1^\circ\text{C}/100 \text{ м}, u_0 > 0,8 - 1,0 \text{ м/с},$ жел	$\frac{l}{H_k} > 8 - 10, \beta > 15^\circ$ кезінде
Турасызықты-рециркуляциялы	$\Delta t = 1^\circ\text{C}/100 \text{ м}, u_0 > 0,8 - 1,0 \text{ м/с},$ жел	$\frac{l}{H_k} > 8 - 10, \beta > 15^\circ,$ $\beta_1 \leq 15^\circ$ кезінде және $\beta_2 > 15^\circ$

Карьерлердегі табиғи ауа алмасу жағдайында шекаралық қабаттағы сыртқы шекарадағы ағын жылдамдығының көлбеу құраушылары жағдаудың жел жағындағы қиябет бұрыштарымен анықталады, ал ішкі шекарасында беттегі желдің жылдамдығына тең болады.

23.2. Ауа алмасудың конвекциялық сұлбасы

Карьердегі конвективті ауа алмасу, егер тік температуралы градиент оң болса және температураның құрғақ градиентінен шамасы көп болған жағдайда пайда болады. Карьердегі осындай сұлбада ауа алмасу жағдаулары бойынша ауалы ағынның шығуымен жүзеге асырылады. (23.2-сурет). Ауалы ағындардың пайда болуының себебі, карьер жағдауларындағы ауаны қыздырудың әртүрлі және тура сондай биіктікте бос атмосферада болуына байланысты. Мұндағы ауаны теңдей емес қыздыру салдарынан, көлбеу барилік градиент туындайды, сондай-ақ карьердің еркін атмосферасындағы қысым, оның жағдауына қарағанда жоғары болады. Демек карьердің жылытылған жағдауындағы жылы ауа қабаты жоғары қарай көтеріледі, ал жоғары жақтағы аз жылытылған салмағы ауырлау ауа қабаты төмен қарай түседі, олар өз кезегінде қызып, тығыздалып, сол сияқты көтеріледі, ал олардың орындарына салқын ауа қабаты келіп түседі.



23.2-сурет. Карьердегі конвективті ауа алмасу сұлбасы

Конвективті сұлбада ағындардың жылдамдығы төменнен жоғары қарай бағытта өседі және кішкене жылытылған карьердің солтүстік бағытында оңтүстігіне қарағанда жоғары болады. Тереңдігі 100-120 м-ге дейінгі карьерлердегі жоғары жағдаудағы ағынның жылдамдығы 1,5 м/с-ке дейін жетеді,

$$u = 0,55K_1 \sqrt{g(H_K - h) \left(\frac{t_K}{t_{II}} - 1 \right) \sin \beta} \text{ м/с}, \quad (23.1)$$

мұнда, K_1 – оржолдардың әсері салдарынан ауалы ағынның баяулауын ескеретін коэффициент (оржолдардың биіктігі 10-12 м және

карьерлердің жағдауының қиябет бұрыштары 20° - 30° кезінде $K_1 = 0,11$); g – ауырлық күшінің жылдамдауы, m/c^2 ; H_k – карьердің тереңдігі, m ; h – ауалы ағынның жылдамдығы анықталатын, беттен нүктенің орналасу тереңдігі, m ; $t_k, t_n - h$ тереңдігінде және карьердің бетінде орналасқан нүктедегі ауалы ағынның сәйкес температурасы, $^{\circ}C$; β – карьер жағдауының қиябет бұрышы, град.

Осы сұлбада ауа алмасу ағындардың жылдамдығы кішкене болуы салдарынан ауа массасы қарқынды түрде араласпайды және карьердің атмосферасын ластауда зиянды қоспалардың ішкі көздерінің бөлінуінен ғана болады, ал сыртқы көздері қатты әсер етпейді. Бұл сұлбада көбінесе жергілікті ластаушылар рөл атқарады, мұнда карьерлердің атмосферасын жалпы ластаумен байланысты басқа сұлбалармен салыстырғандағы оның артықшылығы көп болады.

Карьерлерде тік градиентті температураның кері мәндерінде ауа алмасу инверсиялы сұлба бойынша жүргізіледі.

Осы сұлба бойынша екі ауа алмасу сұлбасы болуы мүмкін, бірақ олар бірдей физикалық құбылысқа негізделген.

Карьерлердегі ауа алмасудың біріншісіне жататындары, жазықтықтарда орналасқандары немесе еңістерде орналасқандары, ондағы қазылған кеңістік тұйық контурлы болады (23.3-сурет). Осындай карьерлерде инверсия кезінде салқындатылған ауа барлық жағдаулары бойынша терең жағына қарай кетеді, соның нәтижесінде түбінде шаңмен және газбен ластанған суық ауа қабаты түзіледі. Мұнда суық ауа қабатының тереңдігі үлкен шектерде өзгереді және кейде карьердің тереңдігіне де тең болуы мүмкін. Карьердің жоғары жағдауларында ағындардың жылдамдығы $1 m/c$ -тан аспайды, ал инверсия деңгейінде – $0,1 m/c$ болады.



23.3-сурет. Тұйық контурымен карьердегі ауа алмасудың инверсиялы сұлбасы

Карьердің қиябеттеріндегі ағындардың жылдамдығы инверсия қабатынан жоғары, жуық шамамен келесі формуламен анықталуы мүмкін:

$$u = K \sqrt{2gh \sin \beta \frac{T_{II} - T_K}{T_{II}}}, \text{ м/с}, \quad (23.2)$$

мұнда, K – ауаның адиабаттық қызуы салдарынан гравитациялық күштің азаюын, оржолдардың қозғалмайтын ауа қабатындағы аққан ауа ағынының үйкелісінің бар екендігін ескеретін коэффициент $10\text{--}12$ м оржолдардың биіктігі мен $25\text{--}30^\circ$ жағдау қиябеттерінің бұрыштарында, $K = 0,35$); h – ауалы ағынның жылдамдығы анықталатын беттен нүктенің орналасу тереңдігі, м; T_K , $T_{II} - h$, K тереңдігінде орналасқан нүктедегі беттегі ауаның орташа абсолютті температурасы.

Ауа алмасудың инверсиялы сұлбасы қолайлы емес, өйткені осы карьерлерде зиянды қоспалар мен атмосфераны ластаушылар жиналып қалады, ал оларды шығару беттік деңгейге дейін карьерді суық ауамен толтырғаннан кейін ғана басталады. Жалпы ластауда карьердің периметрі бойынша орналасқан тек қана барлық ішкі ластаушылар ғана емес, сонымен бірге зиянды қоспалардың сыртқы бөліну көздері де қатысады.

Екінші жағдайға тау беткейлерінде орналасқан карьерлер мен тұйық шекараның пайда болуынсыз жұмыс істейтін карьерлерін жатқызуға болады (23.4-сурет). Инверсия кезінде осындай карьерлер төменгі салқындатылған ауа ағынымен желдетіледі, ол карьердің жанындағы жазық жерлермен өтіп, барлық зиянды қоспаларды шығарады. Сонымен бірге карьерлерде атмосфераның жалпы ластануы мен тұрып қалған аймақтар туындамайды. Карьердің жағдауларындағы қиябеттерде ағындардың жылдамдығы жоғарыдан төмен қарай өседі және ауа температурасының тік градиентінің мәні көп болғанда күрт қиябет бұрыштарында және олардың жоғары созылымдығымен $4\text{--}5$ м/с-қа дейін жетуі мүмкін, ол барлық карьердің қарқынды желденуімен жеке жұмыс орындарын қоса түгелдей желдетеді.



23.4-сурет. Тұйық шекарасыз тау беткейлеріндегі карьерлердегі инверсиялы ауа алмасу сұлбасы

Осындай жағдайларда карьердің жағдауларындағы қиябетінде ағындардың жылдамдығы сол сияқты (23.2.) формулаға сүйенуі мүмкін.

Егер карьердің жағдауларының біреуіндегі ауа радиациялық салқындау күйінде, ал екіншісі инсоляцияға ұшыраса, онда жағдаулардың біреуіндегі ауа температурасының тік градиентінің мәні теріс, ал басқасында оң мәнде болуы мүмкін және шамасы бойынша температураның құрғақ адиабаттық градиентінен ерекшеленуі мүмкін. Осындай жағдайларда карьерлерде бір жағдауы бойынша ауа төмен қарай жылжиды, ал басқасы бойынша жоғары қарай жылжиды және ондағы ауа алмасу сұлбасы инверсиялы-конвективті деп аталады (23.5-сурет). Мұндай жағдайлар карьерлерде күннің батысы немесе шығысы кезінде пайда болады және олардың әрекет ету ұзақтығы мәнсіз болады. Осы сұлбаға барлық карьердегі конвективті және инверсиялы сұлбасының жетіспеушілігі тән болады.

Карьер жағдауларының қиябеттеріндегі ауалы ағынның жылдамдығы 1-1,5 м/с-тен аспайды және оның терең бөліктерінде минималды болады.



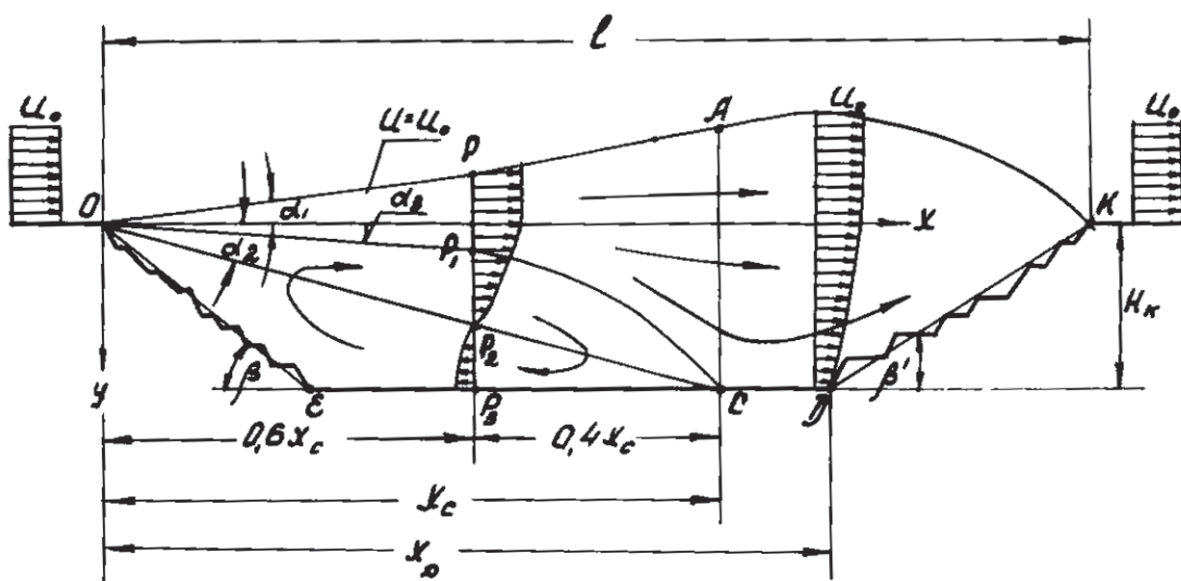
23.5-сурет. Карьердегі ауа алмасудың инверсиялы-конвективті сұлбасы

Инверсиялы-конвективті сұлба кезінде карьердің түбіндегі қозғалмайтын ауа массасы түзілмейді немесе оның биіктігі онша болмайды. Осы сұлба күн батқаннан кейін инверсиялыға өтеді, ал күн шыққаннан кейін ауа алмасудың конвективті сұлбасына айналады.

23.3. Ауа алмасудың рециркуляциялық сұлбасы

Карьерлердегі ауа алмасудың рециркуляциялық сұлбасы желдің жылдамдығы $0,8-1$ м/с-тан жоғары болған кезде және жел жағындағы жағдаудың қиябет бұрыштары $\beta > 15^\circ$ немесе $\beta \leq 15^\circ$ кезінде пайда болады, бірақ бір-біріне салыстырмалы кемерлерді әртүрлі басып озулар кезінде олардың көптеген бөліктерінде (50% және одан көп) кері бағыттағы ағындардың айналымы үшін жағдай жасалады.

Карьердің қимасы бойынша ауа алмасудың рециркуляциялық сұлбасы кезінде желдің бағытымен сәйкес келетін ауа ағынының құрылымы 23.6-суретте ұсынылған. Ауа ағыны карьерге түсе отырып, қозғалыс шамасы бойынша деформацияланады, кейде OP және OP_2 сызықтарының арасын қамти отырып, турбулентті шекаралық кабат түзеді.



23.6-сурет. Карьердегі ауа алмасудың рециркуляциялық сұлбасы

Шекаралық қабаттағы ішкі шекара $OPAK$ сызығы бойынша өтеді, ондағы горизонталды жылдамдық құраушысы u желдің u_0 жылдамдығына тең болады.

Шекаралық қабаттағы сыртқы шекарасы OC сызығымен анықталады, ондағы горизонталды жел жылдамдығының құраушысы нөлге тең және OX осімен құлау бұрышын $\alpha_2 \approx 15^\circ$ түзеді. Ағынның алғашқы тежелген массасы OPA және OP_1B сызықтарының арасында болады; қарама-қарсы жағдауды кездестіре отырып, оны айналып өтеді және карьерден зиянды қоспаларды алып шығуды қамтамасыз етеді.

OP_1B және OP_2C сызықтарының арасындағы бекітілген ауа ағыны P_1P_2 қималарымен 180° -қа бұрылады, қарама-қарсы бағытта қозғала отырып, OP_2 учаскесінде шекаралық қабат ағынына басты қарама-қарсы ағын қозғалысына келіп қосылады. Демек бірінші және екінші түрдегі ағындар арасында үздіксіз циркуляциялық ауа пайда болады, олар $ВСДЕ$ карьердің терең бөлігіндегі бөлінетін зиянды қоспаларды шекаралық қабаттан және оның желденген бөлігінен EO шығаруды қамтамасыз етеді.

Шекаралық қабаттағы ішкі және сыртқы турасызықтық және алғашқы ағынның тұрып қалған бөлігі ауа ағынының үзілген жерінен PP_2 қимасына дейін сақталып қалады, ал одан кейін деформацияға ұшырайды. PP_2 қимасымен ішкі шекара жоғары қарай қашады және AB қимасында максималды деформацияда болады, өйткені осы қимада екінші түрдегі ағын жоқ болады. Одан ары қарай ішкі шекара K нүктесіне дейін төмен қарай қашады. AB қимасының күйі 10° бұрышпен өтетін, OB сызығының қарсы нүктесімен карьердің желдік жағдауымен анықталады. OP_1 учаскесіндегі ағынның алғашқы массасының тұрып қалған бөлігінің ішкі шекарасы тура сызықты болады және одан ары қарай B нүктесіне дейін қашады.

Карьердегі ауалы ағын келесідей құрылымда болады, мұнда OC шекаралық қабатының сыртқы шекарасы желденген жағдауына қарай, шығады, басқаша айтқанда карьерде геометриялық өлшемдер қатынасымен табылады,

$$\frac{l}{H_k} < 5-6.$$

Рециркуляциялық сұлба кезінде өлшемсіз ауа ағынының жылдамдығы бірінші түрдегі турбулентті ағында функциямен сипатталады:

$$\frac{u}{u_0} = F'(\varphi), \quad (23.3)$$

мұнда, u_0 – қозғалмаған ағын облысындағы шекаралық қабаттың ішкі шекарасының жылдамдығы, м/с; $F'(\varphi)$ – кейбір функциядағы $F(\varphi)$, бірінші туынды болады, ол кесе-көлденең бағыттағы шекаралық қабаттағы ұзындық қимасы $L=I$ арқылы ауа шығынын өрнектейтін тоқ функциясына пропорционал болады, басқаша айтқанда,

$$\varphi = \int u dy = axu_0 \int F' d\varphi = axu_0 F(\varphi), \quad (23.4)$$

мұнда, a – шамасы тәжірибелік жолмен анықталатын, ағын құрылымының коэффициенті; x, y – ағын жылдамдығы құраушысымен анықталатын, нүктелер координаттары; φ – бірінші түрдегі шекаралық қабаттың өлшемсіз ординатасы.

Өлшемсіз ордината келесідей анықталады,

$$\varphi = \frac{y}{ax}, \quad (23.5)$$

Жайпақ параллельді ағынның шекаралық қабатындағы басты дифференциалды теңдеудің түрі келесідей болады,

$$F''' + F' = 0, \quad (23.6)$$

Толық теңдеу интегралы (23.6) тең болады:

$$F(\varphi) = C_1 e^{-\varphi} + C_2 e^{\frac{\varphi}{2}} \cos\left(\frac{\sqrt{3}}{2}\varphi\right) + C_3 e^{\frac{\varphi}{2}} \sin\left(\frac{\sqrt{3}}{2}\varphi\right), \quad (23.7)$$

мұнда, C_1, C_2, C_3 - тұрақтыларын интеграл есептеу үшін және ішкі φ_1 және сыртқы φ_2 ағын шекарасының мәндерін табатын φ , келесі бес шекаралық шарттарды қолданады:

1. шекаралық қабаттың ішкі шекарасында бар ($\varphi = \varphi_1$):

a) жылдамдықтың V тік құраушысы нөлге тең, басқаша айтқанда

$$F(\varphi_1) = \varphi_1, \quad (23.8)$$

b) жылдамдықтың көлбеу құраушысы u қозғалмаған ағын жылдамдығына тең u_0 , басқаша айтқанда

$$F'(\varphi_1) = \frac{u}{u_0} = 1, \quad (23.9)$$

c) жылдамдықтың тік құраушы градиенті $\frac{\partial u}{\partial y}$ нөлге тең, басқаша айтқанда,

$$F''(\varphi_1) = 0, \quad (23.10)$$

2. Шекаралық қабаттағы сыртқы шекарада ($\varphi = \varphi_2$) бізде бар:

a) жылдамдықтың тік құраушысы $\left(\frac{\partial u}{\partial y}\right)$ нөлге тең, басқаша айтқанда,

$$F'(\varphi_2) = 0, \quad (23.11)$$

b) жылдамдықтың тік құраушы градиенті $\left(\frac{\partial u}{\partial y}\right)$ нөлге тең, басқаша

$$F''(\varphi_2) = 0, \quad (23.12)$$

Жоғарыда келтірілген шекаралардағы шарттар бойынша келесі есептеулер нәтижелері алынған:

$$\varphi_1 = 0,981; \varphi_2 = 2,040; c_1 = -0,0176; c_2 = -0,0336; c_3 = -0,6876;$$

(23.7) теңдеуіне шекаралық қабаттың ішкі және сыртқы қабаттарының өлшемсіз ординаталары мен тұрақты интегралдаудың сандық мәндерін қоя отырып, алғашқы формуланы аламыз

$$F(\varphi) = \frac{\varphi}{axu_0} = -0,0176 e^{-\varphi} + 0,1337 e^{\frac{\varphi}{2}} \cos \frac{\sqrt{3}}{2} \varphi + \\ + 0,6876 \sin \frac{\sqrt{3}}{2} \varphi e^{\frac{\varphi}{2}} \quad (23.13)$$

(23.9) шарты бойынша шекаралық қабаттағы $\frac{u}{u_0} = F'(\varphi_1)$ тік жылдамдықты құраушыны қоя отырып, карьердегі ауа алмасудың рециркуляциялық сұлбасы кезінде бірінші түрдегі ағындар үшін өлшемсіз шамалар келесі теңдеулермен өрнектеледі:

$$\frac{u}{u_1} = F'(\varphi) = -0,0176 e^{-\varphi} + 0,1337 \frac{1}{2} e^{\frac{\varphi}{2}} \cos \frac{\sqrt{3}}{2} \varphi - \\ - 0,1337 \frac{\sqrt{3}}{2} e^{\frac{\varphi}{2}} \sin \frac{\sqrt{3}}{2} \varphi + 0,6876 \frac{1}{2} e^{\frac{\varphi}{2}} \sin \frac{\sqrt{3}}{2} \varphi + \\ + 0,6876 \frac{\sqrt{3}}{2} e^{\frac{\varphi}{2}} \cos \frac{\sqrt{3}}{2} \varphi = 0,0176 e^{-\varphi} + \\ + 0,6623 e^{\frac{\varphi}{2}} \cos \frac{\sqrt{3}}{2} \varphi + 0,228 e^{\frac{\varphi}{2}} \sin \frac{\sqrt{3}}{2} \varphi. \quad (23.14)$$

(23.14) формуласы ϕ_1 және ϕ_2 арасындағы шекаралық қабаттың тік сызықты учаскесіндегі PP_2 қимасына дейінгі жылдамдықты u анықтауға қолданылады. PP_1 және AB қималарының арасындағы ағындардың қосымша келешектегі деформациясы осы учаскеде жылдамдықтардың таралуына қатты әсер етпейді. Сондықтан (23.14) формуласы PP_1 мен AB қималары арасындағы тік жылдамдықтардың таралуы үшін іс жүзінде қолданылады. ϕ мәнін (23.14) формуласына белгісін ескере отырып қояды. Есептеу көлемін азайту үшін доғалы бірліктегі тригонометриялық функциялары мен кестелік көрсеткіштерін қолдануды ұсынады.

ϕ_2 шекарасындағы тік жылдамдық құраушысы келесі теңдеуімен анықталады:

$$v = au_0 [\varphi_2 F'(\varphi_2) - F(\varphi_2)]. \quad (23.15)$$

OC шекаралық қабатының сыртқы шекарасының және OX осьтерінің арасындағы $\alpha \approx 15^\circ$ -қа тең бұрышты және $\phi_2 = -2,04$ -ке

тең өлшемсіз ордината шамасын біле отырып, ағын құрылымы коэффициентінің мәндерін есептеуге болады:

$$a = \frac{y_2}{x\varphi_2} = \frac{\operatorname{tg}(-15^\circ)}{-2,04} = 0,131. \quad (23.16)$$

(23.16) теңдеуіне a мәнін қоя отырып, бірінші түрдегі турбулентті ағындар үшін ауа алмасудың рециркуляциялық сұлбасы кезіндегі өлшемсіз ординаталардың шамасын анықтауға арналған формуланы аламыз:

$$\varphi = \frac{y}{0,131x} = 7,64 \frac{y}{x}. \quad (23.17)$$

Шекаралық қабаттың ішкі шекарасы OP өлшемсіз ординатамен φ_1 , анықталады,

$$\varphi = \frac{y_1}{ax} = \frac{\operatorname{tg}\alpha_1}{a} = 0,981$$

Осы жерден шекаралық қабаттың ішкі шекарасының көлбеу бұрышы тең болады,

$$\alpha_1 = \operatorname{arctg}\left(\frac{y_1}{x}\right) = \operatorname{arctg}(\varphi_1 a) = \operatorname{arctg}(0,981 \cdot 0,131) = 7^\circ 20'.$$

Қосылыстардың алғашқы ағын массасын анықтайтын шекарасы функция мәндеріне сәйкес келеді,

$$F(\varphi_1) = 0, \quad (23.18)$$

Онда өлшемсіз ордината, 23.2-кестеден көрініп тұрғандай, шекаралық қабаттың жайпақ-параллельді ағынының басты функцияларының мәні, тең болады:

$$\varphi_3(F=0) = -0,185, \quad (23.19)$$

ол көлбеу бұрышқа сәйкес келеді,

$$\alpha_3 = \operatorname{arctg}\left(\frac{-y_3}{x}\right) = -\operatorname{arctg}(\varphi_1 a) = -\operatorname{arctg}(-0,981 \cdot 0,131) = 1^\circ 25'.$$

Карьердегі (ВК-учаскесінде) желденген жағдаудағы АВ қима-сымен тура ағындар әрекеті аймағында шекаралық қабатта жылдамдық алаңының қосымша деформациясы салдарынан жылдамдықтарды тарату заңы (23.14) теңдеуінен басқаша болады.

Табиғи және үлгілердегі жүргізілген зерттеулер, ВК учаскесіндегі ауа жылдамдығы В нүктесінде $u = (0,10-0,15)u_0$ -ден К – нүктесіне дейін $u = u_0$ өзгертіндігін көрсетті.

ВК учаскесіндегі өлшемсіз ординаталар ϕ нөлден К нүктесіне дейін өзгереді, өйткені осы нүктедегі ордината $y = 0$ шамасына дейін В нүктесінің күйімен анықталады. Мұнда В нүктесі 10° бұрышпен өтетін сәуледе жатыр, онда В нүктесінің күйін сипаттайтын өлшемсіз ордината (23.17) формуламен анықталады,

$$\varphi_2 = 7,64 \frac{x}{y} = 7,64 \operatorname{tg}(-10^\circ) = -7,64 \cdot 0,1763 = -1,346. \quad (23.20)$$

23.2-кесте

Жайпақ параллельді ағындағы шекаралық қабаттың басты функцияларының мәні

φ	F(φ)	F'(φ)	φ	F(φ)	F'(φ)
0,98	0,98	1,00	-0,52	-0,1675	0,4133
0,88	0,8802	0,9953	-0,62	-0,2064	0,3651
0,78	0,7812	0,9817	-0,72	-0,2406	0,3189
0,68	0,6841	0,9609	-0,82	-0,2702	0,2752
0,58	0,5894	0,9322	-0,92	-0,2957	0,2341
0,48	0,4978	0,8981	-1,02	-0,3172	0,1960
0,38	0,4099	0,8590	-1,12	-0,3350	0,1611
0,28	0,3262	0,8158	-1,22	-0,3500	0,1285
0,18	0,2469	0,7694	-1,32	-0,3610	0,1014
0,08	0,1369	0,6953	-1,42	-0,3699	0,0769
0,00	0,1161	0,6799	-1,52	-0,3765	0,0562
-0,02	0,1028	0,6698	-1,62	-0,3813	0,0392
-0,12	0,0384	0,6182	-1,72	-0,3845	0,0259

-0,185	0,0000	0,5824	-1,82	-0,3866	0,0166
-0,22	-0,0208	0,5661	-1,92	-0,3879	0,0111
-0,32	-0,0748	0,5143	-2,02	-0,3889	0,0095
-0,42	-0,1237	0,4632	-2,04	-0,3890	0,0000

Карьердің жел жағындағы ауа ағынының жылдамдығы, басқаша айтқанда ВК учаскесінде ауа алмасудың рециркуляциялық сұлбасында эмпирикалық формуламен анықталуы мүмкін.

$$u = u_0 (1 + 1,14\phi + 0,348\phi^2), \text{ м/с}, \quad (23.21)$$

олар шектегі ϕ өзгерткен кезде оң болады.

$$-1,346 \leq \phi \leq 0, \quad (23.22)$$

Карьердің терең бөлігіндегі желденген учаскесінен BC және желдік ағынның шекаралық қабатындағы тұрып қалған бөлігіндегі желденген жағалауынан зиянды қоспаларды шығару, OBC призмасы көлемінде жайпақ параллельді ағындағы шексіз әрекет ететін және пайда болған екінші ағынның турбулентті ағынымен жүзеге асырылады.

Карьердің түп жағындағы екінші түрдегі осьтік жылдамдық P_2P_3 қималары мен карьердің желденген жағалауының арасында екінші түрдегі ағын үзілген кезде C нүктесінде жүреді, ол келесі формуламен анықталады:

$$u_M = 0,353u_0 \left(\frac{H_C}{2,04ax_i} - 1 \right), \text{ м/с}, \quad (23.23)$$

мұнда, x_i – екінші түрдегі ағын қозғалысы бағытында C нүктесінен өлшенетін, қарастырылатын нүкте қимасының абсциссасы, m ; a – ағын құрылымы коэффициенті, оның мәні бірінші және екінші түрдегі ағындар үшін тұрақты болады; H_C – OX осінен өлшенетін, карьердің осы профилі үшін екінші түрдегі ағын осінің орналасқан тереңдігі, m .

PP_3 , қимасының күйі шекаралық қабаттың қосылған массаларының бұрылуы басталған және екінші түрдегі ағынның ауысқан жерден, C нүктесімен өлшенетін абсциссамен анықталады.

$$X = 0,4X_C, \quad (23.24)$$

мұнда,

$$X_C = \frac{H_C}{\operatorname{tg}\alpha_2}.$$

Осы теңдеуден, екінші түрдегі ағындардағы зиянды қоспаларды шығару желденген жағалаудың BC учаскесі мен, карьердің терең бөлігімен және желденген жағалауға жанасқан ағындар шекарасының учаскесіндегі шекаралық қабаттың желденген жағалауымен жүзеге асырылады, OX осінің проекциясының ұзындығы тең болады

$$X = 0,6 X_C, \quad (23.25)$$

Мұндағы шекарадағы тік жылдамдықты құраушы (23.15) формулаға сәйкес тең болады:

$$v = au_0 [2,04F'(\varphi_2) - F(\varphi_2)] = 0,389au_0, \quad (23.26)$$

Демек, екінші түрдегі ауа көлемі мен жылдамдығы C нүктесінен P_2P_3 , қимасына қарай өседі, ал одан ары қарай келесі учаскеде O нүктесінде нөлге теңеле отырып, проекцияның ұзындығын $0,6X_C$ жояды.

P_2P_3 , қимасындағы екінші түрдегі ағынның максималды осьтік жылдамдығы карьердің түбі C нүктесі арқылы өткізілетін, осы ағынның көлбеу осіне сәйкес келеді, ол тең болады:

$$u_M = 0,525u_0, \text{ м/с}, \quad (23.27)$$

Екінші түрдегі ағыны қиябеттермен шектелген $0,4 X_C$ -тен көп абсциссасымен карьердің жоғары жағындағы алаңдағы және жел-

денген жағдаудағы ауалы ағынның жылдамдығы келесі формуламен анықталады:

$$u_N = 0,381 \frac{u_0}{h_c} (H_C - 0,267x_i), \text{ м/с}, \quad (23.28)$$

мұнда, h_c – екінші түрдегі ағынның осьтік жылдамдық нүктесінен жайпақ параллельді ағынның шекаралық қабатының сыртқы шекарасына дейінгі биіктігі, м.

Екінші түрдегі ағындар үшін алынған аналитикалық тәуелділіктер (23.31÷23.36) учаскеде оң болады.

$$0,4x_c \leq x_i \leq x_c, \quad (23.29)$$

B -дан P_3 -ке дейінгі учаскеде ауалы ағынның жылдамдығы (0,10-0,15) u_0 -ден P_3 бағыты бойынша өседі, мұнда ол максималды шамаға жетеді.

Желденген жағдаумен H_C OC шекаралық қабатындағы сыртқы шекараның кездескен нүктесіндегі сәйкес белгісімен горизонттан төмен тау-кен жұмыстары 10-15%-дан жоғары жалғасып келе жатқан кезде, төменгі кемерлердің бетіндегі ауалы ағынның жылдамдығы түсіп кетеді, соның нәтижесінде табиғи ауа алмасу тиімділігі нашарлайды. Мұндағы P_2P_3 қимасы арқылы өтетін ауа көлемі тұрақты болып қалады, ал осы ауданның қимасы карьердің тереңдеуімен артып кетеді. Бұл кемерлердің үстіндегі ауа жылдамдығы екінші түрдегі ағын қимасының өзгеруінің кері пропорциясымен өзгертіндігімен түсіндіріледі

$$\frac{u_N}{u'_N} = \frac{h'_C}{h_c}, \quad (23.30)$$

мұнда, u'_N – тереңдегеннен кейінгі $0,4X_c$ -тен көп абсциссасы мен карьердің беткі алаңдарындағы ауа ағынының жылдамдығы, м/с; h'_c – карьерді тереңдеткеннен кейінгі жайпақ параллельді ағынның шекаралық қабатындағы сыртқы шекарасына дейінгі қарастырылатын нүктенің биіктігі, м.

23.4. Рециркуляциялық сұлба кезіндегі карьердегі ауа алмасуды жүзеге асыратын ауа көлемі

Ауа алмасудың рециркуляциялық сұлбасы кезіндегі шекаралық қабаттың ені құрайды:

$$b = ax(\varphi_1 - \varphi_2) = 0.131x(0.981 + 2,040) = 0,396, \quad (23.31)$$

мұнда, x – шекаралық қабаттағы тура сызықты учаскедегі қарастырылатын ағын қимасының абциссасы, m .

Шекаралық қабаттың туынды қимасы арқылы уақыт бірлігінде өтетін, кесе-көлденең бағыттағы $L=I$, φ_1 және φ_2 ұзындықтары арасындағы бекітілген ауа көлемі,

$$Q = \varphi_1 - \varphi_2 = axi_0 [F(\varphi_1) - F(\varphi_2)], \quad (23.32)$$

мұнда, φ_1 және φ_2 , ϕ_1 және ϕ_2 өлшемсіз ординаталарына сәйкес келетін, ток функциясының мәні.

34-кестеден табамыз, $\phi_1 = 0,981$ $F(\phi_1)=0,981$, $\phi_2 = -2,040$ кезінде $F(\phi_2) = -0,389$. Онда (11.32) формуланы келесі түрде елестетуге болады:

$$Q = axi_0(0,981 + 0,389) = 1,37axi_0$$

Шекаралық қабаттағы түзу сызықты шекара $X=0,6X_c$ учаскесінде сақталып қалады.

Онда $L=I$ кесе-көлденең бағыттағы ұзындығымен шекаралық қабаттың қимасы арқылы уақыт бірлігінде өтетін ауа көлемі тең болады:

$$Q = 0,822ax_c u_c = 0,107x_c u_c, \quad (23.33)$$

мұнда, x_c , 11.6-суреттен көріп отырғанымыздай, OC шекаралық қабаттың сыртқы шекарасының сыртқы абсциссасы.

Карьердегі рециркуляция кезінде аймақтан зиянды қоспаларды шығару (OP_1BCDP_3EO аймағы) PP_1 қималары арқылы өтетін, одан ары қарай AB қимасы арқылы өтетін, ϕ_1 және ϕ_3 өлшемсіз

ординаталар арасындағы бекітілген, алғашқы ағындардың тұрып қалған бөлігіндегі ауа көлемімен жүзеге асырылады. Демек PP_1 және AB қимасы арқылы зиянды заттардың бірдей мөлшердегі көлемі өтеді.

$L=I$ рециркуляциялық сұлбасы кезіндегі карьерден зиянды қоспаларды шығару мен сығу жүзеге асырылған және ағынның алғашқы тұрып қалған массасы да уақыт бірлігінде өтетін ауа көлемі былай анықталады:

$$Q_B = \varphi_1 - \varphi_3 = axu_0 [F(\varphi_1) - F(\varphi_3)], \quad (23.34)$$

мұнда, $\varphi_1 - \varphi_3$ өлшемсіз ординатаға сәйкес келетін, ток функциясының мәні.

34-кестеден $\phi_3 = -0,185$ $F(\phi_3)=0$ кезінде, $X=0,6X_C$ болатындығын көріп тұрмыз. Онда L -ге тең $0,6X_C$ қашықтығында желдің перпендикулярлы бағытында беттік деңгейде карьердің өлшемдерінде, карьерден зиянды қоспаларды шығарған және қысуды жүзеге асырған ауа көлемі келесі формуламен анықталады:

$$Q_v = 0,6ax_c u_0 (0.981-0)L=0,077x_{c.c.p} u_0 L, \quad \text{м}^3/\text{с}, \quad (23.35)$$

мұнда, $x_{c.c.p}$ – әрбір 100 м – 200 м сайын параллельді қималар үшін анықталатын, OC шекаралық қабатының сыртқы шекараларының абсциссасының орташа шамасы.

(23.35) формуладан карьерден зиянды қоспаларды шығаруды қамтамасыз ететін ауа көлемі жоспардағы геометриялық өлшемдері мен беттегі желдің жылдамдығына байланысты болады.

$L=I$ кезіндегі рециркуляцияға қатысатын немесе желдік ағынның алғашқы массасының тұрып қалған бөлігінде шекаралық қабатының сыртқы шекарасынан төменгі аймақтан зиянды қоспаларды шығаруды қамтамасыз ететін ϕ_3 және ϕ_2 шекараларының арасындағы ауа көлемі келесідей анықталады:

$$Q_B = \varphi_3 - \varphi_2 = axu_0 [F(\varphi_3) - F(\varphi_2)], \quad (23.36)$$

немесе $\phi_3 = -0,185$ $F(\phi_3)=0$, $\phi_2 = -2,040$ $F(\phi_2) = -0,389$ кезінде және

желдің перпендикулярлы бағытында беттік деңгейде карьердің өлшемдерінде L аламыз:

$$Q_p = 0,389 \alpha x u_0 L = 0,03 x_{c.c.p} u_0 L, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (23.37)$$

Бұл $X=0,6X_c$ абциссасымен P_1P_2 қимасы арқылы өтетін, максималды ауа көлемі.

Рециркуляциялық ауа алмасу сұлбасы кезінде ауа ағынының рециркуляциялық аймағынан (BK участогі) жоғары орналасқан зиянды қоспалардың бөліну көздері карьердің атмосферасын жалпы ластауға қатыспайды. Барлық қалған карьердің жел жағында орналасқан сыртқы көздер, сонымен бірге ауаның кері ағындары аймағындағы карьердегі шаң мен газдың бөлінуінің ішкі көздері, атмосфераны жалпы ластауға түгелдей қатысады. Соның салдарынан, ауа алмасудың рециркуляциялық сұлбасы кезінде карьердегі жұмыс істейтін жұмысшылары бөлінген зиянды қоспалардың әсеріне ұшырайды, кейде тіпті бөліну көзінен қашықта орналасқан жұмыс орындарындағылар да әсеріне ұшырайды.

Ауа алмасудың рециркуляциялық сұлбасы кезінде және зиянды қоспалардың бөлінуінің үздіксіз көздері болған кезде, рециркуляция салдарынан алғашқы ластану кезінде тұйық контур бойынша карьердің ішінде ауалы ағынның бір бөлігі, уақыт бірлігінде бөлінген зиянды қоспалардың көлемі, карьердің $BCDEO$ учаскесінде жинала бастайды және жел жағынан түскен көлемі тура сондай уақытта карьерден шыққан ағынның алғашқы массасының тұрып қалған бөлігіндегі шығарылатын бөлігіне тең болмайды. Мұндағы келіп түскен қоспалар біріккен ауа массасымен айнала бастайды, соның салдарынан кері ағындар аймағындағы зиянды қоспалардың ортша концентрациясы жуық шамамен карьердің желденетін жағдауындағы тура ағындар аймағына қарағанда 2 есе жоғары болады.

Демек, шекаралы қабатына ішкі және сыртқы көздерден түскен қоспалары OC сыртқы шекарасында максималды және OMP сызықтарымен олардың құрамына тең болатын концентрациямен PP_2 қимасымен түгелдей таралады. Келешектегі циркуляция кезінде P_1P_2 қимасы арқылы өтетін, ауа көлеміндегі қоспалардың

бір бөлігі қайтадан кері ағындар аймағына кіреді, сөйтіп үдерістер жалғаса береді. Орныққан аэродинамикалық және газды-шаңды динамикалық үдерістерде карьер атмосферасындағы қоспалардың концентрациясы тұрақты болып қалады. Рециркуляциялық ауа алмасу сұлбасы кезінде карьердің жалпы атмосферасындағы қоспалардың жоғары концентрациясы рециркуляция аймағына тән болады, ал ал қалған карьердегі қоспалардың концентрациясы төмендеу болады. Демек, егер рециркуляциялық ауа алмасуда жалпы атмосферадағы зиянды қоспалардың концентрациясы ауа ағынының рециркуляция аймағында ШРК-дан аспаса, онда карьердің қалған бөлігінде жалпы атмосфераның құрамы ШРК-дан төмен болады. Сондықтан жалпы атмосфераның ластануын есептеуді, рециркуляция аймағында оның құрамы бойынша жүргізу қажет. Ауа алмасудың рециркуляциялық сұлбасы кезінде алғашқы массаның C_c тұрып қалған бөлігінде қоспалардың орташа концентрациясы шекаралық қабаттағы C_k сыртқы шекарада қоспалар концентрациясы арқылы өрнектелуі мүмкін:

$$C_{cp} = \kappa C_k, \quad (23.38)$$

Шекаралық қабаттағы сыртқы шекарада қоспалардың концентрациясы іс жүзінде екінші түрдегі ағындағы қоспаның орташа концентрациясына тең болады.

Ағынның алғашқы массасында тұрып қалған бөлігінде қоспалардың орташа концентрациясының шекаралық қабаттағы сыртқы шекарадағы қоспа концентрациясына қатынасы бекітілген: зиянды қоспалардың ішкі көздерден бөлінуі кезінде $K=0,382$; сыртқы көздерден $K=0,621$; ішкі және сыртқы көздердің болуы кезінде $K=0,5$.

Алғашқы ағын массасында тұрып қалған бөлігіндегі уақыт бірлігінде өтетін ауа көлемінен зиянды қоспалардың C рұқсат етілген концентрациясы мен оның нақты концентрациясы карьере түсетін ауада, зиянды қоспалардың G бөлінуінің қосынды қарқындылығын анықтауға болады, мұнда карьердің рециркуляциялық аймағындағы атмосферада шекті рұқсат етілген концентрациядан аспайды:

а) ауаның кері ағындары аймағында орналасқан, бір ішкі көздердің әсері кезінде,

$$G_1 = KQ_B(c - c'_0) = 0,382 \cdot 0,077 x_{c.cp} u_0 L(c - c'_0) = \\ = 0,029 x_{c.cp} u_0 L(c - c'_0), \text{мккг/с}; \quad (23.39)$$

б) карьердің жанындағы жел жағында орналасқан, бір ішкі көздердің әсері кезінде,

$$G_2 = KQ_B(c - c'_0) = 0,621 \cdot 0,077 x_{c.cp} u_0 L(c - c'_0) = \\ = 0,048 x_{c.cp} u_0 L(c - c'_0), \text{мккг/с}; \quad (23.40)$$

в) кері ауалы ағындардың аймағында орналасқан, ішкі көздердің бірігіп әсер етуі кезінде және карьердің жанында жел жағында орналасқан сыртқы көздердің әсер етуі кезінде,

$$G_{1,2} = KQ_B(c - c'_0) = 0,5 \cdot 0,077 x_{c.cp} u_0 L(c - c'_0) = \\ = 0,038 x_{c.cp} u_0 L(c - c'_0), \text{мккг/с}; \quad (23.41)$$

Карьерге таза ауа түскен кезде, басқаша айтқанда $c'_0 = 0$ кезінде және ауа алмасудың рециркуляциялық сұлбасында зиянды қоспалардың бөлінуінде оның құрамы шекті рұқсат етілген концентрациядан аспайды, ол келесі формула бойынша анықталады:

$$G_1 = 0,029 x_{c.cp} u_0 Lc, \text{мккг/с}; \quad (23.42)$$

$$G_2 = 0,048 x_{c.cp} u_0 L, \text{мккг/с}; \quad (23.43)$$

$$G_3 = 0,038 x_{c.cp} u_0 Lc, \text{мккг/с}; \quad (23.44)$$

мұнда, $G_1, G_2, G_{1,2}$ – ішкі және сыртқы көздердің бірігіп әсер етуіне сәйкес бір уақытта бөлінетін қосындының қарқындылығы.

Карьерлерде табиғи ауа алмасу, рециркуляциялық сұлба бойынша жүзеге асырылады, штильден кейінгі желдету ұзақтығын анықтауға үлкен қызығушылық туындап отыр. Карьердегі адамдардың жұмысына газдар мен шаңның зиянды әсерінің алдын алу үшін олардың ауадағы құрамы шекті рұқсат етілген концентрацияға дейін төмендегенше басталмауы қажет.

Егер карьердің V_n желденетін объектісі шекаралы қабаттағы C_{cp} зиянды қоспалардың концентрациясымен және оның сыртқы шекарасында C_k , карьерді желдеткеннен кейінгі штиль таза ағынмен жүргізілетін болса, онда уақыттағы $d\tau$ карьерден Q_B , зиянды қоспаларды шығаруды жүзеге асыратын ауа көлемі, карьерден шығарылатын қоспалардың көлемі $Q_B C_{cp} d\tau = Q_B K C_k d\tau$ құрайды және осы уақытта желденетін көлемдегі зиянды қоспалар $V_n dc_k$ шамасына азаяды. Онда зиянды қоспалардың концентрациясының өзгеруін сипаттайтын, дифференциалды теңдеуді келесідей түрде ұсынуға болады,

$$K C_k Q_B d\tau = -V_n dc_k \text{ немесе } d\tau = -\frac{V_n}{K Q_B} \cdot \frac{dC_k}{C_k}, \quad (23.45)$$

$\tau = 0$, $C_k = C_0$ алғашқы шарттарында интегралдай (23.45) отырып, аламыз:

$$d\tau = -\frac{V_n}{K Q_B} \cdot \ln \frac{C_0}{C}, \quad (23.46)$$

мұнда, C_0 – штиль аяқталғаннан кейінгі карьер атмосферасындағы зиянды қоспалардың концентрациясы.

Мұндағы штильден кейінгі карьерді желдету C_0 зиянды қоспалардың C шекті рұқсат етілген концентрациясына төмендегенге дейін жүргізіледі.

Соңғы формуланы (23.46) келесідей түрде ұсынуға болады

$$\tau = \frac{V_n}{0,382 \cdot 0,077 x_{c.cp} u_0 L} \ln \frac{C_0}{C} = \frac{78,28 V_n}{x_{c.cp} u_0 L} \lg \frac{C_0}{C}, \quad (23.47)$$

Ауа алмасудың рециркуляциялық сұлбасы кезіндегі желденетін көлем

$$\begin{aligned} V_n &= V_K - V_{BA'K} + V_{AOA'} = \\ &= V_K - \frac{L}{2} (l_{CP} - x_{B.CP})^2 tg \beta_1' + 0,0643 x_{B.CP}^2 L, \end{aligned} \quad (23.48)$$

мұнда, V_K – карьердің көлемі, m^3 ; l_{cp} – әрбір 100-200 м, сайынғы жел қозғалысының бағытында беттік деңгейдегі карьердің параллельді қималарының орташа өлшемдері, м; $x_{B.cp}$ – 100-200 м, арқылы

параллельді қималар бойынша OB сәулесінің орташа абсцисса мәндері m ;

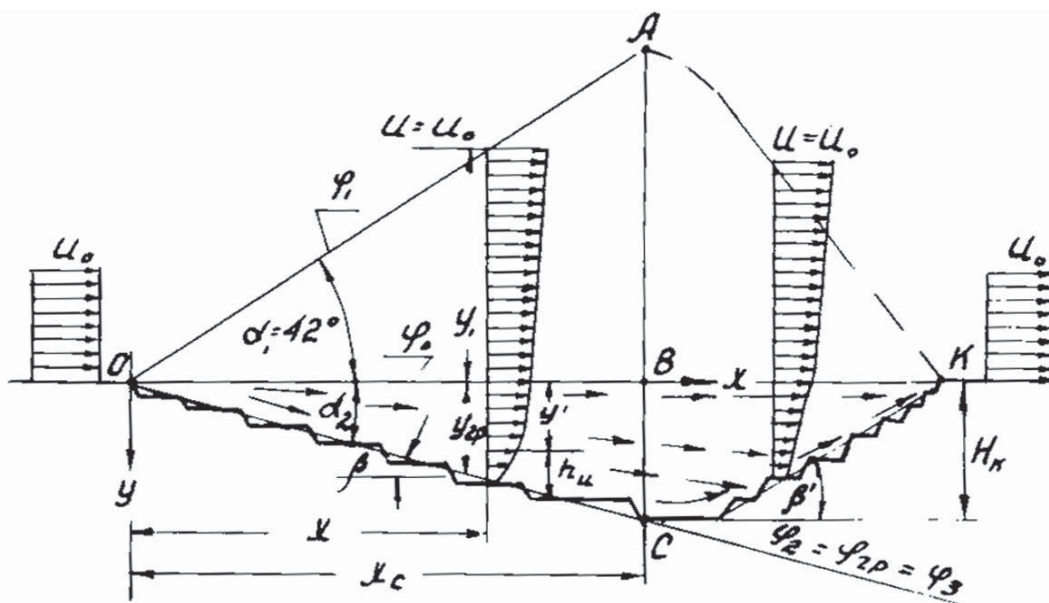
$$0,0643 = \frac{tg\alpha_1}{2},$$

β_1' – BK учаскесіндегі карьердің желденген жағалауындағы кемер қиябеттерінің бұрышы.

23.5. Ауа алмасудың турасызқты сұлбасы

Карьердегі турасызқты ауа алмасу сұлбасы желдің жылдамдығы $0,8-1$ м/с болған кезде және кемелердің бір-біріне салыстырмалы теңдей озуы кезіндегі жел жағындағы қиябет бұрыштары $\beta \leq 15^\circ$ кезінде туындайды.

Карьер қимасы бойынша жел бағытына сәйкес келетін турасызқты ауа алмасу кезіндегі ауа ағынының құрылымы 23.7-суретте келтірілген.



23.7-сурет. Карьердегі турасызқты ауа алмасу сұлбасы

Осы сұлба бойынша ауа ағыны карьерге түсе отырып, қозғалыс шамасы бойынша деформацияланады және түгелдей оның көлемін қамтиды. Ауа ағынының ішкі шекарасы OAK сызығы бойынша өте-

ді, онда жылдамдықтың u көлбеу құраушысы желдің жылдамдығына u_0 тең болады. Ағынның сыртқы шекарасы карьердің желденген жағдауының қиябет бұрышымен анықталады.

Осы сұлба бойынша алғашқы ауалы массаның тұрып қалған бөлігінің ішкі шекарасы, карьердің желденген жағалауының қиябетімен сәйкес келеді, басқаша айтқанда өлшемсіз ординаталар $\phi_2 = \phi_3 = \phi_{cp}$ мен ішкі шекарасы α_1 бұрыштағы өткен өлшемсіз ординатамен ϕ_1 анықталады.

Ауалы ағынның ішкі және сыртқы шекараларының тура сызықтылығы AC қимасына дейін сақталады. Турасызықты сұлба кезінде ауалы массаның тура сызықты бөлігіндегі кесе-көлденең қимасындағы жылдам алаңдарға ұқсас болады, бірақ рециркуляциялы сұлбадағыдай тарату сипатында болады. Турасызықты ауа алмасу сұлбасында салыстырмалы жылдамдықтар рециркуляциялық сұлбаға қарағанда көптеу болады.

Карьердегі ауалы ағынның жылдамдығы кемерлер беттеріндегі бағытта түсіп кетеді, мұнда ол минималды болады және $(0,1-0,15) \cdot u_0$ құрайды. Кемерлердің төменгі жақтарындағы желденген жағдауында кері бағыттағы жергілікті ағындар пайда болады, олардың өлшемдері кемерлердің биіктігі мен алаңдардың еніне байланысты болады.

Ауа алмасудың турасызықты сұлбасы кезінде OX шекаралары арасындағы турасызықты учаскеде және карьердің желденген жағындағы жылдамдықтарды тарату заңы теңдеуімен өрнектейді,

$$\frac{u}{u_K} = \cos \varphi, \quad (23.49)$$

мұнда, u_x – OX осіндегі ағын жылдамдығы, m/c ; φ – 0-ден $-1,57$ -ке дейінгі өзгертін, өлшемсіз ордината.

$1,57$ -ке тең өлшемсіз ординатаның төменгі шегі $\alpha_2 = 15^\circ$ кезіндегі өлшемсіз ординаталардың шекаралық шамасымен анықталады. OX осі бойынша $\phi_0 = 0$ -ге тең болады.

Турасызықты сұлба бойынша өлшемсіз ордината рециркуляциялы сұлбадағыдай анықталады:

$$\varphi = \frac{y}{a_1 x} = \frac{tg\alpha_2}{a_1}, \quad (23.50)$$

мұнда, a_1 – ауа алмасудың турасызықты сұлбасы кезіндегі ағын құрылымының коэффициенті; y , x – ағын жылдамдығының құраушыларын анықтайтын, нүктелер координаттары.

$\alpha_2 = 15^\circ$ кезінде және өлшемсіз ординатаның шекаралық шегінде $\varphi_{ep} = -1,57$

$$a_1 = \frac{tg\alpha_2}{\varphi_{ep}} = \frac{-0,268}{-1,57} = 0,171, \quad (23.51)$$

Демек ауа алмасудың турасызықты сұлбасы кезінде өлшемсіз ордината тең болады:

$$\varphi = \frac{y}{0,171x} = 5,85 \frac{y}{x}, \quad (23.52)$$

Зерттеулер нәтижесінде анықталады, мұнда:

$$u_x = 0,725u_0, \quad (23.53)$$

Онда $\varphi = 0$ және $\varphi_{ep} = -1,57$ арасындағы турасызықты учаскеде ауалы ағынның жылдамдығын таратуды келесідей болжауға болады:

$$u = 0,725u_0 \cos \varphi, \text{ м/с}, \quad (23.54)$$

$\cos\varphi$ шамасы доғалы бірліктерде тригонометриялық функциялар кестесі бойынша φ мәніне байланысты анықталады.

(23.54) тәуелділігі $12-15^\circ$ бұрышымен желденген жағдаудың қиябет бұрышы кезінде ауалы ағынның жылдамдығын анықтауға мүмкіндік береді. Карьердің желденген жағдауының қиябет бұрышы шамасының азаюымен ауалы ағынның жылдамдығы (23.54) формуланың мәндері бойынша жоғарыда есептелгендігі байқалады.

Турасызықты сұлбаның жетіспеушілігі, мұнда карьердің өлшемдерінің артуымен ауалы ағындардың төменгі жылдамдығы мен қабаттың жылдамдығы кемерлер алаңдары мен карьердің терең

жағында өседі. Ауалы ағынның қалыңдығын анықтау үшін оның кез келген берілген шектелген жылдамдығымен тура сызықты бөлігінде мысалы, X абсциссасымен y_{zp} және y' қашықтықтарындағы ординаталар арасында тәуелділікті қолдануы мүмкін:

$$h_u = y_{zp} - y' = 0,171x(\varphi_{zp} - \varphi'), \text{ м}, \quad (23.55)$$

Демек $u=0,262u_0$ жылдамдықпен ауалы ағынның қалыңдығын анықтау қажет болады. $u=0,262u_0$ кезінде табамыз:

$$u = 0,262u_0 = 0,725u_0 \cos \varphi; \cos \varphi = \frac{0,262u_0}{0,725u_0} = 0,362.$$

Доғалы бірліктегі тригонометриялық функциялар кестесінен $\cos \varphi=0,362$ кезінде $\varphi=1,2$ аламыз.

Өлшемсіз шекаралы ординаталар шамасы $\varphi_{zp}=1,57$. Онда $u=0,262u_0$ жылдамдық пен ағынның қалыңдығы, $X=100$ м кезінде тең болады дейік,

$$h_u = 0,171 \cdot 100(1,57 - 1,2) = 6,32 \text{ м}.$$

Демек ауа алмасудың турасызықты сұлбасы кезінде желдетудің қолайсыздығы, ол карьердің терең бөлігі, әсіресе оны бірден тереңдеткен кезде, қиын желденетін тұрып қалған аймақтар пайда болады.

Желденген жағдаудағы кемерлердің беттеріндегі ауалы ағынның жылдамдығы төменнен жоғары қарай өседі, C -дан K -ға дейін және карьердің желденген жағдауының жоғары жағында желдің қажетті жылдамдығына u_0 жетеді.

$СК$ учаскесінде желденген жағдаудың кемерлерінің беттерінде ауалы ағынның жылдамдығын анықтау үшін эмпирикалық формуланы қолдануға болады:

$$u = u_0(1 + 0,36\varphi - 0,177\varphi^2) \text{ м/с}, \quad (23.56)$$

мұнда, φ – өлшемсіз ордината нүктесі, шамасы (11.56) белгісін ескере отырып қойылады.

$L=I$ кесе-көлденең бағытында ϕ_0 және ϕ_{cp} ұзындығымен, бекітілген ағынның туынды қимасы арқылы уақыт бірлігінде өтетін, турасылықты сұлбалы ауа алмасу кезіндегі ауа көлемі:

$$Q_B = \int_{y_0}^{y_{cp}} u dy, \quad (23.57)$$

(23.50) теңдеуінен

$$dy = a_{\rho} x d\phi, \quad (23.58)$$

u және dy мәндерін (23.54) және (23.58) теңдеулерінен (23.57) теңдеуіне қоя отырып, келесі теңдеуді аламыз:

$$Q_B = 0,725 a_{\rho} x u_0 \int_{\phi_0}^{\phi_{cp}} \cos\phi d\phi, \quad (23.59)$$

мұндағы, $\int_{\phi_0}^{\phi_{cp}} \cos\phi d\phi = \sin\phi = 1$

Осыдан алатынымыз,

$$Q_B = 0,124 x u_0. \quad (23.60)$$

L бағытында беттік деңгейде карьердің өлшемдері бар кезінде желдің перпендикулярлы бағытымен карьерден зиянды қоспаларды шығаратын және ығыстыратын ауа көлемі BC қимасына сәйкес келеді және келесі формуламен анықталады:

$$Q_B = 0,124 x_{c,cp} u_0 L, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (23.61)$$

мұнда, $x_{c,cp}$ – әрбір 100–200 м, сайын параллельді қималар үшін анықталатын, OC абциссасының орташа мәні, м.

(23.61) теңдеуінен карьердегі ауа алмасуды жүзеге асыратын, ауа көлемі турасылықты сұлба кезінде оның өлшемдеріне, желдің жылдамдығына байланысты екендігін және оның өсуімен ұлғаятындығын көруге болады.

Басқа жағынан алып қарағанда, туынды қиманың арасындағы келіп түсетін ауа көлемі Q_B , үздіксіздік шартына сәйкес, өлшемсіз ординаталар ϕ_0 және ϕ_1 арасындағы бекітілген ординатамен y_1 , қима учаскесінде ауа көлемінің жоғалу жылдамдығымен деформация салдарынан өтетіндерге сәйкес келуі керек,

$$Q_B = Q_Y - Q'_Y, \quad (23.62)$$

мұнда, $Q_Y = u_0 y_1 - L=I$ кезіндегі карьер жоқ болған жағдайда y_1 биіктігімен қима арқылы өтетін ауа көлемі; $Q'_Y = \frac{u_0 y_1 + 0,725u_0 y_1}{2} - L=1$ кезінде және карьер бар кезіндегі осы қимамен өтетін жылдамдықтар профилінің деформациясынан кейін өтетін ауа көлемі.

(23.62) теңдеуге Q_Y және Q'_Y мәндерін қоя отырып, төмендегі аламыз:

$$Q_B = u_0 y_1 - \frac{u_0 + 0,725u_0}{2} y_1 = 0,1375u_0 y_1, \quad (23.63)$$

(23.60) және (23.63) теңдеуі шарттарынан табамыз,

$$0,124x u_0 = 0,1375u_0 y_1, \quad (23.64)$$

$$\frac{y_1}{x} = \operatorname{tg} \alpha_1 = 0,9, \quad (23.65)$$

Осыдан

$$\alpha_1 = \operatorname{arctg}(0,9) = 42^\circ, \quad (23.66)$$

Осы турасылықты ауа алмасу сұлбасы кезіндегі қозғалған ауа ағынының ішкі шекарасының көлбеу бұрышы. Демек, турасылықты учаскеде ауалы ағынның ішкі шекарасы өлшемсіз ординатамен анықталады.

$$\varphi_1 = \frac{\operatorname{tg} \alpha_1}{a_1} = \frac{0,9}{0,171} = 5,26, \quad (23.67)$$

Ауа алмасудың турасылықты сұлбасы, желдету жағынан тиімді болады, өйткені осындай жағдайда карьерден ауаның тура ағынымен зиянды қоспалардың барлығы шығарылады.

Осы сұлба кезінде рециркуляциялық ағынның жоқтығы салдарынан сыртқы және ішкі нүктелік көздерден карьердің жалпы атмосферасын ластау зиянды қоспалардан болмайды. Нүктелік көздерден зиянды қоспалар тура ауа ағынымен шығарылады. Сондықтан карьердегі жұмыскерлер, ережеге сай, жергілікті атмосферадағы жеке қоспалардың әсеріне ұшырайды, немесе зиянды қоспалары қозғалысы бар аймақта жұмыс істеген кезде, тау-кен машиналары жанынан бөлінетін, қоспалардың әсеріне ұшырауы мүмкін. Турасылықты сұлба кезінде қолайлы атмосфералық шарттар, егер карьердің өте терең бөлігінде зиянды қоспалар бөлінетін болса ғана туындайды, өйткені карьердің тереңдігінің өсуімен аз жылдамдықтар аймағының қалыңдығы өсе түседі.

Турасылықты ауа алмасу сұлбасы кезінде, карьердің жалпы атмосферасы ластануы желдің перпендикулярлы бағытында орналасқан, сызықты әсері кезінде туындауы мүмкін немесе теңдей таралған көздер мен келесі тәуелділікті қолдануға болады

$$G_{л} = 0,124x_{c.c.p} u_0 l_u c_x \text{ мккг} / \text{с}, \quad (23.68)$$

немесе

$$G_{л} = 0,124 \cdot 0,337x_{c.c.p} u_0 l_u c_x = 0,042x_{c.c.p} u_0 l_u c_x, \quad (23.69)$$

мұнда, $x_{c.c.p}$ – 100 – 200 м сайынғы параллельді қималар үшін анықталатын OC орташа абцисса мәні, м; l_u – желдің перпендикулярлы бағытында көздің теңдей таралуы немесе сызықты ұзындығы, м; c_{cp} – $x_{c.c.p}$ абциссасымен ауалы ағынның қимасындағы қоспалардың орташа концентрациясы, мккг/м³; c_x – карьердің желденген жағындағы алаңдардың бетіндегі қоспалардың орташа концентрациясы, мккг/м³

Карьердің желденген жағында орналасқан немесе оның атмосферасындағы рұқсат етілген концентрацияға дейін зиянды қоспалардың құрамын азайтуды қамтамасыз ететін ауалы ағынды

шығару қабілетін, оның желденген жағдауында сызықты немесе теңдей таралған көздерде келесідей анықтауға болады:

$$G = 0,042x_{c.c.p}u_0l_u(c - c'), \text{ мккз/с}, \quad (23.70)$$

мұнда c'_0 – карьердегі ауаға түсетін, зиянды қоспалардың концентрациясы.

Егер желдің бағыты зиянды қоспалардың бөліну сызығымен, бір бұрышты θ құрайса, онда (23.68), (23.69) және (23.70) формулаларында l_u -дің орнына $l_u \sin\theta$ -ды қою керек.

(23.70) формуладан, қауіпсіз қашықтықты анықтауға болады, онда көздің желденген жағында зиянды қоспалардың концентрациясы рұқсат етілген концентрациядан аспайды. Демек, (23.70) $x_{c.c.p}$ қауіпсіздік қашықтығы шамасына ие болады.

23.6. Штильден кейінгі карьерді желдету ұзақтығы

Карьерлерде табиғи ауа алмасу рециркуляциялық сұлбасы бойынша жүзеге асырылады. Карьердегі адамдардың жұмысына газдар мен шаңның зиянды әсерінің алдын алу үшін олардың ауадағы құрамы шекті рұқсат етілген концентрацияға дейін төмендегенше басталмауы қажет.

Штильден кейінгі осы қиманы желдету ұзақтығын карьердің толық көлемінде келесі формула бойынша анықтауға болады:

$$\tau = \frac{x_{c.max}}{0,725 \cos \frac{335H_K}{x_{c.c.p}}} + \frac{2(l - x_{c.max})}{\cos \beta' u_0 (0,725 \cos \frac{335H_K}{x_{c.max}})}, \quad (23.71)$$

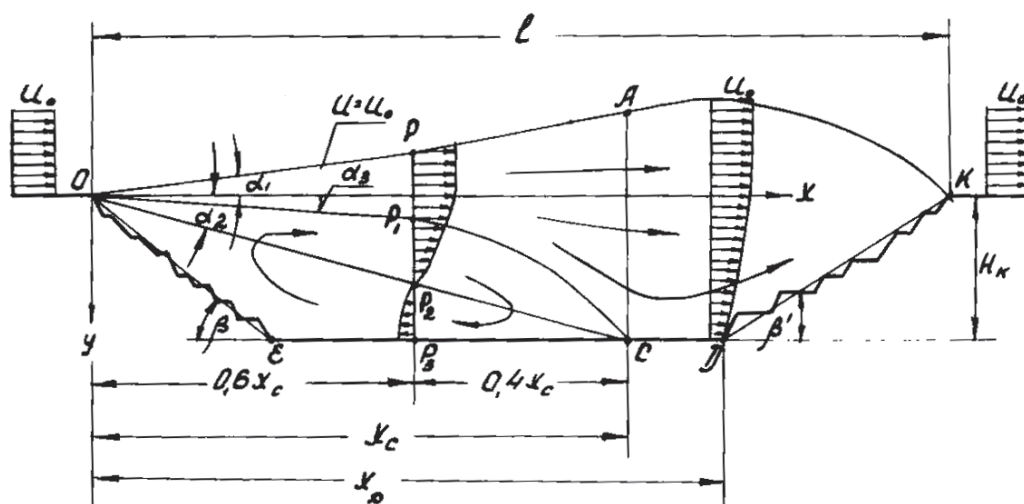
мұнда, β – карьердің желденген жағындағы қиябет бұрышы, град; β' – желденбеген жағдауындағы қиябет бұрышы, град; H_K – осы қимадағы карьердің тереңдігі, м; $x_{c.max}$ – ОС абциссасының максималды шамасы, м; l – деңгейдегі қарастырылатын қима бойынша карьердің ұзындығы, м.

Егер карьер атмосферасы штиль кезінде жай ғана ластанған болса, онда (23.71) формуласында $x_{c.max}$, l және H_K жалпы нақты ластау көлемін көрсететін мәндері қойылады.

Карьердегі рециркуляциялы-турасызықты ауа алмасу сұлбасы 0,8-1 м/с жылдамдығы кезінде пайда болады, желденген қиябет бұрышы $\beta > 15^\circ$ және оның желденген жағдауында кемерлердің горизонталды алаңында карьердің түбінде сыртқы шекараларының шығысы кезінде болады.

Желденген жағдауына жанасқан карьердің аймағы жағдайында рециркуляциялық сұлбасы бойынша желденеді, ал ағынның алғашқы массасының тұрып қалған әсерінің шегіндегі бөлігі – турасызықты сұлба бойынша желдетіледі.

Осы ауа алмасу сұлбасы бойынша карьердің беткі жағындағы желдің бағытына сәйкес келетін, карьердің қимасы бойынша құрылымы 23.8-суретте келтірілген.



23.8-сурет. Карьердегі ауа алмасудың рециркуляциялық-турасызықты сұлбасы

Ауа ағыны карьерге түсе отырып деформацияланады және шекаралық қабат түзеді, мұндағы тура сызықты учаскесінің ішкі шекарасы OP бұрышымен анықталады, олар $\alpha_1 = 7^\circ 20'$ бұрышымен өткізілген, ал сыртқы шекарасы OC бұрышымен $\alpha_2 = 15^\circ$ бұрышымен өткізіледі.

Ағынның алғашқы массасының тұрып қалған бөлігінің ішкі және сыртқы шекарасының тура сызықтағы O нүктесінен PP_2 қимасына дейін сақталып қалады, басқаша айтқанда, абцисса $0,6x_c$ -ға тең болатын қашықтықта болады. Кейін ағынның алғашқы

массасындағы тұрып қалған бөлігінің ішкі аймағының сызығы PAK нүктесі арқылы өтеді, ал тура осы массалы сыртқы шекарасының сызығы – P_1C арқылы өтеді.

Карьер аймағында AC қимасына дейін ауалы ағынның жылдамдығын тарату рециркуляциялық ауа алмасу сұлбасы кезінде туындайтын, бірінші және екінші түрдегі турбулентті ағын қозғалысының заңдылығына бағынады, ал қалған карьердің көлемінде өлшемдеріне байланысты рециркуляциялық және турасызықты ауа алмасу сұлбалары кезіндегі тарату заңдарының арасындағы аралық күйде болады. Карьердің созылымдығы кішкене болғанда желдің бағытында басқаша айтқанда $\frac{l}{H_K} > 8-10$ жағдайында, $СДК$ учаскесінде ауалы ағынның жылдамдығын тарату турасызықты ауа алмасу сұлбасы кезіндегі ауа қозғалысы заңдылықтарына бағынады.

Демек, рециркуляциялық-турасызықты ауа алмасу сұлбасы кезіндегі ауалы ағынды тарату жылдамдығы (23.17), (23.21), (23.23), (23.28), (23.29), (23.31), (23.32), (23.33) тәуелділіктерімен AC қимасында карьер аймағында сипатталады, ал $СДК$ учаскесінде (23.60) формуламен сипатталады. (23.60) формуланы қолдану кезінде φ шамасын (23.56) өрнегімен анықтау қажет.

Осы ауа алмасу сұлбасы кезінде ауалы ағынның минималды жылдамдығы C нүктесіне сәйкес келеді, ол $(0,10-0,15)u_0$ -ке тең болады.

Карьердің желденген және желденбеген жағдауларына C нүктесінен алу шамасы бойынша ауалы ағынның жылдамдығы өсе түседі.

Рециркуляциялық-турасызықты ауа алмасу сұлбасы кезінде карьерден зиянды қоспаларды шығаратын және қысатын ауа көлемі (23.35) формуламен анықталады.

Ауа алмасудың осы сұлбасы бойынша карьердің жалпы атмосферасын ластауда екінші түрдегі ауалы ағын аймағында орналасқан шаң мен газдың бөліну көздері қатысады, басқаша айтқанда CP_3E_0 учаскесінде, сонымен бірге карьердің желденбейтін жағында орналасқан сыртқы көздері ластайды. Екінші түрдегі ауалы ағын аймағында орналасқан көздерден бөлінетін зиянды қоспалар, қозғалыс кезінде карьерге түгелдей таралады.

Кері ағындар аймағында орналасқан бір уақытта әсер етуші ішкі көздерден бөлінетін зиянды қоспалардың қосындысы немесе карьердің желденбейтін жағына жақын орналасқан бір уақытта әсер ететін сыртқы көздерінен немесе карьер атмосферасының жалпы ластануын туындататын сыртқы көздерден рұқсат етілген қарқындылығын (23.39), (23.40), (23.41), (23.42), (23.43) және (23.44) формулаларына сәйкес табуға болады.

Рециркуляциялық және турасызықты ауа алмасу сұлба кезінде карьерді желдету ұзақтығы ең алдымен $\frac{l}{H_K}$ қатынасына байланысты болады. Егер $\frac{l}{H_K} < 15$ болса, онда екінші түрдегі ағынмен толтырылған, карьер аймағын желдету ұзақтығы анықталады,

$$\tau = \frac{78,28 H_{K.CP} (x_{c.cP} - 0,5 H_{K.CP} \operatorname{tg} \beta_{CP})}{x_{c.cP} u_0} \cdot \lg \frac{c_0}{c}, \quad (23.72)$$

мұнда, $H_{K.CP}$ – желдің бағытына сәйкес келетін, кейбір сипатты көріністерге тән карьерлердің орташа тереңдігі, м; β_c – осы көріністеріне арналған карьердің желденген жағалауының қиябет бұрыштарының орташа мәні, град.

Егер $\frac{l}{H_K} > 15$ болса, онда бірінші түрдегі ағындармен шайылатын, карьер бөлігінің желдету ұзақтылығы анықталады, өйткені мұнда екінші түрдегі ағынмен толған карьер аймағын желдету уақыты, тура ағындармен карьер аймағын желдетуге қажетті уақыттан аз болады.

Турасызықты ағындармен карьер аймағын желдету ұзақтығы:

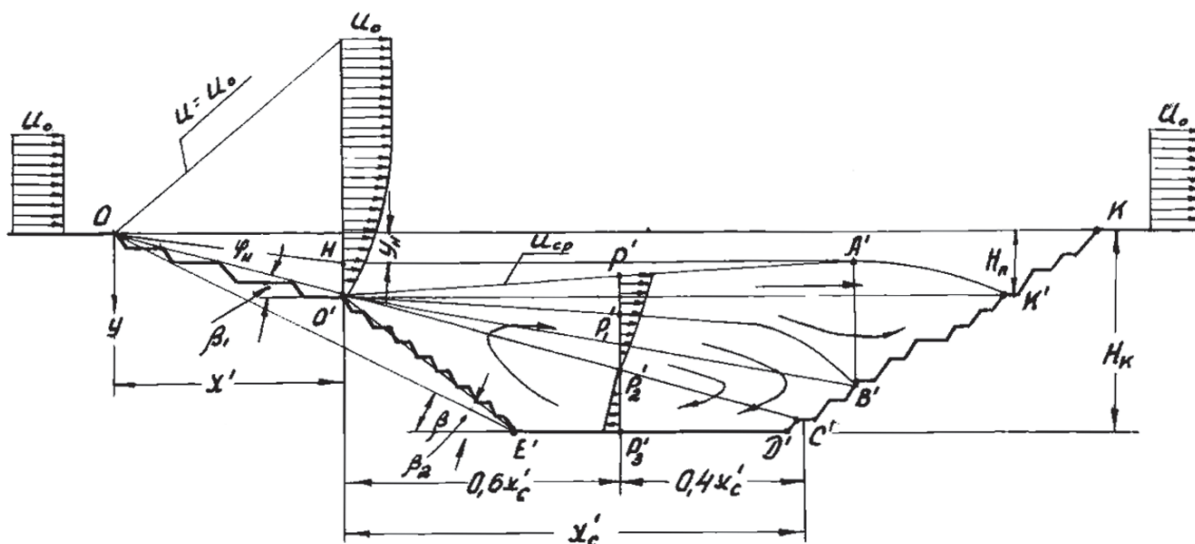
$$\tau = \frac{1,8}{u_0} (x_{D \max} - X_{C \max} + \frac{l - x_{D \max}}{\cos \beta'}), \quad (23.73)$$

мұнда, $x_{D \max}$, $x_{c \max}$ – С мен Д нүктелерінің абсциссасының ең үлкен мәніне сәйкес, м.

Карьердегі рециркуляциялы- турасызықты ауа алмасу схемасы 0,8 -1 м/с жылдамдығы кезінде пайда болады, желденген қиябет бұрышы $\beta > 15^\circ$ және оның желденген жағалауында кемерлердің горизонталды алаңында карьердің түбінде сыртқы шекараларының шығысы кезінде болады.

Желденген жағдауына жанасқан карьердің аймағы рециркуляциялық сұлба бойынша желденеді, ал ағынның алғашқы массасының тұрып қалған бөлігінің әсері аймағы – турасызықты сұлба бойынша желдетіледі.

Осы ауа алмасу сұлбасы бойынша карьердің беткі жағындағы желдің бағытына сәйкес келетін карьердің қимасы бойынша құрылымы 23.9-суретте келтірілген.



23.9-сурет. Карьердегі турасызықты-рециркуляциялы ауа алмасу сұлбасы

Осы ауа алмасу сұлбасы бойынша карьердің жоғарғы бөлігі $O'P'A'K'$ сызықтарынан жоғары, турасызықты ағындармен желденеді, ал төменгі бөлігі $O'E'P_3'D'C'B'K'A'P'O'$ көлемде – рециркуляциялық сұлба бойынша желдетіледі. Осы ауа алмасу сұлбасы бойынша ауалы ағынның аэродинамикалық көрсеткіштері турасызықты және рециркуляциялық ауа алмасу сұлбасы бойынша бекітілген сәйкес заңдылықтармен анықталады.

$O'P'A'K'$ сызығынан жоғары орналасқан карьер аймағындағы ағын жылдамдығын (23.51), (23.52), (23.54) және (23.56) формулалары бойынша анықтауға болады, $O'P'A'K'$ сызығынан төмен орналасқан аймақтағы ауалы ағынның таралу жылдамдығы рециркуляциялық ауа алмасу сұлбасы кезіндегі жылдамдықтарды тарату заңдылықтарына бағынады, (23.16), (23.17), (23.19), (23.20), (23.21), (23.22), (23.24), (23.25), (23.27), (23.28) және (23.29). Демек,

$O'P'A'K'$ шекаралық қабаттың ішкі шекарасы мен $O'P'_2C'$ ауалы ағында әртүрлі жылдамдықпен таралады. Бірақ мұндағы карьердің төменгі жағындағы рециркуляциялық ауа алмасу сұлбасы тұрақты жылдамдықпен 0 нүктесінде келесідей түрде анықталатын, орташа жылдамдыққа тең болатын жылдамдықпен құрылады деуге болады

$$u_{cp} = \frac{0,725u_0}{\varphi_{cp} - \varphi_H} \int_{\varphi_H}^{\varphi_{cp}} \cos \varphi d\varphi, \quad (23.74)$$

мұнда, φ_H – карьердің төменгі жағындағы қалыптасатын рециркуляциялық ауа алмасумен турасызықты ағынның қалыңдығы анықталатын, өлшемсіз ордината,

$$\varphi_H = 5,85 \frac{y_H}{x'}, \quad (23.75)$$

мұнда, $y_H x'$ – O нүктесіндегі координатты осьтердің басталуымен H нүктесінің абциссасы мен ординатасы.

Ауа алмасудың турасызықты-рециркуляциялық сұлбасының басты кемшілігі, мұнда рециркуляциялық сұлба бойынша желденетін, аймақтағы ауа қозғалысы карьердің тереңдігімен әлсіреген, желдік ағын қалыптасады. Осыған байланысты карьердің терең бөлігіндегі зиянды қоспаларды желдік ағынмен шығару тиімділігі өте төмен болады.

Турасызықты-рециркуляциялық ауа алмасу сұлбасы кезінде рециркуляциялық сұлба бойынша желденетін карьердің аймағының атмосферасын ластауда, тек қана $O'E'P'3D'C'B'$ учаскесінде орналасқан газдар мен шаңдардың барлық ішкі бөліну көздері ғана емес, OO' учаскесінде орналасқан көздер де қатысады, олар рециркуляциялық сұлба бойынша желдетіледі. Сондықтан карьердің жалпы атмосферасынан зиянды қоспаларды шығаруды жүзеге асыратын ауа көлемі $O'P'A'K'$ сызығынан жоғары тұрған екі аймақ үшін және (23.35) пен (23.61) формулаларына сәйкес, осы сызықтан төменгі аймақтар үшін есептеледі. (23.65) формула бойынша есептелген ауа көлемі ауалы ағындағы OO' учаскесіндегі олардың бөлінуінің қарқындылығын ескеру мен зиянды қоспалардың концентрациясын бекітуге қажет, олар карьер аймағының $O'P'A'K'$ сызығынан төмен жағын желдетумен жүзеге асырылады.

Осы ауа алмасу сұлбасы кезінде, шекті рұқсат етілген концентрация шегінде карьердің жалпы атмосферасын ішкі, сыртқы және бірігіе әсер ететін көздерімен ластайтын біртекті әрбір зиянды қоспалардың бөлінуінің қосынды қарқындылығы, (23.39), (23.40) және (23.41) формулаларына сәйкес анықталады. Осы формулаларда C'_0 бөлінген зиянды қоспалар ескеріледі және OO' учаскесінде; осы формулаларда u_0 , $x_{c.c.p}$ және L мәндері қойылады, олар рециркуляциялық сұлба бойынша желденетін карьер аймақтары үшін қажет болады.

Ауа алмасудың турасызықты-рециркуляциялық сұлбасы кезінде штильден кейін желдің пайда болуымен карьердің аймағы желдетіледі, $O'P'A'K'$, сызығынан төмен тұрған карьер аймағын OO' , учаскесіндегі зиянды қоспалармен ластанған ағындармен жүргізеді. Демек осы ауа алмасу сұлбасы кезінде карьер аймағындағы зиянды қоспалардың концентрациясы рециркуляциялық сұлба бойынша желдетіліп, $OO'P'$ учаскесінде оның тура аймағын желдету кезінде ғана қарқыны төмендей бастайды.

Атмосферасы үстіңгі бетке дейін штиль кезінде ластанған карьерді желдету ұзақтығы төмендегі формуламен анықталуы мүмкін:

$$\tau = \frac{x'}{0,725u_0 \cos \beta_1 \cos \frac{335H_{II}}{x'}} + \frac{78,28(H_{K.CP} - H_{II}) [x'_B - 0,5(H_{K.CP} - H_{II}) \operatorname{ctg} \beta_2]}{x'_{C.CP} u_{CP}} \lg \frac{c_0}{c}, \quad (23.76)$$

мұнда, β_1 , β_2 – ауа алмасудың турасызықты-рециркуляциялық сұлбасы бойынша сәйкес желдендірілетін, жоғарғы және төменгі кемерлер топтарының желденген жағдауларының қиябет бұрыштары, *град*; $x'_B - O'$, -ға салыстырмалы B' нүктесіндегі абциссаның орташа мәні m ; H_{II} – турасызықты ауа алмасу сұлбасымен желденетін, карьер аймағының тереңдігі, m ; $x'_{c.c.p} - O'$, -ға салыстырмалы C' нүктесінің абциссасының орташа мәні.

§24. Бұрғылау-жару жұмыстары кезіндегі шаңмен және газбен күресу

24.1. Жару жұмыстары – атмосфераның ластаушы көзі

Қазіргі кезде $\frac{2}{3}$ -тен көп пайдалы қазбалар, қосымша жарылыс энергиясын қажет ететін, қатты массивтерден өндіріледі. Жарылыс энергиясы каналдар, плотиналар құрылыстарында, көліктік магистральдар мен басқа жұмыс түрлерінде тиімді қолданылады.

Қатты пайдалы қазбаларды қазып алу кезінде жару (аттыру) жұмыстары, ең басты технологиялық үдерістер болады, оларды жүргізу тау-кен жыныстарын бұзуға, одан ары қарай тиеу мен аршылған жынысты үйінділерге тасымалдауға, жиналған кенді қоймалауға және соңғы кенді байытуға қажет болады.

Жару жұмыстарын жетілдіру, ол тау-кен массасын тиімді ұсақтау, жұмыстар жүргізген кездегі қауіпсіздік дәрежесін арттыру және газ бен шаңның қалдығын атмосфераға тастауды азайту болып табылады. Басты мақсаты пайдалы әсер коэффициентін арттыру және бір шаршы метр тау-кен массасын бұзуға кеткен, құнын азайту кезіндегі жару жұмыстарының қауіпсіздігін қамтамасыз ету. Жару жұмыстарының өзіндік құнын төмендету мен қауіпсіздік деңгейін арттыруда аммиакты-селитралы жарылғыш заттары кең қолданылады (ЖЗ).

Орал мен Орталық Ресейдің карьерлерінде жоғары жуықтау коэффициентімен қысқа баяулатылған сұлбасы қолданылады, олар ұсақтау сапасы өзгермеген жағдайда жарылғыш заттардың меншікті шығынын 5-8%-ға қысқартады. Өз кезегінде кейбір карьерлерде жарылғыш заттардың шығынын 8-10 %-ға төмендетуге мүмкіндік беретін, ауалы аралықпен жарылғыш заттардың ұнғымалық зарядтарының құрылымы кең тараған болатын. Карьерлердегі жаппай аттыру дегеніміз – ол зиянды газбен шаңдардың көздерінің периодты түрде шығатын ең ірі көздері болып табылады.

Шаңның пайда болуы механизмін қолдағы бар жарылыс теориясымен қарастырамыз. Жарылғыш заттардың теориясы детонацияның гидромеханикалық теориясына негізделген. Детонацияның гидродинамикалық теориясының алғашқы шарттары ол, мұндағы жарылыстық ыдырау реакциясы детонациялық толқын фронтына тікелей жанасып жатқан аймақта жүзеге асырылады, осы бетте аттырғыш заттардың жарылысымен әлі қамтылмаған бөлу жарылыс реакциясы жүреді. Детонация толқыны оның фронтының бетіне перпендикулярлы бағытта өте үлкен жылдамдықпен қозғалады. Толқын фронтының сыртында температура мен қысым бірден секіре отырып артады. Жарылыс реакциясы детонация толқыны фронтының сыртында өте жылдам жүреді және кішкене қабат қалыңдығы бойынша толығымен жүзеге асырылады. Осы қабатта аттырғыш заттардың тау-кен жынысымен өзара механикалық әсерлесуі болады. 2-4 заряд градусына тең, қайта ұсақтау шекарасы жан-жағынан қысқан кездегі толқын фронтындағы сығу кернеуі беріктік шегінен аз болғанға дейінгі қашықтықпен анықталады.

Жарылыс уақыты кезінде кеңейту әсерімен ЖЗ детонация өнімдерінен енбені шетке лақтырады және ұңғыманың ауызғы жағынан газдар шығып кетеді. Мұнда бірінші бұлт пайда болады. Жарылыс әсері әлсірегеннен кейін қабырғада пайда болған қуыстағы детонацияның кері толқыны оның қабырғасынан ұсақталған жыныстарды бөліп алуға алып келеді. Ұңғыманың аузынан шығып жатқан газдар ұсақталған жыныстардан шаңды газды бұлт түзе отырып, атмосфераға түседі.

ЖЗ химиялық ыдырау өнімдерінің жоғары қысымды қирату әсерімен, тау-кен жыныстары босаған жағына қарай ауысады. Соның нәтижесінде ірі тау-кен жыныстарының кесектері ауыстырылады және ұсақталады, онда олар бір-бірімен үйкелісіп, шаңды туындатады. Алаңдағы соғылған тау-кен массасының құлауы кезінде, араластыру мен соққы салдарынан ұсақталған тау-кен жыныстары, екінші реттік шаңды-газды бұлт түзе отырып, ұша бастайды.

Демек, карьердегі жару жұмыстары кезіндегі шаңның пайда болуы, «ЖЗ-жыныс» байланысында тау-кен массасының қайта

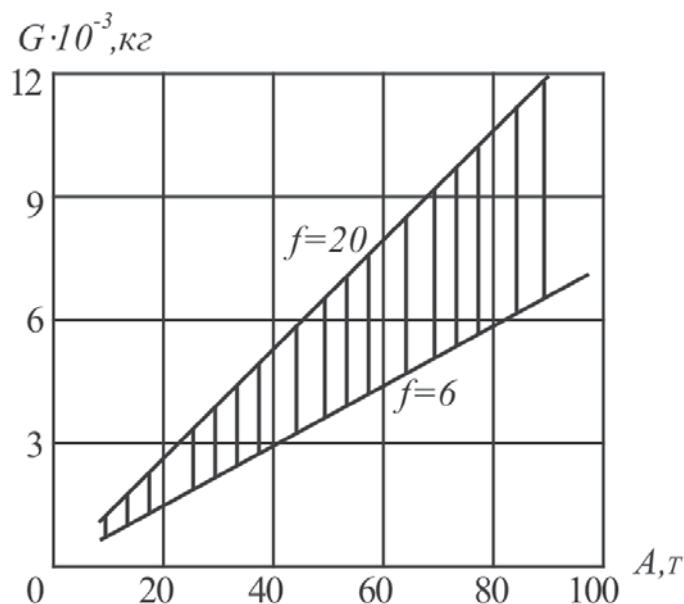
ұсақталуы салдарынан және жарықшақтардың пайда болуы кезінде, бір-бірімен қабаттардың үйкелуінен көтеру мен тау-кен массасының шөгуі кезінде пайда болады.

Шаңды-газды бұлттың қалыптасуы 350 м-ге дейінгі биіктікке жете отырып, бір минутта немесе одан аз уақытта жүреді. Осы уақыт аралығында бұлттағы газдардың және қоршаған ауалы ортаның температурасы теңеледі. Содан кейін желдік энергияның әсерімен ауысады. Мұнда, сонымен бірге ірі шаңды бөлшектері құлайды. Ұсақтау шаңды бөлшектерінің құлауы кішкене ғана қашықтықта болады.

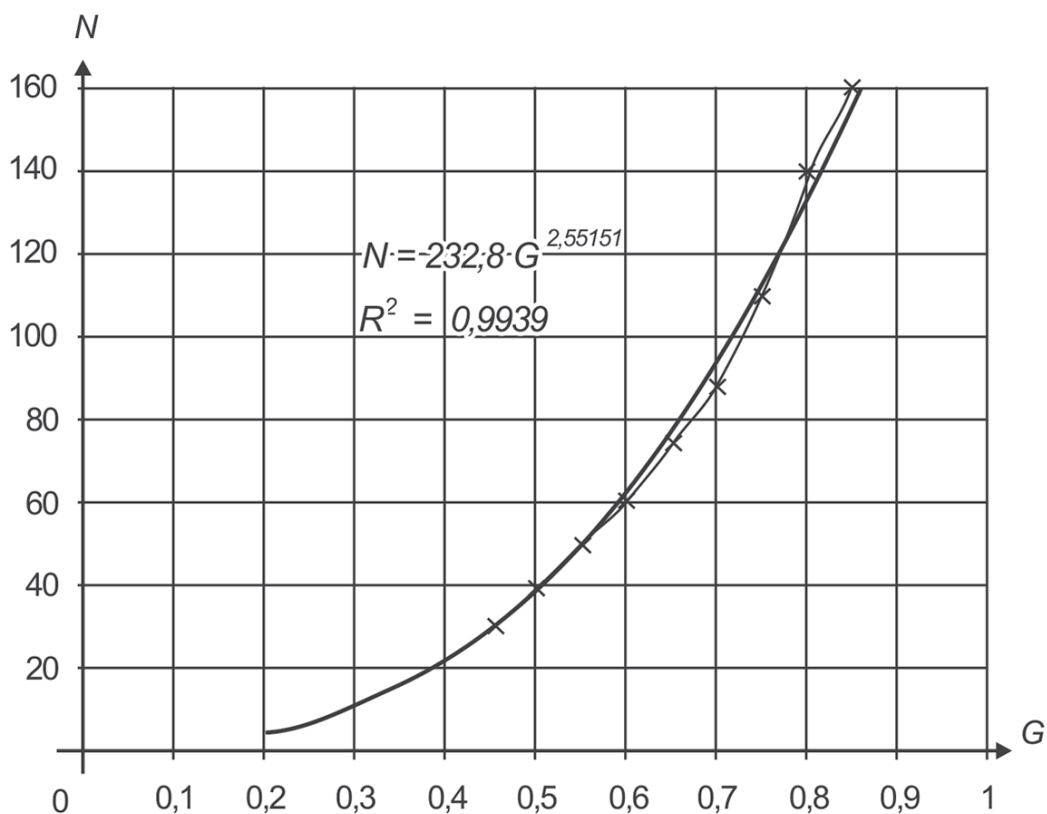
Жарылыс кезінде бөлінетін шаңның меншікті көлемі өте кең шектерде өзгереді және бірқатар факторларға байланысты болады. Оларға бір уақытта жарылатын ЖЗ көлемі, жыныстың қаттылығы, жарылатын тау-кен массасының ылғалдылығы және кемерлердің биіктігі жатады.

Мұндағы пайда болған шаңдардың көлемі ЖЗ шығынына және тау-кен жыныстарының қаттылығына байланысты болатындығы зерттеулерде анықталған (24.1-сурет).

ЖЗ көлемінің артуымен және тау-жыныстарының қаттылығының көтерілуімен бөлінетін шаңдардың көлемі де артатындығы анықталған.



24.1-сурет. ЖЗ шығыны мен тау-кен жыныстарының қаттылығына байланысты шаң көлемінің өзгеруі



24.2-сурет. ЖЗ меншікті шығыны мен тау-кен жыныстарының қаттылығына байланысты шаңның пайда болуының өзгеруі

Бақылау нәтижелерін өңдеу ЖЗ шығыны мен тау-кен жыныстарының қаттылығына байланысты бөлінетін шаңдардың көлемінің эмпирикалық тәуелділігі бекітілген,

$$G = 24,3\sqrt{f} \cdot A, \text{ кг} \quad (24.1)$$

Сондай-ақ шаңның пайда болуы тау-кен массасының бірлік көлемінде ЖЗ меншікті шығынына байланысты екендігі зерттеулермен анықталған (24.2-сурет).

Карьер атмосферасының ластануының маңызды критерийі ол қалыптасқан бұлттың биіктігіне байланысты шаңды газды бұлттың биіктігі мен карьер көлемі бойынша оның ауысуына әсер ететін желдің жылдамдығы. Шаңды-газды бұлттардың қалыптасу үдерісі жарылыстан кейін 40-60°C аралығында жүреді.

24.2. Аттыру жұмыстары кезіндегі шаңның динамикалық бөлігін модельдеу

Кезеңді ластанудың басты технологиялық үдерістері, қатты пайдалы қазбаларды өндіру кезіндегі жүргізілетін жару (аттыру) жұмыстары болып табылады.

Жару жұмыстары, тау-кен массасының бірлігінде меншікті шығын мен карьердің атмосферасын ластайтын аттырғыш заттардың бір уақытта жарылған көлемі және кенорны ауданындағы атмосфераның қолайсыз метеорологиялық шарттарына байланысты болады.

Жару жұмыстары кезіндегі кино немесе фото түсірудің көмегімен ұсақ бөлшектердің динамикасын зерттеу-шаңды газды бұлттардың таралу көрінісін толық көрсете алмайды.

Жарылыс нәтижесінде тасталған, дене траекториясы теңдеуін қарастырамыз.

Динамиканың басты заңы мен күштер әрекеті тәуелсіздігі заңын қабылдаймыз: $m\bar{\omega} = \bar{P} + \bar{R}$.

$\bar{\omega} = \bar{r}''$, $R = -km\bar{v} = -km\bar{r}'$ болатындығын ескере отырып, алатынымыз:

$$m\bar{r}'' = P - km\bar{r}, \quad (24.2)$$

x және y осьтерінде векторлық теңдеулерді жобалаймыз, m массасына қысқартқаннан кейін координаттардың декатавалы осінде дене қозғалысының дифференциалды теңдеуін аламыз:

$$x'' = -kx', \quad y'' = -g - ky', \quad (24.3)$$

$t = 0$, $y = 0$, $x' = v_0 \cos \alpha$ кезіндегі алғашқы шарттарды ескере отырып, бірінші теңдеуді (23.20) интегралдап, $C_1 = \ln v_0 \cos \alpha$, $C_2 = \frac{v_0}{k} \cos \alpha$ табамыз. C_1 , C_2 мәндерін енгіземіз және келесідей шешім аламыз,

$$x = \frac{v_0}{k} (1 - e^{-kt}) \cos \alpha, \quad (24.4)$$

$t = 0, y = 0, y' = v_0 \sin \alpha$ берілген алғашқы шарттарда екінші теңдеуді (24.4) интегралдауға көшеміз. C_3 және C_4 мәндерін табамыз және келесідей шешім аламыз:

$$y = \frac{1}{k^2} (g + kv_0 \sin \alpha) (1 - e^{-kt}) - \frac{g}{k} t, \quad (24.5)$$

24.4-формуласынан t уақытты анықтап 24.5-теңдеуіне қойып, кішкене өзгерістерден кейін келесі түрдегі теңдеуді аламыз:

$$y = \frac{1}{k^2} \frac{g + kv_0}{v_0 \cos \alpha} x + \frac{g}{k^2} \ln \left| 1 - \frac{k}{v_0 \cos \alpha} x \right|, \quad (24.6)$$

мұнда, k – кез келген кедергінің коэффициенті, $\frac{1}{c}$; g – еркін түсу үдеуі, m/c ; v_0 – дене ұшуының алғашқы жылдамдығы, m/c ; α – жарылыс кезіндегі дененің ұшу бұрышы, *град*.

Жарылыс кезіндегі дененің ұшу бұрышын $0 \leq \alpha \leq 90^\circ$ аралығында деп қабылдаймыз.

Жарылыс кезінде ұшқаннан кейін денеге желдің энергиясы қатты әсер етеді, ол көбінесе өзінің жылдамдығына байланысты болады. Тау-кен массасының ұшу траекториясындағы атқылау бұрышы мен желдің жылдамдығына әсерін қарастырамыз:

$$y_0 = \frac{1}{k} v_g \cos \beta, \quad (24.7)$$

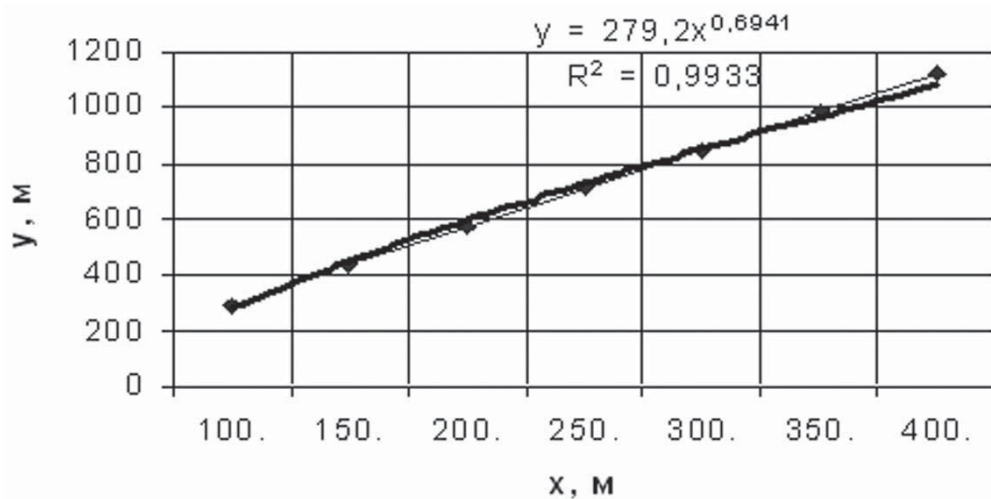
мұнда, v_g – желдің жылдамдығы, m/c ; β – желдің атқылау бұрышы, *град*.

Онда жылдамдық пен желдің бағытын ескере отырып, жарылыс энергиясымен тасталған дене траекториясы теңдеуінің соңғы түрін келесідей қабылдайды,

$$y = \frac{1}{k} \frac{g + kv_0}{v_0 \cos \alpha} x + \frac{g}{k^2} \ln \left| 1 - \frac{k}{v_0 \cos \alpha} x \right| + \frac{1}{k} v_g \cos \beta, \quad (24.8)$$

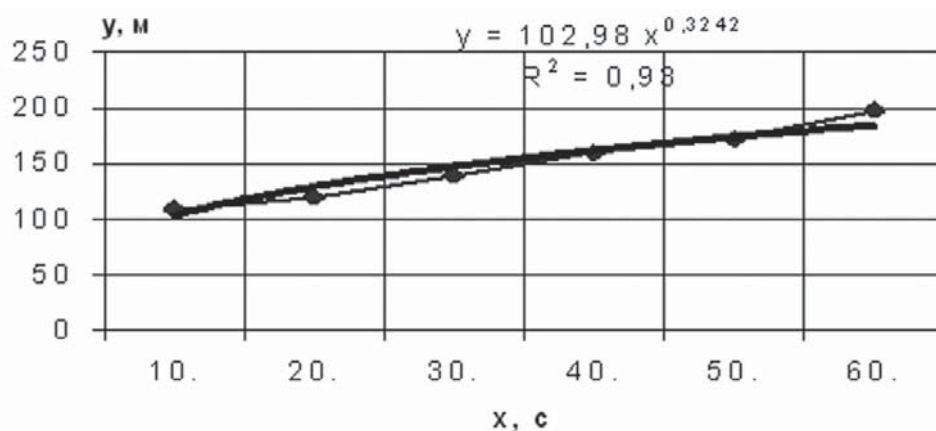
(24.8) теңдеуі дененің ұшу траекториясын зерттеу бойынша сандық эксперимент үшін үлгі болады. Сандық экспериментті жүргізу үшін бағдарлама құрылған.

Жарылыс өнімдерінің $v_0 = 17,5$ м/с қалдық жылдамдығы кезінде сандық эксперименттердің нәтижелері горизонтқа 60° бұрышпен, желдің атқылау бұрышы $\beta = 0^\circ$ мен желдің жылдамдығы $v_g = 2$ м/с 24.3-суретте келтірілген.



24.3-сурет. Жарылыс орнына байланысты бөлшектердің көтерілу биіктігінің өзгеруі

Карьердегі жаппай жарылыс кезіндегі бұлттардың көтерілу биіктігін зерттеу бойынша түсірілген суреттердің нәтижелері 24.4-суретте келтірілген.



24.4-сурет. Уақытқа байланысты бұлттың көтерілу биіктігінің өзгеруі

Карьердегі жаппай жарылыс кезіндегі шаңды-газды бұлттардың дамуы кезіндегі заттық фототүсірілімдер мен үлгілерге жасалған эксперименттер нәтижесінен, шаңды газды бұлттардың көтерілу биіктігі жарылыс орнынан қашықтығы мен жарылыс кезінен уақыт бойынша өсетіндігін көруге болады.

Демек, шаңды-газды бұлттан шаң бөлшектерінің шөгу аймағы жеткілікті көп болады, басқаша айтқанда карьердің территориясын ғана емес, кенорнының аудандарын ластайды.

24.3. Асимметриялық жағдайда карьердегі жарылыстың математикалық үлгісі

Шаңды-газды бұлттың шөгуі мен пайда болу динамикасы эксперименталды түрде зерттелген. Объектіде эксперименталды жұмыстарды жүргізу – өте күрделі үдерістер. Көбінесе жару жұмыстары кезінде, бұзылған тау-кен жыныстарының фракциялық құрамына байланысты шаңды газды бұлттың үстіңгі бетінде шөгу мен пайда болу үдерісі қызықтырады.

Осы үдерістерді зерттеу үшін асимметриялық жағдайдағы жарылыс кезіндегі бөлшектердің қозғалысының үдеріс (r, t) жазықтарында өтіп жатқандағы математикалық үлгісін құрамыз, мұнда, r – координата басталғаннан бөлшектерге дейінгі қашықтық, t – уақыт.

Сол сияқты $u = u(r, t)$, $r \in [a, b]$ уақыттағы қашықтықтағы бөлшектердің $t \in [0, T]$ тығыздығы; $p(r, t)$ – r қашықтығындағы t уақыттағы құлау жылдамдығының функциясы.

Тағы сол сияқты $r = f(t)$ және $\frac{dr}{dt} = \frac{df}{dt} = g(t)$ – соққы жылдамдығының функциясы. Онда бөлшектер қозғалысын сипаттау үшін аламыз: $\frac{du}{dt} = -p(r, t)u$

$$\text{немесе} \quad \frac{du}{dt} = \frac{\partial u}{\partial r} \frac{dr}{dt} + \frac{\partial u}{\partial t} = -p(r, t)u,$$

осыдан бірінші тәртіптегі жеке туындыдағы дифференциалды теңдеуі бар,

$$g(t) \frac{\partial u}{\partial r} + \frac{\partial u}{\partial t} = -p(r,t)u \quad (24.9)$$

(24.9) теңдеуі Мак Кендирика-Фон Ферстера деп аталатын, популяция теориясының үлгілік теңдеуі сияқты кездеседі.

(24.9) теңдеуі үшін Коши шартын келесі шартқа қоямыз: облыстағы жиі шешімді табу керек (басқаша айтқанда, үздіксіз дифференциалданатын),

$$D = \{ (r,t): a < x < b, t > 0 \}$$

Және үздіксіз \bar{D} шешімі $u(r,t)$ (24.9) теңдеуінде, алғашқы шартты қанағаттандырады,

$$u(r,0) = \tau(r), \quad a \leq r \leq b, \quad (24.10)$$

мұнда, $\tau(r) \in C([a,b])$.

(24.10) теңдеуі үшін Коши шартының шешімі алгоритмін сипаттаймыз. Ол үшін жаңа тәуелсіз ауыспалыларды енгіземіз,

$$\xi = r - \int_0^t g(\xi_1) d\xi_1, \quad \eta = r + \int_0^t g(\xi_1) d\xi_1, \quad (24.11)$$

Демек,

$$\frac{\partial u}{\partial r} = \frac{\partial u}{\partial \xi} \frac{\partial \xi}{\partial r} + \frac{\partial u}{\partial \eta} \frac{\partial \eta}{\partial r} = \frac{\partial u}{\partial \xi} + \frac{\partial u}{\partial \eta},$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \frac{\partial u}{\partial \xi} \frac{\partial \xi}{\partial t} + \frac{\partial u}{\partial \eta} \frac{\partial \eta}{\partial t} = -g(t) \frac{\partial u}{\partial \xi} + g(t) \frac{\partial u}{\partial \eta},$$

онда (24.10) теңдеуінен аламыз,

$$g(t) \left(\frac{\partial u}{\partial \xi} + \frac{\partial u}{\partial \eta} \right) + g(t) \left(\frac{\partial u}{\partial \eta} - \frac{\partial u}{\partial \xi} \right) = -p(r,t)u$$

немесе

$$\frac{\partial v}{\partial \eta} + \mu(\xi, \eta)v = 0, \quad (24.12)$$

мұнда,

$$\mu(\xi, \eta) = \frac{p(r, t)}{2g(t)}, \quad v(\xi, \eta) = u(r, t).$$

(24.12) теңдеуін мынадай түрде жазуға болады:

$$\frac{\partial}{\partial \eta} \left[v \exp \left(\int_{\xi}^{\eta} \mu(\xi, z) dz \right) \right] = 0, \quad \eta > \xi.$$

Демек,

$$v(\xi, \eta) = v(\xi, \xi) \exp \left(- \int_{\xi}^{\eta} \mu(\xi, z) dz \right), \quad (24.13)$$

(24.9) алғашқы шарттар, (24.10) алмастыруды ескере отырып, алатынымыз:

$$u(r, 0) = v(\xi, \xi) = \tau(r). \quad (24.14)$$

(24.13), (24.14)-тен аламыз,

$$v(\xi, \eta) = \tau(\xi) \exp \left(- \int_{\xi}^{\eta} \mu(\xi, z) dz \right), \quad (24.15)$$

Демек, (24.14) функциясы Коши (24.12), (24.14) шартының шешімі болады. Егер ескі r, t, u ауыспалыларға өтетін болса, онда облыстағы Коши (24.9), (24.10) шартының шешімі болады:

$$D = \left\{ (r, t) : a < r - \int_0^t g(\xi) d\xi < b, t > 0 \right\}$$

$p(r, t) = \text{const} = p, \quad g(t) = \text{const} = g$ жағдайында бөлшектердің санының экспоненциалды артуы заңын ескеретін теңдеуі қарапайым түрде болады:

$$v(\xi, \eta) = \tau(\xi) \exp\left(-p \frac{\eta - \xi}{2g}\right), \quad (24.16)$$

$$u(r, t) = \tau(r - gt) \exp(-2pt), \quad (24.17)$$

24.4. Тау-кен сілемін алдын ала ылғалдау үшін қажетті су немесе беттік-белсенді заттардың судағы ерітіндісінің меншікті шығынын анықтаудың аналитикалық негізі

Бұрғылау кезіндегі бөлінетін шаңмен күресудегі ең көп қолданыс алған әдістердің бірі – тау-кен сілемін алдын ала ылғалдау болып саналады. Оның мәні бұзылатын сілемнің физика-механикалық қасиеттерімен және оның геологиялық ерекшеліктерімен түсіндіріледі. Кенорындарының сипаттық ерекшеліктері болып интрузивті сілемдердің ультранегізді, негізді және сілтілі кендерінің өзара генетикалық және кеңістіктік қарым-қатынасы саналады. Олар қышқыл және ультрақышқыл құрамалардың посторогенді интрузияларымен өзара генетикалық байланысты, орналасуы бойынша олар тереңдік бұзылу аймақтарымен ерекшеленеді.

Мысты-никельді сульфидті кенорындары сланецтеу, ұнтақтау аймақтарымен, кеннің гидротермалдық өзгеруі, әртүрлі құрамды кендердің өзара байланысымен сипатталатын негізгі және орта негізді сілемдермен байланысты. Көптеген пайдалы қазбалар кенорындары өз ерекшеліктеріне ие болады, дегенмен сол ерекшеліктеріне қарамастан олар кеуектілік және жарықшақтылықпен сипатталады. Алдын ала ылғалдау әдісі тау-кен қазбаларының құрылымдық ерекшеліктерін пайдалануға негізделген. Сондықтан бұрғылау кезінде қазбадағы жыныстар мен кендердің құрылымдық ерекшеліктерін ескерген жөн.

Техникалық тұрғыдан ұсынылып отырған әдіске жақыны судың меншікті шығынын келесі теңдеу арқылы анықтау саналады:

$$q = 0.01 \frac{\rho_{cy}}{\rho_{шан}} \cdot \frac{m}{(1-m)} [\varphi_0 - (W_m + W_e + 2\varphi)], \quad (24.18)$$

мұнда, ρ_{cy} – су немесе беттік белсенді заттардың судағы ертіндісінің тығыздығы, кг/м³; $\rho_{шан}$ – шаң бөлшектерінің тығыздығы, мг/м³; m – тау-кен сілемінің кеуектілігі, м³/м³; φ – 0-1 мм өлшемдегі бөлшектер мөлшері, %; W_m – сол өлшемдегі бөлшектердің максималды молекулярлы ылғал сыйымдылығы, %; W_e – кендердің табиғи ылғалдылығы, %.

Қарастырылып отырған әдістің кемшіліктеріне – бұл әдісті тау-кен сілемін ылғалдау кезінде су немесе беттік белсенді заттардың судағы ертіндісінің меншікті шығынын анықтауда пайдалануға болмайтынын жатқызуға болады. Оны тау-кен сілемдерін ылғалдауда пайдалану өлшенетін шаманың дәлділігін төмендетеді, соның салдарынан қателіктердің болуына әкеліп соғады.

Тау-кен сілемін ылғалдау үшін су немесе беттік белсенді заттардың судағы ертіндісінің меншікті шығынын анықтау кезінде оның физикалық-механикалық сипаттамалары толығымен ескерілуі керек.

Қарастырылып отырған әдіске қарағанда, ұсынылып отырған әдіс тау-кен жыныстарының тығыздығын, жарықшақтылығын, кеуектілігін және жасанды бос кеңістіктердің меншікті көлемін анықтаудан тұрады.

Ұсынылып отырған әдіс үшін судың немесе беттік белсенді заттардың судағы ертіндісінің меншікті шығынын келесі жолмен анықтаймыз.

Кеуекті және жарықшақты қазбаның ойша бір V_0 көлемін алайық. Алдын ала ылғалдау ұңғыма көмегімен жүзеге асатын болғандықтан, су немесе беттік белсенді заттардың судағы ертіндісін жіберетін ұңғыма көлемін білген жөн.

Осылайша сілемдегі су мөлшерін келесі теңдеу бойынша анықтауға болады:

$$V_{эс} = V_n + V_m + V_c, \quad (24.19)$$

мұнда, $V_{эс}$ – алдын ала ылғалдауға қажетті судың толық мөлшері, м³; V_n – кеуекті кеңістік көлемі, м³; V_m – тау-кен жынысы жарықшақтылығының көлемі, м³; V_c – сумен толтырылатын ұңғыма көлемі, м³.

Егер (24.11) теңдеуін судың меншікті салмағына көбейтсек, келесі теңдеуді аламыз:

$$m_{cy} = \rho_{cy} V_{cy} = \rho_{cy} (V_n + V_m + V_c), \quad (24.20)$$

мұнда, ρ_{cy} – толтырылатын су тығыздығы, кг/м³;

Алдын ала ылғалдауға қажетті су немесе беттік белсенді заттардың судағы ерітіндісінің меншікті шығыны болып, су салмағының тау-кен жынысының салмағына қатынасымен анықталатын көрсеткіш саналады:

$$q = \frac{m_{cy}}{m_{шан}}, \quad (24.21)$$

мұнда, q – меншікті су шығыны, м³/м³; m_{cy} – тау-кен сілеміндегі су салмағы, кг; $m_{шан}$ – ылғалданатын қазба салмағы, кг. Тау-кен сілемінің салмағын оның тығыздығы арқылы өрнектейік:

$$m_{шан} = \rho_{шан} V_{шан}, \quad (24.22)$$

(24.20) теңдеуге тиісті (24.21) және (24.22) теңдеулерді қойып, келесіні аламыз:

$$q = \frac{\rho_{cy} (V_n + V_m + V_c)}{\rho_2 V_2}, \quad (24.23)$$

Жақша ішіндегі көрсеткіштерді мүшелей V_2 көлеміне бөліп, келесі теңдеуді аламыз:

$$q = \frac{\rho_{cy}}{\rho_{шан}} \left(\frac{V_n}{V_2} + \frac{V_m}{V_2} + \frac{V_c}{V_2} \right), \quad (24.24)$$

мұнда, $\frac{V_n}{V_2} = n_0$ – тау-кен қазбасының кеуектілігі, м³/м³; $\frac{V_m}{V_2} = n_1$ – тау-кен қазбасының жарықшақтылығы, м³/м³; $\frac{V_c}{V_2} = n_2$ – ылғалдау үшін пайдаланылатын ұңғымалар немесе жасанды бос кеңістіктердің меншікті көлемі, м³/м³.

Егер келтірілген мәндерді қолданатын болсақ, онда (24.24) теңдеуді келесі түрде жазуға болады:

$$q = \frac{\rho_{cy}}{\rho_{шан}}(n_0 + n_1 + n_2), \quad (24.25)$$

мұнда, ρ_{cy} – толтырылатын су немесе беттік белсенді заттардың судағы ертіндісінің тығыздығы, $кг/м^3$; $\rho_{шан}$ – шаң бөлшектерінің тығыздығы, $кг/м^3$; n_0 – тау-кен қазбасының кеуектілігі, $м^3/м^3$; n_1 – тау-кен қазбасының жарықшақтылығы, $м^3/м^3$; n_2 – ылғалдау үшін пайдаланылатын ұңғымалар немесе жасанды бос кеңістіктердің меншікті көлемі, $м^3/м^3$.

Алынған теңдеу белгілі мәндер көмегімен су немесе беттік белсенді заттардың судағы ертіндісінің меншікті шығынын анықтауға мүмкіндік береді. Кеуектілік және жарықшақтылық мәндерін өндірістің маркшейдерлік бөлімінен алуға болады. Толтырылатын ұңғымалар саны өндірістік-зерттеу көмегімен анықталады. Көбіне маркшейдерлік бөлімдерде және әдістемелік жинақтардағы теңдеуге қатысты, яғни жарықшақтылық, кеуектілік мәндері пайыз есебімен беріледі, сондықтан (24.25) теңдеуді 10^{-2} шамасына көбейте отырып, қорытынды нәтижеге ие бола аламыз:

$$q = 10^{-2} \frac{\rho_{cy}}{\rho_{шан}}(n_0 + n_1 + n_2), \quad м^3/м^3, \quad (24.26)$$

Осылайша (24.26) теңдеу бойынша су немесе беттік-белсенді заттардың судағы ертіндісінің меншікті шығыны $м^3/м^3$ немесе $кг/м^3$ өлшем бірліктерімен СИ жүйесінде өзгеріп отырады. Кейбір тау-кен жұмысы бойынша әдістемелік нұсқауларда кеуектілік пен жарықшақтылық бір мәнмен беріліп, бос кеңістік деп аталады.

Қарастырылып отырған, су немесе беттік белсенді заттардың судағы ертіндісінің меншікті шығынын анықтаумен сипатталатын, алдын ала ылғалдау әдісі ұңғымаларды бұрғылауда, сонымен қатар аттыру жұмыстары кезінде пайда болатын шаң мөлшерін төмендетуге мүмкіндік береді. Алдын ала ылғалдаудың тиімділігі судың немесе беттік белсенді заттардың судағы ертіндісінің меншікті

шығынын дәл анықтауға байланысты болады, ал ол өз кезегінде тау-кен сілемінің физика-механикалық қасиеттерін анықтауда эксперименталдық зерттеулерді нақты жүргізуге байланысты.

24.5. Тау-кен сілемін алдын ала ылғалдауға қажетті су немесе беттік-белсенді заттардың судағы ерітіндісінің меншікті шығынын анықтау

Ұсынылып отырған тау-кен сілемін алдын ала ылғалдау әдісіне судың немесе беттік белсенді заттардың судағы ерітіндісінің меншікті шығыны (24.19) теңдеуімен анықталады. Бұл теңдеу бойынша судың меншікті шығынын анықтау үшін эксперименттік жолмен тау-кен сілемінің кеуектілігін, жарықшақтылығын және ерітінді еңгізілетін жасанды бос кеңістіктердің көлемін анықтау қажет. Алынған нәтижелердің шынайылығы ең басты II бөлімнің (24.19) теңдеуіне кіретін шамаларды нақты анықтауға байланысты болады.

Тау-кен жыныстарының салыстырмалы ылғалдылығы зертхана шарттарында белгілі әдістемеге сай анықталды.

Тау-кен сілемінің ылғалдылығын анықтау мақсатында қазбаның жоғары жиегінен және төменгі жиегінен топырақ сынамалары алынған. Зерттеу барысында қақпағы бар бюксті өлшеп алады, (оның салмағын m_0 деп белгілейміз).

Шамамен 10 г болатын зерттелетін топырақтың сынамаларын алып, бюкке салып, қақпағын жабамыз. Сынамасы бар бюкстің салмағын өлшеп m_1 , кептіру шкафына қойып, біртіндеп (1-2 сағат аралығында) температураны 100-105°C -ге дейін көтеріп отырып, нұсқаны шкафта 5-6 сағат бойына ұстап отырамыз.

Содан кейін кептіру шкафының ішінде кептірілген сынамасы бар бюкстің қақпағын жауып эксикаторға аударады. Эксикатордың түбінде су буларын сіңіретін хлорлы кальций себілген. Ол жерде 30-40 минут суыған соң, салқындатылған бюкстің салмағын өлшеуге болады.

Содан кейін толық кебу үшін қайтадан кептіру шкафына салып, сол жерде 100-105°C температурасында 2 сағат бойында ұстайды.

Бұл үдерісті екі өлшеу мәндерінің айырмашылығы 0,02 г болғанға дейін қайталап жүргізіледі. Өлшеудің нәтижесі ретінде сынамасы бар m_2 бюкстің ең төменгі мәні алынды.

Барлық өлшеулер дәлділігі 0,01 г болатын техникалық таразыларда жүргізіледі. Әрбір нұсқа үшін екіден кем емес зерттеу жүргізілу керек және осы зерттеулердің нәтижесі ретінде арифметикалық ортасын аламыз. Зерттеу нәтижелері 24.1-кестеге енгізілген.

Кеніш шарттарында алынған сынамалардың салыстырмалы ылғалдылығы зертхана шарттарында алынған тау-кен жыныстарының ылғалдылығымен сәйкес келеді. Бұл жерден ұсынылып отырған судың немесе су ерітінділерінің меншікті шығынын анықтау әдісі тау-кен сілемін салыстырмалы ылғалдылыққа дейін ылғалдауға мүмкіндік беретінін айтуға болады. Ал бұл өз кезегінде бұрғылау қондырғысы жұмыс аймағы ауасының шаңдылығының төмендеуіне әкеледі.

24.1-кесте

Салмақтық әдіспен өлшенген ылғалдылықты анықтау нәтижелері

Бюкс салмағы, г	Ылғалды топырағы бар бюкс салмағы, г	Кептірілген топырағы бар бюкс салмағы, г			Топырақылғалдылығы, %
		I	II	III	
m_0	m_1	m'_2	m''_2	m'''_2	$\varphi = \frac{g_1 - g_2}{g_2 - g_0} \cdot 100\%$
2	3	4	5	6	7
85,11	93,56	92,1	92,10	92,10	20
86,12	94,46	93,01	93,00	93,00	21
85,12	93,55	92,00	91,99	91,99	21
85,14	93,59	92,14	92,12	92,12	20
85,13	93,58	92,13	92,11	92,11	20
85,11	93,59	92,14	92,12	92,12	21
85,12	93,55	92,00	91,98	91,98	21

85,14	93,58	92,13	92,00	92,00	20
85,12	93,57	92,12	92,00	92,00	20
85,12	93,57	92,12	92,00	92,00	20
85,223	93,66	92,19	92,142	92,142	20,4

Кендердің және табиғи түрдегі топырақтың құрамындағы судың барлығы табиғи ылғалдылық деп аталады. Тұрақты топырақ суларының деңгейінен төмен орналасқан кендердің табиғи ылғалдылығы шартты түрде тұрақты деп аталады, ал аэрация аймағында, әсіресе топырақ қабатында ол қоршаған ортаның температурасы және ылғалдылығының өзгеруімен байланысты тәуліктік және маусымдық толқуларды өзінен өткізеді.

Салыстырмалы ылғалдылықты табиғи ылғалдылықты ескере отырып келесі тұжырымдардан есептеп, анықтауға болады.

Тау-кен жыныстарының меншікті ылғалдылығы кеуектегі судың мөлшерінің кеуектер көлеміне қатынасымен анықталып, пайызбен есептеледі. Ол тау-кен жыныстарында бос судың болуымен түсіндіріледі.

Сілемге су немесе беттік белсенді заттардың судағы ерітіндісін жібергенде кеуекті кеңістіктер мен сілемдердің жарықшақтарының суға толу әрекеті жүзеге асады. Мұндай жағдайда тау-кен жыныстарының қатысты ылғалдылығы кеуекті кеңістіктегі сұйықтықпен анықталады. Тиісінше, меншікті ылғалдылықты кеуекті кеңістіктегі су немесе беттік белсенді заттардың судағы ерітіндісінің салмағын тау-кен жынысының салмағына қатынасымен анықтауға болады, яғни:

$$\varphi_0 = \frac{P_{cy}}{P_{шан}} = \frac{m_{cy}g}{m_{шан}g} = \frac{m_{cy}}{m_{шан}}, \% \quad (24.27)$$

мұнда, φ_0 – тау-кен жыныстарының салыстырмалы ылғалдылығы, %; m_{cy} – су немесе беттік белсенді заттардың судағы ерітіндісінің салмағы, кг; $m_{шан}$ – тау-кен жыныстарының салмағы, кг.

Су немесе беттік белсенді заттардың судағы ертіндісін және тау-кен жыныстарының салмағын сәйкесінше, кеуекті кеңістік және тау-кен жыныстарының көлемі арқылы өрнектеуге болады. Сондықтан су және тау-кен жыныстарының салмағы үшін келесі теңдеуді жаза аламыз:

$$m_{\text{шан}} = \rho_{\text{шан}} V_{\text{шан}}, \quad (24.28)$$

мұнда, V_0 – кеуекті кеңістік аймағының көлемі, м³; $V_{\text{шан}}$ – ылғалданатын тау-кен жыныстарының көлемі, м³.

(24.28) теңдеуге (24.29) теңдеуді қойып, мынаны аламыз:

$$\varphi_0 = \frac{\rho_{\text{су}} V_0}{\rho_{\text{шан}} V}, \quad (24.29)$$

мұндағы, $\frac{V_0}{V} = n_0$ тау-кен жыныстарының кеуектілігін көрсетеді, м³/м³.

Осылайша, тау-кен жыныстарының меншікті ылғалдылығы келесі теңдеумен анықталады:

$$\varphi_0 = \frac{\rho_{\text{су}}}{\rho_{\text{шан}}} n_0, \quad (24.30)$$

(24.30) теңдеуден кеуектілікті шығарайық:

$$n_0 = \frac{\rho_{\text{су}}}{\rho_{\text{шан}}} \varphi_0, \quad (24.31)$$

Орналасу шарттарына байланысты тау-кен жыныстарының табиғи ылғалдылығы болады, оны алдын ала ылғалдау әдісін жүзеге асыруда міндетті түрде ескеру қажет. Судың немесе беттік-белсенді заттардың меншікті шығыны (24.26) теңдеу бойынша анықталады. (24.26) теңдеуіне табиғи ылғалдылықты ескере отырып (24.31) теңдеуін қойып, нәтижесінде келесіні аламыз:

$$q = 10^{-2} \frac{\rho_{\text{жс}}}{\rho_2} \left(\frac{\rho_2}{\rho_{\text{жс}}} n_0 + n_1 + n_2 \right) =$$

$$= q = 10^{-2} \frac{\rho_s}{\rho_n} \left[\frac{\rho_n}{\rho_s} (\varphi_0 - \varphi_e) + n_1 + n_2 \right], \quad (24.32)$$

мұнда, φ_e – тау-кен сілемінің табиғи ылғалдылығы, %; φ_0 – тау-кен сілемінің салыстырмалы ылғалдылығы, %.

Жарықшақтардың салыстырмалы ылғалдылығы және бос кеңістіктердің көлемі (24.32) теңдеуде пайыз есебімен берілген. Онда (24.32) теңдеу бойынша судың меншікті шығыны СИ жүйесінде м³/м³ өлшем бірлігімен анықталады.

Тау-кен сілемінің кеуектілігі тау-кен сілемінің нұсқаларына су толтыру арқылы зертхана шарттарында анықталған. Сіңетін су көлемінің нұсқа көлеміне қатынасы тау-кен сілемінің кеуектілігін береді. Жарықшақтылық көрінетін жарықшақтарды тікелей өлшеу арқылы анықталады. Алынған көлемнің тау-кен сілемінің көлеміне қатынасы жарықшақтылықты береді.

**Саяқ кенорнының тау-кен массаларының жарылысынан пайда болған
үйіндінің гранулометриялық құрамы**

Карьер	Горизонттар	Тау жыныстары	Индекстері	Жыныстың гранулометриялық құрамы, %, м				
				0-0,20	0,21-0,40	0,41-0,60	0,61-0,80	0,81
Саяк-1	555	Ороговиковті құмтастар	С-1	50,2	21,5	13,4	12,6	2,2
Саяк-1	465	Диорит-порфирит	С-2	53,1	22,2	12,7	10,4	1,5
Саяк-1	“-	“-	С-2	55,5	21,5	12,5	8,7	1,7
Саяк-1	“-	“-	С-2	56,6	21,7	11,7	7,6	2,3
Саяк-1	“-	“-	С-2	57,4	20,6	13,4	7,3	1,2
Саяк-1	487,5	Туфтықұмтастар	С-3	47,4	19,4	15,9	15,0	2,2
Саяк-1	“-	“-	С-3	52,5	21,0	12,3	11,7	2,4
Саяк-1	436	Актинолит-гранатты скарндар	С-5	61,8	21,9	10,7	4,0	1,5
Саяк-1	“-	“-	С-5	42,1	23,6	16,6	13,8	3,8
Саяк-1	“-	“-	С-5	36,8	23,5	19,6	15,3	4,7
Саяк-1	566	Гранодиориттер	С-6	60,1	20,5	10,2	6,5	1,6
Саяк-1	435	Кенді скарндар	С-8	60,0	19,7	15,9	3,1	1,3
Тастау	516	Массивті әктастар	С-9	52,4	19,6	14,9	10,4	2,7

Салмақтық әдіспен анықталған тау-кен массасы үйіндісінің гранулометриялық құрамы

Фракциялар саны	Фракциялар индексі, мм	C-1			C-2			C-2			C-2			C-3		
		φ%	φ%	φ%	φ%	φ%	φ%	φ%	φ%	φ%	φ%	φ%	φ%	φ%	φ%	
1	0-1,0	4,5	4,3	5,2	5,0	3,7	3,5									
2	1,0-2,5	6,0	5,8	6,2	6,1	7,0	6,9									
3	2,5-5,0	7,3	7,5	6,9	8,0	7,2	7,5									
4	5,0-7,5	6,4	6,6	7,9	8,5	7,5	8,5									
5	7,5-10,0	7,7	7,3	9,2	8,7	9,3	9,4									
6	10,0-12,5	9,4	9,0	9,6	9,3	9,6	10,4									
7	12,5-15,0	8,9	9,2	10,7	9,5	10,2	9,1									
8	15,0-17,5	9,9	10,0	7,2	8,5	11,0	7,7									
9	17,5-20,0	7,3	6,7	6,5	4,8	4,1	4,5									
10	20,0-30,0	6,5	7,5	7,0	8,5	6,8	6,9									
11	30,0-40,0	5,9	5,5	5,1	4,5	5,3	6,6									
12	40,0-50,0	6,0	5,8	4,9	4,4	5,9	6,8									
13	50,0-100	5,4	5,6	5,1	4,0	4,5	4,0									
14	100-150	4,8	5,0	4,5	5,3	4,7	5,2									
15	150-200	4,0	4,2	3,8	4,5	3,2	3,0									

Үйдің және оның кеуектерін толтыратын массалар параметрлерінің мәні

№	Жыныс индекстері	Кр м ³ /м ³	м ₄ м ³ /м ³	$\sum_{i=1}^{10} \varphi_i$ 1-ден баст.	$\sum_{i=1}^9 \varphi_i$ 1-ден баст.	$\sum_{i=1}^8 \varphi_i$ 1-ден баст.	$\sum_{i=1}^7 \varphi_i$ 1-ден баст.	φ ₁₀ 1-ден баст.	φ ₉ 1-ден баст.	φ ₈ 1-ден баст.	φ ₇ 1-ден баст.	м ₁₀ м ³ /м ³	м ₉ м ³ /м ³	м ₈ м ³ /м ³	м ₇ м ³ /м ³
1	C-1	1,36	0,26	-	-	0,601	-	-	-	0,300	-	-	-	-	-
2	C-2	1,38	0,27	-	-	0,597	-	-	-	0,320	-	-	-	-	-
3	C-2	1,34	0,25	-	-	0,632	0,560	-	-	0,350	0,310	-	-	-	0,25
4	C-2	1,34	0,25	-	-	0,636	0,551	-	-	0,360	0,310	-	-	-	0,26
5	C-2	1,34	0,25	-	-	0,655	0,545	-	-	0,380	0,310	-	-	-	0,26
6	C-3	1,38	0,27	-	-	0,630	-	-	-	0,300	-	-	-	-	-
7	C-3	1,36	0,26	-	-	0,601	-	-	-	0,310	-	-	-	-	-
8	C-5	1,32	0,24	-	-	0,590	0,513	-	-	0,360	0,310	-	-	-	0,24
9	C-5	1,40	0,29	-	0,697	0,624	-	-	0,290	0,260	-	-	0,30	-	-
10	C-5	1,34	0,25	0,718	-	0,594	-	0,260	-	0,220	-	0,24	-	-	-
11	C-6	1,32	0,24	-	-	0,617	0,519	-	-	0,370	0,310	-	-	-	0,25
12	C-8	1,32	0,24	-	-	0,611	0,512	-	-	0,370	0,310	-	-	-	0,26
13	C-9	1,36	0,26	-	-	0,595	-	-	-	0,310	-	-	-	-	-

Тау-кен массасы үйіндісінің физика-механикалық параметрлері

№	Индекстері	σ	Д	$\sum \Delta k^2$	$P_n, \text{ кг/м}^3$	$m, \text{ м}^3/\text{м}^3$	$\varphi, \%$	$\rho_r, \text{ кг/м}^3$	$\varepsilon, \%$
1	C-1	$9,5 \cdot 10^{-3}$	$9,0 \cdot 10^{-5}$	2,3	3060	0.26	2.2	2264	7,7
2	C-2	$9,4 \cdot 10^{-3}$	$9,0 \cdot 10^{-5}$	2,3	2900	0.28	2.0	2088	7,0
3	C-3	$9,4 \cdot 10^{-3}$	$9,0 \cdot 10^{-5}$	2,3	2700	0.28	1.9	1944	7,0
4	C-5	$9,5 \cdot 10^{-3}$	$9,0 \cdot 10^{-5}$	2,3	2900	0.25	2.1	2175	8,0
5	C-6	$9,5 \cdot 10^{-3}$	$9,0 \cdot 10^{-5}$	2,3	2730	0.28	2.7	1966	7,0
6	C-8	$9,5 \cdot 10^{-3}$	$9,5 \cdot 10^{-5}$	2,3	3800	0.24	3.0	2900	8,0
7	C-9	$9,5 \cdot 10^{-3}$	$9,0 \cdot 10^{-5}$	2,3	2820	0.25	2.5	2115	8,0

Үйдің сумен ылғалданған кезіндегі физика-механикалық параметрлері

№	Жыныстар индексі	ϕ_{a^2} %	W_{m^2} %	W_{r^2} %	$M_{жс^3}$ Н	σ НЛА	$\cos\theta$	θ
1	С-1	44,8	17,1	0,8	$0,9 \cdot 10^{-3}$	$7,3 \cdot 10^{-3}$	0,36	$69,0^0$
2	С-2	44,6	17,5	0,8	$1,0 \cdot 10^{-3}$	$7,3 \cdot 10^{-3}$	0,35	$68,5^0$
3	С-3	46,8	18,8	0,8	$1,2 \cdot 10^{-3}$	$7,3 \cdot 10^{-3}$	0,40	$66,5^0$
4	С-5	45,4	17,7	0,8	$0,9 \cdot 10^{-3}$	$7,3 \cdot 10^{-3}$	0,36	$69,0^0$
5	С-6	48,2	17,9	0,8	$1,1 \cdot 10^{-3}$	$7,3 \cdot 10^{-3}$	0,39	$67,0^0$
6	С-8	65,1	25,7	0,8	$1,4 \cdot 10^{-3}$	$7,3 \cdot 10^{-3}$	0,62	$52,0^0$
7	С-9	49,9	19,1	0,8	$0,8 \cdot 10^{-3}$	$7,3 \cdot 10^{-3}$	0,35	$69,5^0$

Саяқ кенорнының жыныстарын сумен және 0,05 пайыздық беттік-активті заттар ерітінділерімен ылғалғандағы меншікті шығындары

0,05 % ерітінді	$q \cdot 10^3$ m^3 / m^3	$q \cdot 10^3$ m^3 / m^3	$q \cdot 10^3$ m^3 / m^3	$q \cdot 10^3$ m^3 / m^3	$q \cdot 10^3$ m^3 / m^3	$q \cdot 10^3$ m^3 / m^3	$q \cdot 10^3$ m^3 / m^3	$q \cdot 10^3$ m^3 / m^3	$q \cdot 10^3$ m^3 / m^3
Тринатрийфосфат	16,2	16,9	16,7	13,4	17,9	14,8	15,5	15,9	15,9
Полиглицерид	17,3	15,9	16,8	13,9	18,2	15,1	15,9	16,1	16,1
Цикламид	18,7	17,8	19,1	14,4	19,4	13,4	15,6	16,9	16,9
АБЗ	22,8	22,5	23,3	17,5	23,0	16,0	16,8	20,3	20,3
Универсин	19,8	20,8	19,9	15,1	20,0	14,0	14,5	17,7	17,7
ДБ	23,8	23,4	24,8	18,5	24,0	16,8	17,7	21,3	21,3
Су	25,9	30,0	45,5	26,1	34,3	26,9	29,4	31,1	31,1

Беттік-активті заттар ерітіндісімен ылғалданған кезіндегі физика-механикалық параметрлері

Жыныстардың индекстері	С-1			С-2			С-3			С-4		
	$W_{np}, \%$	$\phi_{\alpha^2}, \%$	$\cos\theta_p$	$W_{np}, \%$	$\phi_{\alpha^2}, \%$	$\cos\theta_p$	$W_{np}, \%$	$\phi_{\alpha^2}, \%$	$\cos\theta_p$	$W_{np}, \%$	$\phi_{\alpha^2}, \%$	$\cos\theta_p$
Ерітіндінің параметрлері												
Тринарийфосфат $\sigma_{\tau} = 55,2 \cdot 10^{-3} \text{ Н/м}$ 0,0005%	8,9	28,2	0,22	7,6	25,0	0,21	6,8	23,0	0,21	6,5	23,2	0,20
Полиглицерид $\sigma_{\Pi} = 55,9 \cdot 10^{-3} \text{ Н/м}$ 0,0005%	9,2	28,8	0,22	7,9	24,6	0,21	7,7	24,0	0,22	6,7	23,8	0,20
Циклимид $\sigma_{\text{м}} = 56,1 \cdot 10^{-3} \text{ Н/м}$ 0,0005%	10,2	31,0	0,23	8,7	26,8	0,22	8,5	26,4	0,23	7,4	24,9	0,20
АБЗ $\sigma_{\Pi} = 58,0 \cdot 10^{-3} \text{ Н/м}$ 0,0005%	13,6	37,8	0,26	11,8	33,4	0,25	11,6	32,4	0,26	10,2	30,4	0,23
Универсин $\sigma_{\gamma} = 60,0 \cdot 10^{-3} \text{ Н/м}$ 0,0005%	11,1	32,8	0,25	9,5	29,0	0,24	9,2	27,6	0,25	8,1	26,2	0,22
ДБ $\sigma_{\text{г}} = 67,5 \cdot 10^{-3} \text{ Н/м}$ 0,0005%	14,6	39,6	0,31	12,7	35,0	0,30	12,5	34,3	0,31	10,9	32,0	0,29

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Абрамов Ф.А. Рудничная аэрогазодинамика. – М.: Недра,1972.
2. Дополнения к Руководству по проектированию вентиляции угольных шахт. – М.: Недра,1981.
3. Единные правила безопасности при разработке рудных, нерудных и россыпных месторождений подземным способом. – М.: Недра,1977.
4. Байконуров О. А. Классификация и выбор методов подземной разработки месторождений. – Алма-ата: Наука КазССР, 1969. 606 с.
5. Инструкция по расчету количества воздуха, необходимого для проветривания действующих угольных шахт. – М.: Недра,1981.
6. Изделия шахтной автоматики, изготавливаемые объединением “Союз-углеавтоматика”. Номенклатурный каталог – М.: ЦНИЭИуголь, 1985. 251 с.
7. Ушаков К. З., Бурчаков А. С., Пучков Л. А. Аэрология горных предприятий. – М: «Недра», 1987.
8. Кирин Б. Ф., Ушаков К.З. Рудничная и промышленная аэрология. – М: «Недра», 1987.
9. Мясников А.А., Миллер Ю.А., Комаров Н.С. Вентиляционные сооружения в угольных шахтах. – М.: Недра,1983.
10. Карпов Е.Ф., Клебанов Ф.С., Фирганек Б. и др. Природные опасности в шахтах, способы их контроля и предотвращения. – М.: Недра, 1981.
11. Карпов Е.Ф., Биренберг И.Э., Басовский Б.И. Автоматическая газовая защита и контроль рудничной атмосферы. – М.: Недра,1984.
12. Кирин Б.Ф., Журавлев В.П., Рыжих Л.И. Борьба с пылевыделением в шахтах. – М.: Недра,1981.
13. Пучков Л.А., Егорова Т.Т., Нестеренко В.Н. Моделирование безопасного плавного регулирования вентиляции выемочного участка шахты. – Известия вузов. Горный журнал, 1982, №6, с. 47-49.

14. Цой С. Основы проектирования рудников. Учебник. - Алматы: КазНТУ им. К.И. Сатпаева, 2001.
15. Цой С., Цхай С. М. Электронно-вычислительная техника в вентиляционной службе шахт. – Алма-Ата: Наука КазССР, 1966. 234 с.
16. Ушаков К.З. Газовая динамика шахт. – М.: Недра, 1984.
17. Руководство по проектированию вентиляции угольных шахт. – М.: Недра, 1975.
18. Цой С., Цой Л.С. Основы аэрологии горных предприятий. – Алматы: «КазНТУ», 2009.
19. Жайсаңбай Н. Тау-кен кәсіпорнының ауатанымы. – Алматы, «Ғылым», 2002.
20. Гращенков Н. Ф., Петросян А. Э., Фролов М.А. и др. Рудничная вентиляция (Справочник) - М: «Недра», 1988.
21. Чулаков П.Ч. Теория и практика обеспыливания атмосферы карьеров. М.: Недра, 1973. 159 с.
22. Ушаков К.З., Михайлов В.А. Аэрология карьеров. М.: Недра, 1975. 247 с.
23. Михайлов В.А., Бересневич М.В. и др. Борьба с пылью в рудных карьерах. М.: Недра, 1971. 262 с.
24. Бересневич П.В., Михайлов В.А. и др. Гидрообеспыливание при выемочно-погрузочных работах в карьере. Черметинформация, №2. Серия 1, 1971. 18 с.
25. Радченко Г.А., Ненашев Н.В., Уразбаев С.С. и др. Аэрация и обеспыливание карьеров Казахстана. Алма-Ата: Наука КазССР, 1975, 157 с.
26. А.с. №1474277/СССР/ Способ определения удельного расхода жидкости для обработки навала горной массы. М.Жараспаева, Т.К. Ахмеджанов, А.Жанбатыров и др. Опубл. в Б.И. 1989. № 15, Е 21 F 5/00.
27. Жараспаев М. Определение удельного расхода растворов при обработке навал. //Охрана окружающей среды при разработке твердых полезных ископаемых. Алма-Ата: КазПТИ, 1989. С. 9-15.

28. А.с. № 1377408/СССР/ Способ определения удельного расхода жидкости для обработки навала горной массы. М.Жараспаев /Опубл. в Б.И. 1988. № 8, Е 21 F 5/00.

29. А.с. № 1276833/СССР/ Способ определения удельного расхода жидкости для обработки навала горной массы. П.Ч. Чулаков, М.Жараспаев, Т.К. Ахмеджанов. Опубл. в Б.И. 19868. № 46, Е 21 F 5/00.

30. Жараспаев М.Т., Есекин Б.К. Физические основы обеспыливания при выемочно-порузочных работах. Алматы: Казмеханобр, 1996, 126 с.

31. Жараспаев М. Еңбек қорғау және карьерлер аэрологиясы. Алматы, Қ.И. Сәтбаев атындағы ҚазҰТУ. 2012, 351 б.

32. Кабетенов Т., Бахмагамбетов Б., Рустемов С.Т. Пути улучшения проветривания подземных рудников в зимних условиях ВЕСТНИК КазНТУ им. К.И.Сатпаева, №6, 2007 г.

33. Цой С. Автоматическое управление вентиляционными системами шахт. – Алма-Ата: Наука КазССР, 1975. 335 с .

34. Цой С., Рогов Е. И. Основы теории вентиляционных сетей. – Алма-Ата: Наука КазССР, 1963. 282 с.

35. Қалдыбай Бектаев. Үлкен ҚАЗАҚША - ОРЫСША ОРЫСША - ҚАЗАҚША СӨЗДІК. - Алматы: Алтын Қазына. 2001. 704 б.

36. ҚАЗАҚША-ОРЫСША ОРЫСША-ҚАЗАҚША ТЕРМИНОЛОГИЯЛЫҚ СӨЗДІК. /Кен ісі және металлургия/. Қазақстан Республикасының Үкіметі жанындағы Мемлекеттік терминология комиссиясы бекіткен. – Алматы: Рауан. 2000, 200 б.

37. ҚАЗАҚША-ОРЫСША ОРЫСША-ҚАЗАҚША ТЕРМИНОЛОГИЯЛЫҚ СӨЗДІК. /Экономика және қаржы/. Қазақстан Республикасының Үкіметі жанындағы Мемлекеттік терминология комиссиясы бекіткен. – Алматы: Рауан, 2000. 200 б.

МАЗМҰНЫ

КІРІСПЕ	3
I БӨЛІМ. КЕНІШТІК АТМОСФЕРА	9
§1. Кеніш ауасы	9
1.1. Тау-кен қазбаларымен қозғалыстағы ауа құрамының өзгеруі	10
1.2. Шахтаның газмолдылығы	11
1.3. Кеніш ауасының негізгі құрамдас бөліктері	12
1.4. Кеніш ауасының улы, жарылғыш және радиоактивті қос- палары	16
§2. Метан	22
2.1. Метанның физикалық-химиялық қасиеті	22
2.2. Шахтада метанның бөліну түрлері	25
2.3. Көмір шахтасындағы газдылық баланс	29
2.4. Тау-кен қазбаларындағы метанның рұқсат етілген мөлшерлері	31
2.5. Желдету құралдары арқылы метанмен күресу шаралары ...	32
2.6. Тау-кен қазбаларын газсыздандыру	34
§3. Кеніш шаңы	41
3.1 Жалпы мәлімет	41
3.2. Шаңды қоспаның жанғыштық және жарылғыштық қасиеті	42
3.3. Көмір шаңының жарылғыштығына әсер ететін факторлар	44
3.4. Жанғыш сланец шаңының жарылғыштығы	48
3.5. Шахтадағы көмір шаңының жарылу ерекшеліктері	48
3.6. Шахтадағы көмір шаңының жарылысымен күресудің негізгі шаралары	50
3.7. Күкіртті және сульфидті шаңдардың жарылғыштығы	54
3.8. Шаңмен желдету құралы арқылы күресу	56
3.9. Ауаның шаңдылығын өлшеу әдістері	57

§4. Шахтаның жылулық режимі	61
4.1. Тау-кен қазбаларының микроклиматы	61
4.2. Шахта ауасының жылуылғалдылық шамашарттары	64
4.3. Шахта мен желдетіс ағынының жылулық балансы	67
4.4. Шахта ауасын салқындату, жылыту	68
II БӨЛІМ. ШАХТАЛЫҚ АЭРОМЕХАНИКА	72
§5. Аэростатиканың негізгі заңдары	72
5.1. Аэростатиканың негізгі теңдеуі	72
5.2. Атмосфералық қысымды анықтау формулалары	73
5.3. Қысымның тең әсерлі күшін анықтау	74
5.4. Шахтадағы атмосфералық қысымы	76
§6. Шахта аэродинамикасының заңдары мен негізгі түсініктері	77
6.1. Қозғалыстағы ауа қысымының түрлері. Депрессия	77
6.2. Аэродинамиканың негізгі заңдары	79
6.3. Шахтадағы ауа қозғалысының режимдері	86
6.4. Қазбадағы ауа ағындарының түрлері	89
6.5. Турбуленттік еркін ағыстың сипаттамалары	89
6.6. Кедергі заңы	92
6.7. Шахталық желдетіс ағындарының ұқсастығы	92
§ 7. Тау-кен қазбаларының аэродинамикалық кедергілері	96
7.1. Аэродинамикалық кедергілердің түрлері мен табиғаты	96
7.2. Үйкеліс кедергісі	97
7.3. Жергілікті кедергілер	106
7.4. Маңдайша кедергілер	111
7.5. Аэродинамикалық кедергінің жалпы заңдылықтары	115
7.6. Кедергінің өлшем бірліктері	116
§8. Шахталық желдетіс жүйелері	119
8.1. Жалпы мәлімет	119
8.2. Шахтаның желдетіс жүйелерінің сыныптамасы	120
8.3. Желдетіс торабындағы ауа қозғалысының негізгі заңдары	126

8.4. Желдетіс торабын есептеу	128
8.5. Ауаның табиғи таралуы мен желдетіс торабының жалпы кедергісін есептеу	129
8.6. Желдетіс торабындағы ауаның таралуын реттеуді есептеу...	136
§9. Шахтада ауа қозғалысын тудыратын көздер	139
9.1. Жалпы мәліметтер	139
9.2. Табиғи тартылыс	139
§10. Жерастылық қосалқы желдеткіштің жұмысы	154
10.1. Жалпы түсінік	154
10.2 Бас желдеткішпен жерастылық қосалқы желдеткіштің бірлескен жұмысы	157
§ 11. Шахталық желдетіс торабында ауа шығынының таралуын реттеу	160
11.1. Реттеу әдістері	160
11.2. Бас желдеткіштің жұмыс тәртібінің өзгеруі	161
11.3. Қазбаның аэродинамикалық кедергісін ұлғайту	162
11.4. Қазбаның аэродинамикалық кедергісін азайту	168
11.5. Қосалқы желдеткіштің көмегімен реттеу	169
III БӨЛІМ. ШАХТАНЫ ЖЕЛДЕТУ	172
§12. Кен қазу учаскелерін желдету	172
12.1. Жалпы мәліметтер	172
12.2. Зиянды қоспаларды біртіндеп сұйылту арқылы желдету сұлбалары	173
12.3. Зиянды қоспаларды окшауланған сұйылтумен желдету сұлбасы	174
12.4. Қуатты күрт құлама көмір тақталарын қазу кезіндегі желдету сұлбалары	175
§13. Тұйық қазбаларды желдету	180
13.1. Жалпы мәліметтер	180
13.2. Жалпы шахталық депрессия арқылы қазбаларды желдету	180

13.3. Жергілікті желдеткішті қолданып қазбаларды желдету	182
13.4. Желдетіс жабдықтары	188
§14. Тұйық камераларды желдету	194
14.1. Жалпы мәлімет	194
14.2. Тұйық қазбаларды желдетуді жобалау	196
§15. Шахтаны желдету сұлбалары мен әдістері	201
15.1. Желдету әдістері	201
15.2. Желдету сұлбалары	204
§16. Шахтадағы ауаның жоғалуы	211
16.1. Жалпы мәлімет	211
16.2. Желдетіс ғимараттары арқылы ауаның жоғалуы	214
§17. Шахтадағы желдетіс ғимараттары	217
17.1. Желдетіс ғимараттарының атқаратын қызметі	217
17.2. Желдетіс далдалары	218
17.3. Желдетіс есіктері	221
17.4. Кроссингтер	222
17.5. Өлшеу бекеттері	223
§18. Шахта желдетісін бақылау, шаң-желдетіс қызметі	224
18.1. Жалпы мәліметтер	224
18.2. Ауа қозғалысының жылдамдығы мен шығынын бақылау	224
18.3. Шахта ауасының құрамын бақылау	233
18.4. Ауаның температурасын, ылғалдылығы мен қысымын бақылау	237
18.5. Шаң-желдетіс қызметін ұйымдастыру	241
§19. Шахта желдетісін жобалау	245
19.1. Жалпы мәліметтер	245
19.2. Желдету сұлбасын таңдау	245
19.3. Шахтаның газмолдылығын болжау	247

19.4. Шахтаны желдету үшін ауа шығынын анықтау	251
19.5. Шахтаның депрессиясын есептеу	255
19.6. Шахтаны желдету әдісін таңдау	258
19.7. Бас желдету желдеткішін таңдау	259
19.8. Шахтаны желдетудің экономикалық көрсеткіштерін есептеу	262
IV БӨЛІМ. КАРЬЕРЛЕРДІ ЖЕЛДЕТУ	264
§20. Карьердегі микроклимат және карьер орналасқан ауданның климаттық жағдайы	264
20.1. Ашық кенорнындағы негізгі ластаушы көздер және жұмыс аймағы ауасының күйі	268
20.2. Шаңның шығу қарқындылығын анықтайтын әйгілі әдістер	274
20.3. Шаң көзінің маңында шаңның қозғалу механизмі	277
20.4. Шаңның шығу қарқындылығын аналитикалық негіздеу	278
20.5. Атмосфералық ауада зиянды заттардың таралуы	284
§21. Тиеу-түсіру жұмыстарын гидрошаңсыздандыру	288
21.1. Тау массаларын тиеу кезіндегі шаңды басу үшін қолданылатын әдістер мен тәсілдер	288
21.2. Шаңды басуға қажет судың меншікті шығынын анықтаудың қолданыстағы тәсілдерін талдау	292
21.3. Шаңбайланыстыру үшін сұйықтың меншікті шығынын негіздеу	301
21.4. Бұрғылау-аттыру кезіндегі шаңды басуға қажетті судың меншікті шығынын анықтаудың аналитикалық негізі	311
21.5. Шаңсыздандыратын ерітінділермен тау-кен массаларын ылғалдандыру әдістерін жасау және негіздеу	316
21.6. Үйіндінің параметрлерін анықтайтын зертханалық жұмыстарға фракцияларды таңдау принципі	320
21.7. Карьерлердің тау-кен массасы үйіндісінің гранулометриялық құрамы	325
21.8. Уатылған тау-кен массасы үйіндісінің физика-химиялық параметрлерін анықтаудың нәтижелері	328

§22. Карьер жағдайында тау-кен үйіндісін ылғалдандыру	334
22.1. Тау-кен массасы үйіндісін ылғалдандыру параметрлерін тәжірибе жүзінде анықтау	334
22.2. Ұсынылған әдістің тиеу-тасымалдау жұмыстары кезіндегі шаңды басудағы тиімділігін бағалау	340
§23. Карьерлер атмосферасын желдету және табиғи ауа алмасу	343
23.1. Карьердегі табиғи ауа алмасу	343
23.2. Ауа алмасудың конвекциялық сұлбасы	347
23.3. Ауа алмасудың рециркуляциялық сұлбасы	351
23.4. Рециркуляциялық сұлба кезіндегі карьердегі ауа алмасуды жүзеге асыратын ауа көлемі	361
23.5. Ауа алмасудың турасыздық сұлбасы	367
23.6. Штильден кейінгі карьерді желдету ұзақтығы	374
§24. Бұрғылау-жару жұмыстары кезіндегі шаңмен және газбен күресу	381
24.1. Жару жұмыстары – атмосфераның ластаушы көзі	381
24.2. Аттыру жұмыстары кезіндегі шаңның динамикалық бөлігін модельдеу	385
24.3. Асимметриялық жағдайда карьердегі жарылыстың математикалық үлгісі	388
24.4. Тау-кен сілемін алдын ала ылғалдау үшін қажетті су немесе беттік-белсенді заттардың судағы ерітіндісінің меншікті шығынын анықтаудың аналитикалық негізі	391
24.5. Тау-кен сілемін алдын ала ылғалдауға қажетті су немесе беттік-белсенді заттардың судағы ерітіндісінің меншікті шығынын анықтау	395
Қосымшалар	400
Әдебиеттер тізімі	407

Б. Бахмагамбетов, М. Жараспаев, Т. Кабетенов, С. Т. Рүстемов

ТАУ-КЕН КӘСІПОРЫНДАРЫ АЭРОЛОГИЯСЫНЫҢ НЕГІЗДЕРІ

Оқулық

Басуға 27.12.13 қол қойылды. Қағазы офсеттік.
Қаріп түрі «Times New Roman». Пішіні 60x90¹/16. Баспа табағы 26.
Таралымы: Мемлекеттік тапсырыс бойынша – 610 дана
+ баспа есебінен – 10 дана. Тапсырыс №3/3-14.

ISBN 978-601-225-620-8



9

786012 256208