

Қ.И. СӘТБАЕВ АТЫНДАҒЫ ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ ТЕХНИКАЛЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ
КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ К.И. САТПАЕВА



М. Жараспаев

ЕҢБЕК ҚОРҒАУ ЖӘНЕ КАРЬЕРЛЕР АЭРОЛОГИЯСЫ



**ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ**

**Қ.И.СӘТБАЕВ атындағы ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ
ТЕХНИКАЛЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ**

ЕҢБЕК ҚОРҒАУ ЖӘНЕ КАРЬЕРЛЕР АЭРОЛОГИЯСЫ

М. Жараспаев

Университеттің Ғылыми-әдістемелік кеңесі
оқу құралы ретінде ұсынған

Алматы 2012

ЖОК 533:33 (075.8)

Ж 31

Ж 31 Жараспаев М. Еңбек қорғау және карьерлер аэрологиясы. Оқу құралы. – Алматы: ҚазҰТУ, 2012. 361 бет.

Сурет –63. Кесте –36. Әдебиеттер тізімі – 71 атау.

ISBN 978–601–228–336–5

Бұл оқу құралы – еңбек қорғаудың келесі негізгі сұрақтарына арналған. Ол еңбек қорғаудың құқықтық негіздері, жұмыс орнының қауіпті және зиянды факторлары, шудан, дірілден, радиациядан және электр тогынан қорғау, карьерлер аэрологиясы. Карьерлер ауасын сауықтандыру үшін әртүрлі технологиялық процестер үшін шаңмен газды төмендететін іс шаралар ұсынған. Сонымен қатар, байыту кешендерінде де шаң мен күресу жолдары көрсетілген.

Оқу құралы – техникалық мамандықтары бойынша жоғары оқу орындарында оқитын студенттерге арналған, сонымен қатар құрылыс карьерлерінде, тау-кен және металлургия өндірістерінде инженерлік мамандық бойынша жұмыс істеп жүргендерге пайдалы болуы мүмкін.

Пікір жазғандар: *Өтепов Е.Б.* – техн.ғыл. докт., профессор, ҚазҰТУ,
Тәжісұлова Б.Қ. – техн.ғыл. канд., профессор.

Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігі 2012 жылғы жоспары бойынша басылды.

ISBN 978–601–228–336–5

© М.Жараспаев, 2012ж.

© ҚазҰТУ, 2012ж.

КІРІСПЕ

Кез келген өндіріс үшін қауіпсіз жұмыс жағдайы және адамды түрлі өндірістік зиянды факторлардан қорғауды жасау өзекті мәселе.

«Еңбекті қорғау және карьерлер аэрологиясы» техникалық мамандықта оқитын студенттерге және тау-кен өндірісінде қызмет жасайтын инженерлеріне арналған. Оқу құралы атауына сай негізгі – екі бөліктен және бірнеше тараулардан тұрады.

Еңбек қорғау – дегеніміз еңбек үстіндегі адамның өмір қауіпсіздігін, денсаулығын және жұмысқа қабілеттілігін сақтауды қамтамасыз ететін құқықтың актілер жүйесінен және ұйымдастырушылық, техникалық әлеуметтік-экономикалық және гигиеналық шаралардан тұрады. Осыған сәйкес оқу құралда қарастырылған: еңбек қорғауды ұйымдастырушылық және құқықтық негіздері, шудан және дірілден қорғану, өндірістік жарықтандыру, электр тогынан зақымданудан қорғану, радиациялық қауіпсіздік негіздері.

Оқу құралында өндірісте болатын жазатайым оқиғаларға да көңіл бөлген.

Карьерлер аэрология сұрақтары ретінде келесілер қарастырылған: карьералардың микроклиматы және атмосфера құрамы, оның кенорнындағы негізгі ластанушы көздері және жұмыс аймағына ауасының күйі; тиеу-түсіру жұмыстарын гидро-шаңсыздандыру; карьерлер жағдайында тау үйіндісін ылғалдандыру; байыту фабрикасында ұнтақтау-бөлу кешендерінде шаңмен күресу шараларын ұйымдастыру, карьерлер атмосферасын желдету және табиғи ауа алмасуы; бұрғылау-аттыру кезінде шаңмен және газбен күресу; карьерлер атмосферасын бақылау әдісі және құралдары.

Оқу құралында шаңға ерекше көңіл бөліну себебі, қазіргі кезде көптеген өндіріс орындарында еңбек қорғау бөлімшелерінің болмауы немесе болса да өндіріс иелеріне тәуелді болғаннан

кейін шаң және газбен күресу сұрақтары тыс қалып отыр. Мұнымен қатар шаң тау-кен металлургия өндірісінде ғана бөлініп шықпайды және тағы басқа да өндіріс орындарында да бөлініп шығады. Өкінішке орай көптеген еңбек қорғау оқулықтарында және оқу құралдарында шаңға толық сипаттама берілмеген.

Бұл оқу құралдың бір ерекшелігі – деп келесіні айтуға болады. Автор өзінің ғылыми жұмыстарында шаңды сипаттағанда тұңғыш рет шаңның шығу қуаты, шығу қарқындылығы және таралу қарқындылығы деген ұғымдарды кіргізген. Сол ұғымдарды оқу құралына тұңғыш рет кіргізіп отыр. Сондықтан шаң туралы қарастырылған сұрақтары тау-кен, металлургия өндірісіне ғана қолдануға емес, құрылыс, мұнай-газ игеру және шаң шығаратын басқа өндіріс түрлеріне қолдануға болады.

Оқу құралдың аэрологияға арналған бөлімі – өндіріс орнындағы еңбек қорғау мамандарына өте пайдалы. Себебі, шаңды басу және оның шығуын азайтатын әдістер келтірілген.

Еңбек және қоршаған ортаны қорғау мәселелеріне, өндірістік ортаны қоса алғанда соңғы кездері көп көңіл бөлініп жүр. Өндірістік ғимараттардың қолайсыз ортасының салдарынан болған нәтижелерге жүргізілетін экономикалық және әлеуметтік бағалау жұмыстары денсаулық сақтау, жұмыс өнімділігін көтеру, сонымен қатар өндірістік және табиғи орта сапасын жақсартуда бұл мәселелердің шешілуінің маңызын көрсетеді. Өзінің жұмыс уақытының көп бөлігін өткізетін, қолайсыз қоршаған орта, өндірістік кәсіпорын жұмыскерлерінің жұмыс өнімділігінің 50 пайызға төмендеуіне және науқастанудың 30 пайызға ұлғаюына әкеліп соғады.

Қоршаған ортаны сауықтыру және еңбек жағдайын қорғау жайлы негіз қалаушы құқықтық актілер болып Қазақстан Республикасының еңбекті қорғау туралы Заңы саналады, онда қоршаған ортаны сауықтыру, қауіпсіздік техникасын, өндірістік санитарияны жетілдіру және дамыту т.б. мәселелер қарастырылады. Осыған орай, зиянды және қауіпті өндірістік факторлардың пайда болу мүмкіншілігі аса үлкен болатын, тау-кен игеру саласына көп көңіл аударылу керек.

Минералды ресурстарды игеру және өңдеу кезінде пайда болатын аса зиянды антропогендік фактор болып, тау-кен

өнеркәсібі жұмыскерлерінің науқастануының көбеюіне, жоғарылауына себеп болатын, қоршаған ортаға улы шаңның бөлінуі саналады.

Іс жүзінде барлық тау-кен өндірістері тек қана жұмыс орнын ғана емес, сонымен қатар қоршаған табиғи ортаны да ластайтын көп ресурсты технологияларға, моральды және физикалық ескіріп кеткен қондырғыларға ие.

Сонымен қатар, көптеген өндірістік кәсіпорындарда ластануды азайту және өндірістік еңбек жағдайларын жақсартуда өте аз шаралар жүргізіледі, ал жүргізіліп жатқан шаңдану қарқындылығын азайту және атмосфералық ауаның ластануын төмендету шараларының тиімділігі өте төмен.

Осыған орай пайдалы қазбаларды игеру және өңдеу кезінде пайда болатын шаңды зерттеу және оны төмендету шараларын құрастыру еңбекті қорғау мәселелерін шешуде аса маңызды ғылыми және тәжірибелік өзекті бағыт болып саналады.

Негізінде шаң және газдың шығуын азайту сұрақтары еңбек қорғаудың, өндірістік санитария және еңбек гигиенасына жатады. Сондықтан оқу құралы – еңбек қорғаудың негізгі сұрақтарын қарастырған деп айтуға болады.

1. ЕҢБЕК ҚОРҒАУДЫҢ ҰЙЫМДАСТЫРУШЫЛЫҚ ЖӘНЕ ҚҰҚЫҚТЫҚ НЕГІЗДЕРІ

1.1. Қазақстан Республикасы еңбек қорғаудың негізгі заңдық актілері

Қазақстан Республикасы еңбек заңдылықтары Конституцияға негізделіп, ҚР нормативті актілерінен, заңдарынан және еңбек кодексінен тұрады.

Қазақстан Республикасы еңбек кодексінің 2 бабында еңбек барысындағы адамдардың қарым-қатынасы келесі түрде келтірілген:

Қазақстан Республикасы еңбек заңнамасы Қазақстан Республикасы Конституциясына негізделеді және Еңбек Кодексінен, Қазақстан Республикасы заңдары мен өзге де нормативтік құқықтық актілерінен тұрады.

Осы Кодексте көзделген жағдайларды қоспағанда, Қазақстан Республикасы басқа заңдарына еңбек қатынастарын, әлеуметтік әріптестік пен еңбекті қорғау қатынастарын реттейтін нормаларды енгізуге тиым салынады.

Егер Қазақстан Республикасы ратификацияланған халықаралық шартта осы Кодекстегіден өзгеше ережелер белгіленген болса, онда халықаралық шарттың ережелері қолданылады. Қазақстан Республикасы ратификацияланған халықаралық шартта оны қолдану үшін заң шығару талап етілетін жағдайларды қоспағанда, халықаралық шарттар еңбек қатынастарына тікелей қолданылады.

ҚР-ның еңбек заңдылықтары принциптері еңбек кодексінің 4 бабында қарастырылған:

- адам мен азаматтың еңбек саласындағы құқықтарының шектелуіне жол бермеу;
- еңбек бостандығы;
- кемсітушілікке, мәжбүрлі еңбекке және балалар еңбегінің ең нашар түрлеріне тиым салу;
- қауіпсіздік және гигиена талаптарына сай келетін еңбек жағдайларына құқықты қамтамасыз ету;
- өндірістік қызмет нәтижелеріне қатысты алғанда қызметкерлердің өмірі мен денсаулығының басымдылығы;

- еңбек үшін жалақының ең төменгі мөлшерінен кем емес, әділетті сыйақыға құқығын қамтамасыз ету;
- тынығу құқығын қамтамасыз ету;
- қызметкерлердің құқықтары мен мүмкіндіктерінің теңдігі;
- қызметкерлер мен жұмыс берушінің өздерінің құқықтары мен мүдделерін қорғау үшін бірігу құқығын қамтамасыз ету;
- әлеуметтік әріптестік;
- еңбек қауіпсіздігі және еңбекті қорғау мәселелерін мемлекеттік реттеу;
- қызметкерлер өкілдерінің Қазақстан Республикасы еңбек заңнамасының сақталуына қоғамдық бақылауды жүзеге асыру құқығын қамтамасыз ету болып табылады.

ҚР еңбек заңдылықтарын сақтаудағы жұмысшылар өкілдерінің қоғамдық бақылауды жүзеге асыру құқықтарын қамтамасыз ету.

Жұмысшы мен жұмыс беруші арасындағы қарым-қатынастар ҚР еңбек кодексінің бабтарында қарастырылып, негізгі құқықтары мен міндеттері көрсетілген.

Еңбек кодексіне сәйкес жұмыс беруші жеке немесе заңды тұлға болсын, еңбек келісімшартына отырады.

Жұмысшы – жеке тұлға, жұмыс берушімен еңбек қатынастарына тұрып, еңбек келісімшартына сәйкес жұмыс атқарады.

Жұмысшы мен жұмыс берушінің қарым-қатынасы бұйрық, жарлық, тәртіп шығарылуымен түсіндіріледі.

Жұмысқа қабылданған кезде жұмыс беруші қызметкерлерді ұйымдағы ішкі еңбек тәртіп ережелерімен, жұмыс берушінің, қызметкерлердің жұмысына (еңбек функциясына) қатынасы бар өзге де актілермен, ұжымдық шартпен таныстыруға міндетті.

Еңбек шартында қызметкерлердің тапсырылатын жұмысқа біліктілігінің сәйкестігін тексеру мақсатымен сынақ мерзімі туралы талап белгіленуі мүмкін. Бұл талап еңбек шартында болмаса, қызметкер жұмысқа сынақ мерзімінсіз қабылданды деп есептелінеді.

Еңбек Кодексінің 82 бабына сәйкес жұмыс уақытының ұзақтығы қалыпты, ұзақтығы қысқартылған және толық емес болуы мүмкін. Жұмыс уақытының қалыпты ұзақтығы аптасына 40 сағаттан аспауға тиіс.

Күнделікті жұмыстың (жұмыс ауысымының) ұзақтығы бес күндік жұмыс аптасы кезінде күнделікті жұмыстың ұзақтығы апталық норма 40 сағат болғанда – 8 сағаттан, апталық норма 36 сағат болғанда – 7 сағат 12 минуттан, ал апталық норма 24 сағат болғанда – 5 сағаттан аспауға тиіс. Егер жұмыс аптасы алты күндік болса, онда ұзақтығы 40 сағат болғанда – 7 сағаттан, 36 сағат болғанда – 6 сағаттан, 24 сағат болғанда – 4 сағаттан аспауға тиіс. Түнгі уақыт 22 сағаттан таңғы 6-дан аспауы керек. Түнгі уақыттағы жұмысқа жүкті әйелді өз келісімімен ғана жіберуге болады. Түнгі жұмысқа 18 жасқа толмаған балалар және түнгі жұмысқа жарамайтын медициналық қорытындысы бар тұлғалар жіберілмейді. Ал жеке категориялы жұмысшылар үшін қысқартылған жұмыс уақыты белгіленеді:

1) 14-16 жас аралығындағы жұмысшыларға – аптасына 24 сағаттан аспауы тиіс; 16-18 жас аралығындағы жұмысшыларға – аптасына 36 сағаттан аспауы тиіс;

2) Еңбектің зиянды жағдайдағы ауыр физикалық жұмыспен айналысатындарға аптасына 36 сағаттан аспауы тиіс.

Он сегіз жасқа толмаған қызметкерлер еңбек қатынастарында құқықтары бойынша, кәмелетке толмағандармен бірге теңестіріледі, ал еңбекті қорғау, жұмыс уақыты, демалыс уақыты және басқа да еңбек жағдайлары еңбек кодексіне сәйкес қосымша кепілдіктерде пайдаланылады.

Сонымен қатар еңбек қорғаудың нормативті актілеріне қатысты құжаттарда:

Бекітілген еңбек қауіпсіздігі жүйесінің стандарты (ЕҚЖС), мемлекеттік стандарт (МЕСТ) – Мемлекет аралық ТМД советі стандарты, метрология және сертификаттау; салалық стандарт (ССТ) – министрлікпен, мекемемен, басқа да орындаушы биліктің орталық органдарымен сәйкестендірілген.

ҚР денсаулық сақтау министрлігінің басты санитарлық-эпидемиологиялық басқаруының мақұлдауымен санитарлық ереже, норма, гигиеналық нормативтер, эргонометриялық, физиологиялық және басқа да талаптар;

салалық тағайындаудағы еңбек қорғаудағы ережелер мен нұсқаулықтар, Қазақстан Республикасы еңбек министрлігінің еңбек қорғау департаментінің бұйрығымен, орындаушы биліктің

орталық орган және сәйкес бақылаушы және қадағалаушы органының келісімімен;

салааралық тағайындаудағы еңбек қорғаудағы ережелер мен нұсқаулықтар, Қазақстан Республикасы еңбек министрлігінің еңбек қорғау департаментінің бұйрығымен министрліктермен өкілеттіліктер келісімімен.

Көрсетілген нормативті актілер Қазақстан Республикасы үкіметінің 11.11. 2004 ж. №1182 қаулысына сәйкес мемлекеттік органда жасалып бекітіледі.

Жоғарыда аталған актілер негізінде Қазақстан Республикасы әр субъектісі үшін 02.12. 2004 ж. №278-П бойынша халықты әлеуметтік қорғау және еңбек министрінің бекітілген бұйрығымен өнеркәсіп санитариясы мен гигиенасы еңбек қорғау ережесін фирмалық нақты өнеркәсіп жағдайына жасалынады. Қазақстан Республикасы интеграциясы Әлемдік еңбек нарығында алдын ала анықтау қажеттілігімен халықаралық өндірістерге қосып жіберу және еңбек қорғау құжаттарына сәйкес былай жазылады:

Қазақстан Республикасы еңбек құқығын қорғау заңнамалық актісінің бөлінбейтін бөлімі 30.09.95 ж. ҚР конституциясына негізделген.

1. Әр адам еңбек еркіндігі құқығын алуға, мамандық пен іс-әрекеттің еркін түрін таңдауға құқылы. Мәжбүрлі жұмыс істеу тек соттың заңды күшіне енген үкіміне байланысты және төтенше жағдайда немесе соғыс жағдайында талап етіледі.

2. Әр адам гигиена мен қауіпсіздік талаптарына жауап беретін еңбек жағдайына құқылы, еш себепсіз еңбегіне сыйақы беру, сонымен қатар жұмыссыздықтан әлеуметтік қорғалуына құқылы.

3. Жекелей және коллективтік еңбек пікір таластыруда белгіленген заңға сәйкес әдістер олардың жүзеге асырылуын, оның ішінде көтеріліске шығуына құқылы.

4. Әр адам демалыс алуға құқылы. Еңбек келісімшартымен жұмыс істейтін жұмысшылар жұмыс уақыты ұзақтығымен белгіленген заңға кепілдеме беріледі, демалыс және мейрам күндері, сонымен қатар ҚР заңы бойынша «ҚР еңбек туралы» 10.12.99 ж. №493-1 сәйкес қабылданған:

ҚР еңбек кодексі;

ҚР заңы 07.02.05 ж. №30-ІІ «Жұмыс ұсынушының азаматтық-құқықтық жауапкершілігі жұмысшының еңбек ету міндеттемелері барысында денсаулығына зиян келмеуін, өміріне қауіп төнбеуін сақтандыруға міндетті».

Қазақстан Республикасы еңбек кодексінің бірінші тарауында жұмыс беруші, жұмысшы туралы ұғымдар келтірілген.

Жұмысшы – жеке тұлға, жұмыс берушімен еңбек қарым-қатынасына тұруымен жеке еңбек келісімшарты бойынша жұмыс атқарушы.

Жұмыс беруші – заңды немесе жеке тұлға, жұмысшымен еңбек қатынасына тұрушы. Жұмысшы өкілдері – кәсіби одақ органдарының бірлесуі, оларға ұйымдастырушылық құжаттарына сәйкес үкіметтік сенім берілген, шешім қабылдауларына сенім білдіру, сонымен қатар басқа да ұйымға сенім білдірген жұмысшы тұлғалар.

Еңбек кодексінің 8 бабы бойынша мәжбүрлеп жұмыс істетуге тыйым салынған. Мәжбүрлеп жұмыс істету кездейсоқ жағдайдағы сот үкімімен немесе әскери мерзімде ғана қолданылады. 89 тарауға сәйкес жұмыс уақытынан тысқары уақыттағы жұмыс әр жұмысшыға (ауыр физикалық зиянды жұмыс немесе еңбектің қауіпті жағдайында – бір сағат) бір күндік жұмыс уақытынан екі сағаттан аспауы керек. Осымен жалпы тысқары жұмыстың ұзақтығы аптасына төрт сағаттан аспауы керек және физикалық ауыр емес еңбектің қауіпті жағдайында екі сағаттан аспауға тиіс. Сонымен қатар аса зиянды тысқарғы уақыттағы жұмысқа тыйым салынады.

ҚР заңы 13.06.96 ж. №7-1 конвенция бекітілді МОТ№ 155 (Женева, 3.06.1981ж);

ҚР Президентінің жарлығы 04.09.95 ж. № 2451 еңбек қорғау аумағындағы қызметтестік келісім бекітілді (Москва, 9.12.1994. ж.);

ҚР Президентінің жарлығы 25.08.95 ж. № 2423 бақытсыз жағдайларды анықтаудағы келісім бекітілді (Москва, 9.12.1994 ж)

ҚР Президентінің жарлығы 25.05.95 ж. №2303 зиянның орнын толтырудағы құқықты мойындау келісім бекітілді (Москва, 9.09.1994 ж.);

ҚР заңы 26.06.96 ж. №10-1 конвенция бекітілді МОТ № 148. Халықаралық құжаттар нормаларын қолдана отырып, бұл нормалар

халықтық заңнамалық күшіне басымдылық танытады п.8 ст.3 ГК РК 27.12.94 ж. № 268-ХІІ.

1.2. Нұсқаулықтар

Әр кәсіпорында тұрақты немесе уақытша жұмыскерлерге жарақат алу және кәсіби аурулар пайда болу қаупі бар болса, нұсқау беру жүйесін қалыптастыру керек.

Жұмысқа қайта кірген жұмысшылар жалпыға бірдей нұсқаулықпен, өнеркәсіптік санитария және техника қауіпсіздігі ережесінен өткеннен соң ғана жұмысқа жіберіледі.

Жұмыс орнындағы техника қауіпсіздігі ережесі нұсқаулығының бастапқы өтуі жұмыс жағдайының өзгеруіне және басқа жұмысқа ауысуына қажет.

Нұсқаулықпен қайталап танысу 6 айдан жиі болмауы тиіс, жоспарланбаған түрі еңбек қорғау ережесінің өзгеруімен, технологиялық үрдістер, құрал-жабдықтарды ауыстыру, саймандарға бейімделу, сонымен қатар жұмысшылардың қауіпсіздік талаптарын сақтамауынан жүргізіледі.

Қайта жүргізілген нұсқаулықтар ҚР СНжЕ 1.03-05-2001 сәйкес техника қауіпсіздігі инженерінің қолдауымен және өндіріс сипатымен нақты іс-әрекет нормативтері жағдайына қарай ереже бойынша іске асырылады.

Жұмысшыларға объектінің жалпы жағдайымен, ішкі тәртіп ережесімен, жарақат алудың басты себептерімен, зардап шеккендерге алғашқы көмек көрсетудің әдістері жүргізіледі. Өнеркәсіп аумағында және бөлмелердегі жылжу ережесімен, жүктерді тиіп-тасудағы қауіпсіздік шаралары, қол саймандары жұмыстарында, станок пен механизммен жұмыс істегенде, электр қауіпсіздігі шарасында, тұрмыстық құрылу талаптары, арнайы аяқ киім мен арнайы киімдерді пайдалану ережелері, негізгі өртке қарсы іс-әрекеттер, еңбек қорғау инспекторларының рөлі және техника қауіпсіздігі бұзылуына жауап берулері жайлы айту өте маңызды.

Қайталап нұсқаулық беруді өнеркәсіптің бас инженері немесе техника қауіпсіздігі инженері қамтамасыз етеді. Бөлімше бастығы,

не болмаса шебері жұмыс орнындағы техникалық қауіпсіздігі нұсқаулығын өткізуге тиісті.

Негізгі назарды бірлескен жұмыстың өткізілуі тәртібіне және өнеркәсіптегі қозғалысқа, газ сваркаларын орындарға орналастыруға, электр құрылғыларын қосуға, өртке және жарылысқа қауіпті заттармен жұмыс істей алуға, сонымен қатар денсаулыққа зиянды материалдарға, қорғаныс тәсілдерін меңгеруге, арнайы аяқ киімдерге, касканы киюге, жүк тиеп түсіру жұмыстарының қауіпсіздігіне, дайындауға, баспалдақпен жұмысқа, қол және механикаландырылған құрал-жабдықтарды пайдалануға арнау керек.

Жұмыс орнындағы нұсқаулық жұмыстың қауіпсіздік әдістерімен жүргізілуін көрсетеді. Сосын бөлімше бастығы, не шебер мамандық бойынша келіп түскен техника қауіпсіздігі нұсқаулығын қолхат алып тапсырады. Жұмыстың қауіпсіз әдістерін толық меңгеруін қадағалай отырып, арнайы нұсқаулықтың өтуі жайлы журналға және бақылау қағазына жұмысқа қабылдануы туралы бұйрыққа екі жақты қол қойылады.

Қайталап нұсқаулық беру 3 айда бір рет (тоқсанның бірінші жұмыс күні) кейде жұмыс жағдайы өзгерген уақытта, техникалық қауіпсіздік ережесін бұзушылықтар болғанда өткізіледі. Нұсқаулықтан басқа жұмысшының жұмысқа кірген күнінен бастап 3 айдан аспас бұрын кәсіпорын басты инженерінің бұйрығымен бағдарламаға сәйкес қауіпсіз әдістер жайлы оқыту керек. Оқу аяқталған соң және алдағы уақыттарда білімдерін қадағалай отырып, куәлік тапсырылады. Бақылау нәтижелері бойынша хаттама толтырылады.

1.3. Кәсіпорын жарақаттарын тексеру, тіркеу және ресімдеу

Ресейде ең бірінші рет 1903 жылы жазатайым жағдайлар, оның ішінде жарақаттану заңға кіргізілді. 1913 жылы XII Пирогов съезінде арнайы «жарақаттану» ауруханаларын, ал медицина университет-терінде жарақаттану кафедрасын ашуға ұсыныс жасалды. 1912 жылы Мәскеуде емдеу-протез институты (1940 жылдан бастап орталық жарақаттану және ортопедия институты)

құрылды. 1927 жылы Наркомздрав РСФСР емдеу мекемелері өнеркәсіп жарақаттары және оны емдеу шараларымен міндеттелді. 1952 жылы ДС КСРО әріптестері жарақаттанудың негізгі үш түрін ажыратты: кәсіпорындық, кәсіпорындық емес және қасақана. 1970 жылы КСРО Әлемдік статистикалық жіктелулерге ауруларды, жарақаттарды және өлім себептерін, XVII класқа жарақаттарды енгізді. Жарақаттың бастапқы өлім себептерін жіктеу қосымша Е кодты айдарында қолданылады.

Жарақат (Травма жарақат, зақымдану) – қоршаған ортаның әртүрлі факторларының әсер етуінен туындаған тіндердің анатомиялық бұзылуы немесе мүшелердің функцияларының бұзылуы.

Зақымдануына қарай жарақаттарды механикалық, химиялық, термикалық, акустикалық, психиатриялық, т.б. бөлуге болады. Дене зақымдануының ауырлығы қарай өмірге қауіптілігімен жіктеледі.

Өмірге қауіпті бөліміне 1 – бас сүйектің, омыртқаның, іштің, кеуденің зақымдануы; 2 – ашық және жабық сүйектердің жиынтығы және бас сүйектің зақымдануы; 3 – бас мишықтың ауыр соққысы; 4 – бас сүйек ішінің қан құйылуынан өмірге қауіпті жағдайы; 5 – мойын омыртқаның зақымдануы жатады.

Дене жарақатының ауыр қауіпті зақымдануының шегі: жанарынан айырылу, керемдік, бір мүшенің функциясының бұзылуы, психикалық аурулар, денсаулықтың 3 аптадан асқан (21 күннен астам) ұзақтығымен немесе еңбекке қабілеттіліктің 10–33% құрайды.

Жеңіл дене зақымдануы денсаулықтың аз уақыттық (ұзақтығы 6 күннен астам, бірақ та 3 аптадан аспауы керек) немесе еңбекке қабілеттіліктің 10% құрайды. Өнеркәсіппен байланысты қайғылы жағдайларды тіркеу және тізімдеу, хаттау тәртібі «Қайғылы жағдайларды тіркеу және тексеру ережелері» ҚР үкіметінің 3.03.2001ж. №326 бұйрығымен сәйкес анықталады.

Әр қайғылы жағдайда зардап шеккен немесе көрген адам көп кешіктірмей жұмыс ұсынушыға немесе жұмыс ұйымдастырушыға хабарлау керек.

Қайғылы жағдайларды тексеруге кәсіби дайындықтан өткен жеке адамдар, оқу орындарындағы жалпылама мамандандырылған

бағдарламадан өткен жеке адамдар, жоғарғы оқу орнынан кейінгі кәсіби жұмыс ұсынушының жұмыстарын орындауымен және кәсіби тәжірибеден өткендер, жұмыс орындауға міндеттелген әскери қызметтегілер, сот үкімі бойынша еңбекке тартылғандар, әскери жасақтағы апатты-құтқарушылар бөлімінің жеке құрамы, әскери жасақтағы күзет, стихиялық апат салдарынан адам өмірі мен мүлкін құтқарудағы еркін топ мүшелері қатыса алады.

Жұмысшының денсаулығының зақымдануы оның еңбек іс-әрекет байланысы уақытша бірер күнге және одан да көп немесе үнемі еңбекке жарамсыздығы өндірістегі қайғылы жағдай ретінде қаралады.

Жұмыс беруші зардап шеккен адамға алғашқы медициналық көмек көрсетуді ұйымдастыруға және оны денсаулық сақтау мекемелеріне жеткізуге, сонымен қатар апат болған жерді тексеру басталғанға дейін сол қалпында сақтауға міндетті. Жұмыс ұсынушы қайғылы жағдай немесе жұмысшының денсаулығы зақымдануы жайлы: 1) аймақтық мемлекеттік еңбек органының өкілетті бөлімдеріне, кәсіпорын объектісіндегі қауіпті жағдайдың орын алғанын жергілікті апатты жағдайлар органдарына, 2) кәсіпорын жұмысшылары өкілдеріне (профсоюз), 3) сақтандыру ұйымдарымен келісімшартына тұрған болса, 4) жергілікті Мемсанэпидем қызметі органын кәсіби аурулар немесе улану болу қаупімен тез арада хабарлау керек.

Өндіріске қатысты қайғылы жағдайларды тексерушінің тіркеу және хаттау жасау тәртібі ҚР 3.03.2001 ж. №326 үкіметі қаулысының талабына сәйкес жасалынады.

Ауыр және өлу шегі бар қайғылы жағдайларда топтың, екі және одан да көп жұмысшылардың, топтық өткір кәсіби аурулар болғанда жұмыс ұсынушы апат болған аймақ бойынша заң орындарына, өнеркәсіптік және өкілетті бақылау органдарына тез арада хабарлайды.

Қайғылы жағдайды тексеруді комиссия мүшелері 24 сағат ішіндегі кәсіпорын басшыларының құрамға кіру уақытынан бастап: төраға-кәсіпорын басшылары немесе орынбасарлары, мүшелері, кәсіпорын басшысы қызметі, жұмысшылардың өкілетті органдарының уәкілдері немесе зардап шегушінің сенімді адамдарымен іске асырылады.

Ауыр немесе өлу шегі бар қайғылы жағдайларды, екі немесе одан да көп жұмысшылардың бір мезгілде топтық қайғылы жағдайларға ұшырағанда, топтық өткір кәсіби ауруларды арнайы тексерушілер 10 күннен астам, аумақтың мемлекеттік еңбек органы құрамында: мемлекеттік еңбек инспекторы төрағасы, жұмыс ұсынушы – мүшелері, жұмысшылардың өкілетті органдары төрағалары немесе зардап шегушінің сенімді адамдары тексерісті қажет етеді.

Топтық қайғылы жағдайларды екі адамның өлу жағдайын тексеруді Алматы және Астана қалалары аудандарының бас еңбек меминспектор басқаруымен тексеру жүргізіледі. Топтық қайғылы жағдайлар төрт-бес адам болса, мемлекеттік еңбек органы, ал бес адамнан жоғары болса, Қазақстан Республикасы үкіметі тексеру жүргізеді.

Жұмысшы бір күндік еңбекке қабілеттілігін жоғалтқан жағдайда әр қайғылы жағдай үшін Н-1 формасында акт жасалынады. Н-1 формалы акт кәсіпорынның бөлім және еңбек қорғау басшысының, кәсіпорын жұмысшыларының өкілдері толтырып, қол қоюларымен жұмыс ұсынушының бұйрығы мен кәсіпорын мөрімен расталады. Кәсіби аурулар (улану) Н-1 формалы актісінде Мемсанэпидем қызметі өкілдері қол қояды. Егер жұмыс ұсынушы физикалық тұлға болса, Н-1 формалы акті жұмыс ұсынушы толтырып қол қояды, нотариалды расталады. Әр қайғылы жағдайды тексерудің соңында жұмыс ұсынушы үш күннен аспай зардап шегушіге немесе оның сенімді адамына Н-1 формалы актіні беруі керек. Осы актінің бір нұсқасы жұмыс ұсынушы да, келесісі еңбек меминспекторға жіберіледі. Кәсіби ауру жағдайында және улануда Н-1 актысының көшірмесі мемсанэпидем қызметі органына жіберіледі. Ауыр және өлу шегі бар қайғылы жағдайларды, топтық қайғылы жағдайларды және топтық өткір кәсіби аурулар арнайы тексерудегі актімен хатталады, жұмыс ұсынушы мемлекеттік еңбек инспекторы тексеру төрағасына (2 нұсқасын) сонымен қатар басқа да мемлекеттік және ведомствалық қадағалау мен бақылаудың талаптары бойынша жіберіледі. Жеті күндік тексерудің аяқталуында арнайы тексеру актісінің материалдары мемлекеттік еңбек инспекторынан жергілікті ішкі істер органына жіберіледі.

Топтық қайғылы жағдайлардың арнайы акті материалдарының бір нұсқасы қауіпті өнеркәсіп нысандарындағы кездесетін кездейсоқ жағдайлардың алдын ала ескерту мен зарарсыздандыру мемлекеттік өкілетті органының еңбек және орталық орындаушы органына жіберіледі.

1.4. Жарақаттануды талдау әдістері

Жарақаттану статистикалық, топтық, монографиялық, топографиялық және экономикалық әдістермен талданады.

Тексеру актілері негізінде белгілі уақыттағы қайғылы жағдайлардың жиынтығына статистикалық талдау жасалынады. Жарақаттанудың статистикалық талдауына қайғылы жағдайлардың абсолютті сандық көрсеткіштері мен жұмысшылардың саны ескеріледі, жиілік коэффициенті және жарақаттанудың ауырлығына қатысты көрсеткіштер анықталады.

Жарақаттардың жиілік коэффициенті K_q белгілі уақыт аралығындағы зардап шеккендердің мыңдаған жұмысшылардың орта тізімдегі құрамына байланысты саны анықталады.

$$K_q = \frac{n}{p} \cdot 1000, \quad (1.1)$$

мұндағы n – қайғылы жағдайлардағы зардап шеккендер, олардың ішінде қайтыс болғандары; p – нысандағы тіркелген қайғылы жағдайдан зардап шеккен жұмысшылардың орта тізімдік саны.

Жарақаттың ауырлығы коэффициенті K_T – уақытша еңбекке жарамсыздықтың есептелген мерзімінің бітуі, өлу шегі және мүгедектікке өтуі жағдайында ғана қолданылады.

Ауырлығы коэффициенті K_T – бір қайғылы жағдайдағы есептелген мерзімдегі еңбекке жарамсыздықтың орташа күндік саны.

$$K_T = \frac{T}{n}, \quad (1.2)$$

мұндағы T – еңбекке жарамсыздық күндері бойынша жалпы уақыт (ауру парағының бітуімен) n – қайғылы жағдайлар.

Жоғалту коэффициенті K_{Π} – 1000 жұмысшының еңбекке жарамсыздық күндер саны.

$$K_{\Pi} = K_{\text{ч}} \cdot K_{\text{т}} \cdot \frac{n}{p} \cdot 1000 \frac{T}{n} \cdot 1000 \quad (1.3)$$

Жарақаттанудың топтық әдістерін білуде қайғылы жағдайлардың қайталануы ауырлық зақымдануларға тәуелді емес. Қайғылы жағдайлардың байқалуы топтық мақсатта, жағдайлардың біркелкілігімен, бір ахуалда, біртекті құрылғылармен, сонымен қатар зақымдану сипатының қайталануымен жіктеледі. Қайғылы жағдайлар еңбекке қабілеттілікті жоғалту деңгейімен және зақым келтіруші фактормен топталады. Сосын әр зақым келтіруші фактор алдағы техникалық айқындауларды, кәсіпорындық себеп және жұмысшының жеке іс-әрекетін топтастыруға тартады.

Талдауларды толықтыру үшін іс-әрекетпен, мамандықпен, еңбек өтілімен, зардап шегушінің жасы және жынысымен, жарақат алған жері және оның түрі т.б. топтастырылады.

Жарақаттануды топографиялық әдіспен тану, қайғылы жағдай болған жердегі себептер қаралады. Оның негізгі мақсаты – қайталау емес, топографиясы, яғни біртекті емес жағдайдағы оқиғаның өрбуі. Топографиялық қайғылы жағдайларда цехтың, зауыттың жобасындағы шартты белгілердің ілінуі, нәтижесінде жарақаттану аймағын көруге ыңғайлы, сауықтыру шараларын қабылдауға және білуге ерекше назар аударады. Қайғылы жағдай болған жерді суретке түсіру арқылы жарақаттану себептерін зерттеуді жеңілдетеді. Бұл әдістің кемшілігі – потенциалды қауіптілікті жасыра алмайды, жарақаттану материалдары біршама шамадан тыс көп болғанда ғана қолданылады. Автоинспекцияда кең қолданылады.

Жеке нысандарда, үлкен сандағы қайғылы жағдайларда немесе ерекше ауыр жағдайда монографиялық талдау жасалынады. Мұнда тек қайғылы жағдайлар туралы мәліметтер ғана өңделмейді, нысанды техникалық зерттеумен қатар, белгілі бір жағдайда жарақаттануға әкелетін потенциалды қауіптілікті айқындайды. Монографиялық талдауда еңбек және техникалық үрдістер, басты және қосымша құрал-жабдықтар, өндіріс жағдайы,

жұмыс орны, траектория және адамдар қозғалыс бағыты, жеке қорғаныс заттары, киім мен жұмыс ерекшелігі, еңбек дағдысы және демалыс т.б. оқылады. Бұл әдіс жарақаттанудың алдын алуды толығымен анықтайды.

Монографиялық зерттеулер көрсеткіштерін салыстыру техника қауіпсіздігінің жеке жағдайын жинақтауда мүмкіндік береді. Бұл әдіспен өнеркәсіп жағдайы, метеорологиялық факторлар, вибрация және шу деңгейі, жарықтану т.б. оқылады. Мұнымен жұмысшылар құралы және олардың кәсіби іс-әрекеттері, еңбек ұйымының деңгейі және жағдайы, техникалық прогресс, еңбек қорғау органдары жұмысшылардың кәсіби деңгейі, қауіпсіздік іс-шара нәтижелері, еңбек өнімділігіне оның әсері танылады.

Эргометриялық әдіс «адам-көлік-өнеркәсіптік орта» жүйесін кешенді оқуға негізделген. Еңбек іс-әрекетінің әр түрі белгілі бір физиологиялық, психофизикалық және психологиялық адам сапасымен, сонымен қатар антропометрикалық мәліметтер сәйкес келуі керек. Адамның көрсетілген қасиет ерекшеліктеріне сәйкес нақты еңбек іс-әрекеті де тиімді және қауіпсіз жұмыс болуы мүмкін. Сәйкестіктің бұзылуы қайғылы жағдайға әкелуі мүмкін. Адамның жұмысқа қабілеттілігі организмнің қалыптасуындағы биологиялық қалыптылығына және гелиофизикалық құбылыстарға байланысты.

Гравитациялық күштің әсерінен аспан денесімен арақашықтығының өзгеру әсерінен жер магнетизмі немесе атмосфера ионизациясы белгілі бір жылжуларынан өтіп, адам организмнің жағдайы мен мінез-құлқына әсерін тигізеді.

Күннің жоғары қарқындылығы кезінде және ауа-райының күрт өзгеруінен қайғылы жағдайлар көп кездесетіні туралы мәліметтер бар. Эргометриялық әдіс жарақаттануға талдау жасауда, басқа әдістерге жете бермейтін мәліметтер алуға болады. Мысалы, 80% артық қайғылы жағдайлар мұнай-газды кәсіпорындардағы операторлар зардап шегушінің қателіктерінен, яғни психофизиологиялық үрдістер, көңіл аудару (43%), жедел ойлау (10,5 %), моторлы координация (30%). Сонымен қатар, адам-оператор келесі түрдегі іс-әрекеттерді таратуда көптеген қателіктер жібереді: көретін нәрсені қабылдау – 13,7%, сенсомоторлы координация – 46%, кезекті шақыруда жетектің әрекет етуде жауап

берудегі бөгелісі – 17%, 4% қайғылы жағдайлар мотордың әрекетіндегі жеткіліксіз жылдамдықта және жалпы қозғалудың төменгі деңгейінен болады.

Мүмкін болатын қатер. 2 «Мүмкін болатын қатер» ұғымы Кельнде 1990 жылы қыркүйек айында тіршілік әрекетінің қауіпсіздігі бірінші Әлемдік конгресте техникалық әдебиеттерге енгізілді.

Қатер – бұл белгілі мерзімде кездесетін жағымсыз аяқталуларға байланысты қауіптің жиілігін көрсететін сандар (В.Маршалл).

Мүмкін болатын қатер – техникалық, экономикалық, әлеуметтік және политикалық аспектілерді тіркей отырып, талап ететін қауіпсіздік деңгейі және сәттілік мүмкіндіктері арасындағы қиюласу.

Ескертетін бір жай техникалық жүйе қауіпсіздігінің көтерілуінің экономикалық мүмкіндіктері шектеулі - шығындардың көтерілуінен техникалық қатер төмендеп, әлеуметтік жағдайы көтеріледі. Егер техникалық қауіптің төмендеуіне көп амалдар қолданылса, онда әлеуметтік бағдарламаны қаржыландыруды қысқарту керек. Шығынның көбеюінен техникалық қауіп төмендейді, бірақ әлеуметтік-экономикалық қауіп көтеріледі. Техникалық және әлеуметтік орта арасындағы белгілі қаржылық қатынастардың төменгі қисық қауіптілігінің жиынтығын құрайды. Мұны қауіптілік деңгейін таңдауда қоғамның уақытша амалсыз көндігуіне әкеледі. Адамдарға төменгі қатер емес жоғарғы шектелген деңгейден сәл жоғарысы ыңғайлы. Осы екі аралықта жатқан аудан адамның таңдау еркіндігінде қалады.

Кей елдерде жоғарғы шекті мүмкіндік деңгейін қабылдауға болатын жекелей қауіпті апаттар жылына 10^{-6} саналады; еленбеген аз қауіпті апаттар жылына 10^{-8} .

Мүмкін болатын қауіп іс жүзінде 2-3 санға төмен, оның негізі адамды қорғауға бағытталған. Мүмкін болатын қауіп теориясына өту, сөз жоқ техносфера қауіпсіздігінің жаңа мүмкіндіктерінің көтерілуіне бағытталған. Белгілі технологиялық, кәсіпорындық, әкімшілік әдістерге қосымша тіршілік әрекеті қауіпсіздігінің басқару экономикалық әдісі: сақтандыру, залалға ақшалай өтем, қауіптілікке төлем, т.б.

Экономикалық әдісті талдау қаржы шараларын салыстыруға, өнеркәсіптегі жарақаттануды азайтуға салынған қаржыны қайғылы жағдайды залалсыздандыруға негізделген.

1.5. Еңбек заңдарының бұзылуын, қауіпсіздігін және еңбек қорғаудағы жауапкершілік

Республикамызда аса көңіл аударатын адам өмірін сақтау және өндірістегі адамның денсаулығына, еңбек қорғау, еңбек туралы заңдылықтарын бұзғанына қарай факт бойынша орнатылған жауапкершілікті ескертуге болады. Заңдылық жауапкершілік төрт түрлі бола алады: тәртіптік, әкімшіліктік, материалды және азаматтық.

Тәртіптік жауапкершілік жұмысшылардың әкімшілік алдында олармен тәртіпті еңбегінің орындалмағаны үшін жауапқа тартады. «ҚР Еңбек кодексі» 72 бабына сәйкес еңбек тәртібін бұзғаны үшін, яғни жұмысшының өзінің кесірінен атқаратын еңбек міндеттемелерін орындамағаны үшін жұмыс беруші келесідей тәртіптік шараларды қолдана алады: ескертпелер жасауға; сөгіс беруге, қатаң сөгіс жасауға; кодекстің 54, 56 баптарға сәйкес еңбек келісімін бұзуға құқығы болады.

Әкімшілік жауапкершілікті түрлі әкімшілік жазалау түрінде көрсете алады – ескертулер, айып, т.б. Ескертулер мен айыптар еңбек қорғау аймағында мемлекеттік бақылаулар жүргізілетін міндеттемелі бейнелерге жүктеледі. Еңбек қорғау ережелерін және нормаларын бұзғаны үшін айып тек қана әкімшілікті – басқару тұлғаларға қатысты бола алады. Сонымен қоса, бұзушылық адам денсаулығына зиян келтірген кездерде ғана емес, еңбек қорғау жөнінде еңбек атқарушылардың басқа құқықтары бұзылған кезде ескерілетін болады.

Еңбек қорғау ережелерін бұзғаны үшін ҚР 30.01.01 №155-II Әкімшілік құқық бұзушылық туралы Кодекстің 89 бабына сәйкес әкімшілік жауапкершілік қарастырады.

89-бап. Еңбек қауіпсіздігін қамтамасыз ету мен еңбекті қорғау ережелерін бұзу.

1. Жұмыс берушінің немесе лауазымды адамның Қазақстан Республикасы еңбек қорғау заңнамасын және еңбек қорғау

ережелерін бұзу, лауазымды адамдарға, жеке кәсіпкерлерге, шағын немесе орта кәсіпкерлік субъектілері немесе коммерциялық емес ұйымдар болып табылатын заңды тұлғаларға – айлық есептік көрсеткіштің жиырмадан қырыққа дейінгі мөлшерінде, ірі кәсіпкерлік субъектілері болып табылатын елуден жүзге дейінгі мөлшерінде айыппұл салуға әкеп соғады.

2. Осы баптың бірінші бөлігінде көзделген, әкімшілік жаза қолданылғаннан кейін бір жыл ішінде қайталап жасалған әрекеттер, лауазымды адамдарға, жеке кәсіпкерлерге, шағын немесе орта кәсіпкерлік субъектілері немесе коммерциялық емес ұйымдар болып табылатын – заңды тұлғаларға – айлық есептік көрсеткіштің емес ұйымдар болып табылатын – заңды тұлғаларға – айлық есептік көрсеткіштің қырықтан алпысқа дейінгі мөлшерінде, ірі кәсіпкерлік субъектілері болып табылатын – заңды тұлғаларға жүзден жүз елуге дейінгі мөлшерінде айыппұл салуға әкеп соғады.

3. Лауазымды адамның Қазақстан Республикасы еңбек заңнамасының жүзеге асырмауы, егер бұл жұмыскерлердің денсаулығына жеңіл зиян келтіріп, жазымға әкеп соқса немесе оның өмірі мен денсаулығына көріну қауіп төндірсе, айлық есептік көрсеткіштің жиырмадан елуге дейінгі мөлшерінде айыппұл салуға әкеп соғады.

Мұндай бұзушылықтарды қарау Әкімшілік құқық Кодекстің 550 бап бойынша мемлекеттік еңбек инспекциясы органдарының міндеті болып табылады.

550-бап. Мемлекеттік еңбек инспекциясы органдары.

1. Мемлекеттік еңбек инспекциясы органдары осы Кодекстің 87, 87-1, 89-94, 175 (екінші бөлігінде, жұмыс берушілер жасаған құқық бұзушыларға қатысты), 396 (бірінші бөлігінде), 399-баптарында көзделген әкімшілік құқық бұзушылық туралы істерді қарайды.

2. Әкімшілік құқық бұзушылық туралы істерді қарауға және әкімшілік жазалар қолдануға облыстар, қалалар және аудандар бойынша мемлекеттік еңбек инспекторлары – жеке тұлғаларға айлық есептік көрсеткіштің онға дейінгі мөлшерінде, лауазымды адамдарға – жиырма беске дейінгі мөлшерінде айыппұл салуға; облыстар мен Астана және Алматы қалалары бойынша бас мемлекеттік еңбек инспекторы – жеке тұлғаларға айлық есептік

көрсеткіштің он беске дейінгі мөлшерде, лауазымды адамдарға – қырыққа дейінгі мөлшерде, заңды тұлғаларға – үш жүз елуге дейінгі мөлшерінде айыппұл салуға;

Қазақстан Республикасы еңбек жөніндегі орталық атқарушы органының бас мемлекеттік еңбек инспекторы – жеке тұлғаларға айлық есептік көрсеткіштің он беске дейінгі мөлшерінде, лауазымды адамдарға – қырыққа дейінгі мөлшерінде, заңды тұлғаларға – төрт жүзге дейінгі мөлшерінде айыппұл салуға;

Қазақстан Республикасы бас мемлекеттік еңбек инспекторы жеке тұлғаларға – айлық есептік көрсеткіштің жиырма беске дейінгі, лауазымды адамдарға – елуге дейінгі, заңды тұлғаларға бес жүзге дейінгі мөлшерде айыппұл салуға құқылы.

3. Алматы қаласының өңірлік қаржы орталығының қатысушыларына қатысты осы баптың бірінші бөлігінде көрсетілген әкімшілік құқық бұзушылықтар туралы істерді Алматы қаласының өңірлік қаржы орталығының қызметін реттеу жөніндегі уәкілетті мемлекеттік орган қарайды.

Еңбекті қорғау ережелерін бұзғандықтан жазымға әлде басқа ауыр зардапқа әкелген үшін адамды қылмыстық жауапкершілікке тартқызады. ҚР Қылмыстық Кодекстің 16.07.97 №167-І 152 бап бойынша жаза дәрежесі белгіленеді.

152-бап. Еңбекті қорғау ережелерін бұзу.

1. Қауіпсіздік техникасын, өндірістік санитария ережелерін немесе еңбекті қорғаудың өзге де ережелерін осы ережелерді сақтауды ұйымдастыру немесе қамтамасыз ету жөніндегі міндеттер жүктелген адамның бұзуы абайсызда денсаулыққа ауыр немесе орташа ауыртпалықтағы зиян келтіруге әкеп соқса - екі жүзден бес жүз айлық есептік көрсеткішке дейінгі мөлшерде немесе сотталған адамның екі айдан бес айға дейінгі кезеңдегі жалақысының немесе өзге табысының мөлшерінде айыппұл салуға, не екі жылға дейінгі мерзімге түзеу жұмыстарына, не үш жылға дейінгі мерзімге белгілі бір лауазымдарды атқару не белгілі бір қызметпен айналысу құқығынан айырып, нақ сол мерзімге бас бостандығынан айыруға жазаланады.

2. Абайсызда адам өліміне әкеп соққан дәл сол әрекет – үш жылға дейінгі мерзімге белгілі бір лауазымдарды атқару немесе белгілі бір қызметпен айналысу құқығынан айырып немесе онсыз

бес жылға дейінгі мерзімге бас бостандығынан айыруға жазаланады.

ҚР Еңбек Кодекстің 335 бап бойынша мемлекеттік еңбек инспекторының шешімдерімен келіспеген жағдайда жұмыс беруші еңбек жөніндегі уәкілетті мемлекеттік органға, жоғары тұрған мемлекеттік инспекторға және (немесе) сотқа шағымдануға құқылы. Шағымдану мемлекеттік инспекторлары берген актілердің орындалуын тоқтатпайды.

Мемлекеттік еңбек инспекторына қызметтік міндеттерін орындауға кедергі келтірген тұлғалар Қазақстан Республикасы заңдарына сәйкес жауапты болады.

Еңбек міндеттерін орындаған кезінде жұмыскердің өмірі мен денсаулығына келтірілген зиянды өтеу Қазақстан Республикасы азаматтық Кодексі бойынша орындалады №409-ІІ ҚР АҚ 01. 07. 99 ж. 939-946 бап.

936-бап. Азаматтың шарттық және өзге де міндеттемелерді орындау кезінде өмірі мен денсаулығына келтірілген зиянды өтеу. Азаматтың шарттық міндеттемелерді, еңбек (қызмет) міндеттерін, әскери қызмет міндеттерін орындауы кезінде өмірі мен денсаулығына келтірілген зиян, егер заң актілерінде немесе шартта көтеріңкі жауаптылық көзделмесе, осы тараудың ережелері бойынша өтіледі.

937-бап. Денсаулықты зақымдау арқылы келтірілген зиянды көлемі мен сипаты.

1. Азаматқа жарақат немесе денсаулығына өзгедей зақым келтірілген кезде жәбірленуші жоғалтқан, онда өзгедей зақым келтірілген кезде жәбірленуші жоғалтқан, онда болған немесе анық иелене алатын табыс (кіріс), сондай-ақ денсаулыққа зақым келтіруден туындаған шығындар (емделуге, қосымша тамақтануға, дәрі-дәрмекті сатып алуға, протез салғызуға, бөгде адамның бағып күтуіне, санаторий-курорттық емделуге, арнайы көлік құралдарын сатып алуға, басқа мамандыққа даярлауға, т.б.), егер жәбірленуші көмек пен күтімнің осындай түрлеріне мұқтаж және оларды тегін алмайды деп танылса, өтеуге жатады.

2. Жоғалтқан табысты (кірісті) анықтау кезінде жарақаттануына немесе денсаулығына өзге де зақым келтірілуіне байланысты жәбірленушіге тағайындалған мүгедектік бойынша

жәрдемақы, денсаулығына зиян келтіргенге дейін де, кейін де тағайындалған басқа да жәрдемақы түрлері, сондай-ақ зейнетақы төлемдері өтеу есебіне қосылмайды. Зиянды өтеу есебіне жәбірленушінің денсаулығы зақымданғаннан кейін алатын табыс та есептелмейді.

3. Осы бапқа сәйкес жәбірленушіге тиесілі өтемнің көлемі мен мөлшері заң актілерімен немесе шартпен көбейтілуі мүмкін.

938-бап. Денсаулықтың зақымдануы салдарынан жоғалтылған табысты (кірісті) анықтау.

1. Өтеуге жататын жоғалтылған табыстың (кірістің) мөлшері жарақаттануына немесе денсаулығының өзгедей зақымдануына дейінгі, не жәбірленушінің кәсіби еңбекке қабілетін, ал ол болмаған кезде жалпы еңбекке қабілетін жоғалту дәрежелеріне сәйкес, еңбекке жарамдылығынан айырылу басталғанға дейінгі орташа айлық табысының (кірісінің) проценттерімен анықталады.

2. Жоғалтылған табыстың (кірістің) құрамына негізгі жұмыс орны бойынша да, сондай-ақ қоса атқаратын жұмысы бойынша да, еңбек және азаматтық-құқықтық шарттар бойынша еңбекке ақы төлеудің жеке табыс салығы салынатын барлық түрлері кіреді. Бір жолғы сипаттағы төлемдер (пайдаланылмаған демалыс үшін өтемақылар, жұмыстан босатылған кездегі шығу жәрдемақысы, т.б.) есептелмейді. Уақытша еңбекке қабілетсіздік және жүктілік пен босануға байланысты демалыс кезеңі үшін төленген жәрдемақы есептеледі. Кәсіпкерлік қызметтен алынатын кірістер, сондай-ақ авторлық қаламақы жоғалтылған құрамына кіреді, бұл орайда кәсіпкерлік қызметтен алынатын кіріс салық органы деректерінің негізінде енгізіледі.

Табыстың (кірістің) барлық түрлері салықтар ұсталғанға дейін есептелген сомаларда ескеріледі.

3. Орташа айлық табыс (кіріс) денсаулыққа зақым келтірудің, не еңбек қабілетін жоғалту басталардың алдындағы жұмыстың он екі айындағы табыстың (кірістің) жалпы сомасын он екіге бөлу жолымен есептеледі. Зиян келтірілген кезде жәбірленуші он екі айдан аз уақыт жұмыс істеген жағдайда орташа айлық табыс (кіріс) денсаулыққа зақым келтірудің алдындағы нақты жұмыс істелген айларда тапқан табыстың (кірістің) жалпы сомасын осы айлардың санына бөлу жолымен есептеледі.

Жәбірленуші толық жұмыс істемеген айлар оның қалауы бойынша толық жұмыс істеген айлардың алдындағы айлармен ауыстырылады немесе оларды ауыстыру мүмкін болмаған жағдайда есептен шығарып тасталады.

4. Жәбірленуші зиян келтірілген кезде жұмыс істемеген жағдайда оның қалауы бойынша жұмыстан босатылғанға дейінгі табысы, не осы жердегі оның біліктілігіндегі қызметкер сыйақысының жай мөлшері ескеріледі, бірақ ол заң актілермен белгіленген бір айлық есептік көрсеткіштің он еселенген мөлшерінен кем болмауға тиіс.

5. Егер жәбірленушінің табысында (кірісінде) оған жарақат келтірілгенге немесе денсаулығының өзгедей зақымдануына дейін оның мүліктік жағдайын жақсартатын тұрақты өзгерістер болса (атқаратын қызметі бойынша жалақысы арттырылса, біршама жоғары) ақы төленетін жұмысқа ауыстырылса, оқу орнын бітіргеннен кейін жұмысқа тұрса және жәбірленушінің еңбегіне ақы төлеудің өзгертілуінің тұрақтылығы немесе өзгеру мүмкіндігі дәлелденген басқа жағдайларда оның орташа айлық табысын (кірісін) белгілеу кезінде ол алған немесе тиісті өзгертуден кейін алуы тиіс болған табыс (кіріс) қана ескеріледі.

939-бап. Кәмелетке толмаған адамның денсаулығы зақымданған кезде зиянды өтеу.

1. Жасы он төртке жетпеген және табысы жоқ кәмелетке толмаған адам жарақат алған немесе денсаулығы өзгедей зақымданған жағдайда зиян үшін жауапты адамдар денсаулықтың зақымдануына байланысты шығындарды өтеуге міндетті.

2. Жәбірленушінің он төрт жасқа толғаннан кейін, сондай-ақ табысы (кірісі) жоқ он төрттен он сегіз жасқа дейінгі кәмелетке толмағанға зиян келтірілген жағдайда зиян үшін жауапты адамдар денсаулығының зақымдануынан туындаған шығындардан басқа, еңбекке ақы төлеудің заң актілерімен белгіленген он еселенген айлық есептік көрсеткішті негізге ала отырып, оның еңбек қабілетін жоғалтуына және еңбек қабілетінің төмендеуіне байланысты зиянды да жәбірленушіге өтетуге міндетті.

Егер денсаулығы зақымданған кезде, кәмелетке толмаған адамның табысы болса, зиян осы табыстың мөлшері негізінде,

бірақ еңбекке ақы төлеудің заң актілерімен белгіленген кемінде он еселенген айлық есептік көрсеткіш мөлшерінде өтеледі.

Еңбек қызметі басталғаннан кейін жәбірленуші өзі алатын табысты негізге ала отырып, бірақ кемінде өзі атқаратын қызмет бойынша белгіленген сыйақының немесе өзінің жұмыс орны бойынша сол біліктіліктегі қызметкер табысының мөлшерінде зиян өтемінің көбейтілуін талап етуге құқылы.

940-бап. Азаматтың қайтыс болуы салдарынан залал шеккен адамдарға зиянды өтеу.

1. Азамат қайтыс болған жағдайда қайтыс болған адамның асырауындағы немесе ол қайтыс болған күнге дейін одан жәрдем ақша алуға құқылы болған еңбекке жарамсыз адамдардың, қайтыс болған адамның ол қайтыс болғаннан кейін туған баласының, сондай-ақ ата-анасының біреуі, зайыбы не еңбекке қабілеттілігіне қарамастан жұмыс істемейтін және қайтыс болған адамның асырауында болған балаларын, немерелерін, жасы он төртке толмаған не аталған жасқа толса да, медицина органдарының қорытындысы бойынша денсаулық жағдайына байланысты басқа адамның күтуіне мұқтаж аға-інілері мен апа-қарындастарын күтумен айналысатын, отбасының басқа да мүшесінің зиянды өтетіп алуға құқығы бар.

2. Қайтыс болған адамның асырауында болған және ол қайтыс болғаннан кейін бес жылдың ішінде еңбекке жарамсыз болып қалған адамдардың да зиянды өтетіп алуға құқығы бар.

Ата-аналарының біреуі, зайыбы не жұмыс істемейтін және қайтыс болған адамның осы баптың 1-тармағында көрсетілген балаларын, немерелерін, аға-інілері мен апа-қарындастарын күтумен айналысатын және күтуді жүзеге асыру кезеңінде еңбекке жарамсыз болып қалған отбасының басқа мүшесі осы адамдарды күту аяқталғаннан кейін зиянды өтетіп алу құқығын сақтап қалады.

3. Зиян: кәмелетке толмағандарға – он сегіз жасқа толғанға дейін, он сегіздегі және одан да ересек жастағы оқушыларға – күндіз оқыту нысанындағы оқу орындарындағы оқуы аяқталғанға дейін, бірақ әрі кеткенде жиырма үш жасқа дейін; елу сегіз жастан асқан әйелдер мен алпыс үш жастан асқан ер адамдарға - өмір бойы; мүгедектерге мүгедектік мерзіміне; ата-аналарының біреуіне,

жұбайына не қайтыс болған адамның асырауында болған балаларын, немерелерін, аға-інілері мен апа-сіңділерін, қарындастарын күтумен айналысатын отбасының басқа мүшесіне – олар он төрт жасқа толғанға дейін, не денсаулық жағдайы өзгергенге дейін өтеледі.

941-бап. Азамат қайтыс болған жағдайда келтірілген зиянды өтеу мөлшері.

1. Азаматтың қайтыс болуына байланысты зиянды өтетуге құқығы бар адамдарға зиян оның көзі тірі кезінде өзінің асырауына алған немесе алуға құқылы қайтыс болған адамның табысының осы Кодекстің **938-бабының** ережелері бойынша есептелген үлесі мөлшерінде өтеледі. Осы адамдарға зиянды өтеуді белгілеген кезде қайтыс болған адамның кірістерінің құрамына оның табысымен қатар көзі тірі кезінде алып жүрген зейнетақысы, ғұмырлық жәрдем ақшасы мен осы сияқты басқа да төлемдер қосылады.

2. Зиянды өтеудің мөлшерін анықтаған кезде адамдарға асыраушының қайтыс болуына байланысты тағайындалған жәрдемақылар, асыраушы қайтыс болғанға дейін де, одан кейін де тағайындалған басқа да жәрдемақы түрлері, сондай-ақ табыс, шәкіртақы, зейнетақы төлемдері ескерілмейді.

3. Асыраушының қайтыс болуына байланысты зиянды өтетуге құқығы бар адамдардың әрқайсысының белгіленген өтемнің мөлшері, баланың асыраушысы қайтыс болғаннан кейін туылуы; қайтыс болған асыраушының балаларын, немерелерін, аға-інілері мен апа-қарындастарын күтумен айналысатын адамдарға өтемнің тағайындалуы жағдайларын қоспағанда бұдан әрі қайта есептеуге жатпайды.

Өтемнің көлемі мен мөлшері заң актісімен немесе шартпен көбейтілуі мүмкін.

942-бап. Зиянды өтеу мөлшерін өзгерту.

1. Еңбек қабілетін ішінара жоғалтқан жәбірленуші, егер оның еңбек қабілеті оған өтем тағайындалған кезде өзінде болған еңбек қабілетіне қарағанда денсаулығына зақым келтірілуіне байланысты төмендеп кетсе, зиянды өтеу міндеті жүктелген адамнан өтем мөлшерін тиісінше көбейтуді кез келген уақытта талап етуге құқылы.

2. Жәбірленуші денсаулығының зақымдануына байланысты зиянды өтеу міндеті жүктелген адамдар, егер жәбірленушінің

еңбек қабілеті зиян үшін өтем тағайындаған кезде өзінде болған еңбек қабілетіне қарағанда артып кетсе, өтем мөлшерін тиісінше төмендетуді талап етуге құқылы.

3. Егер зиянды өтеу міндеті жүктелген азаматтың мүліктік жағдайы жақсарса, ал өтемнің мөлшері осы Кодекстің **935-бабының** 5-тармағына сәйкес төмендесе, жәбірленуші зиянды өтеу мөлшерін көбейтуді талап етуге құқылы.

4. Зиян келтірілген азаматтың талабы бойынша, егер зиянды өтеушінің мүліктік жағдайы зиянды өтеу тағайындалған кездегімен салыстырғанда мүгедектігіне не зейнет жасына толуына байланысты нашарласа, сот зиянды өтеу мөлшерін төмендетуі мүмкін (осы Кодекстің **935-бабының** 5-тармағы).

943-бап. Күнкөріс құнының артуына және айлық есептік көрсеткіштің өсуіне байланысты зиян өтемінің көбейтілуі.

Азаматтарға денсаулығының зақымдануына немесе жәбірленушінің қайтыс болуына байланысты төленетін зиянды өтеу сомалары күнкөріс құны артқан жағдайда заң актілерімен белгіленген тәртіппен индекстелуге тиіс.

Жалақының ең төменгі мөлшері заң актілерімен белгіленген тәртіп бойынша артқан жағдайда жоғалтылған табысты, жәбірленуші денсаулығының зақымдануына және оның қайтыс болуына байланысты тағайындалған өзге төлемдерді өтеу сомалары айлық есептік көрсеткішінің артуына пара-пар көбейтіледі (осы Кодекстің **283-бабы**).

944-бап. Зиянды өтеу жөніндегі төлемдер.

1. Жәбірленушінің еңбек қабілетінің төмендеуіне немесе қайтыс болуына байланысты зиянды өтеу ай сайынғы төлемдермен жүргізіледі.

Дәлелді себептер болған жағдайда сот зиян келтірушінің мүмкіндіктерін ескере отырып, құқығы бар азаматтың талабы бойынша оған тиесілі төлемдерді бір жолғы, бірақ үш жылдан артпайтындай етіп тағайындауы мүмкін.

2. Қосымша шығындарды өндіріп алу медициналық сараптама қорытындысының негізінде белгіленген мерзімдердің шегінде алдағы уақытқа, сондай-ақ қызмет көрсету мен мүліктің құнына алдын ала ақы төлеу қажет болған жағдайда (жолдама сатып алу,

жол ақысын төлеу, арнайы көлік құралдарына ақы төлеу, т.б.) жүргізілуі мүмкін.

Жәбірленушінің заң актілеріне сәйкес міндеттемені тоқтатуды немесе мерзімнен бұрын орындауды талап етуге құқығы болған жағдайларда, мұндай талап тиісті мерзімдік төлемдерді капиталдандыру жолымен қанағаттандырылады.

945-бап. Заңды тұлға тоқтатылған ретте зиянды өтеу.

1. Өмір мен денсаулыққа келтірілген зиян үшін белгіленген тәртіппен жауапты болып танылған заңды тұлға қайта ұйымдастырылған жағдайда тиісті төлемдерді төлеу жөніндегі міндетін оның құқықтық мирасқоры алады. Оған зиянды өтеу жөнінде талаптар қойылады.

2. Өмір мен денсаулыққа келтірілген зиян үшін белгіленген тәртіппен жауапты болып танылған заңды тұлға таратылған жағдайда тиісті төлемдер заң немесе өзге де нормативтік құқықтық актілермен белгіленген ережелер бойынша оларды жәбірленушіге төлеу үшін капиталдандырылуы тиіс.

3. Таратылатын заңды тұлғада мүліктің болмауы немесе жеткіліксіз болуы себепті төлемдерді капиталдандыруды жүргізу мүмкін болмаған жағдайларда тағайындалған сомаларды жәбірленушіге заң актілерінде белгіленген тәртіппен мемлекет төлейді.

946-бап. Жерлеуге жұмсалған шығындарды өтеу, Жәбірленушінің қайтыс болуына байланысты зиян үшін жауапты адамдар жерлеуге қажетті шығындарды осы шығындарды көтерген адамға өтеуге міндетті.

Осы шығындарды көтерген азаматтардың жерлеуге арнап алған жәрдемақысы зиянды өтеуге есебіне қосылмайды.

Бұдан басқа, Қазақстан Республикасы Жоғары сотының 9 шілде 1999 жылғы «Денсаулыққа келтірілген зиянды өтеу туралы республика заңдылықтарын сотта пайдаланудың кейбір сұрақтары туралы» нормалық қаулысын басшылыққа алу қажет.

2. ШУДАН ЖӘНЕ ДІРІЛДЕН ҚОРҒАНУ

2.1. Шудың физикалық негіздері

Шуды қарастырар алдында дыбыс туралы мағлұматтар алған орынды. Дыбыстың пайда болуы және оның сипаттамаларын қарастырайық.

Егер ауада таралатын серпімді толқынның жиілігі шамамен 20-дан 20 000 Гц аралығында болса, онда олар адам құлағына жетіп, дыбыс сезімін тудырады. Осыған орай, көрсетілген аралықта жатқан кез келген ортадағы жиілігі бар серпімді толқындар дыбыстық толқындар немесе жай ғана дыбыс деп аталады. Жиілігі 20 Гц-тен төмен серпімді толқындарды инфрадыбыс деп, жиілігі 20 000 Гц-тен жоғары толқындарды ультрадыбыс деп атайды. Инфра және ультрадыбыстарды адамның құлағы естімейді.

Газдар мен сұйықтардағы дыбыстық толқындар қума толқын ғана бола алады және ол ортаның алма-кезек ауысып отыратын соғылуы мен сиреуінен тұрады. Қатты денелерде қума толқындар да, көлденең толқындар да таралады.

Қабылдайтын дыбысты адам жоғарылығы, тембрі және қаттылығы бойынша ажыратады. Осы субъективтік бағаның әрқайсысына дыбыс толқынының белгілі бір физикалық сипаттамасы сәйкес келеді.

Кез келген нақты дыбыс жай ғана гармониялық тербеліс емес, жиіліктердің белгілі бір жиынынан тұратын күрделі гармониялық тербелестердің қабаттасуы болып табылады. Берілген дыбыс құрамындағы тербеліс жиіліктерінің жиыны оның акустикалық спектрі деп аталады. Егер дыбыста ν' -тен ν'' -ке дейінгі интервалдағы барлық жиіліктегі тербелістер болса, онда спектр тұтас деп аталады. Егер дыбыс дискреті (яғни бір-бірінен шекті интервалдармен бөлінген) $\nu_1, \nu_2, \nu_3, \dots$ т.б. жиіліктері бар тербелістерден тұрса, онда спектр сызықты деп аталады.

Газдағы серпімді толқын газдардың кеңістікте таралатын сығылуы мен сиреуі алма-кезек ауысатын аймақтарының тізбегі болып табылады. Демек, кеңістіктің әрбір нүктесіндегі қысым, газда толқын болмаған кездегі p қысымның орташа мәнімен Δp шамасына периодты түрде өзгеріп отырады. Сонымен, кеңістіктің

кейбір нүктесіндегі қысымның лездік мәнін мына түрде беруге болады:

$$p' = p + \Delta p, \quad (2.1)$$

Газдың белгілі бір бөліп алынған көлемдегі массасына Ньютонның екінші заңын келесі түрде жазуға болады:

$$(\rho S \Delta x) \frac{\partial \rho'}{\partial t^2} = - \frac{\partial \rho'}{\partial x} S \Delta x, \quad (2.2)$$

$S \Delta x$ шамасына қысқартқан соң төмендегіні аламыз:

$$\rho \frac{\partial^2 \xi}{\partial t^2} = - \frac{\partial \rho'}{\partial x}. \quad (2.3)$$

Біз алған дифференциалдық теңдеуде екі белгісіз функция бар ξ және ρ' . Теңдеуді шеше алу үшін, осы функциялардың біреуін екіншісі арқылы өрнектеу керек. Ол үшін газдың ρ' қысымы мен

оның көлемінің $\frac{\partial \xi}{\partial x}$ салыстырмалы ұзаруы арасындағы байланысты табамыз. Бұл байланыс газдың сығылу (немесе ұлғаюы) процесінің сипатына байланысты болады. Дыбыстық толқында газдың сығылуы мен сиреуі бірінің артынан бірі жиі өтетіндіктен, ортаның көршілес (сыбайлас) учаскелері жылу алмасып үлгере алмайды да процесті адиабаттық процесс кезінде келесі теңдеу арқылы беріледі:

$$pV^\gamma = const, \quad (2.4)$$

Осы формуланы негізге алып, газ күйінің өзгеруі төмендегідей өрнектейміз:

$$p(S \Delta x)^\gamma = p' [S(\Delta x + \Delta \xi)]^\gamma = p' \left[S \left(\Delta x + \frac{\partial \xi}{\partial x} \Delta x \right) \right]^\gamma = p' (S \Delta x)^\gamma \left(1 + \frac{\partial \xi}{\partial x} \right)^\gamma, \quad (2.5)$$

мұндағы γ – газдың тұрақты қысымдағы жылу сыйымдылығының тұрақты көлемдегі жылу сыйымдылығына қатынасы. $(S \Delta x)^\gamma$ шамасына қысқартып, мынаны аламыз:

$$p = p' \left(1 + \frac{\partial \xi}{\partial x} \right)^\gamma, \quad (2.6)$$

Ұйғарым бойынша $\frac{\partial \xi}{\partial x} \ll 1$ екендігін пайдаланып, $\left(1 + \frac{\partial \xi}{\partial x} \right)^\gamma$ өрнегін $\frac{\partial \xi}{\partial x}$ дәрежесі қатарға жіктеп және жоғарғы реттегі аз

шамалары бар мүшелерді ескермейді. Осының нәтижесінде мына формулаға келеміз:

$$p = p' \left(1 + \gamma \frac{\partial \xi}{\partial x} \right), \quad (2.7)$$

Бұл теңдеудің p' шамасына қатысты шешейік.

$$p' = \frac{p}{1 + \gamma \frac{\partial \xi}{\partial x}} \approx p \left(1 - \gamma \frac{\partial \xi}{\partial x} \right)^1, \quad (2.8)$$

Табылған қатыстан Δp шамасына арналған өрнекті оңай алуға болады:

$$\Delta p = p' - p = -\gamma p \frac{\partial \xi}{\partial x}, \quad (2.9)$$

γ – бір мөлшеріндегі шама болғандықтан, (2.8) қатынасынан $\left| \frac{\partial \xi}{\partial x} \right| \approx \left| \frac{\Delta p}{p} \right|$. Сонымен $\frac{\partial \xi}{\partial x} \ll 1$ шартты физикалық тұрғыдан қысымның орта мәннен ауытқуы қысымның өзінен әлдеқайда кіші. Бұл шынында да солай: атмосфералық p қысым 10^3 мм сын. бағ. Шамасында да болғанда, ең қатты дыбыс үшін ауа қысымы тербелісінің амплитудасы 1 мм. сын. бағ-нан артпайды.

(2.8) өрнегін x бойынша дифференциал төмендегідей табамыз:

$$\frac{\partial p'}{\partial x} = -\gamma p \frac{\partial^2 \xi}{\partial x^2}.$$

Соңында $\frac{\partial p'}{\partial x}$ шамасының табылған мәнін (2.8) формуласына қойып, мына дифференциялық теңдеуді аламыз:

$$\frac{\partial^2 \xi}{\partial x^2} = \frac{\rho}{\gamma p} \frac{\partial^2 \xi}{\partial t^2}. \quad (2.10)$$

(2.10) теңдеуді толқындық теңдеуімен салыстырып, газдағы дыбыстың толқынның жылдамдығы үшін төмендегі өрнекті аламыз:

$$\sigma = \sqrt{\gamma \frac{p}{\rho}}, \quad (2.11)$$

(p және ρ – ұйтқымаған газдың қысымы мен тығыздығы екенін ескертейік).

Алғашқыда, газдағы дыбыс жылдамдығы қысымға тәуелді сияқты болып көрінеді. Бірақ бұл олай емес, өйткені қысымның өзгеруі газ тығыздығының өзгеруімен қабыттасып жүреді.

Қалыпты қысымдағы газ қасиеті төмендегі теңдеумен жақсы өрнектеледі:

$$pV = \frac{m}{\mu} RT, \quad (2.12)$$

(m – V көлемде орналасқан газдың массасы, μ – сан жағынан газдың молекулалық салмағына тең, мольдің массасы). Газдың m массасын оның V көлеміне бөліп, ρ тығыздығын алуға болады. (2.12) теңдеуін m/V шамасына бөліп, төмендегіні табамыз:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{p\mu}{RT}.$$

Тығыздыққа арналған бұл өрнекті (2.11) өрнегіне қойып, газдағы дыбыс жылдамдығына арналған формуланы аламыз:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\gamma RT}{\mu}}, \quad (2.13)$$

Бұдан газдағы дыбыс жылдамдығы температураға және газды сипаттайтын γ мен μ шамалыларының мәніне тәуелді болатындығы көрінеді. Газдағы дыбыс жылдамдығы қысымға тәуелді болмайды.

Молекулалардың жылулық қозғалысының орташа жылдамдығы

$$v_{op} = \sqrt{\frac{8RT}{\pi\mu}}$$

формуласы бойынша анықталады. Бұл формуланы (2.13) формуласымен салыстыру газдардағы дыбыс жылдамдығы v молекулалардың орташа жылдамдығымен

$$v = v_{op} \sqrt{\frac{\gamma\pi}{8}}, \quad (2.14)$$

қатысымен байланысатындығын көрсетеді.

Ауа үшін γ шамасының 1,4-ке тең мәнін қойсақ $v \approx \sqrt[3]{4} v_{op}$ болады. γ шамасының мүмкін боларлық ең үлкен мәні $\sqrt[5]{3}$ болады.

Бұл жағдайда $v \approx \sqrt[4]{5} v_{mol}$. Сонымен газдағы дыбыс жылдамдығы

молекуланың жылулық қозғалысының орташа жылдамдығымен шамалас, бірақ әрқашанда $v_{\text{мол}}$ шамасынан аз болады.

Бөлме температурасындағы (290⁰К шамасындағы абсолют температура кезінде) ауадағы дыбыс жылдамдығының шамасын бағалайық. Ауа үшін $\gamma = 1,40$, $\mu = 29$. Универсал газ тұрақтысы $8,31 \cdot 10^3$ дж/кмоль·град-қа тең. Осы мәндерді (2.13) формуласына қоямыз:

$$v = \sqrt{\frac{\gamma RT}{\mu}} = \sqrt{\frac{1,40 \cdot 8,31 \cdot 10^3 \cdot 290}{29}} = 340 \text{ м/сек.}$$

v шамасының біз тапқан мәні тәжірибе жүзінде алынған шамаға сай келеді. Молекулалық салмағы белгілі газдағы дыбыс жылдамдығын өлшеп, (2.13) формуласы бойынша γ шамасын – газдың тұрақты қысымдағы жылу сыйымдылығының оның тұрақты көлемдегі жылу сыйымдылығына қатынасын есептеп шығаруға болады. Бұл әдіс іс жүзінде қолданылады.

Дыбыста дисперсияның, яғни жылдамдықтың жиілікке тәуелділігінің байқалмауының айрықша маңызы бар. Мұндай тәуелділік сөйлесуді жүзеге асыруға мүмкіндік бермес немесе қиындатып жіберер еді және музыкаға рахаттана алмас едік.

Тіршілік әрекетінің ортасында бағдарлану үшін біздің миымыз айналамызда не болып жатқаны жөнінде хабар алып отыруы керек. Адамның қоршаған ортаның әсерін қабылдайтын ағзалар маңызды рөл атқарады. Соның ішінде көру мен есту басты рөл атқарады. Белгілі бір қоршаған орталарда түрлі себептердің нәтижесінде толқындар пайда болады. Ол толқындар көзге көрінбейді, бірақ белгілі бір жағдайларда оларды естуге болады. Тербелістердің бір ортада таралуын дыбыс толқындары деп атаймыз. Дыбыс толқындары көбінесе біздің құлағымызға ауа арқылы жетеді. Дыбыс суда және қатты денелерде өте қатты тарайды. Өлбетте, вакуумда дыбыс толқындары тарай алмайды. Сонымен, дыбыс толқыны – серпімді ортаның (ауаның, судың, болаттың) сығылуы мен сиректелуінің алма-кезек ауысып, белгілі бір жылдамдықпен таралуы. Және де бұл – кума толқын. Ауаның сығылуы мен сиреуі (орташа атмосфералық p_0 қысымға қатысты) ауа қысымында тербелістер туғызады. Қатты дыбысқа бірнеше ондаған н/м² қысым өзгерісі Δp сәйкес келеді. Бірақ мұнда қысымның салыстырмалы өзгерісі онша үлкен емес:

$$\frac{\Delta p}{p_0} \approx 0,001 \quad (2.14)$$

Адам құлағы қысымның $\Delta p \approx 10^{-5}$ н/м² өзгерісін қабылдай алады. Бұл құлақтың жарғағына келетін 10^{-6} Вт жуық қуатқа сәйкес. Құлақ – аса сезгіш аспап. Әсіресе ол жиілігі 3 500 Гц шамасындағы тербеліске сезімтал.

Дыбыс толқындары әртүрлі ортаға байланысты шекті жылдамдықпен тарайды. Дыбыс жылдамдығының шекті болуынан жаңғырық пайда болады. Жаңғырық – дегеніміз орманның шеті, тік жар, үй қабырғасы сияқтылардан шағылған дыбыс толқыны.

Ауада 0⁰С-да дыбыс жылдамдығы 331 м/сек-қа тең. Бұл едәуір үлкен жылдамдық. Самолеттер тек бері де ғана дыбыс жылдамдығынан артық жылдамдықпен ұша бастады.

Ауадағы дыбыс жылдамдығы оның тығыздығына тәуелді емес. Неғұрлым газ молекуласының массасы үлкен болса, соғұрлым ондағы дыбыс жылдамдығы кемірек. Мәселен, 0⁰С-та сутекте дыбыс жылдамдығы 1270 м/сек, ал көмір қышқыл газдарында 258 м/сек.

Су ішіндегі дыбыс жылдамдығы ауадағыдан артық. Алғаш рет ол Швецарияда Женева көлінде 1827 жылы өлшенген. Екі қайықтың арасындағы қашықтықты пайдаланып, дыбыстың судағы жылдамдығы анықталған.

Қатты денелерде дыбыс жылдамдығы сұйықтықтағыдан да артық. Мәселен, болатта 15⁰С-та дыбыс жылдамдығы 4980 м/сек-қа тең. Қатты денеде дыбыс жылдамдығы ауадағыдан артық екенін былай аңғаруға болады. Егер екі адамның біреуі рельстің бір ұшын соғып қалса, ал енді біреуі екінші ұшына құлағын ұстаса, екі дыбыс естілетін болады. Әуелі дыбыс құлаққа рельспен, содан кейін ауамен келіп жетеді.

Дыбыс келесі физикалық шамалармен сипатталады: жылдамдық, жиілік, толқынның ұзындығы және амплитудасы. Дыбыстың жылдамдығын келесі формуламен анықтауға болады:

$$V = \lambda \cdot \nu, \quad (2.15)$$

мұндағы V – дыбыс жылдамдығы, ν – дыбыс жиілігі, λ – дыбыс толқынының ұзындығы.

Кез келген (қатты, сұйық және газ тәрізі) дене дыбыс жиілігімен тербеліп тұрғанда айналасындағы ортада дыбыс толқынын

тудырады. Бірақ белгілі бір жағдайда ғана дыбыс толқындары күшті болып шығады. Бұл жағдайлар бірдей жиіліктегі дыбыс толқындары қабаттасса, дыбыс күшті болып шығады. Мұны дыбыстың – резонанстық құбылысы деп атаймыз.

Өзіміз күнде естіп жүрген дыбыстар – әр қилы. Әуелі музыкалық дыбыстарға тоқталайық. Кім болса да, музыкалық дыбыстар деп аталынатындарды шулардан мейлінше анық айырады. Музыкалық дыбыстарға мысалы ән, музыкалық аспаптардың дыбысы, ысқырық жатады. Қопарылыс кезінде, іштен жану двигательдерінің жұмыс кезінде жылан ысылдағанда, есіктің майланбаған топсасының шиқылды кезінде т.с.с шу пайда болады. Біз өзіміздің сөйлеу мүшелеріміздің көмегімен азды-көпті гармониялық дыбыс және шу шығара аламыз. Алайда, музыкалық дыбыстар мен шу арасында ешқандай айқын шекара жоқ.

Шу – деп әртүрлі жиіліктегі дыбыстардың қабаттасуының нәтижесін айтамыз. Шу – қоршаған ортаның жағымсыз физикалық және өндірістік факторлардың кеңінен таралған түрі.

Шу ішінде тұтас акустикалық спектр болады. Сызықты спектрі бар тербелістер, едәуір мөлшерде белгілі бір биіктігі бар дыбыс түйсігін тудырады. Мұндай дыбыс – тональдық дыбыс деп аталады.

Шумен күресу – ертеден келе жатқан мәселе. Онымен күрес орта ғасырларда – Ежелгі Грецияда, Римде басталып, қазіргі кезге дейін жалғасып келеді.

2.2. Дыбыс күші деңгейінің шкаласы

Дыбыс толқынының интенсивтілігі – деп толқынның өзімен бірге тасымалдайтын энергия ағыны тығыздығының орташа мәнін түсінеміз. Дыбыстық сезім тудыру үшін толқынның есіту табалдырығы деп аталатын белгілі бір дәрежеде интенсивтілігі болу керек. Әртүрлі адамдар үшін ескерту табалдырығы түрлі және ол дыбыс жиілігіне көбірек тәуелді болады. Адам құлағы 1000-нан 4000 Гц-ке дейінгі жиілікке анағұрлым сезімтал. Бұл аймақтағы есту табалдырығы шамамен 10^{-12} Дж/м². сек шамасында болады.

Интенсивтілік 10^{-10} - 10^{-2} Дж/м² сек шамасында болғанда толқын құлақты ауыртатындай сезім туғызып, дыбыс ретінде қабылданбайды. Интенсивтілік мұндай жағдай байқалатын мәні

ауырту сезім табалдырығы деп аталады. Ауыратын сезім табалдырығы, есту табалдырығы жиілігіне тәуелді болады.

Субъективті түрде бағаланатын қаттылық дыбыс толқындарының интенсивтілігіне қарағанда баяу өседі. Интенсивтілік геометриялық прогрессия бойынша өскенде, қаттылық шамамен арифметикалық прогрессия бойынша, яғни сызықты түрде өседі. Осыған сүйеніп, шу деңгейі берілген дыбыс интенсивтілігі I шамасының алғашқы интенсивтілік ретінде алынған I_0 шамасына қатынасының ондық логарифмі ретінде анықталады:

$$L = 10 \lg \frac{I}{I_0}, \quad (2.16)$$

Жиілік 100 Гц шамасында болғанда есіту табалдырығы нөлдік деңгейде ($L=0$) жататындықтан I_0 алғашқы интенсивтілік 10^{-12} Дж/м²·сек-қа тең деп алынады.

(2.16) формуласы бойынша анықталатын L шу деңгейі Бел деп аталады. Әдетте бұдан 10 есе аз бірлікті – децибелді (дБ) пайдаланылады. L шамасының дицибелмен алынған мәні.

$$L = 101 \lg \frac{I}{I_0}, \quad (2.17)$$

формуласымен анықталынады.

Кез келген I_1 және I_2 екі интенсивтіліктің қатынасы да дицибелмен өрнектеуге болатынын ескертейік:

$$L_{12} = 101 \lg \frac{I_1}{I_2}, \quad (2.18)$$

(2.18) формуласы бойынша кейбір қашықтықтағы толқын интенсивтілігінің азаюын (өшуін) дицибелмен өрнектеуге болады. Мысалы, 20 дБ-мен алынған өлшеу дегеніміз интенсивтілік 100 есе кемиді деген сөз.

Толқынның адам құлағына дыбыстық сезімталдығы (10^{-12} -нен 10 Дж/м²·сек-ке дейін) туғызатын барлық интенсивтіліктері диапазоны 0 мен 130 дБ аралығындағы қаттылық деңгейінің мәндеріне сәйкес келеді. 1-кестеде кейбір типтік дыбыстар үшін алынған қаттылық деңгейінің болжамды мәндері келтірілген.

Дыбыстың сипаттамасы	Қаттылық деңгейі, дБ	Интенсивтілік, Дж/м ² ·сек
Сағаттың тықылы	20	10 ⁻¹⁰
1 м қашықтықтағы сыбыр	30	10 ⁻⁹
Баяу әңгіме	40	10 ⁻⁸
Қаттылығы орташа сөз	60	10 ⁻⁶
Қатты сөз	70	10 ⁻⁵
Айқай	80	10 ⁻⁴
Самолет моторының шуы		
5 м қашықтықта	120	10 ²
3 м қашықтықта	130	10 ⁴

Дыбыстық толқындардың өзімен берге тасымалдайтын энергия өте аз. Егер, мысалы суы бар стакан өзіне түскен деңгейі 70 дБ (бұл жағдайда секунд ішінде жұтылатын энергия мөлшері шамамен $60 \cdot 10^{-5}$ Дж/сек болады) дыбыс толқынының энергиясын толығымен жұтатын болса, онда бөлме температурасындағы осы суды қайнау температурасына дейін жеткізу үшін отыз мың жылдай уақыт керек.

Дыбыс толқындарының I интенсивтілігі мен $(\Delta p)_m$ қысымы тербелісінің амплитудасы арасындағы байланысты төмендегідей анықтаймыз:

$$I = j_{op} = \frac{1}{2} \rho a^2 \omega^2 v, \quad (2.19)$$

мұндағы ρ – ұйтқымаған газдың тығыздығы, a – орта бөлшектері тербелісінің амплитудасы, яғни ξ шамасы тербелісінің амплитудасы, ω – жиілік, v – толқынның фазалық жылдамдағы.

Амплитуданың мәні $\xi \cos \omega \left(t - \frac{x}{v} \right)$ заңы бойынша өзгерсін. Онда $\frac{\partial \xi}{\partial x} = \alpha \frac{\omega}{v} \sin \omega \left(t - \frac{x}{v} \right)$. (2.17) бойынша $\Delta p = - \gamma p \frac{\partial \xi}{\partial x}$ мәнін қойып, Δp шамасының өзгеру заңын аламыз:

$$\Delta p = -\gamma p a \frac{\omega}{v} \sin \omega \left(t - \frac{x}{v} \right) = -(\Delta p)_m \sin \omega \left(t - \frac{x}{v} \right).$$

Осыдан ξ тербелісінің амплитудасы (яғни α) $(p)_m$ қысымы тербелісінің амплитудасымен

$$\alpha = \frac{(\Delta p)_m \nu}{\gamma p^\omega}, \quad (2.20)$$

қатысы арқылы байланысатындығы көрінеді.

(2.19) формуласына α үшін (2.20) мәнін және ν үшін (2.21) мәнін қойып, онша күрделі емес түрлендірулерден кейін

$$I = \frac{(\Delta p)^2 m}{2\rho\nu}, \quad (2.21)$$

қатысына келуге болатындығына оңай көз жеткізуге болады.

Осы формуланың көмегімен 0-ден 130 дБ аралығындағы қаттылық деңгейіне ауа қысымы тербелісінің $3 \cdot 10^{-5}$ Н/м² (яғни $2 \cdot 10^{-7}$ мм сын. бағанасынан) 10^2 Н/м² (1 мм сын. бағанасына) дейінгі амплитуда сәйкес келетінін есептеп шығаруға болады.

Бөлшек тербелісінің α амплитудасы мен бөлшек жылдамдығының $(\xi)_m$ амплитудасына бағалау жасайық. (2.20) формуласы

бойынша анықталатын α шамасын бағалаудан бастайық. $\frac{\nu}{\omega} = \frac{\lambda}{2\pi}$

болатынын ескеріп,

$$\frac{\alpha}{\lambda} = \frac{1}{2\pi\gamma} \frac{(\Delta p)_m}{p} \approx 0,1 \frac{(\Delta p)_m}{p}, \quad (2.22)$$

қатынасын аламыз ($\gamma=1,5$, олай болса, $2\pi\gamma \approx 10$).

130 дБ шамасындағы қаттылық кезінде $(\Delta p)_m$ (р қатынасы 10^{-3} ретінде шама болады, 60дБ қаттылық кезінде бұл қатынас шамамен $2 \cdot 10^{-7}$ болады. ауадағы дыбыс толқындарының ұзындығы 10 м ($\nu=20$ Гц болғанда)- ге дейінгі аралықта жатады. Осы мәліметтерді (2.22) формуласына қойып, 60 дБ қаттылық кезінде бөлшектердің тербеліс амплитудасы, ең ұзын толқындар үшін $\sim 3 \cdot 10^{-7}$ мм болатынын табамыз. 130 дБ қаттылық кезінде ең ұзын толқындар үшін тербеліс амплитудасы $\sim 1,7$ мм-ге жетеді.

Гармониялық тербеліс кезіндегі $(\xi)_m$ жылдамдық амплитудасы, біздің білетінімізше, α ығысу амплитудасын ω шеңберлік жиілікке көбейткенде тең: $\xi_m = \alpha\omega$. (2.20) өрнегін ω шамасына көбейтіп:

$$\frac{(\xi)_m}{\nu} = \frac{1}{\gamma} \frac{(\Delta p)_m}{p} \approx \frac{(\Delta p)_m}{p}, \quad (2.23)$$

амплитудасы шамамен $340 \text{ м/сек} \cdot 10^{-3} = 0,34 \text{ м/сек}$ болады. 60 дБ қатынасын аламыз олай болса, 130 дБ қаттылық кезінде жылдамдық амплитудасы 0,1 м/сек шамасында болады.

Жылдамдық амплитудасының ығысу амплитудасынан ерекшелігі, ол толқын ұзындығына тәуелді болмайтынын атап өтейік.

2.3. Шуды нормалау

Үздіксіз шуды мөлшерлеу параметрі – жиіліктің октава жолақтарындағы 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц орташа геометриялық жиілікті дыбыс қысымының деңгейі болып табылады:

$$L = 10 \lg P^2 / P_0^2, \text{ дБ.} \quad (2.24)$$

Ауыспалы шу энергия бойынша эквивалентті дыбыс деңгейімен мөлшерленеді.

Дыбыс деңгейі – ол мына теңдіктен есептеліп шығатын шама:

$$L_A = 10 \lg P_A^2 / P_0^2, \text{ дБ} \quad (2.25)$$

мұндағы P_A – шу жиілігінің барлық диапазонындағы орташа квадратты дыбысты қысым Н/м^2 .

Дыбыс деңгейін жиілік спектрінің анализаторы сөніп тұрған күйде, шу өлшегіштің “А” шкаласының көмегімен анықтайды. Қарқынды шудың мөлшерлеу параметрі ретінде орташа геометриялық жиілікті октавалы жолақтарындағы 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц тең энергия бойынша эквивалентті дыбыс қысымының деңгейі болып табылады.

Дыбыс қысымының немесе дыбыстың эквивалентті деңгейі энергия бойынша мына формуламен анықталады:

$$L_r = 10 \lg \frac{1}{T} \sum_i^n t_i \cdot 10^{0,1L_i}, \text{ дБ (дБА)} \quad (2.26)$$

мұндағы T – деңгейлерді орташалау уақытының периоды, с;
 t_i – деңгей берілген шектерде болатын, уақыт интервалы.

МЕСТ 12.1.003-76 сәйкес рұқсат етілген шу деңгейінің мөлшерлері, 2 және 3-кестеде келтірілген.

2-кесте

Өндіріс орындарындағы дыбыс деңгейі мен дыбысты қысымның рұқсат етілген деңгейлері

Атаулар	Орташа геометриялық жиілігі бар жиіліктің октавалы жолағындағы дыбысты қысым деңгейі (дыбысты қысымға эквивалентті), дБ								Дыбыс деңгейі (дыбыс деңгейіне эквивалентті), дБА
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ой еңбегіне арналған бөлмелер (кабинеттер, конструкторлық бюро, теориялық жұмыстарға арналған зертханалар, денсаулық сақтау пункттері...).	71	61	54	49	45	42	40	38	50
Контторлық еңбекке арналған бөлмелер (жазба машиналары, әкімшілік, цехтар, шу көздері бар зертханалық бөлмелер, есептеу машиналарына арналған бөлмелер...)	91	83	77	73	70	69	66	64	75
Өндіріс орындарында және өндірістік кәсіпорындар аймағындағы жұмыс орындары	99	92	86	83	80	78	76	74	85

Дыбыс деңгейі мен дыбыс қысымының деңгейіне арналған түзетулер

Сыртқы фактор	Шарттар	Түзетулер дБ немесе дБА
Шу сипаттамасы	Кең жолақты	0
	Үндестілік, қарқынды	-5
Дыбыстың әсер ету ұзақтығы	Бір ауысымдағы қосындысы	
	4-8 сағат	0
	1-4 сағат	+6
	0,25-1 сағат	+12
	5-15 минут	+18
	5 минуттан төмен	+24

2.4. Шуды өлшеу

Дыбыс толқындары тек серпімді ортада тербелетін дененің немесе серпімді орта бөлшектерінің (газ тәріздес, сұйық немесе қатты) кез келген күш әсерінен қозғалғанында пайда болады. Жиіліктері секундына 16-дан 20 000 Гц (секундына 1 тербеліс) аралығындағы дыбыстарды адам ести алады. Жиілігі 16 Гц-тен төмен тербелістерді инфрадыбыс деп атайды. Жиілігі 20 000 Гц-тен жоғары тербелістер – ультрадыбыс деп аталады. Бұл екі тербелістер құлақпен қабылданбайды, бірақ белгілі бір үдемелі қарқындықта адамға зиянды болып табылады.

Дыбысты қысымымен жетілдіру көзі арқылы, адамның дыбыс қабылдау аймағы есту бастамасы мен қатерлі бастама арасында орналасқан, мұнда 1000 Гц жиілікте 2×10^{-5} Па және 6×10^{-2} Н/м² дыбыс қысымы сәйкес келеді. Шекаралары шартты түрде алынған.

Дыбыс қысымынан басқа, шуды қарқындылықпен сипаттауға болады, яғни дыбыс күшімен немесе электротехникада айтылатындай, дыбыс қуатының ағыны және дыбыс қуаты көрсеткіштерімен сипатталады. Бұл шамалардың арасында мынадай математикалық байланыс бар:

$$J = \frac{w}{S} = \frac{P}{\rho c}, \tag{2.27}$$

мұндағы J – дыбыс қарқындылығы; w – дыбыс қуаты; S – дыбыс энергиясын қабылдайтын аудан; P – дыбыс қысымы; ρ – дыбыс тарайтын ортаның тығыздығы, c – осы ортадағы дыбыс жылдамдығы.

Дыбыс көзінің әсерінен ортада қысымның азғантай тербелісі пайда болады. Дыбыс тербелістері жоқ ортада байқалатын, сол мезеттегі және толық қысым мен орташа қысым арасындағы айырмашылық дыбыстық қысым деп аталады. Шуды сипаттайтын шамалар, айырмашылығы 10^{13} және одан да көп қатарлы, өте кең шектерде өзгере алады. Тәжірибеде осындай әртүрлі сандарды қолдану мүмкін емес. Сонымен қатар, адамның есту мүшесі нақты дыбыс қысымын емес, оның салыстырмалы өзгерісін қабылдайды. Акустикада бұл шамаларды логарифмдік бірлікте – белдермен немесе 10 есе аз – дицибелдермен өлшеу қабылданған. Дыбыстың қарқындылық дәрежесі, дыбыс қуаты мен дыбыс қысымы белмен келесі түрде көрсетіледі:

$$L = \lg \frac{J}{J_0} = \lg \frac{\omega}{\omega_0} = \lg \frac{\rho^2}{\rho_0^2}, \quad (2.28)$$

мұндағы L – дыбыстың үдемелі қарқындық шамасының деңгейі; $J_0 = 10^{-12}$, Вт/м²; $\omega_0 = 10^{-12}$ Вт, $P_0 = 2 \times 10^{-5}$ Н/м² – 1000 Гц жиіліктегі есту бастамасының сәйкесінше шамалары.

Адамның дыбыс қаттылығын субъективті қабылдау, дыбыстың материалдарымен жұтылу және кедергілер арқылы өту қабілеті тербеліс жиілігіне байланысты. Адамға шудың қолайсыз жағдайы тек дыбыс қысымына байланысты емес, жиілік ауқымына, әсер ету ұзақтығына да байланысты.

Шудың әрбір көзі оның қысымына, жиілігіне (спектріне) тәуелді үндер құраушыларынан тұрады. Шу спектрлері сызықтық (дискреттік) тұтас және аралас болуы мүмкін. Өндіріс орындарындағы шу спектрі көбіне тұтас немесе аралас болып келеді. Сондықтан, акустикалық зерттеулер мен есептеулер жүргізгенде шудың спектральді құрамын білу қажет.

Шуды немесе кез келген акустикалық дыбысты қарапайым синусоидаларға қоюға болады, бірақ мұндай әрекетті істеудің пайдасы жоқ. Сондықтан, кең жолақты шудан, шу спектрінің анализаторы көмегімен жиіліктің бөлек жолақтарын жиілеп

бөледі. Бұл аспаптың акустикалық сүзгілері (сорғыштары) әлдебір қатты кесек материалдан, белгілі бір фракцияларды бөлетін елек топтары сияқты жұмыс істейді.

Ең жоғары жиілігі ең төменгіден екі есе үлкен жиіліктің тұрақты октава жолақтары, жиілік диапазоны келесі орташа-геометриялық жиілікке ие: 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц.

Зерттеулер мен есептеулерді тұрақты жолақтардың әрқайсысында өткізу керек. Дыбыс көзінен таралатын дыбыс толқындары тура дыбыс өрісін түзейді. Қарапайым өндіріс орындарында дыбыс толқындары қоршауларға шағылып, шағылған дыбыс өрісін түзейді, ол тура дыбыс өрісімен бірігіп ортаның акустикалық тәртібін тудырады. Шағылған және тура өрістің энергиялары немесе реверберация энергиясы тең болатын дыбыс көзінің арақашықтығында шекаралық радиуспен сипатталатын жорамал беті пайда болады. Бұл беттің ауданы S келесі теңдіктен табылады:

$$S = \omega \cdot r_{\sigma\delta}^2, \text{ м}^2 \quad (2.29)$$

мұндағы ω – дыбыс шағылысатын көпжақты бұрыш, стерadian, $r_{\sigma\delta}$ – шекаралық радиус, м.

Егер дыбыс көзі кеңістікте болса, онда дыбыс энергиясы сфераға шағылады және $\omega=4\pi$, стерadian, шағылу жартылай сфераға болса – (дыбыс көзі жерде орналасқан) онда $\omega=2\pi$, стерadian.

Егер дыбыс көзі екі қырлы бұрышта орналасса, онда $\omega=\pi$, егер үш қырлы бұрышта тұрса, онда $\omega=\pi/2$, стерadian.

Бағытталмаған дыбыс көзінің шекаралық радиусын келесі теңдеуден табады:

$$r_{\sigma\delta} = \sqrt{\dot{I}_{1000} / 4\omega}, \quad (2.30)$$

мұндағы \dot{I}_{1000} – 1000 Гц жиіліктегі ортаның тұрақтысы, м^2 .

Бөлменің тұрақтысы – тұйықталған ауа кеңістігінің акустикалық сипаттамаларының негізгісі. Ол ғимарат ішіндегі материалдар мен жабдықтарға немесе бөлменің оқшаулығына және де ондағы ауа көлеміне байланысты.

1000 Гц орташа геометриялық жиіліктегі бөлме тұрақтысының мәндері ҚНЖЕ № 02.007.94, 4-кестеде келтірілген.

4-кесте

Бөлменің көлеміне байланысты, 1000 Гц орташа геометриялық жиіліктегі бөлменің тұрақтысы, м²

№	Бөлменің сипаттамасы	Бөлменің тұрақтысы П/1000, м ²
1	Адам саны аз болғанда (металл өңдейтін цехтар, желдеткіш камералар, генераторлы, машиналы залдар, сынақ қабырғалары ...)	V/20
2	Адам саны көп және жиһаз қатты болғанда (зертханалар, тоқыма және ағаш өңдеу цехтары, кабинеттер...)	V/10
3	Адам саны көп болғанда және жиһаз жұмсақ болғанда (ғимараттың жұмыс орындары, басқармалар, конструкциялық бюро залдары, аудиториялар, мейрамхана залдары, дүкендердің сауда залдары...)	V/60
4	Төбесі мен қабырғаларының жартысы дыбысты оқшаулау қаптамасымен жабылған бөлмелер	V/1,5

Жиіліктің октавалық жолақтарындағы бөлменің тұрақтысын мына теңдіктен табамыз:

$$P = K \cdot P_{1000}, \quad (2.31)$$

мұндағы K – жиілікті көбейткіш, 5-кестеден анықталады.

5-кесте

Жиіліктің октавалық жолақтарындағы орта тұрақтысын есептеуге арналған жиілікті көбейткіш

Бөлменің көлемі, м ³	Октавалық жолақтардағы жиілікті көбейткіш							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
200-ге дейін	0,8	0,75	0,7	0,8	1	1,4	1,8	2,5
200-ден 1000-ға дейін	0,65	0,62	0,64	0,75	1	1,5	2,4	4,2
1000-нан жоғары	0,5	0,6	0,56	0,7	1	1,6	3	6

Бір бағытталмаған шу көзі бар, жұмыс орнындағы ортаның есептеу нүктелеріндегі дыбыс қысымының октавалы дәрежесін келесі формуламен анықтайды:

шекаралық радиус сферасында:

$$L = L_{\omega} + 10 \lg \left(\frac{1}{\omega r_{\text{сф}}^2} + \frac{4}{\dot{I}} \right), \quad (2.32)$$

тура дыбыс зонасында:

$$L = L_{\omega} + 10 \lg \frac{1}{\omega r^2}, \quad (2.33)$$

шағылған дыбыс зонасында:

$$\left(L = L_{\omega} + 10 \lg \frac{1}{\omega r^2} \right); L = L_{\omega} - 10 \lg \Pi + 10 \lg \Psi + 6 \quad (2.34)$$

мұндағы L – дыбыс қысымының октавалық деңгейі, дБ; L_{ω} – шу көзінің дыбыс қуатының октавалық деңгейі, дБ; ω – шу шағылатын денелік бұрыш, стерadian; $r_{\text{сф}}$ – шекаралық сфера радиусы, м; r – шу көзінің акустикалық ортасынан есептеу нүктесіне дейінгі арақашықтық, м; Π – жиіліктің октава жолағындағы бөлменің тұрақтысы, м^2 ; Ψ – бөлмедегі дыбыс өрісінің диффузиялығын ескертетін коэффициенті, ол келесі формуладан табылады:

$$\psi = \exp \left(-0.7 \frac{\dot{I}}{S_{\text{іқо}}} \right), \quad (2.35)$$

$S_{\text{окш}}$ – ғимаратты оқшаулайтын беттік аудан.

Еденде немесе қабырғада орналасқан шу көзінің акустикалық ортасы деп тік немесе көлденең жазықтыққа шу көзінің ортасының проекциясын айтады.

Егер бөлмеде дыбыс қуаты бірдей немесе 7 дБ-дан айырмашылығы бар бірнеше шу көздері болса, онда дыбыс қысымының қосынды дәрежесін былай анықтайды:

$$L = L_0 + \lg n, \quad (2.36)$$

Егер дыбыс көздері әртүрлі болса, онда деңгейлерді энергетикалық қосу жүргізіледі.

$$L = L_0 = \sum_i^n \delta_i, \quad (2.37)$$

мұндағы n – шу көздерінің саны; δ – дыбыс қысымының деңгейіне қоспа, дБ. Ол мына формуламен анықталады:

$$p_i = 3 \exp(-0.2\Delta i), \quad (2.38)$$

L_0 – қуаты күштірек шу көзінің дыбыс қысымының деңгейі; Δi – ең үлкен және оған жақын кіші шу көзінің арасындағы дыбыс қысымы деңгейінің айырмасы, дБ.

Мысалы, шу көздері 100, 98, 95, 92 дБ тең дыбыс қысымының деңгейін туғызады. Бірінші айырмашылықты анықтаймыз: $100 - 98 = 2$. Бұл шамаға 2 дБ тең түзету сәйкес келеді. Оны ең үлкен мәнге қосамыз: $100 + 2 = 102$ дБ. Келесі айырмашылық $100 - 95 = 7$ дБ және түзету 0,8 дБ тең. Жалпы деңгей 102,8 дБ өсті. Келесі түзетулерді табудың мағынасы жоқ, себебі децибелдермен әрекеттерді олардың толық мәндері аралығында жасайды. Яғни, берілген мысалды жалпы дыбыс қысымының деңгейі 103 дБ тең.

Шуды өлшеуді керекті қорғаушы жұмыстарды өңдеу қажеттілігі мақсатымен жұмыс орнындағы агрегаттардың шулы және дыбыс қысымдарының немесе дыбыс деңгейінің сипаттамасын анықтау үшін жүргізеді.

МЕСТ 8.055.79 сәйкес агрегаттың негізгі шулы сипаттамасы ретінде дыбыс қуатының октавалы деңгейі болып табылады.

Сонымен қатар, мынадай сипаттамалар қолданылады: 1,3 және 10 м тіреуіш радиустарындағы дыбыс деңгейі; агрегаттардың сыртқы контурынан 1 м арақашықтықтағы дыбыс деңгейі және дыбыс қысымының октавалы деңгейі; бағытталғандық сипаттамасы.

Шулы жағдайдағы акустикалық өлшеулер кезінде есептеу нүктелерін ҚНЖЕ 11-12-77 сәйкес бөлмелердің, ғимараттың, құрылыстың ішінен және территорияларда, жұмыс орындарында адамдар әрдайым еден деңгейінен, жұмыс істеу алаңынан немесе территорияның жобалау бағасынан 1,2-1,5 м жоғарыда болатын зонада таңдайды.

Дыбыс қысымының октавалық деңгейі бірдей, бір немесе бірнеше шу көздері бар бөлмелердің ішінде ең кемінде 2 нүкте

таңдау керек: біреуі шағылған өріс зонасында орналасқан жұмыс орнында, екіншісі – тура дыбысты өрісті жұмыс орнында болатын.

Егер бөлмеде, жұмыс орындарында дыбыс қысымының октавалық деңгейі бір-бірінен 10 дБ көп айырмашылығы бар бірнеше шу болса, онда тура өріс зонасында 2 нүкте таңдау керек: дыбыс көздерінің ең көп және ең аз дыбыс қысымының деңгейі бар жұмыс орындарында.

Шуды өлшеуде және талдауда немесе акустикалық есептеулерді жиілік диапазонын белгілі кеңдіктегі жиілік жолақтарына бөледі. Жоғарғы шектік жиілік f_2 , төменгі f_1 -ге қатынасы екіге тең болса октава деп аталады. Егер $\frac{f_2}{f_1} = \sqrt[3]{2} = 1.26$,

онда жолақ кеңдігі $1/3$ октаваға тең болады. Шудың гигиеналық мақсаттары үшін октавалы жиілік жолақтарын, ал техникалық - $1/3$ - октавалық жиілік жолақтарын пайдаланады.

Әрбір жиілік жолағының сипаттамасы орташа геометриялық f_{cr} , жиілік болып табылады, октава үшін ол $f_{cr} = \sqrt{f_1 f_2}$, өрнекпен, ал $1/3$ октава үшін $f_{cr} = \sqrt[3]{2 f_1}$ өрнекпен шығарылады.

Шуды өлшеу үшін келесі аспаптарды қолданады:

Жолақты октавалы немесе үштік октавалы акустикалық сүзгілері бар МЕСТ 17187-71 сәйкес дәлдігі 1 немесе 2 класс шу өлшегіштері.

МЕСТ 13761-68 сәйкес дәлдігі I және II класс өлшеуіш микрофондар, олар жолақты октавалы немесе үштік октавалы сүзгілі шу спектрінің анализаторымен, өлшеуіш үдеткішпен және өлшеуіш аспаптармен бірге пайдаланылады.

Жиілік диапазоны 20 – 20000 Гц тар емес аз жиілікті өлшеуіш үдеткіштері. Октавалы немесе үш октавалы электрлік сүзгілер МЕСТ 17168-71 бойынша. Жұмысшы жиілік диапазоны 20 – 20000 Гц тар емес өлшеуіш аспаптар. Жиілік диапазоны 20 – 20000 Гц тар емес деңгейлерді өздігінен жазатын аспаптар.

Отандық өнеркәсіп акустикалық өлшеу аспаптарын жетілдіріп жасап шығаруда. Осы аспаптар арасында ең көп қолданылатындар: шу және діріл өлшегіші ИШВ-1, ол 10-нан 8000 Гц-ға дейін дыбыс қысымының деңгейін, 30 - дан 130 дБ дейін

дыбыс деңгейін және діріл жылдамдығымен діріл үдеткішін өлшейді.

2.5. Шудың адам ағзасына әсері

Біздің заманымызда шу – адамға ерекше әсер етеді. Дыбыс энергиясы барлық жерде пайда болады және жасанды жолмен пайда болып, барлық жерге таралады. Дыбыс толқындары көбінесе ретсіз қабаттасып, әсерлі күшке дейін жетеді де, адамға қатты әсерін тигізеді. Сол кезде біз шуға шағымданамыз.

Мүкіс – құлақ - ауруларының ең қауіпті түрі. Асқазан ауруы және жіңішке ішек жарасы көп жағдайда, шулы жерде жұмыс істейтін адамдарда жиі кездеседі. Шу – жүрек ауруларына, психикалық ауруларға, сонымен қатар, қатерлі ісіктің пайда болуына себепші болады. Ол жүйке жүйесін әлсіретіп, ағзаның жалпы кедергісін төмендетеді.

Өндірістегі қатты шу – еңбек өнімділігін едәуір төмендетеді және жазатайым оқиғаның себепшісі болуы мүмкін.

Физикалық тұрғыдан шу – күштері мен жиіліктері әртүрлі дыбыстардың жүйесіз қабаттасуы. Ал физиологиялық тұрғыдан – адамға қандай да болмасын дәрежедегі жағымсыз дыбыстық үрдіс. Шу пайда болу ортасына және табиғатына байланысты бірнеше түрге бөлінеді:

Акустикалық шу – ағзаға ерекше қасиетімен әсер ететін және күрделі уақыттық құрылымымен ерекшеленетін, үндестігі жоқ (гармониялық емес) дыбыс. Табиғи пайда болуына қарай:

1) *Механикалық шу* – қатты денелердің дірілінен (жұмыс істеп тұрған машиналар мен механизмдерден) пайда болады.

2) *Аэро- және гидродинамикалық шу* – бос ағыстағы газдың, будың және сұйықтықтың әртүрлі жылдамдықпен қозғалғандағы қысым пульсациясы (яғни, дірілі) нәтижесінде пайда болады. Мысалы, реактивті қозғалтқыштың ағынында. Қысым пульсациясы, сонымен қатар, ағынның біртекті болмауынан, шу айналмалы дөңгелектері бар машиналарда пайда болады (желдеткіштерде, турбиналарда).

3) *Термиялық шу* – ағын турбулизациясынан, жану кезінде газдардың флуктуациясынан және жарылыс немесе разрядтану

кезіндегі жылудың қарқынды бөлінуі (қысымның лезде көтерілуі) нәтижесінде пайда болады.

4) *Кавитациялық шу* – сұйықтағы көпіршіктің жарылу нәтижесінде пайда болатын дыбыстық импульстер. Олар акустикалық кавитациямен беріледі.

Өндірістегі шу – технологиялық жабдықтардың, отынды құрылғылардың, электрлік машиналардың, жану үрдістерінде және т.с.с. жұмыс істеуінен пайда болады.

Әртүрлі шуларды бөліп жазу мақсатымен, оларды акустикада бірнеше түрге бөледі:

Ақ шу – спектральді тығыздығы белгілі бір диапазондағы жиілікке байланысты емес шу.

Қызғылт шу – октавалық жолақта тұрақты энергиясы бар шу. Яғни, әрбір октавалық жолақта жиілікке кері пропорционал дыбыс энергиясы болады.

Үздіксіз шу – деңгейі белгіленген немесе белгісіз уақыт аралығында өзгеріссіз қалатын шу.

Ауыспалы шу – деңгейі уақыт аралығында өзгеріп тұратын шу.

Кездейсоқ шу – берілген уақытта амплитудасы мен жиілігі анықталмаған шу.

Кең жолақты шу – энергиясы жиіліктің кең диапазонында таралатын шу (бір октавадан көп).

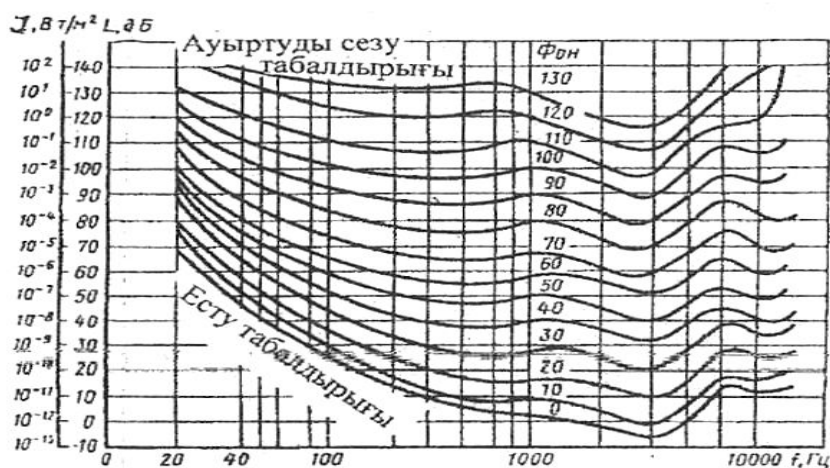
Импульсті шу – қысқа ұзақтығымен, әдетте 1 секундтан төмен, өте жоғары қарқындылығымен, лезде пайда болуымен, сөну жылдамдығы мен спектральді құрамы тез өзгеруімен сипатталатын шу.

Үндестілік шу – кейде “әндеткіш” деп аталатын шу, уақыт аралығында ретсіз өзгертін, кейбір жиілік басымырақ болатын шу.

Қауіпті шу – оның әсерінен кейбір адамдардың есту қабілеті өзгертін шу.

Шу уақыттық сипаты бойынша тұрақты және тұрақсыз болып бөлінеді. Тұрақты шу – деп 8 сағаттық жұмыс күнінде 5 дБА-дан деңгейі аспайтын дыбыс деңгейін айтады. Ал дыбыс деңгейі 5дБА-дан асатын болса, онда ол тұрақсыз болады. Тұрақсыз шу өз ретінде үзілісті және импульстік болып бөлінеді. Шудың қаттылығын сезіну үшін қаттылық деңгейі ұғымы енгізілген. Ол шартты түрде нөлдік табалдырықтан есептеледі. Қатты шу

деңгейінің бірлігі - үн болып табылады. Ол 1000 Гц жиілігіндегі 1Б дыбыс эталонындағы үдемелік деңгейінің айырымына сәйкес келеді. Сөйтіп, 1000 Гц деңгейіндегі шу қаттылығы дыбыс қысымының деңгейлерімен дәл келеді. Қаттылық деңгейі дыбыс тербелістерінің физиологиялық сипаттамасы болып табылады. Арнайы физиологиялық зерттеулер бойынша тең дауыс қаттылығының қисықтығы құрылды. Ол бойынша дыбыс қысымының берілген деңгейінде кез келген дыбыстың қаттылық деңгейін анықтауға болады (2.1-сурет).



2.1-сурет

Шудың адамға ұзақ уақыт әсер етуі шаршауға соқтырады, еңбек өнімділігін және еңбек сапасын төмендетеді. Әсіресе шудың құлаққа әсері жаман. Ол құлақ мүкісін тудырады. Бұдан екі құлақ та ауырады. Стандарттау жөніндегі халықаралық ұйымның деректері бойынша шу жағдайында 5 жылдан астам еңбек еткен адам кәсіби мүкістікке ұшырайды. Он жылдан астам тұрақты шу жағдайында жұмыс істеген адамдардың 90 дБ (А шкаласы) шу деңгейінде есту қабілетін жоғалту тәуекелдігі 10%, 100 дБ (А шкаласы) – 29%, 110 дБ (А шкаласы) – 55% болады. Қатты дыбыстық тітіркену есту жүйесінің барлық буындарына өзгерістер келтіреді.

Аса үлкен дыбыс қысымы құлақ жарғағын жарып жібереді.

Есту органдарына ең қолайсызы жоғары жиілікті шу болып табылады (1000...4000 Гц).

Шу тек құлаққа ғана әсер етіп қоймай, адамның миына да әсер етеді. Мұндай қолайсыз шу құлақтан бұрын жүйкені тоздырады.

Ұйқы бұзылады, жад әлсірейді, адам тез шаршайды, күйгелекке ұрынады, басы ауырып, әлсірейді т.т.

2.6. Шудан қорғану

Шудың қолайсыз әсерінен қорғану үшін өндірістік кәсіпорындарды жобалауда, құрылысында және олардың машиналарын, жабдығын пайдалануда кешенді ұйымдық, техникалық, медициналық шаралар белгілеу қажет.

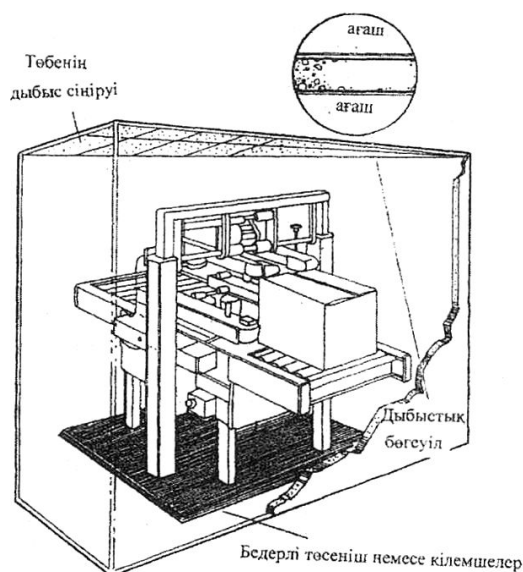
Шумен күрестің тиімді жолы оның көзіндегі деңгейін машиналар құрылысындағы технологияларды өзгерту есебінен азайту болып табылады. Шу шығатын нысанында жою үшін құралдар таңдау қажет. Ол үшін шудың шығу себебін және оны азайту үшін қандай жабдық таңдау, нендей әдіс-амал істеу керектігін білу қажет. Шудың көбі өндірістегі жабдықтың, машиналардың, станоктардың, әртүрлі тетіктерінің жұмыс істегенде шығаратын дыбыстары: тісті айналғыштар, подшипниктер, өзара соқтығысатын тетіктер және т.б. Тісті берілістердің шуын азайту үшін тістегеріштерін ауыстыру арқылы оларды өңдеу, жинау дәлдігін арттыру қажет. Мұндай шаралар тобына шулы процестерді шусыз процестермен алмастыру арқылы қол жеткізуге болады. Мысалы, шегелеуді дәнекерлеумен, соққылыны соққысызбен алмастыру, қалыптауды қысымдаумен ауыстыру, т.б. Ең шулы станоктардың бірі – шегелегіш автоматты станок болып табылады. Шегелегіш автоматта шу металл бөлшектердің өзара соқтығысуынан шығады: пуансон шеге басын, жылжығыш – бағыттаушылармен, таратқыш білік эксцентригі қисық иіннің шарнирлі қосылыстарының беру тетігінің – ролигімен, сырғу подшипниктері және тісті ұстағыштар соғылысы.

Сырғу подшипнигінің шуын азайту үшін бұлғақ төлкесін (шатун втулки), шығару тегершегіндегі жылжығыш пен жанжығышты капролоннан жасайтын болды, соның нәтижесінде шу 12 дБ-ға төмендеді. Болаттан жасалған түйіскіш тетіктерді шойынмен ауыстырғанда, шу 3...4 дБ-ға дейін азайды. Сондай-ақ

тісті тетіктердің тіс түрі де шуды әртүрлі шығарады. Мысалы, дөңес, қиғаш, шеброн тістер аса шулы болмайды.

Шуды азайтуда подшипниктерді сапалы жасаудың, оларды білікке тығыз отырғызу және қалқанша ұяларының қиғаштықсыз болуы және қыспауының да маңызы бар. Подшипниктерді майлау, дұрыс отырғызу да шуды азайтады. Сырғығыш подшипниктер аз шу шығарады.

Желдеткіш жүйелердің, ауамен жылыту жүйелерінің, компрессорлардың, газтурбиналы қондырғылардың жұмысы аэродинамикалық текті шу шығарады. Аэродинамикалық шуды азайту үшін шу басатын қисық сызықты арналары бар бөлшектер пайдаланады, дыбыс оқшаумаларын қолданады, шубасқыштар орнатады, дыбыс оқшаулайтын қаптамалар кигізеді және т.б. қолданылады. Шуды төмендетуге мүмкіндік болмаған жағдайда, шу шығаратын жабдықты жеке бөлмеге қояды, ал қашықтан басқару пультін шуы аз бөлмеге орналастырады (2.2-сурет).



2.2-сурет. Бөлмедегі шудың аз болуы ішкі және сыртқы қабырғалардың арасына көбікзат қойылған ағашпен жабылғанда қамтамасыз етіледі.

Мұндағы көбік дыбыс бөгеуіл ролін атқарады. Төбені дыбыс сіңіргіш материалмен жабады. Жабдықты бедерлі төсенішке немесе кілемшелерге орналастырады

Дыбыс жұту әдісімен шуды азайту дыбысжұтқыш материалдың кедергісінің болмауы себепті дыбыс тербелістері бөлшектерінің жылу энергиясына айналу принципіне негізделген.

Дыбыс энергиясы қаншалықты көп жұтылса, соншалықты бөлмедегі шу бәсеңдейді. Сондықтан бөлмедегі шуды азайту үшін оның ішкі беттері дыбысжұтқыш материалдармен жабылады.

Дыбысжұтқыш құрылғылар кеуекті, кеуекталшықты, экранды, мембраналы, қатпарлы, резонансты және көлемді болып келеді.

Кей жағдайларда шу деңгейін азайтуда перфорацияланған алюминий, пластмасса желектерімен жабылған дыбысжұтқыш кеуекті материалдар қолданылады. Шудың жоғарғы жиілігінде дыбысжұту коэффициентін арттыру үшін дыбыс оқшаулама қабаттарын ұсақ және жиі перфорацияланған қорғаныш қабығымен жабады, сондай-ақ асқын шу көзі болатын жабдыққа конус, куб түріндегі дыбысжұтқыштар қолданылады. Шумен күресте сәулет-жобалау, құрылыс шараларының да мәні ерекше. Ал техникалық шешімдер қолданыстағы нормативтік талаптарды қамтамасыз ете алмайтын жағдайда, шудың ұзақ әсерін шектеу қажет.

Шу деңгейін жабдықтың жанына акустикалық материалмен жабылған дыбыс тосқауылдарын, дефлекторлар, ағаш немесе металл панельдерін қойған жағдайда азайтуға болады. Діріл шуын арнаулы тұғырларға дірілдегіш беттерді, қоршауларды, қаптамаларды бекіту арқылы, сондай-ақ шулы механикалық бөлшектерді пластика немесе резеңке жабындармен жабу арқылы төмендетуге болады. Шуды машиналардың айналу және қозғалу бөліктерін арнаулы май жағу жолымен де азайтуға болады.

Жеке қорғаныс құралдарын қолдану ұжымдық және басқа қорғаныс құралдары шудың шектік деңгейін азайтуға мүмкіндік етпеген жағдайда қолданылады. Жеке қорғаныс құралдары қабылданатын дыбыс деңгейін 10...45 дБ дейін төмендетуге мүмкіндік береді, әсіресе адам үшін аса қауіпті жоғары жиіліктегі шуды елеулі азайтады.

Шудан жеке қорғаныс құралдары құлақты жауып тұратын шуға қарсы құлаққаптарға, шуға қарсы ішпектерге, шуға қарсы дулығарларға және дулығалы қалпақтарға және шу костюмдеріне бөлінеді.

Шуға қарсы ішпектер қатты, созылмалы және талшықты материалдардан жасалады. Олардың бір рет қана және көп рет пайдалануға болатын түрлері бар.

Шуға қарсы дулыға басты толық жабады, олар өте жоғары шу деңгейінде құлаққаптармен және шу костюмдерімен қоса қолданылады.

Өндірістік шу жағдайында жұмыс істейтіндерге әсер ететін шу деңгейі өлшеніп отырылуы қажет. Жұмысшы өз құлағының естуін жыл сайын тестілеп отыруы қажет, ал жұмыс беруші жеке қорғаныс құралын (ЖҚҚ) пайдалана білуін меңгертуі қажет.

Жұмыс беруші шу деңгейін азайту үшін инженерлік және әкімшілік бастама көрсетуге міндетті.

Шудан қорғаныс құралдарының типтері орындалатын жұмыс сипатына және шу деңгейіне байланысты. Жеткілікті ЖҚҚ келетін шу деңгейін азайтуы тиіс. Өте шулы ортада құлақ ішпектерін, сондай-ақ құлаққаптарын пайдалану қажет.

Құлақ ішпектерін құлаққа бекітеді және құлақ ішіне шу өтуден сақтандырады. Құлақарналық жұмсақ ішпекшелер болып табылатын тостағаншалар лентаға бекітіледі де құлақ саңылауына жапсырылады. Ішпектер құлақ саңылауы жолында болуы қажет, ал лента бастың төбесінен жайлап ұстап тұруы қажет. Жұмыс істеуші көзілдірік пен шаштың ішпекпен және құлаққаппен байланбағанын қадағалауы қажет. Кейбір құлаққаптар дулығаға бекітетіндей етіліп жасалады. Шу төмендететін құлаққап пен ішпектердің үлгілері әртүрлі. Олардың жұмысшыларға қажеттісін таңдап алу – жұмыс берушінің міндеті.

2.7. Ультрадыбыстан және инфрадыбыстан қорғану

Бағытталған, яғни жазық толқынға жақын толқын алу үшін, толқын шығарғыштың мөлшері толқын ұзындығынан бірнеше есе болуы керек. Ауадағы дыбыстық толқындардың ұзындығы шамамен 15 м-ден 15 мм аралығында болады. Сұйық қатты ортадағы толқын ұзындығы бұдан да үлкен болады (бұл ортадағы дыбыс толқындарының таралу жылдамдығы ауадағыдан үлкен болады). Ұзындығы осындай бағытталған толқын шығаратын толқын шығарғышты жасау, іс жүзінде мүмкін емес. Ұзындығы бұдан әлдеқайда кіші ультрадыбыстық толқындар үшін, іс басқаша қойылады. Толқын ұзындығы кеміген сайын, толқынның таралу процесіндегі дифракцияның рөлі де кемиді. Сондықтан ультрадыбыс толқындарын, жарық шоғы тәрізді, бағытталған шоқтар түрінде алуға болады.

Ультрадыбыс толқындарын қоздыру үшін қазіргі кезде негізінен екі құбылыс пайдаланылады: кері пьезоэлектрлік эффект және магнитострикция. Кері пьезоэлектрлік эффектiнiң мәні,

кейбір кристалдан (мысалы; кварц, сегнет тұзы, барий титанаты, т.б.) белгілі бір тәсілмен кесіп алынған пластинаның электр өрісінің әсерінен аз ғана деформациялануында (бір бағыттағы өріс кезінде ұзарады, ал қарама-қарсы бағыттағы өріс кезінде ұзарады, ал қарама қарсы бағыттағы өрісте сығылады). Мұндай пластинаны, айнымалы кернеу берілетін, металл астарларының арасында орналастырып, пластинаның еріксіз механикалық тербелісін қоздыруға болады. Егер электр кернеуі өзгерісінің жиілігі пластинаның меншікті жиілігіне сай келсе, бұл тербелістер ерекше интенсивті болады. Пластинаның тербелісі оны қоршаған сұйық немесе газ тәрізді ортаға беріледі де бұл ортада ультрадыбыстық толқындарды қоздырады. Магнитостракцияның мәні магнит өрісі әсер еткен ферромагниттік заттардың (темір, никель, кейбір қорытпалар, т.б.) аз ғана деформациялануында болып табылады. Сондықтан ферромагниттік стерженьді айнымалы магнит өрісіне орналастырып (мысалы, айнымалы ток өтетін катушканың ішіне), өткендегідей резонанс кезінде ерекше интенсивті болатын, оның механикалық тербелістерін қоздыруға болады.

Бағытталған ультрадыбыстық шоктар судағы локация мақсатында (нәрселерді байқау және оған дейінгі қашықтықты анықтау) кең қолданыс тапты. Ультрадыбыстық локацияның идеясын алғаш рет көрнекті француз физигі П.Ланжевен (1872-1946) айтты және бірінші дүниежүзілік соғыс кезінде сүңгуір қайықты байқау үшін жасады. Қазіргі кезде ультрадыбыстық локаторлар айсбергтерді, барлық үйірін байқау үшін қолданылады.

Айқайлап және жаңғырықтың, яғни бөгеттен – жардан, орманнан, құдықтағы су бетінен тағы басқалардан-шағылған дыбыстың қайтып келу уақытын анықтап, осы уақыттың жартысын дыбыс жылдамдығына көбейтіп, бөгетке дейінгі қашықтықты табуға болады. Жоғарыда біз айтып өткен локатор және теңіз түбінің тереңдігін өлшеу мен оның рельефін түсіруге арналған ультрадыбыстық эхолот осы принципке негізделіп жасалады. Корабль корпусына бекітілген толқын шығарғыш, вертикаль бағытта қысқа ультрадыбыстық импульстар жібереді. Теңіз түбінен шығарылған импульстар жіберіледі. Теңіз түбінен шығарылған импульстар қабылдағышта тіркеледі. Импульстың шығуы мен оның қабылдануы арасында өткен уақыт бойынша тереңдік есептеледі.

Ультрадыбыстық қабылдау әдісі жарғанаттың қараңғыда ұшу кезінде дыбыс бағдарлауына мүмкіндік жасайды. Жарғанат дүркін-дүркін ультрадыбыстық жиіліктегі импульстар шығарады және есіту органдарының көмегімен шағылған сигнал бойынша өзінің маңайындағы денелерге дейінгі қашықтықты үлкен дәлдікпен біледі.

1928 жылы совет ғалымы С.Я.Соколов ультрадыбысты дефектоскопия, яғни бұйымдардағы ақауды (дефектілерді) байқау мақсатында пайдалануды ұсынады. Егер дефектінің мөлшері толқын ұзындығынан үлкен болса, онда ультрадыбыстық импульс дефектіден шағылып кері қайтады. Бұйымға ультрадыбыстық импульстарды жіберіп және шағылған толқындарды тіркеу арқылы бұйымдағы дефектіні байқап қана қоймай оның мөлшері мен орналасқан жері туралы да айтуға болады. Соколов және басқа ғалымдар жасаған ультрадыбыстық дефектоскопия әдісі барған сайын кеңінен қолданылуда.

Интенсивтілігі үлкен болғандықтан және өзінің жүріп өткен жолындағы ортада қысымның күшті пульсациясын жасайтындықтан, ультрадыбыстық толқындар бірқатар ерекше құбылыстарда жасайды: сұйық ішінде қалқып жүретін бөлшектердің ұнтақталуы (дисперсиялануы), эмульсияның (өзімен араласпайтын басқа бір сұйық ішінде берілген сұйықтың жүзіп жүретін майда тамшылары) пайда болуы, диффузия процесінің тездетуі, ерітілу, химиялық реакциялардың жандануы және т.б.

Ультрадыбыс – адам құлағы еститін жоғары шектен асқан дыбыс жиілігіндегі тербелістер мен толқындар. Ультрадыбыстың төменгі ауқымдағы шегі шартты болады, себебі адам құлағының естуінің төменгі шегі түрліше болады.

Ультрадыбыстың жиілігіне байланысты пайда болу, таралу, қабылдау, қолдануының өзіндік ерекшеліктері бар.

Дыбыс сияқты ультрадыбыста ультрадыбыстық қысыммен (Па), үдемелікпен ($Vt \setminus m$) және тербеліс жиілігімен сипатталады (Гц).

Табиғатта ультрадыбыс көздері – жер сілкіну, жанартаулар атқылауы кезінде пайда болуы мүмкін. Ультрадыбыс ракета қозғалтқыштары, кейбір механизмдер мен станоктар жұмысында пайда болады.

Техникалық мақсаттарда ультрадыбысты арнайы құрылғылармен – ультрадыбыс түрленгіштермен алады (ультра-

дыбыс сәулелегіштер). Олардың қандай энергия тудыратынына қарай шартты түрде механикалық және электрлік деп бөледі.

Механикалық түрлендіргіштерде ультрадыбыстың көзі – газ ағынының немесе сұйықтықтың механикалық энергиясы болып табылады. Мұндай түрлендіргіштер (ауалық немесе сұйықтық ысқырулар және сиреналар) құрылысы бойынша өте қарапайым, бірақ кең ауқымы және жиіліктерінің тұрақсыздығы бар, бұл олардың практикалық қолдануын шектейді. Электрлік түрлендіргіштерде энергия көзі сапасында электр тогы пайдаланылады, ал мұндай түрлендіргіштердің әрекеті – магнитострикциндік немесе пьезоэлектрлік құбылыстарға негізделген.

Үлкен жиілік пен толқынының аз үлесімен шартталған ультрадыбыстың өзіндік ерекшелігі «ультрадыбыс сәулелері» деп аталған ультрадыбыс тербелістерінің бағытталған шоғырлармен таралу мүмкіндігі болып табылады. Олар салыстырмалы шағын ауданда өте үлкен ультрадыбыс қысымын жасайды. Ультрадыбыстың бұл қасиеті оның қолдануына кең жол ашты.

Ультрадыбыс қондырғыларында жұмыс істейтін адамдарға әсер ететін еңбек жағдайы мен кәсіби зияндылық сипаты көптеген факторлармен, ең алдымен, өндірілетін ультрадыбыс тербелістерінің жиілігімен анықталады.

Ультрадыбыстың жиіліктік сипатына қарай, ультрадыбыс аппаратурасын негізгі екі топқа бөледі:

төмен жиілікті ультрадыбыс (тербеліс жиілігі шегі 11–100 кГц) қолданылатын қондырғылар мен аспаптар;

жоғары жиілікті ультрадыбыс (тербеліс жиілігі шегі 100 кГц – 100 мГц) қолданылатын қондырғылар.

Төмен жиілікті қондырғыларды заттар мен әртүрлі технологиялық процестерге белсенді әрекет ету үшін қолданады (майсыздандыру, тазалау, пісіру, дәнекерлеу, қалайылау, механикалық жұмыс, аэрозольді каогуляциялау, сұйықтарды газсыздандыру, металдарды кристалдандыру, биологиялық ұлпаларды кесу және қосу, құралдарды стеризациялау, т.б.).

Жоғары жиілікті қондырғыларды радиоэлектроникада сигналдарды тарату, өңдеу, талдау, бақылау және ақпарат алу үшін (байланыста, вискозиметрияда, дефектоскопияда), медицинада (диагностикалық немесе емдік мақсаттарда –

дыбыскөру, орталық жүйке жүйесін, буын, омыртқа ауруларын, тері ауруларын, емдеуде, гинекологияда, т.б.) қолданады.

Өнеркәсіптік ультрадыбыс қондырғылары негізінен 18-ден 30 кГц жиілікпен 60...70 кВт\м³ дейінгі үдемелікте жұмыс істейді. Олар генератордан, электр серпіннен және түрлендіргіштен тұрады, ол серпіндерді ультрадыбыс тербелістеріне айналдырады. Осы қондырғылармен жұмыс істейтіндер ультрадыбыс әсеріне ұрынуы мүмкін, біріншіден, оның ауада таралуында шу болады, екіншіден, олар ультрадыбыс таралатын сұйық және қатты денелерге жанасуы мүмкін. Әсіресе дәнекерлеу, қалайылау құралдарын ұстағанда және бұйымдарды ваннаға салуда, т.б. жанасқанда ультрадыбыс әсері аса қауіпті болады. Мұндай қуатты қондырғыларда жұмыс істегенде жанасу орындарында адам денесінің тамырлары мен жүйке жүйесіне зиян келтіруі мүмкін (буындық полиневриттер, саусақ, иық бұлшық еттерінің әлсіздігі, т.б.).

Жоғары жиілікті ультрадыбыс аппаратурасында жұмыс істегенде операторлар ультрадыбыс көзінің денемен жанасуында ғана 0,5-5 мГц ультрадыбыс жиілігінде және 0,001-0,1 Вт\см² қарқындылығында жайсыз әсерге ұрынады. Технологиялық процестердің ішінде жоғары жиілікті ультрадыбыс қолданудың ең көп тараған саласы – дефектоскопия.

Ұзақ уақыт ультрадыбыс қондырғыларында жұмыс істеген адамдар басы ауыратынын, айналатынын, жалпы әлсіздігін, ұйқысының бұзылуын, тез шаршайтынын, ашушандығын, жадының нашарлауын, дыбысқа басым сезімталдығын (гиперакузия), ашық түсті жақтырмайтынын атайды.

Ультрадыбыстың зиянды әсерінен ұжымдық қорғану үшін келесі бағыттарды пайдаға асыруға болады: ультрадыбыстың шығу көзінде зиянды әсерін азайту; құрылымдық және жоспарлық шешімдермен ультрадыбыс әсерін тежеу; ұйымдастыру – алдын алу шараларын жүргізу.

Аз қуатты жабдыққа көшу де үлкен мәнге ие болады. Бұл ультрадыбыстың қарқындылығын 40 дБ-ға дейін төмендетуге жағдай жасайды. Ультрадыбыс жабдығының қуаттылығын азайту технологиялық процестерге келмейтін болса, онда жабдықты дыбыс оқшауламаларымен жабдықтау қажет (қаптама, экрандар) немесе қашықтан басқаруы бар дыбыс оқшаулағыш арнайы бөлмелерге қою қажет.

Егер өндірістік себептермен ультрадыбыстың қарқындылығын және шу деңгейін азайту мүмкін болмаса, онда жеке қорғаныс құралдарын – шуға қарсы екі қабатты қолғаптар (сырты резеңке, іші мақта мата) пайдалану міндетті болады.

Жұмыс істеушілердің демалыс режимін дұрыс ұйымдастырудың маңызы зор. Атап айтқанда, әр $1 \frac{1}{2}$ – 2 сағаттан кейін, 10-15 минуттық шусыз үзіліс жариялаған дұрыс. Инфрадыбыс (лат. Infra асты + дыбыс) – адам естімейтін, дыбыс толқындарына ұқсас төмен жиілікті тербелістер. Инфрадыбыс ауқымының төменгі шегі белгісіз – ол герцтің мыңдық үлесіне дейінгі болуы мүмкін. Ал оның жоғарғы шегіне 16-25 гц жиілік шегі алынады. Инфрадыбыс инфрадыбыстық қысым (Па), үдемелік ($Вт/м^2$), тербеліс жиілігімен сипатталады (Гц). Инфрадыбыстың қарқындылығы мен қысымы дицибелдермен (Дб) өрнектеледі.

Инфрадыбыс көздері көптеген табиғи құбылыстар – жел, найзағай разрядтары, жер қыртысында жүріп жататын процестер, мысалы, жер сілкіну, жарылыстар, ойылулар, т.б. болуы мүмкін. Инфрадыбыс өнеркәсіп қондырғылары, көлік шуларында да болады. Өндіріс жағдайларында инфрадыбыс секундына 20 реттен кем айналым жасайтын айналу және қайталама қозғалыстар жасайтын ірі көлемді машиналар мен механизмдерде (компрессорларда, дизельдік қозғалтқыштарда, электр пойыздарда, желдеткіштерде, турбиналарда, реактивтік қозғалтқыштарда, т.б.) пайда болады. Аэродинамикалық шығу көзі бар инфрадыбыстар газ бен сұйықтықтардың құйындық айналымдарында болады.

Инфрадыбыстың тағы бір ерекшелігі – ол әртүрлі құралдармен аз жұтылады, осы себепті оның ауада, суда және жер бетінде үлкен қашықтықтарға тарала алуы. Инфрадыбыстың осы қасиетін пайдалану арқылы жер сілкіністер мен жарылыстардың орнын анықтайды, сондай-ақ оны жер массивін, су ортасын, атмосфера жағдайын зерттеуге пайдаланады. Теңіз үстімен инфрадыбыстың алыс қашықтыққа кетуін, үлкен құйынды дауыл - цунамиді анықтауға мүмкіндік береді.

Инфрадыбыс әрекетінің ұзақтығына және қарқындылығына (үдемелілігіне) қарай адам ағзасына әртүрлі әсер етеді. Жоғары және орташа қарқынды инфрадыбыс келесі жайсыз ауырсынуларды тудырады: бас айналу, лоқсу, тыныс алудың тыңдауы, іштің ауыруы, жүйкенің жайсыздығы, дел-салдық, үрей. Ал қарқындылық артуында

тамақ кеберсиді, жөтел пайда болады, кейде тұншығу байқалады. Мұндай жайсыздықтар инфрадыбыс қарқындылығы 150 дБ-ден асканда байқалады. Әсіресе инфрадыбыстың қайталу үдемелігі адам ағзасына қолайсыз болады. Бұл ретте оның зиянды әсері аз қарқындылықта да болуы мүмкін.

Инфрадыбыс жалпы ағзаға әсер етумен бірге құлаққа жеке әсер етеді. Құлақ қысымы артады, шуылдайды, ауырсынады. Мұндай әсерлердің дәрежесі инфрадыбыстың ұзақ әрекеті мен қарқындылығына байланысты болады. Әдетте бұл жағдай инфрадыбыстың 150 дБ-ден астамында, 1–7 Гц жиілікте, 8–10 минут әсер ету ұзақтығында байқалады.

Әсіресе инфрадыбыстың тербеліс жиілігі 2 ... 15 Гц жеткенде, адам ағзасына қолайсыз, себебі бұл жиілік ми биотоктарының альфа - ырғағымен дәл келуі мүмкін.

Инфрадыбыспен күрес шумен күрес жағдайындай ұйымдас-тырылуы қажет. Әсіресе машина мен агрегаттарды жобалауда инфрадыбыс тербелістерінің қарқындылығын азайтуды қарастырған жөн.

2.8. Дірілден қорғану

Діріл (лат. Vibratio – діріл) өте күрделі кезеңдік немесе кезеңдікке жақын механикалық тербеліс. Дірілдің жиіліктік спектрі 16 Гц-тен кем емес – инфрадыбыстық жиілігін, 16-дан 20000 Гц-ке дейінгі дыбыстық, 20000-нан астам ультрадыбыстық жиіліктерді қамтиды. Адамда өзіндік діріл сезімін тудыратын тербеліс жиіліктері 8000 Гц-ке дейінгі ауқымда жатыр.

Синусоидалық заң бойынша әрекет ететін діріл сипатының негізгі параметрлері: ойысу амплитудасы – A тепе-теңдігінің тербеліс нүктесінен ең үлкен ауытқуында, м, тербеліс жылдамдығы – v , м/с тербелу нүктесінің жылдамдығының мәндерінен ең үлкені, м/с², тербелістік үдеу – Q тербеліс үдеуінің мәндерінің үлкені, м/с², f – жиілік, Гц. 16...20 Гц жиілікте дірілге шу қосылады.

Дірілдің табиғи көздері – жер сілкіністер, жанартаулар атқылауы, дауылдар және т.б. Дірілдің жасанды түрлері – көліктер, олардың дірілі жүргізушілерге әсер етеді. Басқа да көздер – экскаваторлар, жүк көтергіш крандар, тау-кен машиналары, бетон-төсегіштер және басқалар. Олардың дірілі машина операторларына әсер етеді. Стационарлық машиналар

операторларына (станоктар, электр машиналары, сорғылар, желдеткіштер, бұрғылау қондырғылары, т.б.) машиналарды пайдаланудағы дірілдер әсер етеді.

Бұл құрылғылардың діріл тудыру себебі – бөлшектердің үдемелі қозғалыстары, теңдестірілмеген массалардың айналуындағы соғулар, өңделетін бөлшектерге станоктардың жұмысшы органдарының үйкелісі мен соққылары. Пневмо-құралдардағы өтелген ауаның күмбілі, ракета қозғалтқыштарындағы құйындаулар және т.б. Ғимараттардың арматуралары, іргетастары, топырақ, су, ауа арқылы дірілдер алыс қашықтықтарға таралуы мүмкін. Адамның белгілі бір жеріне жеткен діріл жиілігіне, жанасу аумағына, қарқынына байланысты басқа да мүшелеріне (жеке орынға), денеге (жалпы) таралуы мүмкін.

Жеке жерлік діріл ең алдымен қан тамырларына әсер етеді. Тіке механикалық және рефлекторлық тітіркендіргіштер тегіс бұлшық ет клеткаларының тамырларын ангиоспазмға (тартылуға) соқтырады. Жүрек-тамыр жүйесінің орталық бөлігіндегі жергілікті гемодинамикалық өзгерістер оның барлық учаскелерінде компенсаторлық – бейімдеуіш реакциялар тудырады.

Жергілікті дірілдер жүйке-бұлшық ет аппаратында өзгерістер тудырады: бұлшықтардың және орталық жүйкелердің электр қоздыруы тұрақтылығын төмендетеді, биоэлектрлік белсенділік артады, бұлшық еттердің қозғалыс үйлесімі бұзылады. Дірілдеткіш құралдармен жұмыс істейтін адамның күші, бұлшық ет төзімділігі, шаршау, ауырсынулар туындайды, атрофия басталады.

Жалпы діріл ағзаның барлық қозғалу саласында осыған ұқсас бұзылушылықтар тудырады.

Жалпы діріл әсерінде әсіресе орталық жүйке жүйесі қатты күйзеледі. Бұл жағдайда бастың ми қабатында тежеу процестері басталады, ми қабығы асты және үсті өзара қатынастары бұзылады. Соның нәтижесінде жалпы физикалық және психикалық күй нашарлайды. Бұл өз кезегінде шаршау, ренжігіштік, бас ауруы және басқа жүйке бұзылуларын тудырады.

Жалпы дірілде көз қырағылығы төмендейді, көру ауқымы азаяды, көздің жарық сезуі әлсірейді, есту аппараты бұзылады, әсіресе төмен жиілікті дыбыстарды қабылдау нашарлайды.

Әсіресе адамның дене бөлшектерінің немесе жекелеген мүшелерінің тербеліс резонансының жиілігіне пара-пар жұмыс орындарының тербелісі өте қауіпті болып табылады. Ішкі органдар үшін өз меншікті жиілігі 6...9 Гц деңгейінде жатады. Діріл беті үстінде тұрған адамда екі резонанстық төбе болады, бұлар 5... 12 және 17... 25 Гц, отырған адамда – 4...6 Гц.

Өндірістік жағдайларда дірілдің ұзақ әсері адам денсаулығына зиянды, ең соңында «діріл ауруына» келтіреді.

Өндірістік ортаның физикалық факторы ретінде – діріл металл өңдеу, тау-кен өндірісінде, металлургияда, машинажасауда, құрылыста және басқа салаларда кездеседі.

Діріл қауіпті – деп тіптен бір режимдік пайдалануда діріл тудыратын және жұмысшылардың діріл қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін қосымша шараларды қажет ететін машиналарды айтады.

Машиналардың дірілін төмендету соққылар, күрт үдеулер тудыратын динамикалық процестерді азайтуға бағытталған шаралар болып табылады. Айналып тұрған тетіктердің теңсіздігін болдырмау үшін ұқыпты тепе-теңдеу реттеледі. Сондай-ақ, дірілдемфирлеуші – механикалық тербелу жүйесінің энергиясын басқа энергияға айналдыру, мысалы, бетке ішкі үлкен қажалуға үлкен шығын кетіретін серіппелі-жабысқақ материалдар қабатын ұстау арқылы жылуға айналдыру қолданылады. Діріл басу жүйеге қосымша кедергілер қою жолымен іске асырылады. Діріл оқшаулама жүйеге машина дірілін басқа бөлшектерге жібермей тосқауылдайтын қосымша серпінді байланыстар жасау арқылы орындалады. Техникалық процестерде діріл қауіпті машиналарды қолдануда, дірілдің таралу жолдарына оның параметрлерін төмендететін әдістер қолданылады (жеке қорғаныс құралдарын қоса алғанда).

Оператордың дірілдейтін нысандармен жанасу орны бойынша діріл жеке қорғаныс құралдары – оператордың қол, аяқ және дене құралдары болып бөлінеді. Оператор қолы үшін – қолғаптар, биялайлар, жапсырмалар, төсемелер, денесі үшін – кеудешелер, белдіктер, серпінді – басқыш материалдардан жасалатын арнаулы костюмдер қолданылады. Діріл қорғаныс аяқ киімі етік, етікше, бәтіңке түрінде жасалады. Қорғаныс аяқ киім табанына діріл басқыш серпінді материалдар қою арқылы қамтамасыз етіледі.

250 Гц-ке дейін діріл жылдамдығы спектрі бойынша шығарылады. Осы жиілік шектерінде әрбір октава жолағы үшін

діріл жылдамдығының орта квадраттық шамасының ең шектік мәні және децибелдердегі оның деңгейі тағайындалады.

Сондай-ақ, нормалар қол машиналарының салмағын және жұмыстағы физикалық күш жұмсауды тәртіптейді. Қолмен ұсталынатын діріл шығаратын жабдықтың және оның бөліктерінің салмағы 10 кг-нан, ал қолмен істеу күші 20 кг-нан аспауы қажет.

Дірілдің өлшеулері – «Санитарлық нормалар мен ережелерге» сәйкес жүргізіледі. Аспаптар санитарлық нормаларда белгіленген жиіліктер мен амплитудалар ауқымында, жиіліктің октавалық жолақтарында олардың деңгейлерін (дицибелдерде) немесе тербелістік жылдамдықтың әрекеттегі мәндерін қамтамасыз етуі қажет.

Діріл зияндылығының дәрежесін бағалау қол машиналары дірілі үшін 8 -ден 2000 Гц-ке дейін, жұмыс орындарының дірілі үшін 1-ден 250 Гц -ке дейін діріл жылдамдығы спектрі бойынша шығарылады. Осы жиілік шектерінде әрбір октава жолағы үшін діріл жылдамдығының орта квадраттық шамасының ең шектік мәні және дицибелдегі оның деңгейі тағайындалады.

3. ӨНДІРІСТІК ЖАРЫҚТАНДЫРУ

3.1. Жарық көздері және оның физикалық негіздері

Бізді қоршаған ортадағы денелерді біз тек екі жағдайда ғана көре аламыз: 1) оның өзі жарық көзі болып табылады (күн, шырақтар жұлдыздар), сондықтан, оның шығарған жарығын тікелей көре аламыз; 2) көріп отырған денеміз өзіне түскен жарықты шағылтады. Денені көріп отырмыз десек, онда дененің әрбір нүктесіне шағылған дене көзімізге келіп түсіп тұр дегеніміз. Жарық сәулелері әр нүктеден барлық бағыттарда таралатын болса да, бақылаушылардың көзіне осы сәулелердің тек жіңішке сәулесі келіп түседі. Егер бақылаушы сәл басын бұратын болса, онда оның көзіне әр нүктеден таралған басқа жарық шоғы келіп түседі.

Жарықтың пайда болу табиғатына шолу жасасақ, жарық бірде бөлшек (фотон), бірде толқын деп қарастырылады. Жарықтың фотондық табиғатын фото және комптон эффект құбылыстары, ал толқындық қасиетін диффракция, интерференция және полеризация құбылыстары дәлел бола алады. Сондықтан біз жарықтың екіжүзділік теориясын техникадағы және табиғаттағы әртүрлі болып жатқан құбылыстарды түсіндіруге қолданамыз. Жарық электромагниттік толқынның тек қана бір бөлігі және атомдар мен молекулалардың энергетикалық күйінің өзгеруінің салдарынан пайда болады.

Жарық шығарудың оптикалық диапазондағы негізгі механизмі бір энергетикалық күйден басқа күйге өткен кездегі атомдар немесе молекулалар энергиясының өзгерісі болып табылады. Көптеген эксперименттердің көрсетуінше, атомдардың шығарған сәулелерін бірінші жуықтағанда элементар дипольдердің сәулеленуі деп қарауға болады. Бұл жарық шығаруға әкелетін электронның атом ядросымен күрделі өзара әсер процестерін классикалық электродинамикада жақсы зерттелген элементар дипольдің немесе уақыт бойынша периодты өзгертетін дипольдің моменті бар осцилляторлардың тәртібімен модельдеуге мүмкіндік береді. Осындай модель тұрғысынан жарық көзі – бір-бірінен тәуелсіз «цуг» деп аталатын электромагниттік толқындар шығаратын элементар дипольдер жиынтығы. Толқын цугі –

ұзақтығы атомдық осциллятордың уақыт бойынша шектелген гармоникалық толқынның «үзіндісі» деп түсінеміз. Сәулелену уақытында электромагниттік өрістің шамамен 10^7 тербелісі болады, яғни цуг ұзақтығы $\tau = QT_0$ болады, мұндағы Q – осциллятордың төзімділігі, T_0 – тербеліс периоды: $T_0 = 2\pi/\omega = 1/\nu_0$; ν_0 – тербеліс жиілігі. $\tau\Delta\omega = 2\pi$ немесе

$$\tau\Delta\nu \cong 1, \quad (3.1)$$

мұндағы $\Delta\nu$ – дәл монохроматты сәулелер цуг жиілігінің аймағы бойынша монохроматты сәулеленудің ұзақтығы шексіз үлкен болар еді, мұның физикалық мағынасы жоқ.

Нақты жарық көздерінде сәулеленуді өте көп атомдар жасайды. Осылай, егер кейбір әдіспен қоздырған қалыпты жағдайдағы газ сәулеленетін болса, онда әрбір сантиметр кубында өзінің энергетикалық күйін 10^{19} атомдар өзгерте алады. Егер атомдар жарықты бір-біріне тәуелсіз шығарса, онда әрбір бөлек цугтағы тербелістердің фазалы бір-бірімен қабаттастырғанда өрістің қорытынды интенсивтігі әрбіреуінің интенсивтіктерінің қосындысына тең. Сәулеленудің спектрлік ені, әрбір бөлек сәулеленгіштің спектрімен анықталады. Сәулеленудің спектрлік сызықтар контуры әрбір атомның сәулелену спектрінің контурын қайталайды. Бұл жағдайда жарық көзінің спектрлік сызықтарының біртекті кеңеюі туралы айтылады, осы кезде жарық көзінің қосынды өрісіне әрбір элементар сәулеленгіш бірдей үлес қосатынын көрсеткен жөн. (3.1) өрнегімен анықталатын спектр сызықтарының енін табиғи ен деп атайды. Бірақ әрбір атомның орталық жиілігі ν_0 бір-бірінен өзгеше болуы мүмкін. Мұндай құбылыс атомдардың газдарда қозғалысы кезінде Доплер эффектісінің әсерінен болады. Бұл жағдайда спектрлік контуры тек әрбір атомның сәулелену спектріне тәуелді ғана болып қоймай, сонымен қатар жылдамдықтар бойынша таралған атомдар санына да байланысты болады. Бұл кездегі спектрлік сызықтардың кеңеюін біртекті емес деп атайды.

Атомның сәулелену уақыты (көрінетін жарық үшін) $\tau \sim 10^{-8}$ с болғандықтан, табиғи ен үшін $\Delta\nu \sim 10^8$ Гц. Бұл жағдайдағы $\Delta\nu/\nu_0$ қатынасы бірден анағұрлым кіші $\Delta\nu/\nu_0 \ll 1$. Бұл шарт орындалатын

сәулеленуді квазимоно-хроматты деп аталады. Атомдардың бір-бірімен соқтығысу қорытындысында әрбір жеке атомның сәулелену ұзақтығы азаюы мүмкін. Бұл сәулелену спектрінің кеңеюіне әкеледі. Спектр сызықтарының кеңеюі – Доплер эффектісінің әсерінен байқалады. Осылай, мысалы, бөлме температурасындағы сутегі үшін сызықтар ені табиғидан 500 есе үлкен. Сәулелену спектрінің енін азайту үшін немесе сәулеленетін жүйенің төзімділігін арттыру, немесе әрбір атомның келісілген сәулеленуін қамтамасыз ету керек. Лазерлерде оптикалық сәулеленудің монохроматтығының осы жолдары іске асырылған. Затты оптикалық үлкен төзімділігі бар резонаторға орналастырып және индукцияланған сәулелену механизмін қолдана отырып, сәулелену сызықтары енінің елеулі кішіреюін алады. Лазердің активті орталарында әрбір атомдар бір-бірімен келісілген жарық шығарады. Мұндай сәулеленгіштерде толқын цугінің ұзындығы әрбір атомның спонтанды сәулелену механизмі қолданатын жарық көздеріне қарағанда анағұрлым үлкенірек. Әдейі орнықтыланған лазерлерде $\sim 10^3$ Гц шамасындағы сәулелену сызықтарының енін алуға мүмкіндігі бар, ол жүздеген километр цуг ұзындығына сәйкеседі. Салыстыру үшін күн жарығында $m=\lambda/(\Delta\lambda)$ бірнеше ғана бірлік, демек цуг ұзындығы 10 мкм-ден аспайды.

Сәулелердің жарық көзінің айналасындағы кеңістікте таралуы жарық көзінің маңызды сипаттамасы болып табылады. Тәжірибеде кейбір жарық көздерінен барлық жаққа шамамен бірдей таралады да (мысалы, Күннен), ал кейбіреулерінен жіңішке бағытталған шоқ ретінде таралады (мысалы, лазерлерден). Сәулелердің бағытталғандығын анықтайтын шешуші жағдай – жеке атомдардың келісілген сәулеленуі (корреляция). Егер атомдар сәулеленудің спонтандық механизмі арқылы бір-біріне тәуелсіз сәулеленсе, онда беттің $\sim \lambda^2$ ауданшасы жарықты жан-жаққа бірдей интенсивтікпен таратады. Еркімізше алынған бағытта әрбір жеке ауданша жарығы интенсивті қосылады. Сондықтан когерентті емес жарық көзі – изотопты сәулеленгіш. Беттің когерентті қоздыруы кезінде (ол индукциялық механизм арқылы іске асады) қозған беттің ауданы неғұрлым үлкен болса, сәулелер кеңістікте соғұрлым бағытталып таралады. Келісілген сәулеленгіштермен қоздырылған шоқтың бұрыштық $\Delta\phi$ мөлшері

мен ΔS ауданының λ^2 мөлшеріне қатынасының көбейтіндісі сигнал ұзақтығы мен оның спектрі арасындағы қатынасқа ұқсас:

$$\Delta\varphi \frac{\Delta S}{\lambda^2} \cong 1, \quad (3.2)$$

Бұл өрнекті қолданып, когерентті емес жарық көзінің де, лазерлердің де $\Delta\varphi$ алшақтауын шамалауға болады. Бірінші жағдайда $\Delta S = \lambda^2$, сонда $\Delta\varphi \cong 1$, яғни сәулелену изотопты, екінші жағдайда $\Delta S = 1 \text{ мм}^2$ деп алып (әлсіз лазерлер үшін көп тараған) $\Delta\varphi$ үшін бірлік бұрыштық секунд мөлшерін аламыз, ал бұл лазер сәулелерінің өте жоғары бағытталғандарының куәсі.

3.2. Жарық қабылдағыштар

Электромагниттік толқын вакуумда тарала отырып, ағын шамасы $\vec{S} = \left[\vec{E} \cdot \vec{H} \right]$ Умов – Пойнтинг векторымен анықталатын энергия алып жүреді. Электромагниттілік өрістің затпен өзара әрекеттесуі кезінде ағын шамасын анықтауға болатын бірқатар құбылыстар байқалады: мысалы, заттарды жарықтағанда олардың қызуы, сыртқы және ішкі фотоэффектілер, фотолюминесцентция, яғни сәулелер әсерінен денелердің жарқырауы (бұл кезде шыққан сәулелердің толқын ұзындығынан үлкенірек болады) және т.б. Оптикалық сәулелердің затпен әрекеттесу ерекшеліктерінің бірі – оның кванттық сипаттамасы. Бұл түскен сәулені сипаттаушы реакция келген толқынның электр өрісінің кернеулігі шамасымен емес, зат атомдарымен әрекеттесетін фотондар санымен анықталатынын білдіреді. Өрістегі фотон саны электромагниттік өріс интенсивтігіне пропорционал. Затта сәулелер әсерінен болатын сәйкес реакция сәулелердің интенсивтігінің мөлшері ретінде қарастырылуына болады. Оптикалық сәулелер қабылдағыштарының немесе детекторларының әсері осыған негізделген. Әрбір сәулелер қабылдағыштың инерциялығы шекті болғандықтан, онда барлық жарық қабылдағыштар жарықтың бір орташаланған интенсивтігіне жауап қайтарады. Бұл кездегі орташалау уақыты қабылдағыштың инерциялық уақытымен кейбір минималь Δt_0 уақытында болатын, яғни жарық

интенсивтігінің өзгерісін тіркеу мүмкіндігімен анықталады. Δt_0 уақыт шамасын тәжірибе жүзінде, қабылдағышты интенсивтігі Ω жиілігі бар гармоникалық заңдылықпен уақыт бойынша өзгертін (модуляцияланатын) жарықпен жарықтандырып анықтауға болады. Модуляция жиілігі өскенде қабылдағыштың қостауы азая беретінін байқауға болады. Мысалы, модуляция жиілігі Ω болатын фототокта. Қабылдағыш инерциялығын сипаттайтын шекаралық $\Omega_{\text{шек}}$ жиілік ретінде, әлбетте қабылдағыш қостауы шамасының жиілігі екі есе кемітін модуляция жиілігі алынады. $\Omega_{\text{шек}}$ және Δt_0 шамалары өзара (3.1) өрнегіне ұқсас қатынаспен байланысқан, яғни $\Omega_{\text{шек}}\Delta t_0=1$.

Қабылдағыштың әртүрлі спектрлік диапазондағы сәулелерді сезіну қасиеті оның спектрлік сипаттамасымен анықталады. Ал сәулелердің басқа қабылдағышының – болометрдің (оның дәлелі ретінде түскен сәулелердің әсерінен қызған резистор кедергісінің өзгерісін аламыз) спектрлік сипаттамасы сәулелердің толқын ұзындығына тәуелді емес. Қабылдағыштың бірінші түрін селективті, ал екіншісін селективті емес сұрыптаушы деп атайды. Адам көзі – селективті қабылдағыштар қатарына жатады. Кез келген оптикалық қабылдағыштардың маңызды сипаттамасы ретінде оның әлсіз жарық ағындарын сезіну қабілеті алынады. Адам көзінің әлсіз жарық ағындарын сезіну қабілеті алынады. Адам көзінің әлсіз жарық ағындарын сезіну қасиеті бар. Қараңғыға біраз үйренгеннен кейін көз жеке фотондарды сезіне бастайды.

3.3. Негізгі энергетикалық және жарық шамалары

Жоғарыда айтылғандардан жарық өзгерістерінің энергетикалық сипаттамаларының (жеке алғанда толқын алып өтетін орташа қуат) қандай үлкен рөл атқаратыны белгілі болды, себебі ол шамалар эксперименттік өлшеулерге қолайлы. Жарықтың энергетикалық сипаттамаларын зерттейтін оптика бөлімін фотометрия (грек сөздерінен, photos – жарық және metro – өлшеймін) деп аталады.

Квазимонохроматты жарық жолына оның таралу бағытына перпендикуляр ауданы dS қабылдағыш бет орналастырылған деп

көз алдымызға елестетейік. Фотоқабылдағыштың кіретін аузына түсетін жарық I фототогын туғызады, оның шамасы

$$I = \eta \frac{edW}{h\nu dt}, \quad (3.3)$$

мұндағы dW – dt уақытта өтетін энергия, η – фотопроцестің кванттық шығуы (бір фотон босататын заряд алып жүрушілер саны), e – электрон заряды, h – Планк тұрақтысы, ν – жарық

жиілігі. $\frac{dW}{dt}$ шамасы бірлік уақытта dS ауданынан өтетін жарық энергиясының мөлшерін көрсетеді (яғни толқын алып жүретін қуат) де $d\Phi$ арқылы белгіленіп, сәуле ағыны деп аталады:

$d\Phi = \frac{dW}{dt}$. СИ жүйесіндегі сәуле ағынының өлшем бірлігі ретінде қуат өлшемі ватт алынған; жарық көзін орайтын тұйық беттен өтетін толық сәулелер ағынын $\Phi = \int_s d\Phi$ ешқандай оптикалық

жүйелермен үлкейтуге мүмкін емес, тек оның қайта бөлінуі мүмкін, әлбетте ол жүйелерде қыздыруға кететін энергияның жоғалуына әкеледі.

Сәуле ағынын эксперимент жүзінде анықтау онша қиын мәселе емес сияқты көрінеді. (3.3)-ге сәйкес $d\Phi$ -ді анықтау онша оңай емес. Мәселен (3.3) өрнегін, әлбетте жарықтың толқын ұзындығының (λ) немесе жиілігінің функциясын өлшеуге қолданады. Осы кезде ағын шамасы белгілі болуы керек. Ағын шамасын анықтау калибрленген селективті емес қабылдағыш (мысалы, болометр) көмегімен жүргізіледі. Оны калибрлеу, яғни оның жұтушы бетіне түсетін энергия шамасымен түскен сәуледен болатын реакция мөлшерінің (мысалы, температураның үлкеюі) арасындағы пропорционалдық коэффициентін анықтау, қабылдаушы бетін белгілі жарық энергиясымен (мысалы, кейбір температурадан тұрған абсолют кара дененің физикалық моделі шығаратын жарықпен) жарықтандыру арқылы жүргізіледі. Калибрленген болометр көмегімен сәулелердің dW энергиясы шамасын анықтауға болады және ол бойынша кейбір спектрлік диапазондағы λ және $\lambda + \Delta\lambda$ толқын ұзындықтарының арасындағы жарық ағынын табады. Монохроматор (оның кіретін жеріне түскен ақ жарықтан кішкене ғана спектрлік бөлігі бар

квазимонохроматты сәулелерді бөліп алуға мүмкіндік беретін құрал) көмегімен қабылдағышқа түсетін сәулелер спектрін өзгерте отырып және селективті емес қабылдағыш көмегімен әрбір өлшегенде сәулелер ағынын анықтап, кез келген селективті қабылдағыш сезгіштігінің спектрлік тәуелділігін өлшеуге болады.

Сәулелер ағынының мөлшері немен анықталатынын түсінуге тырысайық. Когерентті емес жарық көзін қарастырумен шектелік. Анықтау үшін жарық көзінің сәулеленуші dS беті, жарықты қабылдағыштың dS беті бар деп есептейік. $Oxuz$ координаталар жүйесі жарық көзінің бетімен Oz осінің бағыты сыртқы нормал бағытымен сәйкесетіндей болып байланысқан, ал жарық көзінің өзі xOy жазықтығында орналасқан. Координаталар басы dS бетінің еркінше қалап алынған бір нүктесінде орналасқан. $Oxuz$ координаталар жүйесі қабылдағыш бетімен осыған ұқсас байланысқан бағыттағы θ бұрышымен анықталатын сәулелер ағыны $dS \cos\theta$ сәулелену бағытының бойындағы сәулеленгіштің көрінетін ауданшасының шамасына пропорционал. θ бағыты бойымен $d\Omega$ аралығында $\cos\theta$ бірдей шама болатындай кішкене денелік $d\Omega$ бұрышында жарық көзі шығаратын $d\Phi$ ағынының мөлшері $d\Omega$ шамасына пропорционал болады. Бойымен сәулелер ағыны таралатын сызық жарық шоғы болады. Сонымен,

$$d\Phi = BdS\Omega \cos\theta, \quad (3.4)$$

деп жазуға болады, мұндағы $d\Omega$ – сәулелер бағытының бойындағы денелік бұрыш элементі, $\theta - \vec{R}$ радиус-векторымен берілген сәулелену бетіне нормал мен жарық сәулелерінің арасындағы бұрыш, B – сәулелердің жарқырауы, жарық сәулелерінің электр өрісі кернеулігі амплитудасының квадратына пропорционал шама. (3.4) теңдігінен

$$B = \frac{d\Phi}{dSd\Omega \cos\theta}, \quad (3.5)$$

екені және оның сандық мәні сәулеленушінің көрінетінін бірлік денелік бұрыш ішінде шығарылатын ағынға теңдігі шығады.

Жарықтылықтың энергетикалық өлшем бірлігі $Вт/(м^2 \cdot стер)$ болады. $d\Phi$ -дің $d\Omega$ -ға қатынасы, яғни бірлік денелік бұрыш ішінде таралатын жарық ағынының мөлшері I жарық көзінің күші деп аталады. Анықтама бойынша $I = \frac{d\Phi}{d\Omega}$. (3.4) өрнегінен $I = BdS \cos\theta$.

Егер жарықтылық сәулелену бағытына тәуелді болмаса, онда I мәні $\cos\theta$ -ға пропорционал деген сөз. Мұндай жарық көздері косинустік немесе неміс физигі – Ламберт атымен ламберттік деп аталады. Жарық күшінің энергетикалық өлшем бірлігі Вт/стер болады. $d\Phi$ -дің dS -ке қатынасы θ бағытында сәулеленушінің бірлік бетінен шығарылатын жарық ағынының шамасын сипаттайды: $\frac{d\Phi}{dS} = B \cos\theta \cos\Omega$. Бұл шаманың арнайы аты жоқ, бірақ 2π стерадин денелік бұрыш ішіндегі барлық мүмкін бағыттар бойынша $\frac{d\Phi}{dS}$ -тен алған интервал R жарқырау деп аталады. Ламберттік жарық көздері үшін:

$$R = B \int_0^{2\pi} d\varphi \int_0^{\pi/2} \cos\theta \sin\theta d\theta = \pi B, \quad (3.6)$$

Жарықтанудың энергетикалық өлшем бірлігі Вт/м². 1.9-суреттен қабылдағыштың бетіне жететін $d\Phi'$ сәулелер ағыны

$$d\Phi' = B \cos\theta dS \frac{dS' \cos\theta'}{R^2}, \quad (3.7)$$

екені көрінеді немесе $d\Phi' = B dS' \cos\theta' d\Omega'$. (3.7) өрнегінен жарықтың B шамасын табуға болатыны көрінеді, ол үшін θ' бағытындағы dS' қабылдағыш ауданын және қабылдағыш орналасқан жерден жарық көзі көрінетін $d\Omega'$ денелік бұрыш шамасын біле отырып, қабылдағышпен $d\Phi'$ ағынын өлшейді. Қабылдағышқа түсетін $d\Phi'$ жарық ағынның беттің dS' шамасына қатынасы E осы беттің жарықталуы деп аталады: Жарықталудың энергетикалық өлшем бірлігі Вт/м².

Егер қабылдағыш бетті нүктелік жарық көзімен жарықталса, онда (3.7)-ден (3.6)-ды ескеріп, бұл кездегі жарықталу

$$E = \frac{I \cos\theta'}{R^2}, \quad (3.8)$$

екенін алуға болады. Ашық күндері Күннің Жер бетін жарықтауы 1 кВт/м², әрі бұл энергияның үштен екісі көрінетін жарыққа келеді. Стол бетінің 1м арақашықтықтағы жүз ваттық электр шамынан жарықталуы 1 Вт/м² шамасында. Бұның өзі, батарея ауданы бір квадрат сантиметр шамасындағы микрокалькуляторды қоректен-діруге жеткілікті.

3.4. Өндірістік ғимараттарды жарықтандырудың тәсілдері

Өндірістік ғимараттарды жарықтандырудың келесі тәсілдері бар: табиғи, жасанды және аралас.

Табиғи жарықтандыру – адамдардың үнемі болатын өндірістік ғимараттарда қолданылуы керек. Табиғи жарықтандыру – қабырғалық, төбелік, аралас (төбелік және қабырғалық) болып бөлінеді.

Жарықтандыру жағдайлары сапалық және сандық көрсеткіштермен сипатталады. Оларға жарық күші, жарық ағыны, жарықтануы, жарықтығы, спектрлік құрамы, жарықтану мен жарықтықтың тұрақтылығы жатады.

Заттың көрінуі жарықтану деңгейімен, объектінің айқындылық фонымен, жарықтықтың таралуымен және объектінің бұрыштық өлшемімен анықталады. Бөлменің кез келген нүктесінің табиғи жарықтандырылуы табиғи жарықтандыру коэффициентімен (ТЖК) сипатталады, себебі табиғи жарықпен жарықтандыру күннің бұлттануына байланысты тәулік, жыл бойына тұрақты емес. ТЖК – ашық аспандағы диффузиялық жарықтан пайда болатын, табиғи жарықтанудың (бөлме ішіндегі берілген жазықтықтың кейбір нүктесіндегі) сыртқы жарықтанудың сол кездегі мәніне пайыздық қатынасына тең.

$$a = \frac{A_3}{A_{\tilde{n}}} \cdot 100\% , \quad (3.9)$$

мұндағы a – табиғи жарықтандыру коэффициенті (%); E_i – бөлме ішіндегі табиғи жарық көзінен жарықталынуы, (лк); E_c – күн сәулесінен көлденең жазықтықтың сыртқы жарықталынуы, (лк).

Табиғи жарықтандыру коэффициенті шектеулі шама болып табылады. Бір немесе екі жақты қабырғалық жарықтандыру кезінде ТЖК-нің ең кіші мәні, төбелік немесе аралас жарықтандыру кезінде орта мәні қалыптасады.

Данилюк графиктерінің көмегімен табиғи жарықтану коэффициенті есептеледі. Ол көлденең жазықтықта бірдей ТЖК құрайтын бөліктерге бөлінген аспанның жарты сферасы. Бөлмедегі жарық ойықтарының белгілі өлшемдері, сол

нүктесіндегі жарық ойығынан көрінетін, бөліктерінің санын есептеу арқылы ТЖК анықталады.

Аспан жарты сферасының графиктерінде жарық белсенділігі бірдей 10 000 бөліктерге бөлінген, яғни әрбір бөлік сыртқы жарықтыққа қарағанда 10 000 рет аз жарықтандырады. Егер жарық ойығы арқылы аспанның бір бөлігі көрінсе, онда ТЖК 0,0001 немесе 0,01 %-ға тең.

Жарық ойықтарының биіктігі мен енінен көрінетін бөліктер саны екі түрлі графикпен анықталады (3.3-сурет). ТЖК келесі формуламен есептеледі:

$$\dot{a} = 0,01 \cdot n_1 \cdot n_2, \quad (3.10)$$

мұндағы n_1 – жарық ойықтарының биіктігінен көрінетін бөліктер саны; n_2 – жарық ойықтарының енінен көрінетін бөліктер саны.

Алынған ТЖК мәні кестелік коэффициентпен түптеу, әйнектеу т.с.с әсерлерді ескеру арқылы түзетіледі. ТЖК-нің түзетілген мәні қалыпты мәнінен төмен болмауы керек. Кері жағдайда, жарық ойықтарының өлшемдерін үлкейткен жөн.

Жаңадан салынатын кәсіпорындарды жобалаған кезде ТЖК-ін бөлмелерде орындалатын жұмыстардың сипатына байланысты норматив бойынша қабылдайды (6-кесте).

6-кесте

Өндірістік ғимараттар үшін табиғи жарықтандыру коэффициентінің нормаланған (e_n) мәні (ҚНЖЕ 11-4-79)

Көру жұмысының сипаттамасы	Айыру объектісінің ең кіші өлшемі (мм)	Көру жұмысының разряды	Жарықтандыру кезіндегі e_n -нің мәні	
			Қабырғалық	Төбелік және аралас
Ең жоғарғы дәлдік	0,15 кіші	I	3,5	10
Өте жоғарғы дәлдік	0,15 – 0,3	II	2,5	7
Жоғарғы дәлдік	0,3 – 0,5	III	2,0	5
Орта дәлдік	0,5 – 1	IV	1,5	4
Кіші дәлдік	1 – 5	V	1,0	3
Дөрекі	5-тен көп	VI	0,5	2

6-кестенің жалғасы

1	2	3	4	5
Өздігінен жарқырайтын материалдармен және ыстық цехтардағы бұйымдармен жұмыс істеу	0,5-тен көп	VII	1,0	3
Өндірістік үрдістің жүрісін жалпы бақылау	-	VIII	0,3	1
Құрылғылардың күйін периодты бақылау	-	VIII	0,2	0,7
Механизацияланған және механизацияланбаған қоймаларда жұмыс істеу	-	VIII	0,1	0,5

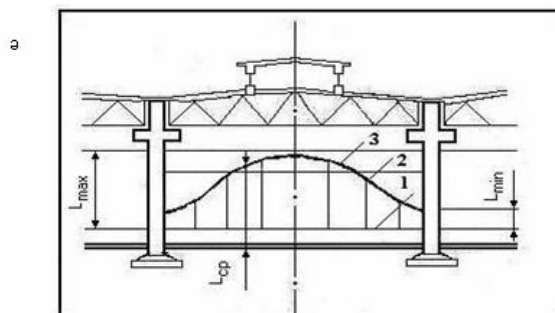
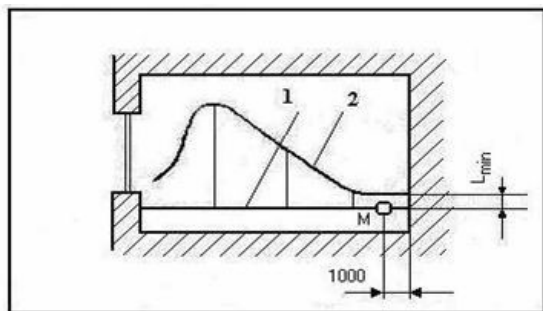
Жарық климатының белдеуі	I	II	III	IV	V
Коэффициент (K)	1,2	1,1	1,0	0,9	0,8

7-кесте

Қабырғалы жарықтандыру кезіндегі күн жарықтығы коэффициентінің мәні (с) (ҚНЖЕ 11-4-79)

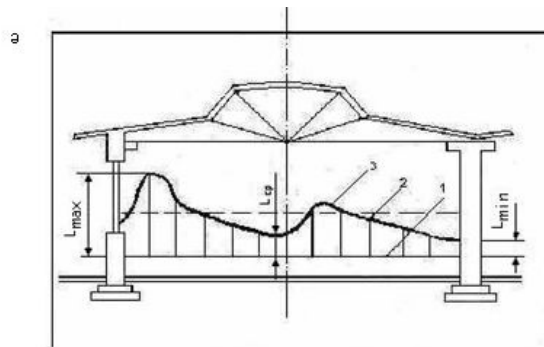
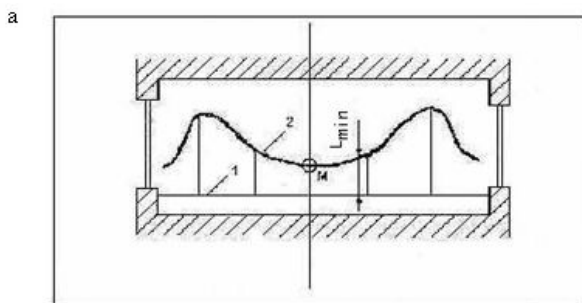
Жарықтық климатының белдеуі	Көкжиек жақтарына бағытталған жарық ойықтары үшін (с) коэффициенті, градус		
	136-225	226-315 және 46-135	316-45
I	0,90	0,95	1
II	0,85	0,90	1
III	1	1	1
IV			
Солтүстік ендіктен солтүстікке қарай 50 ⁰	0,75	0,80	1
Солтүстік ендіктен оңтүстікке қарай 50 ⁰	0,70	0,75	0,95

	1	2	3	4
V				
Солтүстік ендіктен солтүстікке қарай 40^0		0,60	0,70	0,90
Солтүстік ендіктен оңтүстікке қарай 40^0		0,60	0,65	0,85



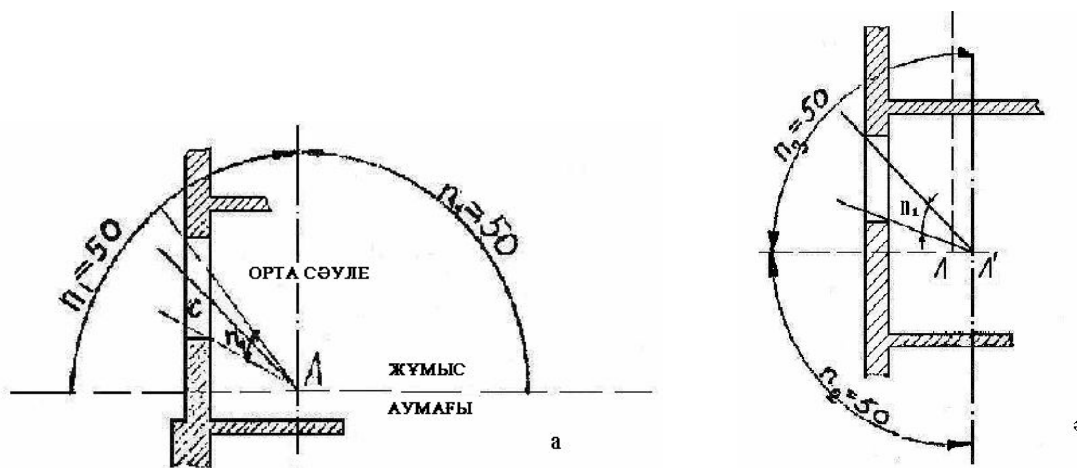
3.1-сурет. Бөлменің көлеміне қарай жарықтандыру коэффициенттерінің таралуы:

a – біржақты қабырғалы жарықтандыру; *ә* – төбелік жарықтандыру;
 1 – жұмыс жазықтығының деңгейі; 2 – бөлме қимасының жазықтығындағы ТЖК-нің өзгеруін сипаттайтын қисық сызық; 3 – ТЖК-нің орта мәнінің деңгейі; М – ТЖК-нің ең кіші мәнінің нормаланған нүктесі

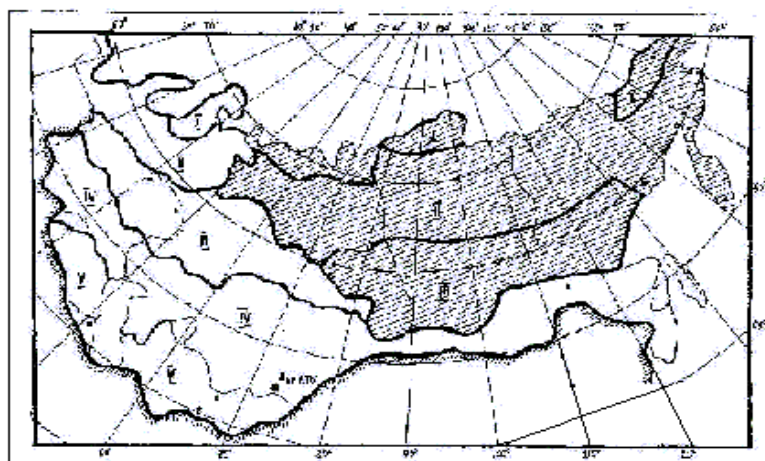


3.2-сурет. Бөлменің көлеміне қарай жарықтандыру коэффициенттерінің таралуы:

a – екіжақты қабырғалы жарықтандыру; *ә* – аралас жарықтандыру;
 1 – жұмыс жазықтығының деңгейі; 2 – бөлме қимасының жазықтығындағы ТЖК-нің өзгеруін сипаттайтын қисық сызық; 3 – ТЖК-нің орта мәнінің деңгейі; М – ТЖК-нің ең кіші мәнінің нормаланған нүктесі



3.3-сурет. Данилюк графигінің көмегімен ТЖК-ін анықтау:
a – қима; *ә* – жоспар



3.4-сурет. Жарықтық климаттың картасы:
 Тұрақты қар жамылғысының аймағы;
 ~ - жарықтық климат белдеуінің шекаралары

ТЖК-нің есептік мәні:

$$e_e = e_n \cdot k \cdot c, \% \quad (3.11)$$

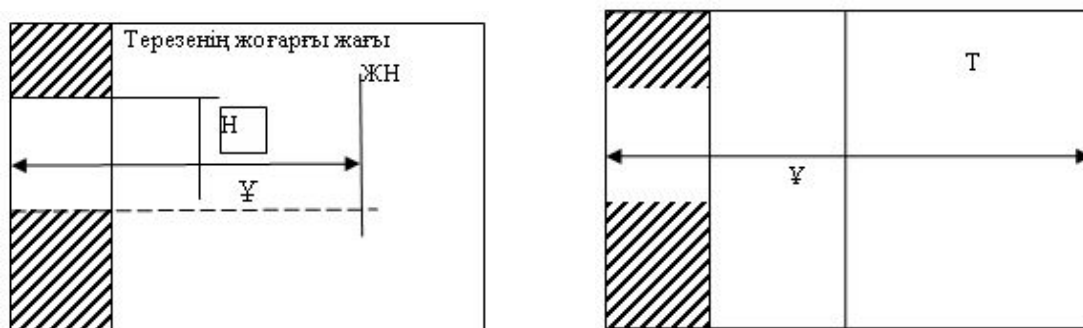
мұндағы e_e – ТЖК-нің есептік мәні (%); e_n – ТЖК-нің нормаланған мәні (%); k – жарықтық климатының коэффициенті (6-кесте); c – күннің жарықтығының коэффициенті (7-кесте).

Жарық ойықтарының ауданы келесі формуламен табылады:

$$i_{\dot{a}} = \frac{\dot{a} \cdot D_0 \cdot \hat{E}_{\circ\dot{a}}}{T_0 \cdot \eta \cdot 100} \cdot \ddot{I}_{\dot{a}\dot{a}\dot{a}}, \text{ м}^2 \quad (3.12)$$

мұндағы Π_e – жарық ойықтарының есептік ауданы (m^2); $\Pi_{еден}$ – терезе арқылы жарықтандырылатын еденнің ауданы (m^2); e_e – табиғи жарықтандырудың есептік коэффициенті (%); P_0 – жарық ойықтарының жарықтық сипаттамасы; $K_{гим}$ – қарсы тұрған ғимараттың қараңғылауы әсерінен ТЖК-нің өсуін ескертетін коэффициент; T_0 – терезе материалының жарық өткізуінің жалпы коэффициенті; η – ғимаратқа жататын бөлменің ішкі және жайылған бетінен шағылған жарықтың әсерінен ТЖК-нің жоғарылауын ескертетін коэффициент.

Есептік коэффициентінің мәндері бөлменің геометриялық өлшемдеріне байланысты. Олар 8-12-кестелер арқылы табылады.



3.5-сурет. Табиғи жарықтандыруды есептеу үшін бөлменің керекті өлшемдері:

H – терезенің жоғары жағының шартты жазықтықтан көтерілуі, м;
Ж – қабырғаның сыртқы жағынан жұмыстық нүктеге (ЖН) дейінгі арақашықтық, м; *Y* – бөлменің ұзындығы, м; *T* – бөлменің тереңдігі, м.

8-кесте

Қабырғалық жарықтандыру кезінде жарық ойықтарының жарықтық сипаттамасының мәні (P_0). (ҚНЖЕ 11-4-79)

Ұ/Т-нің қатынасы	Т/Н-нің қатынасы							
	1	1,5	2	3	4	5	7,5	10
4 және жоғары	6,5	7,0	7,5	8,0	9,0	10	11	12,5
3	7,5	8,0	8,5	9,6	10,0	11	12,5	14
2	8,5	9,0	9,5	10,5	11,5	13	15	17
1,5	9,5	10,5	13,0	15,0	17,0	19	21	23
1	11,0	15,0	16,0	18,0	21,0	23	26,5	29
0,5	18,0	23,0	31,0	37,0	45,0	54	66	-

9-кесте
Жарық өткізу коэффициенттерінің мәндері (T_1, T_2, T_3, T_4)

Жарық өткізу материалының түрі	T_1	Түптеу түрі	T_2
Әйнек түрі:		Тұрғын және қоғамдық ғимараттардың терезелерінің түптеулері:	
Бір қабат	0,9	Бірыңғай	0,8
Екі қабат	0,8	Қосарланған	0,75
Үш қабат	0,75	Екі бөлінген	0,65
Өрнекті	0,65		
Жарық өткізу материалының ластану дәрежесі	T_3	Алынбайтын конструкциялар түрі	T_4
Жарық өткізгіш материалдарды орналастырған кездегі едәуір ластану:		Болатты форма	0,9
		Темірбетонды және ағаш формалар мен аркалар	0,8
Тік	0,65	Тұтас арқалықтар және рама қималарының биіктігі келесідей болғанда:	
Көлбеу немесе жазық	0,5		
Жарық өткізгіш материалдары орналасқан кездегі орташа ластану:		50 және жоғары	0,8
		50 -ден кіші	0,9
Тік	0,7		
Көлбеу немесе жазық	0,55		
Жарық өткізгіш материалдары орналасқан кездегі шамалы ластану:			
Тік	0,8		
Көлбеу немесе жазық	0,65		

Ескертулер: Шаң, түтін, күйе кезінде едәуір ластану 10 және жоғары $мг/м^3$; орташа – 5-тен 10 $мг/м^3$ -қа дейін; шамалы – 5 $мг/м^3$ -тан көп емес.

Тазалау мерзімдерін ескере отырып, коэффициенттер мәндері орнатылған:

- едәуір ластану кезінде – жылына 4 реттен кем емес;
- орташа ластану кезінде – жылына 3 реттен кем емес;
- шамалы ластану кезінде – жылына 2 реттен кем емес.

Төбе ($V_{\text{төбе}}$) мен қабырғаның ($V_{\text{қаб}}$) шағылу коэффициенттері

Төбенің күйі	$V_{\text{төбе}}$	Қабырғалардың күйі	$V_{\text{қаб}}$
Жаңа ақталған	0,7	Ақ пердемен жабылған терезелі, жаңа ақталған	0,7
Таза бетонды	0,5	Пердесіз терезелі, жаңа ақталған	0,5
Ақталған ылғал бөлмеде	0,5	Бетонды, сыланған, терезелері бар	0,3
Жарық, ағаштан жасалған, боялған	0,5	<i>Лас</i>	0,1
Бетонды, лас	0,3	Кірпішті сыланбаған	0,1
Ағаштан жасалған, боялмаған	0,3		
Лас (ұстахана, көмір қоймасы және т.с.с.)	0,1		

Түрлі түсті беттерден жарықтың шағылу (V) коэффициенті

Боялған үстірттік түсі	Шағылу коэффициенті
Ақ политура	0,84
Ақ жартылай мата	0,82
Ақ піл сүйегі	0,79
Кремді – ақ	0,72
Ашық-қызғылт	0,69
Ақшыл-сары	0,60
Ақшыл-қызыл	0,56
Көгілдір	0,53
Ақшыл-сұр	0,53
Сұр-алюминді	0,42
Жасыл (сәлбеннің түсі)	0,41
Сарғыш	0,38
Қоңыр	0,23
Зәйтүн жасыл	0,20
Қара-қоңыр	0,15
Қара-жасыл	0,10
Қара-көк	0,04

12-кесте

Бөлменің ішкі беттерінен және ғимаратқа жақын төселген қабаттан шағылған жарықтың әсерінен ТЖК-нің өсуін ескеретін η коэффициентінің мәні (ҚНЖЕ 11-4-79)

Т/Н қатынасы	Ж/Т қатынасы	B _{орт} орта көтеріңкі шағылу коэффициенті					
		0,5			0,4		
		Ұ/Т қатынасы					
		0,5	1	2 және жоғары	0,5	1	2 және жоғары
1	2	3	4	5	6	7	8
1,0-1,5	0,1	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,0
	0,5	1,40	1,30	1,20	1,20	1,15	1,1
	1,0	2,10	1,90	1,50	1,80	1,60	1,3
1,5-2,5	0,1	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05
	0,3	1,30	1,20	1,10	1,20	1,15	1,10
	0,5	1,85	1,60	1,30	1,50	1,35	1,20
	0,7	2,45	2,00	1,70	1,70	1,60	1,40
	1,0	3,80	3,30	2,40	2,80	2,40	1,80
2,5-4,0	0,1	1,10	1,05	1,05	1,05	1,00	1,00
	0,2	1,15	1,10	1,05	1,10	1,05	1,05
	0,3	1,20	1,15	1,10	1,15	1,10	1,10
	0,4	1,35	1,25	1,20	1,20	1,15	1,10
	0,5	1,60	1,45	1,30	1,35	1,25	1,20
	0,6	2,00	1,75	1,45	1,60	1,45	1,30
	0,7	2,60	2,20	1,70	1,90	1,70	1,40
	0,8	3,60	3,10	2,40	2,40	2,20	1,55
	0,9	5,30	4,20	3,00	2,90	2,45	1,90
	1,0	7,20	5,40	4,30	3,60	3,10	2,40

3.5. Жарық талаптарын зерттеу әдісі

Жарықтандырудың сандық жағын зерттеу – жарықтандыруды және жарықты өлшеу арқылы жүргізіледі.

Ең көп таралған жарықтандыруды өлшеуге арналған құрал – Ю-16 немесе Ю-17 объективті люксметр. Бұл люксметрлер Ю-16 және Ю-17 люкспен көрсетілетін шкала бойынша есептелетін жарықтандыруды өлшеуге арналған.

Оларды табиғи және жасанды жарықтандыру кезінде қолдануға болады.

Жарықтықты өлшеу объективті және субъективті фотометрлер (ГОИ, ЛИОТ, т.б.) арқылы жүргізіледі.

Әртүрлі жарық-техникалық өлшеулерді жүргізуге мүмкіндік беретін әмбебап құрал – Труханов құралы. Ол жарық пен жарқындықты, көздің қабылдау жылдамдығын, айқындылық сезімділігін өлшейді. Ю-16 люксметрінің өлшеу шегі 0-50 000 лк. Ол бөлменің ішкі және сыртқы жағынан өлшеуге қолданылады.

Ю-17 люксметрінің өлшеу шегі 0 – 100 лк. Бұл құрал бөлме ішіндегі жарықты өлшеуге арналған. Люксметрлердің жұмыс істеу негізі: фотоэлементтен және магнитті-электрлік өлшегіштен тұратын тізбектегі фотоэлементтің бетін жарықтандыру кезінде өлшегіштің тілшесін жарықтануға пропорционал етіп қозғайтын электр тогы пайда болады.

Магнитті-электрлік құрал люксметрлердің өлшегіштері болып табылады. Өлшегіштердің тілшелері саңылауындағы магнит өрісінің (өріс тұрақты магниттен пайда болады) және фототоктың (жарықтың әсерімен қозғалмалы рамканың бетімен жүреді) өзара әсері нәтижесінде қозғалысқа келеді.

Люксметрлердің жарық қабылдағышы пластмасты корпустағы селеннен жасалған фотоэлементтен тұрады және фотоэлементті өлшегішке қосуға арналған екі желілі майысқақ сыммен жабдықталған. Ю-16 люксметрінің фотоэлементі 25 см² жұмыс беті бар тікбұрышты пішін. Фотоэлементке тұтқасы жағынан тексеру кезінде құралды реттеуге мүмкіндік беретін жұмыстық беттің бөлігін жауып тұратын жылжымалы перде қойылады. Фотоэлементтің корпусына жұтқыш кигізіледі. Ол негізгі өлшеу шектерін 100 есе кеңейтеді. Ю-16-ның өлшеу шектері 0-25, 0-100, 0-500, жұтқышпен: 0-2500, 0-10000, 0-50000 лк.

Құралдар – фотоэлементті қосуға арналған қысқышы бар пластмассадан жасалған корпус пен өлшеу шектерін ауыстырғыштан тұрады. Жарықтандыруды өлшеу, жарықтану типін ескере отырып, бөлменің сипаттық қимасының тік жазықтығы мен шартты жұмыстық беттің түйіскен жерінде орналасқан нүктеде жүргізіледі.

4. ЭЛЕКТР ТОГЫНАН ЗАҚЫМДАНУДАН ҚОРҒАНУ

4.1. Жерлендірудің физикалық негіздері

Біздің күнделікті өмірімізде электр тогы маңызды орын алады. Оны пайдалану біздің өміріміздегі көпшілік қиыншылықтарды жеңілдетеді. Электр тогының арқасында көптеген ауыр жұмыстар атқарылады. Сонымен қатар, оны пайдалану кезінде түрлі қауіпті жағдайлар кездесуі мүмкін. Сондықтан электр тогын пайдаланған кезде оның заңдарын жете білген өте қажет. Электр тогының негізгі сипаттамалары токтың мәні, кернеуі, өткізгіштің кедергісі болып табылады. Бұл шамалардың арасындағы байланыс Ом заңыменен беріледі. Тұрақты кернеу кезінде кедергі аз болса, токтың мәні өте үлкен болады, ал үлкен болса керісінше төмен болады. Токқа түскен адамның өміріне негізгі әсер ететін шамалар оның күші мен кернеуі. Өндірістік жағдайда кернеу көзін тұрақты пайдаланамыз. Кернеудің мәні өндірістегі қолданылатын ток көздеріне байланысты. Сондықтан оның мәні белгілі бір жағдайда тұрақты болады. Өзгертін шамалар токтың мәнімен, өткізгіштің кедергісі. Ток соғудан қорғану үшін, электр тогының мәні өте төмен болуы немесе тіпті болмауы шарт. Электр қондырғылардың бұзылуының нәтижесінде оның сыртқы қабаты кернеулі болуы мүмкін. Сол кезде адам кездейсоқ ток қондырғысының сыртқы қабатына қолы тиіп кететін болса, адам бірден мерт болуы мүмкін. Сондықтан электр қондырғының сыртқы қабатын жерлендіргіш арқылы жерге қосып қою қажет. Жерлендіргіштің кедергісі өте аз болғаны дұрыс. Өйткені ток жерлендіргіші арқылы қысқа уақыт аралығында ток жер қабатына таралуы керек. Сол кезде жер қабатында электр өрісі таралып, кез келген нүктелерінде потенциал пайда болады.

Электр тогы жерлендіргіш арқылы жерге аққан кезде жерлендіргіштің өзінде, сонымен қатар жерлендіргішпен қатынастағы металдық бөлшектерде және токтың жерге ағатын орнының төңірегіндегі жердің үстінде потенциал пайда болады. Бұл потенциал жерлендірудің жоғарғы жағында максимумға жетеді және токтың ағып таралу орнынан 20 м қашықтықта нөлге тең десе де болады.

Жер бетіндегі нүктелік жерлендіруден x қашықтықта орналасқан, қандай да бір нүктенің потенциалы x -тен шексіздікке дейін аралықта жердің кернеуінің құлауына тең, яғни

$$\varphi = \int_x^{\infty} dU = \int_x^{\infty} JdR, \quad (4.1)$$

мұндағы φ – жер бетіндегі нүктенің потенциалы;

dU – жердің элементарлық аймағында кернеудің түсуі;

J – ағып таралу тогы; R – жерлендіргіштің кедергісі.

Жерлендіргіштің жалпы кедергісін келесі формула арқылы анықтауға болады:

$$R = \int_0^{\infty} \rho \frac{dx}{S(x)}, \quad (4.2)$$

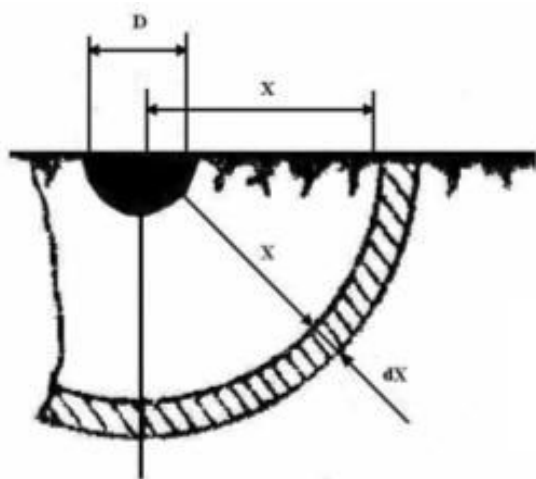
мұндағы R – жерлендіргіштің кедергісі,

ρ – жердің меншікті кедергісі;

$S(x)$ – ток ағып өтетін беттің ауданы,

dx – жерлендіргіштің ұзындығының элементі.

Жеке жерлендіргіштердің түріне байланысты жерге таралған токты пайдаланып, кедергілерін анықтаймыз. Жерлендіргіштің түрі жартылай шар болып, жер бетіне көрініп жатқан заттың кедергісін анықтаймыз (4.1-сурет).



4.1-сурет. Жер бетіндегі жартышарлы жерлендіргіштен ағып таралу сұлбасы

Ағып таралу беті радиусы x болатын жартысфера болып табылады және ол мынаған тең:

$$S(x) = 2\pi x^2, \quad (4.3)$$

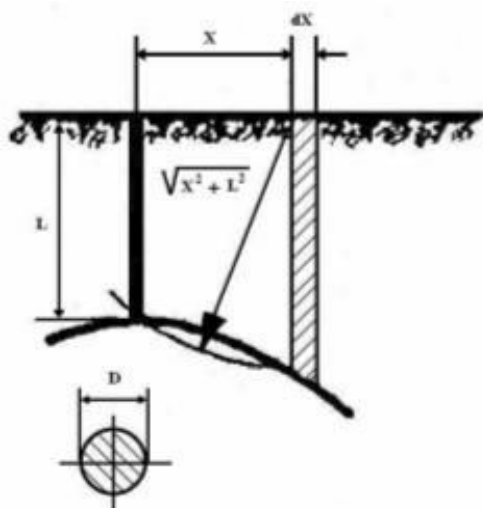
Жер бетіндегі потенциал келесі заң бойынша өзгереді:

$$\varphi = \int_x^{\infty} \frac{J\rho}{2\pi x^2} dx = \frac{J\rho}{2\pi x^2}, \quad (4.4)$$

Жерлендіргіштің кедергісі мынаған тең:

$$R = \frac{\rho}{\pi D}, \quad (4.5)$$

Егер жерлендіргіштің түрі өзекті немесе тұтас стержень болса, токтың жерге таралу сұлбесі 4.2-суретте көрсетілгендей болады.



4.2-сурет. Жер бетіндегі өзекті және тұтас тік жерлендіргіштің ағып таралу тогының есептеу сұлбасы

Жерлендіргіштің ұзындығы L диаметрімен салыстырғанда көп үлкен болса, онда оның диаметрін есепке алмауға болады.

Онда ағып таралу беті, құрама ұзындығы теңбүйірлі гипербола-ның заңымен өзгередетін, радиусы x цилиндр түрінде болады. Бұл бет мынаған тең:

$$S(x) = 2\pi x\sqrt{x^2 + l^2}, \quad (4.6)$$

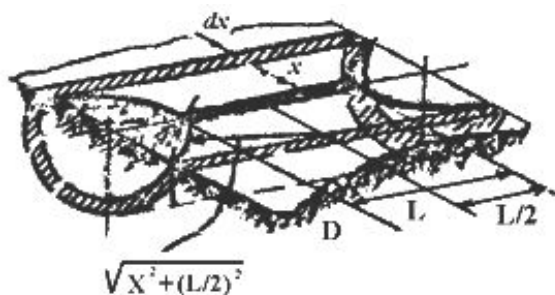
Жер бетіндегі потенциал келесі байланыспен сипатталады:

$$\varphi = \int_x^{\infty} \frac{J\rho}{2\pi x\sqrt{x^2 + l^2}} dx = \frac{J\rho}{2xl} \ln \frac{l + \sqrt{x^2 + l^2}}{x}, \quad (4.7)$$

Токтың ағып таралу кедергісі:

$$R = \frac{\rho}{2\pi l} \ln \frac{4l}{d}, \quad (4.8)$$

Ал жоғарыда аталған жерлегішті жер бетіне орналастырсақ, онда маңындағы жерден таралатын токтың сұлбасы 4.3-суретте көрсетілгендей болады.



4.3-сурет. Жер бетіндегі өзекті көлденең жерлендіргіштің ағып таралуға кедергісін есептеу сұлбасы

Егер де ағып таралу беттің ауданы теңбүйірлі гиперболаның заңымен өзгерсін дейік, онда токтың ағатын бетінің ауданы келесі формуламен анықталады.

$$S(x) = 2 \pi x * \sqrt{x^2 + (\ell/2)^2}, \quad (4.9)$$

Жер бетіндегі потенциал:

$$\varphi = \int_x^{\infty} \frac{J \rho}{2 \pi x * \sqrt{x^2 + (\ell/2)^2}} dx = \frac{J \rho}{\pi \ell} * \frac{\ell + \sqrt{x^2 + (\ell/2)^2}}{x}, \quad (4.10)$$

Токтың ағып таралуына кедергісін келесі формуламен анықталады:

$$R = \frac{\rho}{\pi \ell} * \ln \frac{2\ell}{d}, \quad (4.11)$$

мұндағы ℓ – жерлендіргіштің ұзындығы, d – жерлендіргіш диаметрі, ρ – жердің меншікті кедергісі.

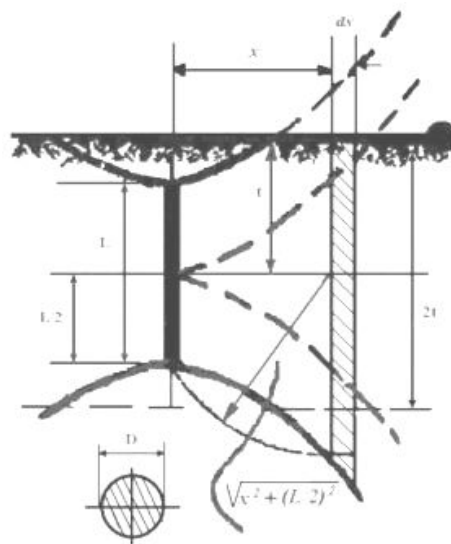
Қарастырып отырған жерлендіргішті жерге бір тереңдікте көметін болсақ, онда ағатын токтың сұлбасы 4.4-суретте көрсетілген.

Токтың ағып таралу бетін 6-суреттен келесілерге тең екенін көруге болады.

Жер бетіндегі потенциал:

$$\begin{aligned} \varphi &= \int_x^{\sqrt{4t^2 + (\ell/2)^2}} \frac{J \rho}{4 \pi x \sqrt{x^2 + (\ell/2)^2}} dx + \int_{\sqrt{4t^2 + (\ell/2)^2}}^{\infty} \frac{J \rho}{\pi x \sqrt{x^2 + (\ell/2)^2}} dx = \\ &= \frac{J \rho}{2 \pi \ell} \left(\ln \frac{\ell + \sqrt{4x^2 + \ell^2}}{2x} + \frac{1}{2} \ln \frac{4t + \ell}{4t - \ell} \right) \end{aligned}$$

4.4-сурет. Жерге ендірілген өзекті тік жерлендіргіштің ағып таралу тогының есептеу сұлбасы

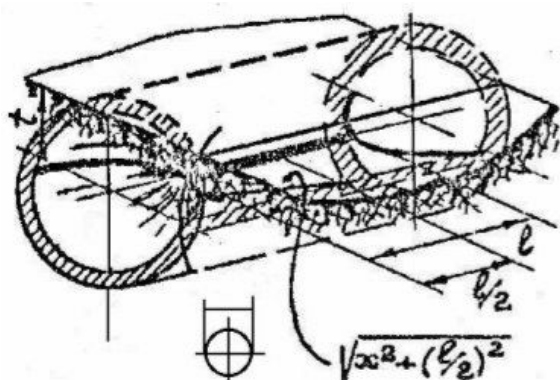


Токтың ағып таралуына кедергі:

$$R = \frac{\rho}{2 \pi \ell} \left(\ln \frac{2\ell}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4t + \ell}{4t - \ell} \right), \quad (4.12)$$

мұндағы t – стерженнің ортасынан жер бетіне дейінгі арақашықтық, м.

Жерде ендірілген көлденең жерлендіргіштен токтың таралу сұлбасын 4.5-суреттен көруге болады.



4.5-сурет. Жерге ендірілген өзекті көлденең жерлендіргіштің токтың таралуының есептеу сұлбасы

Токтың ағып таралу бетін 4.5-суреттен келесілерге тең екенін көруге болады

$$S_1(x) = 4 \pi x \sqrt{x^2 + (\ell/2)^2}$$

$$S_2(x) = 2 \pi x \sqrt{x^2 + (\ell/2)^2}$$

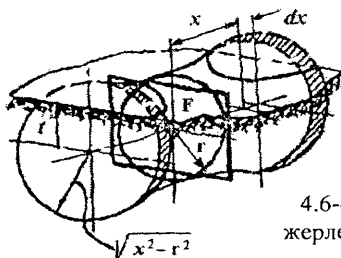
Жер бетіндегі потенциал:

$$\begin{aligned} \varphi &= \int_x^{2l} \frac{J\rho}{4\pi x \sqrt{x^2 + (\ell/2)^2}} dx + \int_{2l}^x \frac{J\rho}{2\pi x \sqrt{x^2 + (\ell/2)^2}} dx = \\ &= \frac{J\rho}{2\pi\ell} \left(\ln \frac{\ell + \sqrt{4x^2 + \ell^2}}{2x} + \ln \frac{\ell + \sqrt{4l^2 + \ell^2}}{4l} \right) \end{aligned}$$

Токтың ағып таралуына кедергісі мынаған тең:

$$R = \frac{\rho}{2\pi\ell} \ln \frac{\ell^2}{dt}$$

Жерлендіргіштің тағы бірі – пластина түрінде оны 4.6-суреттен көруге болады.



4.6-сурет. Жерге ендірілген пластиналық тік жерлендіргіштің ток таралуын есептеу сұлбасы

Токтың ағып таралу бетін 4.6-суреттен келесілерге тең екенін көруге болады:

$$S_1(x) = 4\pi x \sqrt{x^2 - r^2}$$

$$S_2(x) = 2\pi x \sqrt{x^2 - r^2}$$

Жер бетіндегі потенциал:

$$\begin{aligned} \varphi &= \int_x^{\sqrt{4l^2 + \ell^2}} \frac{J \cdot \rho}{4\pi x \sqrt{x^2 - r^2}} dx + \int_{\sqrt{4l^2 + \ell^2}}^x \frac{J \cdot \rho}{2\pi x \cdot \sqrt{x^2 - r^2}} dx = \\ &= \frac{J \cdot \rho}{4\sqrt{\pi F}} \left(\arcsin \frac{r}{x} + \arcsin \frac{\sqrt{F}}{\sqrt{4\ell^2 + F}} \right) \end{aligned}$$

Токтың ағып таралуына кедергісі:

$$R = \frac{\rho}{4\sqrt{\pi ab}} \left(\frac{\pi}{2} + \arcsin \sqrt{\frac{ab}{4\pi^2 + ab}} \right), \quad (4.13)$$

мұндағы b – пластинканың ені, a – пластинаның қалыңдығы.

Жерлендіргіштердің түріне және орналасу әдістеріне байланысты, сонымен қатар жердің меншікті кедергісіне ρ тәуелді. Жердің меншікті кедергісі оның құрама бөліктеріне байланысты анықталынады және олардың мәні арнайы анықтама материалдарда беріледі.

4.2. Электр қауіпсіздігінің жалпы мәселелері және адам ағзасына әсері

Өндірістік мекемелердегі жұмыскерлердің электр тогымен жарақаттануының негізгі себептеріне мыналар жатады:

- кернеуден айырмай электр желілерін және электр жабдықтарын құрастыру және жөндеу;
- ток жүретін құрылғылардың ашық бөліктеріне тиіп кету мүмкіндігі;
- кернеуде тұрған жалаңаш сымдарға және оның үзілген шеттеріне кездейсоқ жанасу;
- қауіпсіздік техникасы ережелерімен белгіленген кернеуден жоғары болатын шамшырақтарды қолдану;
- жеке қорғау құралдарының түзу еместігін немесе электр қондырғыларында жұмыс істегенде оларды қолданудан бас тарту;
- қауіпсіздік техника ережелерін қызметкерлердің жеткіліксіз оқып білуі.

Электрлік жарақаттанумен күресудің негізгі мақсаты – электр жабдықтарын, электр қондырғыларын және құрылғыларын қауіпсіз пайдалануды ұйымдастыру, жоғары өндірістік тәртіпті қамтамасыз ету, қауіпсіздік техникасы жөніндегі ережелерді, нормаларды және нұсқауларды бұлжытпай орындау болып табылады.

Электр жабдықтарын және электр тогынан қорғау қондырғыларын күту жөніндегі жұмыстарды арнайы оқудан өткен және электр қондырғыларында жұмыс жасауға куәлігі бар тұлғалар ғана жүргізеді.

Адам ағзасына электр тогының әсері әртүрлі болады: механикалық – ұлпалардың ажырауы және сүйектердің зақымдануы, жылулық – күйю, химиялық – электролиз,

биологиялық – тірі материяға тән және онымен байланысты тіршілік қауіпсіздігінің электр процестерінен бұзылуы.

Механикалық зақымданулар адамның кездейсоқ 1000 В артық кернеудегі екі ток жүретін сымдар арасына түсуі кезінде болады.

Күюлер электр тогының әсерімен және электр доғасының пайда болуымен байланысты.

Терінің металдануы – бұл металдың балқытылған доғасының ұсақ бөліктерінің сіңіруі. Электр соққысы – барлық ағза арқылы электр тогы өткенде байқалады.

Адамдардың электр тогымен зақымдану қауіпсіздігін азайту үшін жоғары қауіпті жайларды, ерекше қауіпті жерлерде және ашық ауада пайдаланылатын электр жабдықтарының және қондырғыларының металл бөліктері жерлендірілуі тиіс.

Электр тогымен зақымдану мынадай себептерден болуы мүмкін:

- кернеуі бар ток өткізетін бөліктерге адамның кездейсоқ жанасуы;
- кернеуі бар электр жабдығының ток өткізбейтін металл бөліктеріне адамның кездейсоқ жанасуы;
- фазаның жерге тұйықталуы кезінде токтың жайылу белдеміне адамның кездейсоқ түсуі;
- электр доғасының, атмосфералық және статикалық электрдің, электромагниттік өрістің әсері.

Электр тогының адам ағзасына әсері жылулық, механикалық, химиялық және биологиялық болуы мүмкін.

Электр тогымен адамның зақымдануын екі түрге бөледі: электрлік соққы және электрлік жарақат. Электр күйігі үш дәрежелі болады: 1-терінің қызаруы; 2-терінде үлбіреуіктердің пайда болуы; 3-көмірлену және терінің жансыздануы.

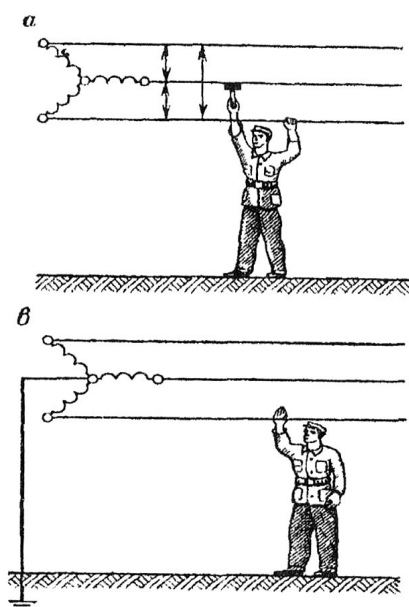
Электр тогы бұлшық еттердің тартылып қалуын және олардың салдануын қоздырып, орталық жүйке жүйесіне әсер етеді. Адамның электр тогымен зақымдануының сипаты мен салдары токтың күшіне, токтың түріне және жиілігіне, оның өту жолына, кернеуіне, адам денесінің кедергісіне, әсердің ұзақтығына байланысты болады. Адам денесі арқылы өтетін ток күші 0,010 А қауіпті болмайды, ал 0,05 А болса, оның салдарынан өлім де болуы мүмкін. Ток күші 0,1 А және одан жоғары болса, өлтіреді.

Кернеуі 500 В дейінгі тұрақты ток адам денсаулығына өзгелерімен салыстырғанда азырақ әсер етеді.

Адам денесінің кедергісі көптеген факторларға байланысты болады да, ішкі ұлпалардың және терінің кедергісімен анықталады. Адам денесі кедергісінің есептеулі шамасы 1000 Ом деп қабылданған. Адам денесінің кедергісі былайша өзгереді:

Адам денесінің кедергісі	Ом/м ²
Арқа ми сұйығы	$55,5 \cdot 10^{-4}$
Қан іркіті	$71,1 \cdot 10^{-4}$
Бұлшықтық талшық	$151 \cdot 10^{-4}$
Қан	$185 \cdot 10^{-4}$
Бауыр	$125,0 \cdot 10^{-3}$
Ми жүйкелік талшық	$25,0 \cdot 10^{-2}$
Майлы талшық	$50,0 \cdot 10^{-2}$
Құрғақ тері	33,0 артық
Сүйек	$200 \cdot 10^3$

Электр тогымен зақымдану қаупі кернеу торабы адам денесіне тікелей тигенде болады. Адамның электр тізбегіне қосылуының екіполюсті және бірполюсті түрлері бар (4.7-сурет).



4.7-сурет. Адамның электр тізбегіне қосылу схемасы:
а-екі полюсті; в- жерлендірілген бейтараптамасы бар тораптағы бір полюсті

Екіполюсті қосылу – бұл кернеуде тұрған жүйенің екі әртүрлі фазасына бір мезгілде жанасуы (4.7-сурет). Осында зақымданушы ток тораптың кернеуіне және адам денесінің кедергісіне байланысты болады.

Бірполюсті қосылу – бұл үшфазалы тораптың фазалық сымына жанасуы (4.7-сурет). Бірполюсті қосылуда фазаның біреуі жерге тұйықталады да, адам тораптың толық желілік кернеуіне болады. Егер фазаның өтпелік кедергісі нөлге тең болса, онда адам арқылы өтетін ток шамасы өлтіретін болуы мүмкін.

Кернеулі ауа желілері үшін сымдардың төменгі салбырауынан жер бетіне дейінгі ең аз қашықтық;

- 1 кВ үшін – 6 м-ден кем болмауы қажет;
- 110 кВ үшін – елдімекендер үшін 7 м-ден кем емес болуы керек, ал халық тұрмайтын жерлер үшін 6 м-ден кем емес болуы керек.

Ауа жерлерінің ток өткізетін бөліктерінің бұрғылау қондырғысының подстанциясына кірмесі 10 кВ дейінгі кернеу кезінде 4,5 м-ден кем емес биіктікте болуы қажет, биіктігі 3,5 м-ге дейін төмендегенде аумақ биіктігі 1,5 м шарбақпен қоршалуы қажет. Сорғы және бұрғылау қондырғысының жайлары кернеуі 6-10 кВ ауа желілерінің шеткі сымдарынан 2 м-ден кем емес горизонталь қашықтықта орналасуы қажет, ал кернеуі 1 кВ дейінгі ауа желілерінде 1 м-ден кем болмауы тиісті.

Электр тогымен зақымдану қаупі туралы адамдарды алдын ала сақтандыру мақсатымен рұқсат бермейтін, алдын ала жазып қою, ескертетін плакаттар пайдаланылады.

Мұнай және газ өнеркәсібінде жұмыскерлердің электр тогымен зақымдануының негізгі себептері мынадай:

- электр сымдарын және электр жабдықтарын кернеуді ажыратпай құрастыру және жөндеу;
- оқшауламаның бұзылуы, ашық ток өткізетін бөліктерге қол жеткізу мүмкіндігі;
- кернеуде тұрған сымдардың үзілген шетіне және жалаңаштанғанына кездейсоқ жанасу;
- түзу емес немесе қосылмаған тұйықталусыз электр аспабын пайдалану;
- қауіпсіздік техникасы ережелерімен белгіленген кернеуден асатын алып жүру шамдарын қолдану;
- жеке қорғау құралдарының түзу еместігі және электр қондырғыларындағы жұмыс кезінде олардан бас тарту;
- жұмыскерлерді қауіпсіздік техникасы ережелерімен жеткіліксіз оқыту.

Электр тогы адам ағзасы арқылы өткенде термиялық, электролиздік және биологиялық әсер тудырады.

Токтың термиялық әсері дененің жеке жерлерінің күйі, қан тамырларының және басқа талшықтардың қызуы арқылы білінеді.

Токтың электролиздік әсері қанның және органикалық сұйықтың ыдырауымен білінеді, ол – олардың физика-химиялық құрамының бұзылуын тудырады.

Токтың биологиялық әсері ағзаның тірі талшықтарының тітіркенуі және қызуы түрінде білінеді, ол бұлшық еттің еріксіз, соның ішінде өкпе мен жүректің дірілдеп ықшамдалуымен білінеді.

Электр жарақаты – электр тогының әсерімен немесе электр доғасымен қоздырылған ағза талшықтарының жергілікті бүлінуі болып саналады. Мынадай электр жарақаттарын ажыратады: электр күйігі, электр таңбасы, терінің металдануы, механикалық зақымдану, электроофтальмия.

Электр күйігі тоқтық және доғалық болып бөлінеді. Токтық күйіктер кернеу 2 кВ аспағанда пайда болады. Жоғары кернеулерде ток жүргізетін бөлік пен адам денесі арасында электр доғасы пайда болады да, ол доғалық күйік туғызады. Әдетте доғалық күйіктер – ауыр дәрежелі болады.

Электр таңбасы токтың әсеріне ұшыраған адамның терісінің беті сұр немесе бозарған – жасыл түсті анық сызықты дақтар болады. Таңбалар тағы да тырнақтың ізі, жара, кесік, сүйел, созылған жер және күс түрінде болады.

Терінің металдануы – электр доғасының әсерімен қорытылған металдың ұсақ бөлшектерінің терінің жоғары қабатына енуінен болады. Металдану – қызған металл қоздыратын терінің күйюімен қоса жүреді.

Электроофтальмия – электр доғасының қарқынды сәулеленуімен қоздырылған көздің зақымдануы. Электр доғасының спектріне көз үшін зиянды ультракүлгін және инфрақызыл сәуле болады.

Механикалық зақымдану адамның денесі арқылы өтетін токтың әсерімен бұлшық еттің еріксіз дірілдеп ықшамдануынан пайда болады. Соның нәтижесінде терінің, қан тамырларының және жүйке ұлпасының жарылуы, буындардың таюы және сүйектердің сынуы болуы мүмкін. Осыған адамның биіктен құлаудан болатын соғылып қалуы салдарынан заттарға соққы беруі жатады.

Электрлік соққы – деп ағзадағы тірі ұлпаларының электр тогы өткенде қозуы, бұл кезде бұлшық еттің еріксіз дірілдеп ықшамдануы

қоса болады. Адам ағзасына токтың әсері нәтижесіне байланысты электр соққылары төрт дәрежеге бөлінеді: 1 – сана сезімді жоғалтпай бұлшық еттің дірілдеп ықшамдануы; 2 – бұлшық еттің дірілдеп ықшамдануы, сана сезімді жоғалту; 3 – сана сезімді жоғалту, жүрексіну немесе тыныс қызметінің бұзылуы; 4 – клиникалық өлім, яғни тыныс және қан айналымының болмауы.

Клиникалық өлім кезеңі өткенде (4-5 минут) биологиялық өлім келеді – ағза жасушалары мен ұлпаларында ыдырайды. Электр тогымен зақымдану нәтижесінде адам өлімінің себептеріне жүрек жұмысының тоқтауы, тыныстың тоқтауы және электрлік естен тану жатады.

4.3. Электр тогымен зақымданудан қорғау шаралары

Электр қауіпсіздігі электр қондырғыларының құрылмасымен, техникалық тәсілдермен және қорғау құралдармен, ұйымдастырушылық және техникалық шаралармен қамтамасыз етіледі.

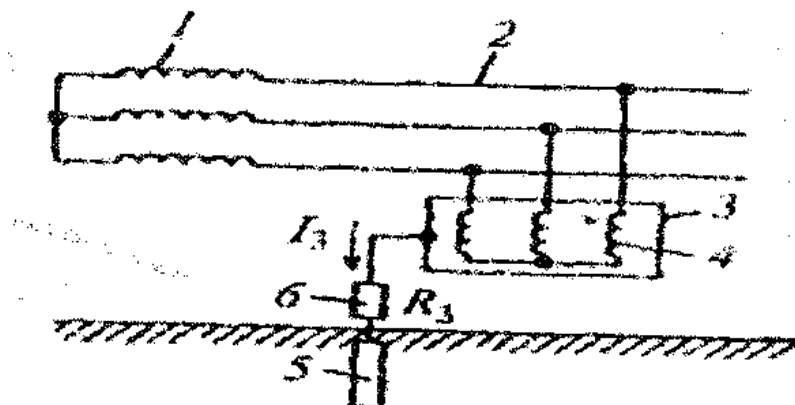
Электр қондырғыларының құрылмасы – оларды пайдалану жағдайына сәйкес болуы және қызмет істеушілерді ток жүргізетін және қозғалатын бөліктермен жанасудан қорғауды қамтамасыз етуі тиісті, ал жабдықты – бөтен қатты заттың және судың түсуінен қорғау қажет.

Электр қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін мынадай техникалық тәсілдерді және қорғау құралдарын қолданады: қорғаныстық жерлендіру, нөлдеу, қорғаныстық ажырату, потенциалды деңгейлестіру, аз кернеу, ток жүргізетін бөліктерді оқшаулау, торапты электрден ажырату, қорғаулық құрылғылар, блокировкалау, ескерулік сигналдары, қауіпсіздік белгілері, сақтық плакаттары, электрден қорғау құралдары.

Қорғаныстық жерлендіру – деп жермен ниетті электрлік қосылуды айтады. Электр қондырғысының оқшауламасының бүлінуі нәтижесінде ток өткізетін металл бөліктері кернеулі болуы мүмкін.

Қорғаныстық жерлендірудің жұмыс принципі корпусқа тұйықтанудан болған адам арқылы өтетін жанасу кернеуі мен ток күшін қауіпсіз шамаға дейін төмендетуден тұрады. Корпусты жерлендіргенде жерге тұйықтану болады да, жерленген корпусқа жанасу параллель тармақты пайда болдыртады, оның бойымен жерге

тұйықтану бөлігі адамның денесі арқылы өтеді. Параллель тармақтардағы ток күші тармақтардың кедергілеріне кері пропорционал болады, сондықтан адам арқылы өткен ток қауіпті емес.



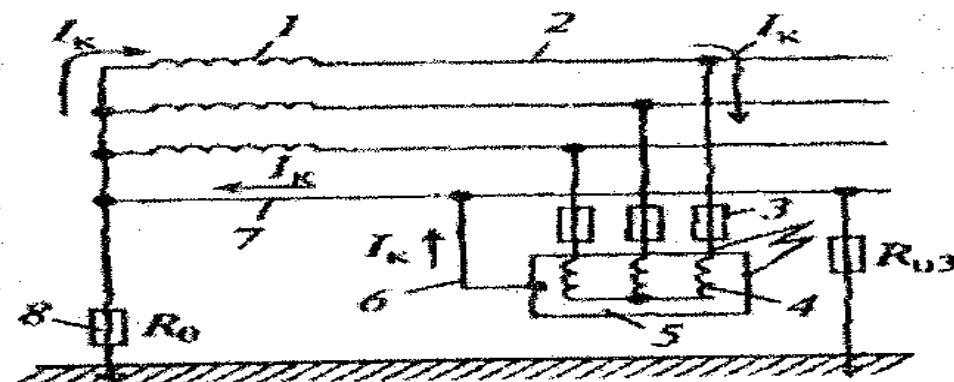
4.8-сурет. Электр желісін қорғаныстық жерлендірудің схемасы:
 1–трансформатор; 2– желі; 3– ток қабылдағыштың корпусы; 4 – электр қозғалтқыштың орамы; 5 –жерлендіргіш;
 6 – жерлендіргіштің кедергісі

Қорғаныстық жерлендіруді қолдану ауқымы – оқшауламаланған бейтараптамасы бар кернеуі 1 кВ дейінгі және кез келген бейтараптама режимі бар кернеуі 1 кВ жоғары үш фазалық торап. Оқшауламаланған бейтараптамасы бар кернеуі 1 кВ дейінгі электр қондырғысындағы электр жабдығында жерлендіру үшін қолданылатын жерлендіру құрылғысының кедергісі 4 Омнан артық болмауы қажет.

Генераторлардың және трансформаторлардың қуаты 100 кВ және одан аз болған кезде жерлендіру құрылғыларының кедергісі 10 Ом-нан артық болмауы мүмкін. Электр қондырғыларындағы кернеуі 1 кВ жоғары жабық жерленген бейтараптамасы бар жерлендіру құрылғысының кедергісі 0,5 Ом-нан, ал оқшауламаланған бейтараптамасы бар электр қондырғыларында 10 Ом-нан артық болмауы тиіс.

Нөлдік қорғаныстық сымға ток өткізбейтінін кернеуі бар металды электрге қосуды нөлдеу деп атаймыз. Нөлдеудің мақсаты: тұйықталу салдарынан кернеулі болып қалған корпусқа және электр қондырғысының басқа ток өткізбейтін бөліктеріне жанасқан кезде токпен зақымдану қауіптілігін жоюдан тұрады.

Мәселен тораптан бүлінген электр қондырғысын тез бөліп тастаумен шешіледі (4.9-сурет).



4.9-сурет. Электр желісін қорғаныстық нөлдеу схемасы:
1 – трансформатор; 2 – желі; 3 – сақтандырғыштар; 4 – электр қозғалтқыштың орамы; 5 – электр қозғалтқыштың корпусы;
6 – нөлдік өткізгіші; 7 – нөлдік қорғаныс өткізгіші;
8 – нөлдік өткізгішті жерлендірудің кедергісі

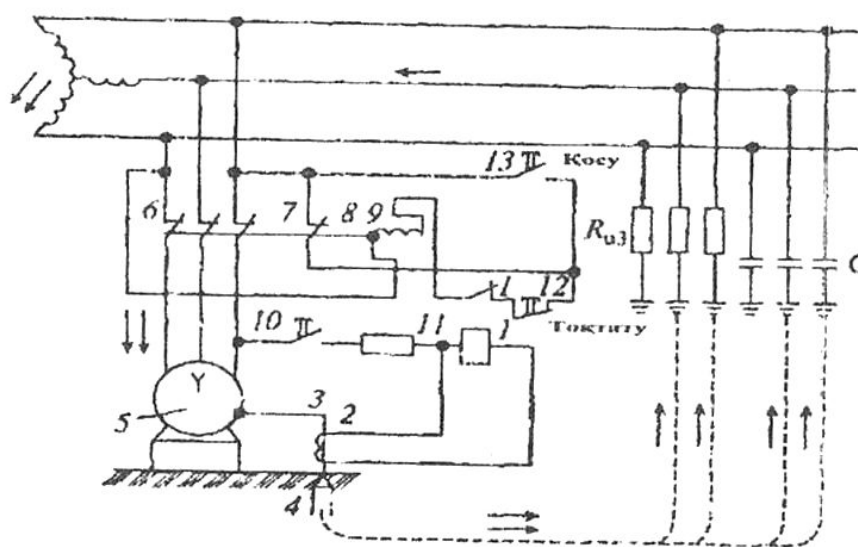
Нөлдік қорғаныстық сым арқылы корпус жерлендірілген болғандықтан, апатты жағдай болғанда қорғаныстық жерлендіру кезіндегідей сияқты жерлендірудің қорғаныстық қасиеті пайда болады. Нөлдеудің іс-қимыл принципі корпусқа тұйықталуды қорғаныстың іске қосылуын қамтамасыз ететін үлкен токты болдыру мақсатымен, бір фазалық қысқа тұйықталуға айналдыру болып саналады, сонда қоректендіру торабынан бүлінген қондырғы автоматты түрде ажырайды.

Электр қондырғыларын қорғаныстық жерлендіру және нөлдеу өзгермелі токтың 380 В және одан жоғары, сонымен қатар тұрақты токтың 440 В және одан жоғары номинал кернеуі кезінде токпен зақымдану қауіптілігі болмаса да жайларда міндетті түрде жасалуы тиіс. Жоғары қауіпті және ерекше қауіпті жайларда электр қондырғыларын өзгермелі токтың 42 В және одан жоғары, сонымен қатар тұрақты токтың 110 В және одан жоғары номинал кернеуі кезінде жерлендіру немесе нөлдеу қажет. Жарылыс қауіпті жайларда тораптың кернеуіне байланыссыз электр қондырғыларын жерлендіру және нөлдеу міндетті түрде жасалуы қажет.

Қорғаныстық ажырату дап электр қондырғысында токпен зақымдану қауіптілігі пайда болғанда, оны автоматты түрде

ажыратуды қамтамасыз ететін тез қосылатын қорғанысты атайды. Қорғаныстың осы түрін қолданғанда қауіпсіздік апаты учаскені немесе жерге бірфазалық тұйықталу, сонымен қатар кернеулі тұрған бөліктерге адамның жанасуы кезінде барлық торапты тез қосылулық ажыратумен қамтамасыз етіледі.

4.10-суретте жермен қатысты корпуста кернеу пайда болғанда, іске қосылатын қорғаныстық ажырату схемасы келтірілген. Осы түрдегі схемалардағы датчик ретінде корпус және қосымша жерлендіру арасында қосылған кернеу релесі қызмет етеді.



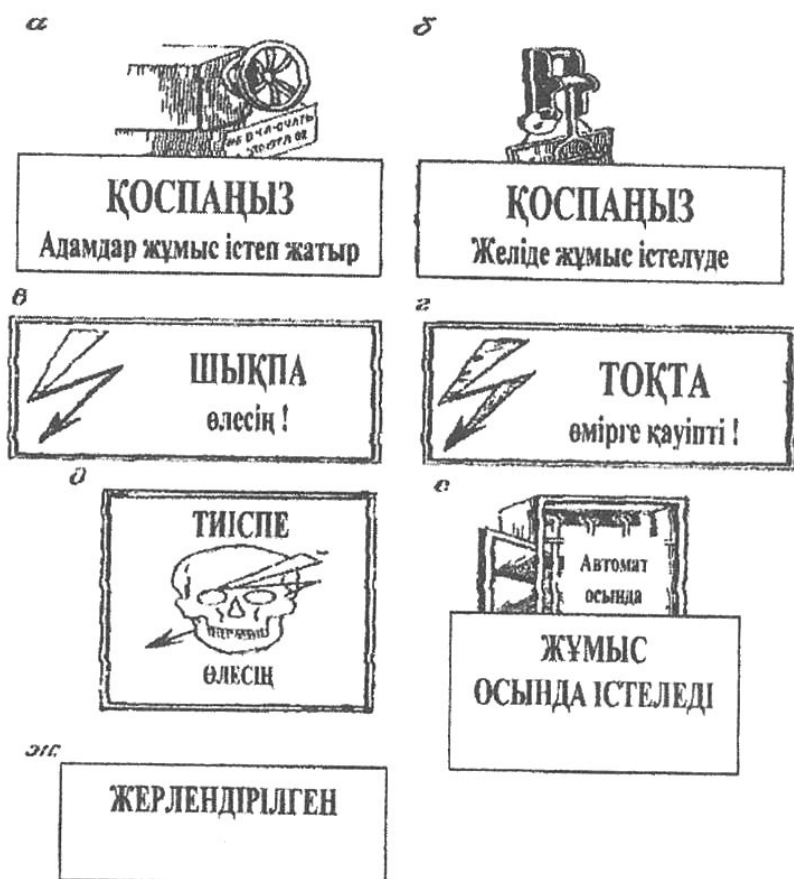
4.10 -сурет. Жермен қатысты корпуста кернеу пайда болған кезде іске қосылатын қорғаныстық ажырату схемасы: 1 – максимальды ток релесі; 2 – ток трансформаторы; 3 – өткізгіш; 4 – жерлендіру; 5 – электр қозғалтқышы; 6 – жүргізгіш; 7 – блок-контактілер; 8 – баймана; 9 – жүргізгіштің орауышы; 10, 12, 13 – түймелер, 11 – көмекші кедергілер

Потенциалды деңгейлестіру жанасудың кернеуін және электр тізбегінің нүктелері арасындағы қадамды азайту әдісі болады, оларға бір мезгілде жанасуға немесе оларда бір мезгілде адамның тұруына мүмкіндік болады.

Потенциалды деңгейлестіру үшін жабдық тұрған жерге барлық аудан бойынша тор түрінде болат жолақтарды төсейді. Өндірістік жайда электр жабдықтарының корпустары және өндірістік жабдықтар қалай болса да бір-бірімен байланысты

болып келеді. Электр қабылдауыштың біреуінің корпусы тұйықталған кезде барлық металл бөліктер жермен қатысты шамасы бойынша бірдей кернеу алады. Соның нәтижесінде электр қабылдауыш корпусы мен еден арасындағы кернеу азаяды, жайдың барлық ауданында тізбегіндегі тұрған адам біршама аз кернеуге тап болады.

Аз кернеу деп 42 В-тан артық емес номиналды кернеу есептеледі, ол электр аспаптарын, тұрақты жарық шамдарын, жоғары қауіпті, ерекше қауіпті жағдайлардағы және сыртқы қондырғылардағы алып жүретін шамдарды қоректендіру үшін пайдаланылады. Аз кернеудің көздері 12-42 В-ты екінші реттік кернеуі бар арнайы төмендеткіш трансформаторы болуы мүмкін.



Электр қондырғыларын электрмен жабдықтаудың пайдалану қауіпсіздігі мен сенімділігін қамтамасыз етудің негізгі шарты оқшауламаның түзулігі болады. Электр қондырғысының ток өтетін бөліктерін оқшаулау үшін жұмыстық және қосымша оқшауламаны қолданады. Жұмыстық оқшауламаға эмаль және сым орамасының тоқымасы, сіндіру лакторы компаунддар және

т.б. жатады. Қосымша оқшауламада машина корпусының пластмассасы, оқшаулаушы втулка, т.б. болады.

Қорғау құралдары ретінде қолданылатын барлық аспаптар, аппараттар және құрылғылар зауытта дайындалуы қажет. Олар күші бар нормативтік-техникалық құжаттарға сәйкес жасалуы және сыналуы тиісті.

Ұйымдастырушылық шараларға мыналар жатады:

– медициналық куәландыру, оқыту, нұсқау беру, қауіпсіздік және нұсқау ережелері бойынша білімін тексеру;

– электр қондырғыларымен жұмыс жүргізуге рұқсат беру, наряд-рұқсатты, бұйрықты немесе жұмыс тізімін күнделікті пайдалану тәртібін рәсімдеу;

– жауапты тұлғаның тексеруімен жұмысты жүргізу.

Электр қондырғыларында кернеуді ажыратып жұмысты жүргізу кезінде техникалық шаралар жетекті бекітіп тастаудан, сақтандырғыштарды алудан, қоректендіретін тораптардың шеттерін ажыратудан, қоршауларды және қауіпсіздік белгілерін орнатудан тұрады.

4.4. Жердің электрлік кедергісі

Токтың ағып таралуына жерлендіргіштердің кедергілерін есептейтін формулаларға жердің меншікті кедергісі кіреді. Ол жердің көлемін 1 м^3 деп аламыз. Меншікті кедергіні Ом.м немесе Ом.см-мен өлшейді. Неғұрлым ол кедергі мәні кіші болса, жерлендіргішті орналастыру жағдайлары соғұрлым жағымды болады.

Түрлі жердің 10-20% ылғалдылықтағы меншікті кедергілерінің шамалас мәндері 12-кестеде көрсетілген.

Жердің қасиеттері – оның күйі, ылғалдылығы, температурасына, т.б. байланысты өзгеруі мүмкін, сол себепті жердің меншікті кедергісі әртүрлі жыл мезгілінде, құрғауына, сулануына немесе жердің қатуына байланысты әртүрлі мәндерді қабылдауы мүмкін, сонымен қатар өлшеу кезеңіндегі жердің күйіне байланысты.

Жердің шамалас меншікті кедергілері

Жердің түрлері	Меншікті кедергі, Ом.м
Құм	400-1000 және артық
Құмдық	150-400
Саздық	40-150
Саз	8-70
Бақшалық жер	40
Қара топырақ	10-50
Шымтезек	20
Тасты саз (50% қатынаста)	100
Әксаз, әктас	1000-2000
Қойтастары бар ірі түйірлі құм	1000-2000
Жартастар, қойтастар	2000-4000

Бұл факторлар жыл мезгілінің коэффициенттерімен және жердің кез келген ылғалдылығы мен уақыт мезгілінде қорғаныс жерлендіруінің кедергісі нормативті деңгейде сақталуы үшін жердің меншікті кедергісін өлшеу кезеңінде жердің күйіне түзетулер енгізетін коэффициенттермен ескеріледі.

Жердің 10-20% ылғалдылығындағы түрлі климаттық белдеулерде тік және көлденең электродтардың мезгілдік коэффициенттерінің мәні 13-кестеде келтірілген.

Өлшеу кезіндегі жердің күйін ескеретін коэффициенттер 14-кестеде келтірілген.

K_1 коэффициенті егер жер ылғалды болса және жауын-шашын мөлшерінің көп көлемде түсуіне байланысты өлшеулер жүргізілсе қолданылады;

K_2 коэффициенті егер жер қалыпты ылғалдылықты болса және жауын-шашын мөлшері аз көлемде түсуіне байланысты өлшеулер жүргізілсе қолданылады;

K_3 коэффициенті егер жер құрғақ, жауын-шашын мөлшері нормадан төмен болса қолданылады.

14-кесте

Климаттық белдеулердің белгілері мен мезгілдік коэффициенттердің мәні

Климаттық белдеудің сипаттамасы және электродтың түрі	ТМД елдеріндегі климаттық белдеу			
	I	II	III	IV
<u>Климаттық белгілері</u> орташа көпжылдық температура: төменгі (қаңтар), °C жоғарғы (шілде), °C судың қату ұзақтығы (күн)	-15 +16. +18 100-190	-20 +18. +22 150-ге дейін	0. -10 +22. +24 100-ге дейін	0. +15 +24 +26 0
<u>Мезгілдік коэффициент</u> тік электрод: ұзындығы 3 м -ге дейін ұзындығы 5 м -ге дейін көлденең электрод: ұзындығы 10 м-ге дейін ұзындығы 50 м-ге дейін	1,65 1,35 5,5 4,5	1,45 1,25 3,5 3,0	1,30 1,15 2,5 2,0	1,10 1,10 1,5 1,4

15-кесте

Жердің меншікті кедергісін өлшеу кезеңіндегі жердің күйін есептейтін коэффициенттер

Электрод	K ₁	K ₂	K ₃
Тік:			
ұзындығы 3 м -ге дейін	1,15	1	0,92
ұзындығы 5 м -ге дейін	1,10	1	0,95
Көлденең:			
ұзындығы 10 м-ге дейін	1,7	1	0,75
ұзындығы 50 м-ге дейін	1,6	1	0,80

Сонымен, жердің меншікті есептік кедергісі төмендегідей:

$$\rho = \rho_{\theta\epsilon\alpha} \hat{E}_i \hat{E}_\alpha$$

мұндағы ρ – жердің есептік кедергісі; $\rho_{\text{өлш}}$ – жердің өлшенген кедергісі; K_m – мезгілдік коэффициент; $K_{\text{ж}}$ – өлшеу кезіндегі жердің күйін ескеретін коэффициент.

4.5. Топтық жерлендіргіштің токтың ағып таралуына кедергісі

Тік және көлденең электрод – өзектерінен тұратын, топтық жерлендіргіштің өткізгіштігі көлденең электрод пен белгілі бір мөлшердегі параллель қосылған тік электродтың өткізгіштіктерінің қосындысынан шығады, сонымен қатар олардың электрлік өрістері бір-бірінің әрекеттерін экрандауы мүмкін. Экрандау коэффициентінің осы әсерлерін ескере отырып, топтық жерлендіргіштің өткізгіштігін келесі теңдікпен көрсетуге болады:

$$\frac{1}{R_{\text{top}}} = \frac{1}{R_{\text{к}}} \eta_{\text{к}} + N \frac{1}{R_{\text{т}}} \eta_{\text{т}}, \quad (4.1)$$

мұндағы R_{top} – топтық жерлендіргіштің кедергісі;

$R_{\text{к}}, R_{\text{т}}$ – көлденең және тік жерлендіргіштердің кедергілері;

$\eta_{\text{к}}, \eta_{\text{т}}$ – көлденең және тік жерлендіргіштердің, сәйкесінше, экрандау коэффициенттері; N – тік электродтардың саны.

Осыдан топтық жерлендіргіштің кедергісі

$$R_{\text{top}} = \frac{R_{\text{т}} R_{\text{к}}}{R_{\text{т}} \eta_{\text{к}} + R_{\text{к}} N \eta_{\text{т}}} \quad \text{немесе} \quad R_{\text{top}} = \frac{R_{\text{т}}}{N \eta_{\text{т}}}, \quad (4.2)$$

Осы формуламен есептелген кедергілер нормаланғандардан артпауы тиіс.

Экрандау коэффициенттері тәжірибелік жолмен табылған және ұсынылған эмпиралық теңдеулермен анықталуы немесе 15,16,17-кестелерден алынуы мүмкін.

Қатар-қатар орналастырылған тік жерлендіргіштердің экрандау коэффициенті, оларды байланыстыратын көлденең электродтың әсерін ескермегенде, келесі формуламен көрсетіледі:

$$\ln(1 - \eta_{\text{т}}) = -0.491 N^{-0.0671} X^{-2.23} N^{-0.671}, \quad (4.3)$$

мұндағы X – электродтар арасындағы қашықтықтың электрод ұзындығына қатынасы. Бұл қатынасты шеткі жерлендіргіштер

арасындағы арақашықтықты олардың 1-ге азайтылған саны мен электрод ұзындығына бөлгенге тең.

16-кесте

**Қатарға орналастырылған тік электродтардың
экрандау коэффициенті**

Жерлендіргіштер саны, N	Жерлендіргіштер арасындағы қашықтықтың олардың ұзындықтарына қатынасы, X					
	1	2	3	5	7	10
2	0,847	0,903	0,939	0,976	0,990	0,998
3	0,782	0,860	0,911	0,963	0,985	0,996
4	0,734	0,828	0,888	0,953	0,980	0,995
6	0,666	0,780	0,856	0,938	0,973	0,992
10	0,586	0,723	0,815	0,917	0,963	0,989
20	0,493	0,653	0,762	0,888	0,943	0,983
40	0,420	0,594	0,716	0,816	0,932	0,976
60	0,386	0,565	0,691	0,845	0,922	0,971
100	0,350	0,532	0,663	0,826	0,910	0,966

17-кесте

**Контур бойынша орналастырылған тік электродтардың
экрандау коэффициенті**

Жерлендіргіштер саны, N	Жерлендіргіштер арасындағы қашықтықтың олардың ұзындықтарына қатынасы, X ₁					
	1	2	3	5	7	10
2	0,816	0,876	0,916	0,962	0,983	0,995
3	0,741	0,823	0,879	0,943	0,973	0,991
4	0,688	0,783	0,849	0,927	0,965	0,988
6	0,620	0,731	0,810	0,905	0,952	0,983
10	0,547	0,673	0,764	0,877		
20	0,471	0,609	0,710	0,842		

17-кестенің жалғасы

1	2	3	4	5	6	7
40	0,418	0,559	0,666	0,809		
60	0,395	0,536	0,644	0,790		
100	0,372	0,511	0,619	0,769		
10	0,547	0,673	0,764	0,877		
20	0,471	0,609	0,710	0,842		

18-кесте

Контур бойынша орналасқан, тік электродтарды қосатын,
көлденең жерлендіргіштің экрандау коэффициенті

Жерлендір- гіштер саны, N	Жерлендіргіштер арасындағы қашықтықтың олардың ұзындықтарына қатынасы, X ₁					
	1	2	3	5	7	10
3	0,587	0,658	0,777	0,964	0,999	1
4	0,503	0,582	0,715	0,946	0,998	1
6	0,405	0,488	0,635	0,914	0,994	1
10	0,319	0,399	0,584	0,866	0,987	1
20	0,248	0,320	0,458	0,793	0,967	0,999
40	0,212	0,282	0,392	0,716	0,934	0,998
60	0,200	0,254	0,362	0,675	0,908	0,997
100	0,191	0,236	0,331	0,618	0,669	0,992

Контур бойынша орналастырылған тік жерлендіргіштердің
экрандау коэффициенті, оларды байланыстыратын көлденең
электродтың әсерін ескермегенде, келесі формуламен көрсетіледі:

$$\ln(1 - \eta_m) = -0.173 - 0.426N^{-0.116} X_1^{-2.01} N^{-1.12}, \quad (4.4)$$

мұндағы X₁ – электродтар арасындағы қашықтықтың электрод
ұзындығына қатынасы.

Бұл қатынасты контур периметрінің жерлендіргіш электродының ұзындығы мен олардың санына бөлумен анықтайды.

Контур бойынша орналасқан тік электродтарды қосатын көлденең жерлендіргіштің экрандау коэффициенті мына теңдеумен көрсетіледі:

$$\ln(1 - \eta_k) = -0.187 - 0.0537 \cdot N^{-0.336} X_1^{2.61} - 2.26 \cdot N^{-1.12}$$

Топтық жерлендіргіш кедергісінің есептеулерін келесі түрде жүргізеді: формула бойынша көлденең және тік жерлендіргіштердің кедергілерін анықтап және тік электродтардың белгілі бір санын ала отырып, сәйкес экрандау коэффициенттері табылады. Егер осы мәндермен есептегендегі топтық жерлендіргіштің кедергісі нормативтен артық болса немесе одан кіші болса, онда тік электродтардың санын өзгертіп, есептелген топтық жерлендіргіштің токтың ағып таралуына кедергісінің мәні нормативтікке жақын болғанша, одан артық болмайтындай, есептеулерді қайталау керек.

5. РАДИАЦИЯЛЫҚ ҚАУІПСІЗДІК НЕГІЗДЕРІ

5.1. Радиациялық сәуленің физикалық негізі

XX ғасырдың басында заттың атомдық құрылымы жөніндегі көзқарасты ғалымдардың басым көпшілігі қабылдады. XIX ғасырдың 90-жылдарында электрон ашылғаннан кейін физиктер атомның өзінің де ішкі құрылымы бар деп және электронды осы құрылымның құрама бөлігі деп қарастыра бастады. XIX ғасырдың 90-жылдарында атомды біртекті оң зарядталған сфера түрінде елестете бастады. Оның ішінде жүзім қосылған бөлше тәрізді теріс электрондар шашырай таратылған. Электронды ашқаннан кейін көп ұзамай, 1897 жылы Дж. Дж. Томсон осы модельде қозғалыста болатын электрондар орналасқан деген болжам көтереді.

1911 жылы Э. Резерфорд (1871-1937) өзінің қызметкерлерімен бірге тәжірибелер жасап, оның нәтижелері Дж. Дж. Томсон моделіне қайшы келді. Бұл тәжірибелерде оң зарядталған альфа-бөлшектердің шоғы жұқа металл (алтын) фольгаға (металл қабыршағына) қарай бағытталды. Томсон моделі бойынша альфа-бөлшектер үлкен бұрыштарға ауытқымауы тиіс еді, себебі электрондар альфа-бөлшектерден көп жеңіл, әрі альфа-бөлшектер өздерін күшті себе алатын оң зарядтардың шоғырын кездестірмеуі тиіс. Бірақ, Резерфордтың алған нәтижелері бұл болжамдарға қайшы келеді. Альфа-бөлшектердің көпшілігі фольга арқылы өткенде оның бар-жоғы да байқалмайды, ал бастапқы бағытынан айрылған бөлшектерге келетін болсақ, олардың аз бөлігі өте үлкен бұрыштарға, кейде тіптен 180^0 -қа дерлік бұрыштарға ауытқыды. Резерфордтың ойынша, мұндай жағдай мүмкін болу үшін, оң зарядтар кеңістіктің кішкене бөлігінде шоғырланып орналасып, одан альфа - бөлшектер күшті тебілуі тиіс. Резерфорд, атом кішкене көлемді оң зарядталған ауыр ядродан (онда атом массасының 99,9%-ы шоғырланған) және оның жуық маңында орналасқан электрондардан тұрады деген болжам жасады. Электрондар ядроның төңірегінде айнала қозғалып жүруі тиіс (Күнді айнала қозғалатын планеталар тәрізді) әйтпесе олар электрлік тартылыс күштерінің әсерінен ядроға құлап түсуі тиіс. Резерфорд атом ядросының мөлшерін $10^{13} - 10^{14}$ м деп болжады.

Кинетикалық теориядан және де Энштейн жүргізетін броундық қозғалысқа талдаудан атомның мөлшері 10^{-10} м шамалас болатын. Бұл дегеніміз, электрондар ядродан 10 000-нан 100 000-ға дейінгі ядро диаметріндей қашықтықта орналасады дегенді білдіреді, яғни атомның негізгі бөлігі бос кеңістік болып табылады екен.

Резерфорд атомының планеталық моделі атом құрылымы жөніндегі осы күнгі көзқарастар бағытындағы мол қадам болады. Бірақ, ол да жетілген модель бола алмады, бірте-бірте оның жетімсіз жерлері өзіне назар аудара бастады.

1912 жылы Бор бірнеше ай Резерфордтың зертханасында зерттеулер жүргізеді. Осы жерде ол Резерфордтың моделі негізінен дұрыс деген тоқтамға келеді. Бірақ та оған сонымен қатар атомның планетарлық моделі кездескен тосқауылдан шығу үшін сол кездерде қаз-қаз тұра бастаған кванттық теорияны енгізу қажет деген ой да келеді. Планк пен Энштейннің еңбектерінде көрсетілгендей, қыздырылған қатты денелерде тербелістегі электр зарядтарының энергиялары бір дискреттік күйден екінші дискреттік күйге өткен кезде сәулелену квантын шығару арқылы дискреттік үлестермен өзгеруі мүмкін деп ойлады – Бор. Атомдарда да электрондар өздерінің энергияларын үздіксіз шығармай, энергия шығару кезінде кванттық өтулер жасауы мүмкін. Осы бағыттағы ойларының нәтижесін Бор келесі жылы электрондар ядроны дөңгелек орбиталардың бойымен айналады, олардың кейбіреулері ғана рұқсат етілген орбиталар болып табылады деген постулат айтты. Ол сонымен қатар, электронның әрбір орбитада белгілі энергиясы болады және ол сол орбитамен қозғалған кезде энергия шығармайды деген постулатты да айтты (Бордың бұл постулатты классикалық электродинамикаға қайшы келді). Осы себептен де Бор рұқсат етілген орбиталарды стационар күйлер деп атады. Ол, электрон бір стационар күйден, екінші энергиясы азырақ күйге өткен кезде ғана сәуле шығарады деп түйіндеді. Әрбір шығарылым кезінде жалғыз ғана жарық кванты шығарылады да, ал оның энергиясы мына қатынаспен анықталады (энергияның сақталу заңы бойынша):

$$h\nu = E_2 - E_1, \quad (5.1)$$

мұндағы h – план тұрақтысы, ν – сәуле толқынының жиілігі,

E_1, E_2 – орбиталардағы электрондардың энергиясы.

Атомдардың ядролары қарапайым бөлшектердің екі түрінен тұрады – протондар және нейтрондар. Бұл бөлшектерді нуклондар деп атайды.

Протон сутегі атомы ядросы болып табылады. Оның заряды $+e=1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл және массасы:

$$m_p=938,2 \text{ МэВ}, \quad (5.2)$$

Салыстыру үшін энергия бірлігінде көрсетілген электрон массасы

$$m_e=0,511 \text{ МэВ}, \quad (5.3)$$

Формулалар (5.2) және (5.3) салыстыра келе $m_p=1836 m_e$ екені түсінікті болады. Протонның спиы жартысына тең ($s = 1/2$) және өзіндік магнитті моменті бар $\mu_p = +2,79\mu_0$, бұл жерде

$$\mu_0 = \frac{e\hbar}{2m_p c} = 5,05 \cdot 10^{-24} \text{ Дж/Тл}, \quad (5.4)$$

Магнит моментінің бірлігі ядролық магнетон деп аталады. (5.4) салыстыруынан μ_0 1836 есе μ_B Бор магнетонынан кіші екенін көруге болады. Яғни, протонның өзіндік магниттік моменті электронның магниттік моментінен 660 есе кіші.

Нейтрон. Нейтрон (n) массасы протон массасына жақын, бейтарап бөлшек. Нейтрон мен протон массаларының айырмасы $m_n - m_p$ т $1,3 \text{ МэВ}$, яғни $2,5 m_e$ тең

$$m_n=939,5 \text{ МэВ}, \quad (5.5)$$

Нейтрон спиы, жартысына тең ($s = 1/2$), және ол өзіндік магнитке ие (электр зарядының жоқтығына қарамастан) $\mu_n = -1,91 \mu_0$ (минус белгісі өзіндік механикалық және магниттік моменттердің бағыттары қарама-қарсы екенін көрсетеді).

Бос күйде нейтрон тұрақты емес (радиоактивті) – ол өздігінен ыдырап, протонға айнала отырып, электрон (e^-) және антинейтрино ($\bar{\nu}$) деп аталатын тағы бір бөлшекті бөледі.

Жартылай ыдырау периоды ~ 12 мин. Ыдырау схемасын келесі түрде жазуға болады:



Антинейтрино тыныштық күйдегі массасы нөлге тең. Нейтрон массасы протон массасынан $2,5 m_e$ үлкен. Яғни нейтрон массасы теңдіктің оң жақ бөлігіндегі бөлшектердің массасынан $1,5 m_e$ артық, яғни $0,77$ МэВ. Бұл энергия нейтронның ыдырауы кезінде пайда болатын бөлшектердің кинетикалық энергиясы түрінде бөлінеді

Атом ядросының мінездемесі. Ядро құрамына кіретін протондар саны Z , оның $+Ze$ тең зарядын анықтайды. Z саны атомдық номер не ядроның зарядтық саны деп аталады (ол Менделеевтің периодтық кестесіндегі химиялық элементтің реттік номерін анықтайды).

Ядродағы нуклондар саны A (яғни протондар мен нейтрондардың қосынды саны) ядроның массалық саны деп аталады. Ядродағы нейтрондар саны $N = A - Z$. Ядроларды белгілеу үшін келесі символ пайдаланылады ${}_Z X^A$, бұл жерде X берілген элементтің химиялық символы. Оң жағынан жоғарғы бөлікте массалық сан қойылады, сол жағынан төменде – атомдық номер белгіленеді (соңғы белгі көбіне қойылмайды).

Көптеген химиялық элементтердің массалық саны A мәндері өзгеріп отыратын бірнеше изотоп түрлеріне ие. Мысалы, сутегінің үш изотопы бар:

${}_1\text{H}^1$ - әдеттегі сутегі, не протий ($Z = 1, N = 0$);

${}_1\text{H}^2$ – ауыр сутегі, не дейтерий ($Z = 1, N = 1$);

${}_1\text{H}^3$ - тритий ($Z = 1, N = 2$).

Оттегінің үш тұрақты изотопы бар: ${}_8\text{O}^{16}, {}_8\text{O}^{17}, {}_8\text{O}^{18}$, қалайы да - он, т.с.с

Изотоптар – дегеніміз протондар Z саны бірдей ядролар. Массалық сандары A бірдей ядролар изобаралар деп аталады. Мысал ретінде ${}_{18}\text{Ar}^{40}$ және ${}_{20}\text{Ca}^{40}$ келтіруге болады. Нейтрондар саны бірдей ядролар $N = A - Z$ изотондар (${}_6\text{C}^{13}, {}_7\text{N}^{14}$) деп аталады. Сонымен қатар Z және A бірдей, жартылай ыдырау уақыты әртүрлі радиоактивті ядролар болады, оларды изомер

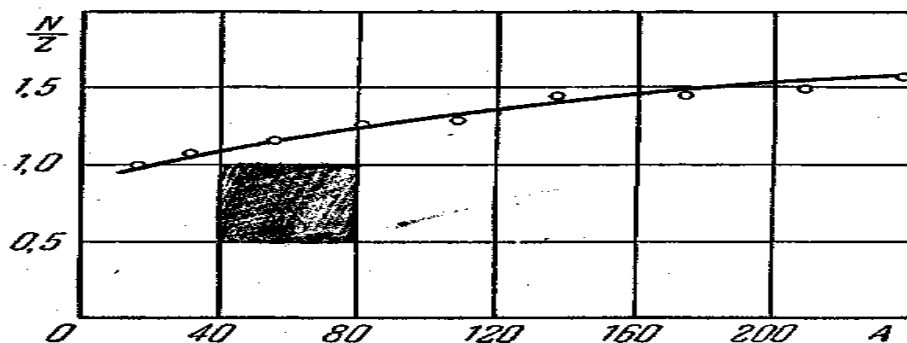
деп атайды. Мысалы ${}_{35}\text{Br}^{80}$ ядросының екі изомері бар, біреуінің жартылай ыдырау периоды 18 мин, екіншісінікі – 4,4 сағат.

Ядро радиусы келесі формула бойынша – дәл анықталады:

$$r = 1,2 \cdot 10^{-13} A^{1/3} \text{ см} = 1,2A^{1/3} \text{ Ферми} \quad (5.7)$$

(Ферми – ядролық физикада қолданылатын ұзындық бірлігі, 10^{-13} см тең). Теңдіктен (5.7) ядро көлемі ядродағы нуклондар санына тең екенін көруге болады.

Қазіргі кезде Z не A бойынша өзгеретін 1500 таяу ядро белгілі. Бұл ядролардың $1/4$ тұрақты, қалғандары радиоактивті. Көптеген ядролар жасанды жолмен ядролық реакциялар көмегімен алынды.



5.1-сурет. N , Z , A сандарынан ядролардың тұрақтылығының тәуелділігі

Табиғатта Z 1 – 92 арасындағы элементтер кездеседі, технеций (Tc , $Z = 43$) мен прометийден басқа (Pm , $Z = 61$). Плутоний (Pu , $Z = 94$) жасанды жолмен алынғаннан кейін өте аз көлемде, табиғи минерал шайырлы қоспада өте аз мөлшерде анықталады. Басқа трансуранды (яғни ураннан кейінгі) элементтер ($Z = 93-104$) тек қана жасанды жолмен алынған.

Тұрақты ядролар үшін нейтрондар саны N протондар санына Z анық арақатынасы бар. Жеңіл ядролар үшін бұл арақатынас бірге тең. Ядродағы нуклонның саны артқан сайын N/Z артып, уран үшін мәні 1,6 жетеді (1-суретті қараңыз, ол жерде абсцисса осінде массалық сан A келтірілген, ал ордината осінде N -ның Z арақатынасы берілген; суреттегі нүктелер жеке тұрақты ядроларға сәйкес келеді).

Нуклондардың спиндері ядроның нәтижелі спинін құрайды. Нуклонның спині $\frac{1}{2}$ тең. Сондықтан кванттық заңдарға сәйкес моменттерді қосып, ядроның кванттық санын береді. Нуклондар саны A тақ болса ядроның спині жарты, ал A саны жұп болса, бүтін немесе нөл болады. Мұның осындай болуы көптеген нуклондардың спиндерінің бағыттары қарама-қарсы болады да, бірін-бірі жояды. Ядроларының спиндері бірнеше бірліктен аспайды. Егер ядро протондарының саны жұп болса және нейтрондардың да саны жұп болса, онда ядроның спині нөлге тең болады.

Ядроның нәтижелі моменті электрондық қабатының моменттерінің қосындысынан және атом қозғалысының мөлшерінің толық моментінен құралады, ол квант санымен F анықталады.

5.2. Ядроның байланыс энергиясы

Ядро массасы $m_{\text{я}}$, әрқашан оның құрамына кіретін бөлшектердің массасының қосындысынан кіші болады. Массаның айырмасын ядро массасының ақауы деп атаймыз. Бұлай болуын келесімен түсіндіреміз. Массалардың бір бөлігі – ядроның ішіндегі бөлшектерді біртұтас ұстап тұруға жұмсалынады. Бұл жұмсалған энергияны байланыс энергиясы $E_{\text{бэ}}$ деп айтамыз. Масса ақауын келесі формуламен анықтаймыз:

$$\Delta m = E_{\text{бэ}}/c^2, \quad (5.8)$$

мұндағы Δm – ядроның масса ақауы, c – жарық жылдамдығы.

Егер ядродағы нуклондар санын қолданып, байланыс энергиясын келесі теңдік бойынша анықтауға болады.

$$A_{\text{ау}} = \tilde{n}^2 \{ [Zm_p + (A - Z)m_n] - m_{\text{я}} \}, \quad (5.9)$$

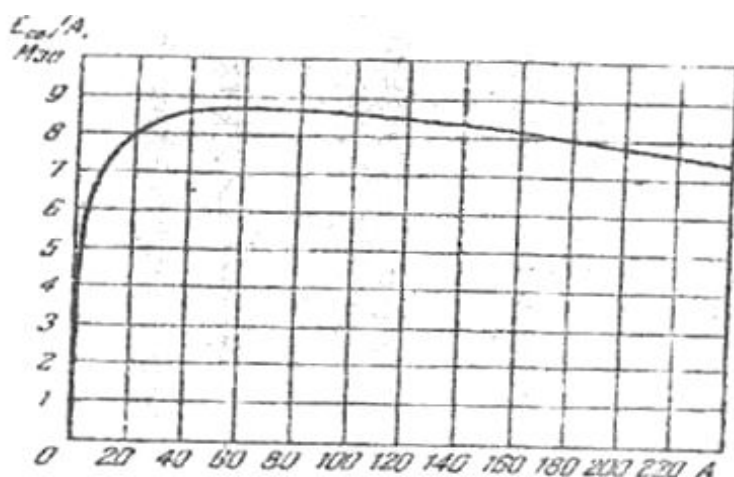
Бұл арақатынас протон массасын m_p сутегі атомы массасына m_n , ал ядро массасын $m_{\text{я}}$ – атом массасына m_a – ауыстырсақ өзгермейді. Іс-жүзінде электрондардың ядролармен байланысының энергия мөлшерін ескермейтін болсақ, бұл айырбас азайтылатын және алынатын теңдікке фигуралық жақшада

тұрған теңдікке $Z m_e$ қосатынымызды көрсетеді. Сонымен (5.9) теңдігі келесі түрде өзгереді

$$E_{\text{бә}} = c^2 \{ [Zm_H + (A - Z)m_n] - m_a \}, \quad (5.10)$$

Соңғы теңдік 5.9 теңдікке қарағанда ыңғайлы, себебі кестелерде ядролар массасы емес атомдар массасы беріледі.

Гелий ядросындағы нуклондардың байланыс энергиясын ${}^2\text{He}^4$, табайық: оның құрамына екі протон ($Z = 2$) және екі нейтрон кіреді ($A - Z = 2$). ${}^2\text{He}^4$ атомының массасы 4,00388 м.а. б., бұл мәнге 3728,0 МэВ сәйкес келеді. Сутегі атомы массасы ${}^1\text{H}^1$ 1,00815 м. а. б. тең [938,7 МэВ;]. Нейтронның массасы 1.8 мәніне тең. Бұл мәндерді 1.8 формуласына қойып, $E_{\text{бә}} = [2 \cdot 938,7 + 2 \cdot 939,5] - 3728,0 = 28,4$ МэВ аламыз.



5.2-сурет. Меншікті байланыс энергиясының массалық санға (A) тәуелділігі

Бір нуклонға есептегенде гелий ядросының байланыс энергиясы 7,1 МэВ/нуклонды құрайды. Салыстыру үшін атомдардағы валентті электрондардың байланыс энергиясы 10^6 есе кіші екенін айта кетейік (шамамен 10 эв). Басқа ядролар үшін меншікті байланыс энергиясы, яғни бір нуклонға шаққанда ($E_{\text{бә}}/A$) мөлшермен гелийдің шамасына сәйкес келеді. Меншікті байланыс энергиясының массалық санына тәуелділігі 5.2-суретте график түрінде көрсетілген. Ең берік байланысқан нуклондардың массалық саны 50-60 (яғни Cr-нан Zn-ке дейінгі элементтер). Бұл ядролар үшін байланыс

энергиясы 8,7 МэВ/нуклон құрайды. Массалық сан A ұлғайған сайын байланыс энергиясы біртіндеп төмендейді; ең ауыр табиғи элемент уран үшін ол 7,5 МэВ/нуклон құрайды. Бұл жеке байланыс энергиясының массалық саннан тәуелділігі екі үрдістің энергетикалық мүмкін болуына себепкер болады: 1) ауыр ядролардың бірнеше жеңіл ядроларға бөлінуі; 2) жеңіл ядролардың бір ядроға бірігуі (синтез). Екі үрдіс те көп мөлшерде энергияның бөлінуімен өтуі тиіс. Мысалы, массалық саны $A = 240$ (жеке байланыс энергиясы 7,5 МэВ тең) массалық саны $A = 120$ жеке байланыс энергиясы 8,5 МэВ тең) екі ядроға бөлінуі 240 МэВ энергияның бөлінуіне әкеледі. Ауыр сутегі ${}^1_1\text{H}^2$ екі ядросының гелий ядросына бірігуі ${}^2_2\text{He}^4 \sim 24$ МэВ тең энергия бөлінуіне әкеледі. Салыстыру үшін бір көміртегі атомының оттегінің екі атомымен біріктірілуі ~ 5 эв энергияның бөлінуіне (көмірдің CO_2 дейін жануы кезінде) әкелетінін айта кетейік.

$A \sim 50-60$ ядролар энергетикалық ең тиімді болғандықтан, неліктен басқа A мәндері бар ядролар неге тұрақты болады деген сұрақ туындайды. Оның себебі келесі ауыр ядро бірнеше бөлікке бөліну үшін бірнеше аралық күйлерден өтеді, олардың энергиясы ядроның негізгі күйінен бірнеше есе артық. Сондықтан, бөліну үрдісі үшін ядроға қосымша энергия қажет (активация энергиясы), бұл энергия байланыс энергиясының бөлінуі кезінде энергияның өзгерісі әсерінен ұлғайып қайта оралады. Қалыпты жағдайда ядроның активация энергиясын алу көзі жоқ, сондықтан ауыр ядролар бей-берекет бөлінеді. Активация энергиясы ауыр ядроға қосымша нейтрон арқылы беріледі. Жинақталған нейтрондар ядросы әсерінен уран және плутоний ядроларының бөліну үрдісі ядролық реактор қызметі мен қарапайым атом бомбасы негізінде жатыр.

Жеңіл ядролар бір ядроға бірігуі үшін олар бір-біріне өте жақын келуі тиіс ($\sim 10^{-13}$ см). Бұл бірігуге кулон күші қарсы тұрады. Кулон күшіне қарсы тұру үшін ядролар өте үлкен жылдамдықпен қозғалуы тиіс және температурасы бірнеше жүздеген миллион градусқа тең болуы тиіс. Осы себептен жеңіл ядролар синтезі термоядролық реакция деп аталады. Термоядролық реакциялар Күн қойнауы мен жұлдыздарда жүреді. Жер жағдайында басқаруға келмейтін термоядролық реакциялар сутегі бомбалары жарылысында жүзеге асырылды.

5.3. Ядролық күштер табиғаты

Ядродағы нуклондардың байланыс энергиясы нуклондар арасында өте интенсивті өзара байланыс бар екенін көрсетеді. Бұл өзара байланыс тартылуға ұқсас. Ол протондар арасындағы үлкен электростатикалық тебіліске қарамастан нуклондарды бір-бірінен $\sim 10^{-13}$ см қашықтықта ұстап тұрады. Нуклондардың ядролық арақатынасы пәрменді өзара әсерлесу деп аталады. Оны ядролық күштер өрісі көмегімен сипаттауға болады. Осы күштердің айырықша ерекшеліктерін қарастырайық:

1. Ядролық күштер қысқа арақашықтықта әсер ететін болып табылады. Нуклондар арасындағы арақашықтық шамамен $2 \cdot 10^{-13}$ см артса, олардың өзара әсері сезілмейді. Арақашықтық $1 \cdot 10^{-13}$ см аз болса, нуклондар тартылысы тебіліспен алмасады.

2. Пәрменді өзара әсерлесу нуклондардың зарядына тәуелсіз. Протон мен нейтрон, екі нейтрон, екі протон арасындағы ядролық күштер шамасы бойынша бір болады. Бұл қасиет ядролық күштердің зарядтық тәуелсіздігі деп аталады.

3. Ядролық күштер спиндердің өзара әсер ететін нуклондарының бағдарласуына тәуелді. Мысалы, нейтрон мен протон бірігіп спиндері параллель болса, дейтонды құрайды.

4. Ядролық күштер қанығу қасиетіне ие (әр нуклон ядрода нуклондардың шекті санымен ғана өзара әсерлеседі). Бұл қасиет ${}^2\text{He}^4$ бастап, бір нуклонға тиісті байланыс энергиясы барлық ядроларға бір болғандықтан жүзеге асады. Ядролық күштердің қанығуы ядро көлемінің оны құрайтын нуклондар санына пропорционалдылығын көрсетеді.

Қазіргі көзқарастар бойынша, нуклондар виртуалды мезондар деп аталатын бөлшектермен алмасады. Бұл үрдістің негізін түсіну үшін алдымен кванттық электродинамика тұрғысынан кулондық өзара әсерлесу қалай көрсетілгенін қарастырайық.

Зарядталған бөлшектер арасындағы өзара әсерлесу электромагниттік өріс арқылы жүзеге асады. Біз өріс квантты электродинамика түсініктері бойынша энергия-фотондар кванттарының бірлестігі ретінде қарастыруға болады. Квантты электродинамикаға сәйкес екі зарядталған бөлшектер арасындағы өзара әсерлесу нәтижесі электрондар, фотондар және басқа да

бөлшектермен алмасудан тұрады. Әр бөлшек өз айналасында үздіксіз фотондарды шашыратып және жұтып өріс құрайды. Өрістің басқа бөлшекке әсері бірінші бөлшекпен бөлінген фотондардың бірін жұтуы арқылы жүзеге асады. Өзара әсерлесудің бұл сипаттамасын тура түсінуге болмайды. Өзара әсерлесу арқылы жүзеге асатын фотондар шынайы фотондар емес – виртуалды фотондар деп аталады. Квантты механикада виртуалды бөлшектер деп өмір сүру уақытында көрінбейтін бөлшектерді атайды. Сондықтан бұл бөлшектерді ойдан шығарылған бөлшектер деп атайды. «Виртуалды» терминін түсіну үшін тыныштықтағы электронды қарастырайық. Қоршаған кеңістікте оның өріс құру үрдісі келесі теңдікпен көрсетіледі:

$$e^- \rightarrow e^- + \hbar\omega. \quad (5.11)$$

Фотон мен электронның қосынды энергиясы тыныштықтағы электрон энергиясынан көп. Яғни, (5.11) теңдікпен көрсетілген өзгеріс энергияның сақталу заңының орындалмауын көрсетеді. Бірақ виртуалды фотон үшін бұл заңның бұзылуы, жай ғана бұзылу тәрізді болып табылады. Квантты механикаға сәйкес берілген Δt уақыттағы энергия күйі ΔE дәлдігімен анықталады, ол анықталмағандықтар арақатынасына қанағаттанады:

$$\Delta E \Delta t \sim \hbar \quad (5.12)$$

Бұл арақатынастан жүйе энергиясы ΔE ауытқуы болады, олардың ұзақтығы Δt берілген (5.12) шарттарымен анықталатын мәннен артпауы керек. Осылайша, электроннан бөлінген виртуалды фотон бір электронмен $\Delta t = \hbar / \varepsilon$ (мұндағы $\varepsilon = \hbar\omega$) уақыты өткеннен кейін жұтылады, энергияның сақталу заңы бұзылмайды.

Егер электронға қосымша энергияны берсе (ол басқа электронмен соқтығысуы кезінде жүзеге асуы мүмкін), виртуалды фотонның орнына шексіз көп уақыт өмір сүре алатын шынайы фотон бөлінеді.

Δt уақытында виртуалды фотон нүктелер арасындағы қашықтықпен бөлінген арақатынасты бере алады:

$$l = c\Delta t = c \frac{\hbar}{\varepsilon}$$

Фотон энергиясы $\varepsilon = \hbar\omega$ өте кіші (жиілік ω өзгерісі 0-ден ∞). Сондықтан электромагнитті күштердің әсер ету радиусы шектелмейді. Егерде өзара әсерлесетін алмасатын бөлшектер нөлден айырмашылығы бар тыныштық массасына m_0 ие болса, олардың әсер ету радиусы шамамен шектелетінін келесі формуладан көруге болады:

$$r = c\Delta t_{\max} = c \frac{\hbar}{\varepsilon_{\min}} = c \frac{\hbar}{m_0 c^2} = \frac{\hbar}{m_0 c} = \Lambda,$$

бұл жерде Λ - берілген бөлшектің комптон толқын ұзындығына тең (тасымалдағыш бөлшек c жылдамдықпен өзара қозғалады).

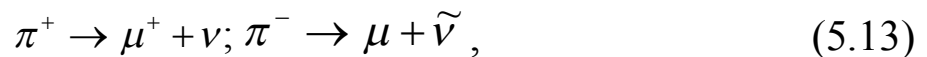
1934 ж. И.Е. Тамм нуклондар арасындағы арақатынас қандай да бір виртуалды бөлшектер көмегімен таралады деп тұжырымдаған. Ол кезде нейтрондардан басқа фотон, электрон, позитрон және нейтрино белгілі болған. Бұл бөлшектердің ең ауыры – электрон ядролық күштердің радиусынан ($\sim 2 \cdot 10^{-13}$ см) 200 есе артық комптондық толқын ұзындығына ие $\Lambda = 3,86 \cdot 10^{-11}$ см. Есептеулер көрсеткендей виртуалды электрондармен сипатталатын күштердің шамасы аса кіші болып табылады. Осылайша, ядролық күштерді виртуалды бөлшектердің алмасуымен түсіндірудің бірінші сынағы сәтсіз болды.

1935 жылы жапон физигі Х. Юкава табиғатта әлі танылмаған массасы электроннан 200-300 есе үлкен бөлшектер бар және олар фотон электромагнитті әсерлесудің тасымалдағышы секілді, ядролық әсерлесуде тасымалдаушылар рөлін атқарады деген батыл гипотезаны айтқан. Юкава – бұл гипотетикалық бөлшектерді ауыр фотондар деп атаған. Масса шамасына сай бұл бөлшектер электрондар мен нуклондар арасындағы аралық орында болғандықтан, олар мезондар деп аталды.

1936 ж. Андерсон және Неддермейер космостық сәулелерде тыныштық массасы $207 m_e$ -тең бөлшектер тапты. Бастапқыда μ -мезон не m юондар атына ие бұл бөлшектер Юкава болжаған

тасымалдағыштар деп есептелген. Бірақ кейіннен μ -мезон нуклондармен нашар әсерлесетіні байқалған, сондықтан ядролық реакцияларға жауапты бола алмайды. Тек қана 1947 ж. Оккиалини және Поуэлл космостық сәулеленуде мезондардың тағы бір типі - π -мезондар немесе пиондарды ашқан, олар 12 жыл бұрын Юкава болжаған ядролық күштердің тасымалдағыштары болып табылады.

Пиондардың оң (π^+), теріс (π^-) және (π^0) бейтарап түрлері бар. π^+ - и π^- мезондардың заряды қарапайым заряд e -ге тең. Зарядталған пиондардың массасы бірдей $273 m_e$ (140 МэВ) тең, π^0 -мезонның массасы $264 m_e$ (135 МэВ) тең. Зарядталған және бейтарап π -мезонның спині нөлге тең ($s = 0$). Барлық үш бөлшек тұрақты емес. π^+ және π^- мезонның өмір сүру уақыты $2,55 \cdot 10^{-8}$ сек, π^0 -мезонна - $2,1 \cdot 10^{-16}$ сек құрайды. Зарядталған пиондардың басым бөлігі (орта есеппен 99,97%) схема бойынша ыдырайды



(μ^+ және μ^- - оң және теріс мюондар, ν - нейтрино, $\bar{\nu}$ - антинейтрино). Қалған ыдыраудың 0,03% басқа схемалар бойынша өтеді (мысалы, $\pi^+ \rightarrow e^+ + \nu$; $\pi^- \rightarrow e^- + \bar{\nu}$ т.с.с., егер π^+ жағдайында e^+ пайда болса, яғни позитрон, ал π^- жағдайында e^- пайда болады, яғни электрон).

Орта есеппен π^0 -мезондардың 98,7% екі γ -квантқа ыдырайды



Қалған ыдыраулардың 1,3% электрон – позитрон жұбының және γ -квант ($\pi^0 \rightarrow e^+ + e^- + \gamma$) не екі электронды-позитронды жұптың пайда болуымен жүзге асады. ($\pi^0 \rightarrow e^+ + e^- + e^+ + e^-$).

μ -мезондар мен мюондар деп аталатын бөлшектер қазіргі заман квалификациясына сәйкес мезон категориясына жатпайды; электрондар мен нейтриномен бірге олар лептондар тобын құрайды (сондықтан « μ -мезон» терминінің орнына «мюон» терминін пайдаланған дұрыс). Мюондардың оң (μ^+) не теріс (μ^-) заряды болады, ол элементарлы заряд e -тең (бейтарап мюона

болмайды). Мюона массасы $207 m_e$ (106 МэВ) тең, спин - ($s = 1/2$) жартысына тең. Мюондар, я-мезондар секілді, тұрақты емес, олар келесі схема бойынша ыдырайды:

$$\mu^+ \rightarrow e^+ + \nu + \tilde{\nu} \quad (5.15)$$

Екі мюонның да өмір сүру уақыты бірдей $2,22 \cdot 10^{-6}$ сек тең.

Нуклондар арасындағы өзара айырбасты қарастырайық. Ұқсас аналогиялық виртуалды үрдістер нәтижесінде (5.15) :

$$p \xrightarrow{\leftarrow} n + \pi^+, \quad (5.16)$$

$$n \xrightarrow{\leftarrow} p + \pi^-, \quad (5.17)$$

$$p \xrightarrow{\leftarrow} n + \pi^0, n \xrightarrow{\leftarrow} p + \pi^0, \quad (5.18)$$

нуклон виртуалды π -мезондар бұлтына қоршалады, олар ядролық күштер өрісін құрайды. Бұл мезондардың басқа нуклондармен жұтылуы нуклондар арасындағы қатты өзара әсерлесуге әкеледі, ол келесі схемалардың бірімен өтеді:

$$1) p + n \xrightarrow{\leftarrow} n + \pi^+ + n \xrightarrow{\leftarrow} n + p$$

Протон виртуалды π^+ - мезон бөліп, нейтронға айналады. Мезон нейтронмен жұтылады, кейіннен ол протонға айналады. Одан соң бұл үрдіс кері бағытта жүреді (5.3 а - сурет). Өзара әсерлесетін нуклонның әрқайсысы уақыттың жартысын зарядталған, ал жартысын бейтарап күйде өткізеді.

$$2) n + p \xrightarrow{\leftarrow} p + \pi^- + p \xrightarrow{\leftarrow} p + n$$

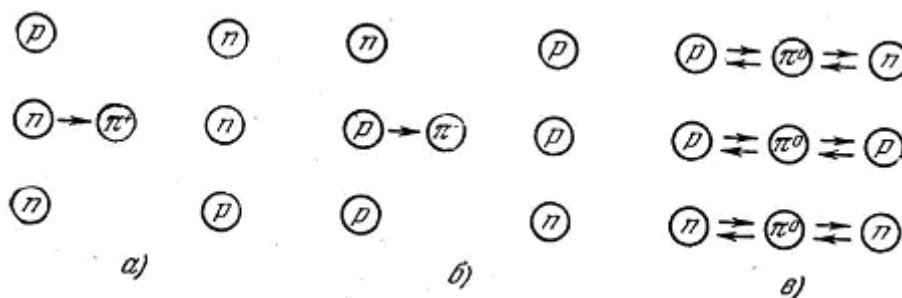
Нейтрон және протон π^- -мезондармен алмасады (5.3 б-сурет).

$$3) p + n \xrightarrow{\leftarrow} p + \pi^0 + n \xrightarrow{\leftarrow} p + n$$

$$p + p \xrightarrow{\leftarrow} p + \pi^0 + p \xrightarrow{\leftarrow} p + p$$

$$n + n \xrightarrow{\leftarrow} n + \pi^0 + n \xrightarrow{\leftarrow} n + n$$

Нуклондар π^0 -мезондармен алмасады (5.3 в -сурет).



5.3-сурет. Нуклондардың өзара әсерлесу схемасы

Бұл үш үрдістің біріншісінің эксперименталды расталуы нейтрондарды протондарда таратуда жүргізіледі. Нейтрондар шоғының сутегі арқылы өтуі кезінде бұл шоқта протондар пайда болады, олардың көбінің энергиясымен қозғалу бағыты құлаған нейтрондармен сәйкес келеді. Іс-жүзінде тынышталған нейтрондардың сәйкес саны нысанада да анықталады. Көптеген нейтрондардың өз импульсін бастапқыда тыныштықтағы протондарға қатты ұрғылау нәтижесінде импульс беруі мүмкін емес. Сондықтан нейтрондардың, протондар жанынан өткенде виртуалды π^+ -мезондардың бірін алып кететіні белгілі. Нәтижесінде нейтрон протонға айналады, ал өз зарядын жоғалтқан протон нейтронға айналады (5.4 -сурет).



5.4- сурет. Протондарда нейтрондардың ыдырау схемасы

Егер нуклонға π -мезон массасына сәйкес энергияны берсек, виртуалды π -мезон шынайы түрге айнала алады. Қажетті энергия жеткілікті үдетілген нуклондар (не ядролар) соқтығысуы әсерінен не нуклонның γ -квантты жұтуынан жүзеге асады. Бөлшектердің соққылануының өте үлкен энергиясында нуклоннан бірнеше π -мезон «бөлінуі» мүмкін. Космостық сәулелерде, $\sim 10^4$ ГэВ энергиясы бар бөлшектер бар аймақта бір соққы

әсерінен 20-ға дейін шынайы π -мезон пайда болатын жағдайлар бақыланады.

(5.18) үрдісіне сәйкес нейтрон уақыттың жартысын виртуалды жағдайда өткізеді ($p+\pi^-$). π^- -мезонның орбиталды қозғалысы бақыланатын нейтронда теріс магнитті моменттің пайда болуына әкеледі. Протонның аномальді магнитті моментін ($2,79 \mu_0$ бір ядролық магнетон орнына) протон виртуалды протон виртуалды күйдегі ($n+\pi^+$). π^+ -мезонның орбитальді қозғалысымен түсіндіруге болады.

5.4. Радиоактивтілік

Радиоактивтілік – дегеніміз бір химиялық элементтің тұрақсыз изотоптарының басқа бір химиялық элементтің изотобына бөлшектер мен ядролар бөліп айналуын айтамыз. Негізгі бөліну түрлеріне 1) α -ыдырау, 2) β -ыдырау, 3) γ -ыдырау 4) протонды радиоактивтілік жатады.

Табиғи жағдайларда кездесетін изотоптарда бақыланатын радиоактивтілік табиғи деп аталады. Ядролық реакциялар жолымен алынған радиоактивтілік жасанды деп аталады. Табиғи және жасанды радиоактивтілік арасында айырмашылық жоқ. Екі жағдайда да радиоактивтілік бірдей заңдарға бағынады.

Радиоактивті айналу заңы өте қарапайым. Әр радиоактивті ядроның уақыт бірлігінде өзгерісі болатынының λ нақты ықтималдығы бар. Яғни егер радиоактивті заттың N атомы болса, dt уақытындағы өзгертін dN атомдар саны

$$dN = -\lambda N dt, \quad (5.19)$$

(минус таңбасы dN ыдырамаған N санының өсімі ретінде қарастыруға болады) теңдікті интегралдау нәтижесінде: $\ln N = -\lambda t + \text{const}$, бұл жерден радиоактивті айналу заңы пайда болады

$$N = N_0 e^{-\lambda t}, \quad (5.20)$$

мұндағы N_0 – бастапқы моментте ыдырамаған атомдар саны,
 N – t уақыт моментінде ыдырамаған атомдар саны,

λ – радиоактивті затқа сай константа немесе ыдырау тұрақтысы деп аталады. Ыдырау тұрақтысы радиоактивті зат атомы уақыт бірлігінде өзгеріске ие болу ықтималдығын береді.

Осылайша, радиоактивті атомдар саны уақыт бойынша экспоненциалды заңмен азаяды. t уақытында ыдыраған атомдар саны келесі теңдікпен анықталады:

$$N_0 - N = N_0(1 - e^{-\lambda t}).$$

Бастапқы атомдар мөлшерінің жартысы ыдырайтын уақыт жартылай ыдырау периоды (T) деп аталады. T шамасы келесі шарттармен анықталады.

$$\frac{1}{2}N_0 = N_0 e^{-\lambda T}, \text{ бұл жерден } T = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0,693}{\lambda}$$

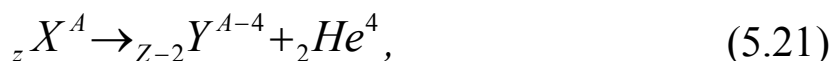
Қазіргі кезде белгілі радиоактивті заттардың жартылай ыдырау $3 \cdot 10^{-7}$ сек - $5 \cdot 10^{15}$ жыл аралығында өзгереді.

Радиоактивті айналу нәтижесінде пайда болған радиоактивті заттар өз кезегінде радиоактивті болуы мүмкін және ыдырау тұрақтысы λ' сипатталады. Ыдыраудың жаңа өнімдері радиоактивті болуы мүмкін т.с.с. Табиғатта үш радиоактивті қатар (жанұя) бар олардың басшысы U^{238} (уран қатары), Th^{232} (торий қатары) және U^{235} (актиноуран қатары). Үш жағдайда да соңғы өнім қорғасын изотоптары болып табылады, бірінші жағдайда Pb^{206} , екінші жағдайда Pb^{208} және үшінші жағдайда Pb^{207} .

1896 ж. табиғи радиоактивтілікті француз ғылымы А. Беккерель ашты. Радиоактивті заттардың зерттеуге үлкен үлес қосқан Пьер Кюри және Мария Склодовская-Кюри. Радиоактивті заттар сәулеленудің үш түрінің көзі болып табылады. Олардың бірі – магниттік өрісінің әсерінен оң зарядталған бөлшектер ағыны ауытқитын жаққа ауытқиды; оның аты α -бөлшектер. Екіншісі β – бөлшектер, теріс зарядталған бөлшектер ағынына ұқсас магнитті өрісімен қарама-қарсы жаққа ауытқиды. Және соңғы сәулелену магнитті өрісінің әсеріне тәуелсіз γ – сәуле деп аталады. Кейіннен сәулелер толқын ұзындығы кіші электромагнитті сәулелер екені анықталды.

5.5. Сәулелену түрлері

Альфа-сәулелер гелий ${}^4_2\text{He}$ ядроларының ағыны болып табылады. Ыдырау келесі схема бойынша жүреді:



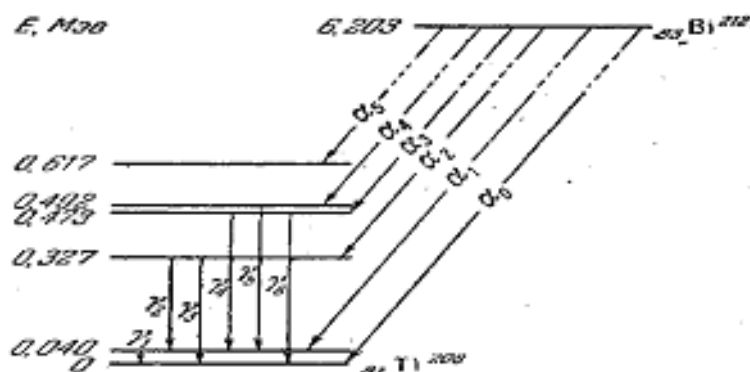
X әрпімен ыдырайтын (бастапқы) ядроның химиялық символы белгіленген, Y – әрпімен пайда болатын ядроның химиялық символы белгіленген. Альфа-ыдырау әдетте γ -сәулелердің пайда болуымен жүзеге асады. Схемада көрініп тұрғандай, пайда болатын заттың атомдық номері 2 бірлікке, ал массалық саны 4 бірлікке кіші. Мысал ретінде уран изотопының ыдырауын U^{238} келтіруге болады, нәтижесінде тории пайда болады:



Ыдыраған ядродан α -бөлшектердің бөлініп шығу жылдамдықтары (яғни ${}^4_2\text{He}$ ядролары) өте үлкен ($\sim 10^9$ см/сек) кинетикалық энергия бірнеше МэВ шамасында). Зат арқылы өтіп α -бөлшек бірте-бірте энергиясын жоғалтады, ол зат молекулаларының ионизациясына жұмсалады және соңында тоқтайды. Иондардың бір жұбының ауада пайда болуына орта есеппен 35 эв жұмсалады. Осылайша, α -бөлшек өз жолында шамамен 10^5 ионжұбын түзеді. Заттың тығыздығы артқан сайын, α -бөлшектің тоқтауға дейінгі қозғалысы аз болатыны түсінікті. Қалыпты қысымда ауада қозғалыс ұзақтығы бірнеше сантиметрді құраса, қатты денеде тек бірнеше микронды құрайды (α -бөлшектер қарапайым қағаз бетінде толық тоқтайды).

α -бөлшектердің кинетикалық энергиясының пайда болу себебі, аналық тыныштық күйдегі энергиясының төлдік ядромен α -бөлшектің энергияларының қосындысынан артық болуынан. Бұл артық энергия α -бөлшегімен төлдік ядро массаларының мәніне кері пропорционал болып бөлінеді. Альфа бөлшегін бөліп шығаратын әрбір радиоактивті зат үшін оның энергиясы (жылдамдығы) нақтылы болады. Радиоактивті заттар көпшілік жағдайда энергиялары, бірақ мәндері жақын бірнеше топ α -

бөлшектерін бөліп шығарады. Оның себебі, төлдік ядро қалыпты күйде ғана пайда болып қалмай, қозған күйде де пайда болады. 5.5-суретте α -бөлшектерінің әртүрлі топтарының пайда болуын



5.5-сурет. α -спектрдің жұқа құрылымының пайда болу схемасы

түсіндіретін схема көрсетілген (α -спектрдің жұқа құрылымының пайда болуы), ${}_{83}\text{Bi}^{212}$ ядро ыдырауында бөлінетін (тории С деп аталады). Сол бағанада пайда болатын ${}_{81}\text{Tl}^{208}$ (тории С "деп аталатын ядросының энергетикалық деңгейлерінің схемасы көрсетілген). Негізгі күйдің энергиясы нөл деп алынған. Аналық ядросының тыныштық күйдегі энергиясы α -бөлшектің және төлдік ядроның қалыпты күйдегі энергиясы 6,203 МэВ құрайды. Егер төлдік ядро қалыпты күйде пайда болса онда бұл энергияның барлығы кинетикалық түрінде бөлініп шығады, α -бөлшек үлесі келесіні құрастырады:

$$E_k = 6,203 \frac{208}{212} = 6,086 \text{ МэВ}, \quad (5.22)$$

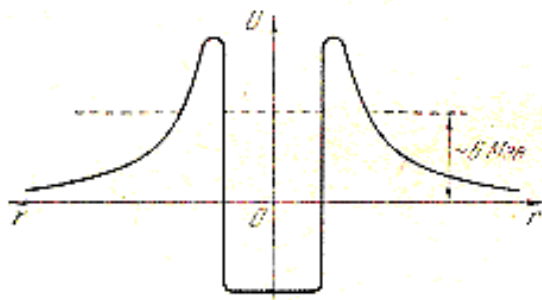
Бұл α -бөлшектер тобы схемада α_0 көрсетілген. Егер төлдік ядро бесінші қоздырылған күйде пайда болса, онда бөлініп шыққан кинетикалық энергия $6,203 - 0,617 = 5,586$ МэВ құрастырады және α -бөлшектің үлесін 5,481 МэВ-қа тең болады (α_5 бөлшектері тобы). Бөлшектердің салыстырмалы саны α_0 , үшін $\sim 27\%$ α_1 үшін тек қана $\sim 70\%$, α_5 үшін $\sim 0,01\%$. α_2 , α_3 және α_4 салыстырмалы да өте аз (0,1-1% шамасында).

Көптеген ядролар үшін қоздырылған күйлердің өмір сүру уақыты τ 10^{-8} -ден 10^{-15} сек аралығында жатыр. Орта есеппен τ

тең өмір сүру уақытында, төлдік ядро қалыпты және төменгі қоздырылған жағдайға γ - фотон бөле өтеді. 5.5-суретте алты әртүрлі энергиялы γ - фотондарының пайда болуы көрсетілген.

Пайда болған ядроның энергиясының қозуы басқа да әдістермен бөлініп шығуы мүмкін. Қоздырылған ядро кез келген бір бөлшек бөлуі мүмкін: протон, нейтрон, электрон не α -бөлшек. α – ыдырау нәтижесінде пайда болған қоздырылған ядро артық энергиясы (алдын ала γ -квантты шығармай) электрондардың біріне K , L -не тіпті M -атом қабатына беруі мүмкін, нәтижесінде электрон атомнан бөлініп шығады. Бұл үрдіс ішкі конверсия деп аталады. Электрон ұшып шығуы нәтижесінде пайда болған бос орын жоғары жатқан энергетикалық деңгей электрондарымен толтырылады. Сондықтан ішкі конверсия әрқашан рентген сәулелерінің шығуымен сипатталады.

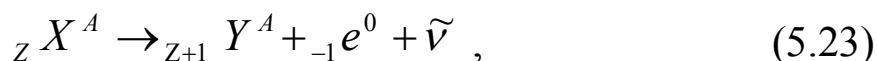
Фотон дайын күйде атом қойнауында болмайды, ол тек сәулелену моментінде пайда болады, сол сияқты α -бөлшекте радиоактивті ыдырау моментінде пайда болады. Альфа бөлшегі ядродан шығар кезіндегі толық энергиясы 6 МэВ, ал потенциалды тосқауылдың энергиясы бұл мәннен жоғары (5.6-сурет). Тосқауылдың сыртқы нөлге асимптотикалық түсетін бөлігі α – бөлшектің және төлдік ядроның кулондық тебілуімен сипатталады. Тосқауылдың ішкі бөлігі ядролық күштермен сипатталады. α – бөлшектерді ауыр α - радиоактивті ядролармен сейілту тәжірибесі тосқауыл биіктігі α – бөлшектер ыдырауын пайда болатын энергиядан біршама артық екенін көрсетті. Классикалық көзқарас бойынша бөлшектің потенциалды тосқауылдан көрсетілген жағдайда өтуі мүмкін емес. Бірақ кванттық механикаға сәйкес бөлшектің тосқауылдан өтуінің нөлге тең емес ықтималдығы бар. Сондықтан α – бөлшегі туннель арқылы өткендей болып тұр. Бұл құбылыс туннельдік эффект деп аталады және автоэлектрондық эмиссияда және басқа да жағдайларда бақыланады. Альфа – ыдырау теориясы туннельдік эффектіге негізделген жағдайда тәжірибе нәтижелерімен жақсы түсіндіретін нәтижелерге әкеледі.



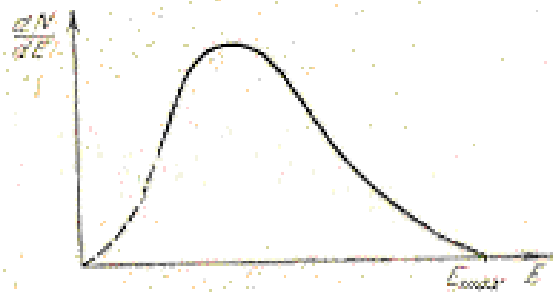
5.6-сурет. Туннельді әсердің схемасы

сирек жүреді, яғни L – және M-қабаттан электронның қармауы).

Ыдыраудың бірінші түрі (β -ыдырау) келесі схема бойынша өтеді:



β -ыдырау нәтижесінде зарядтың және нуклондар санының сақталуын көрсету үшін біз β -электронның зарядтың саны $Z = -1$ және массалық саны $A = 0$ тең екендерін есепке алдық. (5.23)



5.7-сурет. Электрон мен нейтрино арасындағы энергияның таралу графигі

схемада көрініп тұрғандай, пайда болатын ядроның атомдық номері бастапқы ядродан бірлікке жоғары, екі ядроның массалық саны бірдей. Электрондармен қатар антинейтрино $\tilde{\nu}$ бөлінеді. Бұл үрдіс ядро нейтрондарының біреуі ${}_Z X^A$ протонға айналғанша, (5.23) схемасы бойынша өзгеріске түсіреді. (5.23) жалпы β үрдісінің бір үлгісі болып

табылады.

Бета-ыдырау γ -сәулелерінің шығаруымен жүзеге асады. Олардың пайда болуы α -ыдырау жағдайымен бірдей пайда болатын ядро қалыпты жағдайда ғана емес, қоздырылған жағдайда да түзіледі.

Одан соң энергиясы төмен жағдайға өтіп ядро γ -фотон шығарады.

β^- ыдырау мысалы ретінде торийдің Th^{234} протактинийге

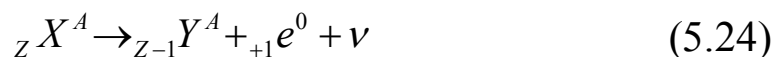
Ra^{234} электрон және антинейтрино шығаруы арқылы айналуы пайда болады.

Әр топ шегінде нақты анықталған энергиясы бар α -бөлшектерге қарағанда β -электрондар әртүрлі энергияға ие болады 0-ден E_{\max} дейін. 5.7-суретте β -ыдырауда сейілетін электрондардың энергетикалық спектрі көрсетілген. Қисықпен берілген аудан уақыт бірлігінде сейілетін электрондардың жалпы санын көрсетеді және $dN - dE$ интервалында энергиясы бар электрондар саны.

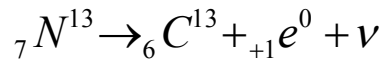
E_{\max} энергиясы аналық ядро массасымен төлдікпенен электрон ядро арасындағы масса айырмасына тең. Сондықтан β -ыдырау кезінде E энергиясы E_{\max} кіші ыдыраулар энергияның сақталу заңының бұзылуымен жүретін сияқты болады. $E_{\max} - E$ энергиясының жоғалуын түсіндіру үшін, 1932 ж. В. Паули β -ыдырау кезінде электронмен бірге тағы бір бөлшек бөлініп $E_{\max} - E$ энергиясын өзімен ала кетеді деп түсіндірген. Бұл бөлшектер көрінбейтін бейтарап және массасы өте кіші екенін түсінуге болады (қазіргі кезде бұл бөлшектің тыныштық массасы нөлге тең екені анықталған). Э. Ферми ұсынысы бойынша бұл гипотетикалық бөлшек нейтрино деп аталады (бұл «кіші нейтрон» деп атау). Нейтрино жайлы айтуға тағы бір негіз бар (не антинейтрино). Нейтрон, протон не электрон спині бір және $1/2$ тең. Егер (5.23) схемасын антинейтринасыз жазатын болсақ, пайда болатын бөлшектердің жиынтық спині ($s = 1/2$ екі бөлшек үшін не нөл не бір болады) бастапқы бөлшек спинінен басқа болады. Осылайша, β -ыдырауға тағы бір бөлшектің қатысуы қозғалыс моменті мөлшерінің сақталу заңымен сипатталады және бұл бөлшекке $1/2$ (не $3/2$) тең спинді беру керек. Нейтрино (және антинейтрино) спині $1/2$ тең екені анықталған. Нейтриноның бар екені тек қана 1956 ж. тәжірибелік жолмен дәлелденді.

Сонымен β^- ыдырауда бөлінетін энергия электрон және антинейтрино арасында әртүрлі пропорцияда бөлінеді.

β -ыдыраудың (β^+ -ыдырау) екінші түрі келесі схема бойынша өтеді:



Мысал ретінде азоттың N^{13} көміртегіге C^{13} айналуын келтіруге болады:



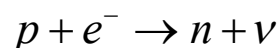
Схемада көрсетілгендей төлдік ядроның атомдық номері бастапқы ядродан бірлікке кіші. Үрдіс позитрон e^+ және нейтрино ν бөлінуімен сипатталады 5.24 формуласында ол ${}_{+1}e^0$ символымен көрсетілген, γ -сәулелер пайда болуы мүмкін. Позитрон электронның антибөлшегі болып табылады. Яғни, 5.25 ыдырау кезінде бөлінетін бөлшектер, (5.24) ыдырауында бөлінетін бөлшектерге қарсы бөлшектер болып табылады.

p^+ -ыдырау үрдісі бастапқы ядро протондарының бірі – нейтронға айналғандай болып жүреді, нәтижесінде позитрон мен нейтрино бөлінеді:

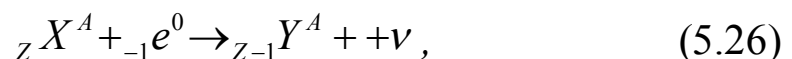


Бос протон үшін бұл үрдіс энергетикалық жағынан мүмкін емес, себебі протон массасы нейтрон массасынан кіші. Бірақ протон ядрода қажетті энергияны ядроның басқа нуклондарынан ала алады.

β -ыдыраудың үшінші түрі (К-қармау не е-қармау) ядро өз атомының К-электрондарының бірін жұтатынына негізделген (кейде, L не M-электрон), нәтижесінде протондардың бірі – нейтронға айналады да, нейтрино бөлінеді:



Пайда болған ядро қоздырылған күйде болуы мүмкін. Одан соң төменгі энергетикалық жағдайға өте отырып, ол γ -фотон шығарады. Үрдіс схемасы келесі түрде болады:



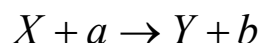
Қармалған электрон босатқан электрон қабықшасындағы орны төменгі қабаттағы электрондармен толтырылып, нәтижесінде рентген сәулелері пайда болады. К – қармау рентген сәулесімен анықталады. Дәл осы жолмен Альварецпен 1937 жылы К- қармау ашылды.

Протонды радиоактивтілік ядро бір не екі протон (бұл жағдайда екі протонды радиоактивтілік деп аталады) бөліп шығару арқылы жүзеге асады. Радиоактивтіліктің бұл түрі алғашқы рет 1963 ж. Г. Н. Флеров басқарған совет физиктері тобымен анықталған.

5.6. Ядролық және термоядролық реакциялар

Ядролық реакция – деп атом ядросының қарапайым бөлшекпен, не басқа ядромен интенсивті әсерлесуі нәтижесінде ядроның өзгеруін айтамыз. Өзара әсерлесетін бөлшектердің байланысы олардың ядролық күштер нәтижесінде шамамен 10^{-13} см жақындауында жүзеге асады.

Ядролық реакцияның кең тараған түрі a жеңіл бөлшегінің ядро X өзара әсері, нәтижесінде жеңіл бөлшек b және ядро Y пайда болады:



Бұл түрдегі реакциялар әдетте қысқарған түрде жазылады:



Жақша ішінде реакцияға қатысатын жеңіл бөлшектер жазылады, алдымен бастапқы одан соң соңғы.

a және b бөлшектері ретінде нейтрон (n), протон (p), ауыр сутегі ядросы ${}^2_1\text{H}$ - дейтон (d), α – бөлшек және γ -фотон (Γ) пайдаланылады.

Ядролық реакциялар энергияны бөлу арқылы да, жұту арқылы да жүзеге асады. Бөлінетін энергия мөлшері реакцияның жылулық эффекті деп аталады. Ол бастапқы және соңғы ядролардың тыныштық массалары айырмашылығымен (энергетикалық бірліктермен көрсетілген) анықталады. Егер пайда болатын ядролардың массаларының қосындысы бастапқы ядролардың массасынан артық болса, реакция жылу энергиясын жұтумен жүреді және оның жылу эффекті теріс болады.

1936 ж. Н. Бор анықтағандай, онша жылдам емес бөлшектермен жүргізілетін реакциялар екі кезеңде өтеді.

Бірінші кезеңде X ядросына жақындаған (арақашықтық ядролық күштер әсер ете алатындай болу керек) аралық ядроны Π құрама ядромен, не компаунд-ядромен қармайды. α бөлшек әкелген энергия (ол бөлшектің кинетикалық энергиясымен оның ядромен байланыс энергиясынан тұрады), қысқа уақыт ішінде құрама ядро нуклондары арасында таралып, нәтижесінде ядро қоздырылған күйге ауысады.

Екінші кезеңде құрама ядро b (n , p , α , γ) бөлшектерін сейілтеді. Символдық түрде бұл реакцияның екі сатылы өтуін келесі түрде жазуға болады:



Кейде сейілген бөлшек қармалған бөлшекпен бірдей болады ($b=\alpha$). Онда үрдіс (5.28) сейілу деп аталады, егер α бөлшек энергиясы b бөлшек энергиясына тең болса ($E_b=E_\alpha$), сейілу серпімді болады, ал кері жағдайда (яғни $E_b \neq E_\alpha$) – серпімсіз деп аталады. Ядролық реакция b бөлшегі a бөлшегімен бір болмағанда жүзеге асады.

Энергиясы 1 МэВ (нуклон жылдамдығына сәйкес келетін $\sim 10^9$ см/сек) нуклонның ядро диаметріне ($\sim 10^{-12}$ см) сәйкес келетін қашықтықты жүріп өтуіне қажетті уақыт аралығы табиғи ядролық бірлік уақыты деп алынады. Бұл бірліктің шамасы:

$$\tau_{\dot{я}} = \frac{10^{-12} \text{ см}}{10^9 \text{ см/сек}} = 10^{-21} \text{ сек}, \quad (5.29)$$

Құрама ядроның орташа өмір сүру уақыты (10^{-14} - 10^{-12} сек тең) ядролық уақыт $\tau_{\dot{я}}$ бірнеше есе артық. Яғни, құрама ядроның ыдырауы (яғни b бөлшекті сейілуі) реакцияның бірінші кезеңіне тәуелсіз үрдіс болып табылады, a бөлшегін қармаудан тұрады (құрама ядро өзінің пайда болу әдісін «ұмытады»). Бір құрама ядросы әртүрлі жолдармен ыдырауы мүмкін және ыдырау жолдары олардың салыстырмалы ықтималдығының пайда болу әдісіне тәуелсіз.

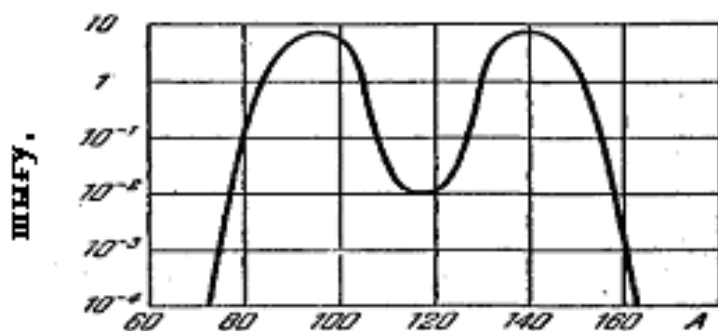
Ядролардың бөлінуін 1938 ж. неміс ғалымдары О. Хан және Ф. Штрассман – уранды нейтронмен сәулелендіргенде периодты жүйенің ортасынан барий және лантан элементтері пайда

болатынын анықтаған. Бұл құбылыстың түсініктемесі неміс ғалымдары О. Фришем мен Лиза Мейтнермен берілді. Олар нейтронды жинақтайтын уран ядросы екі бөлу сынықтары деп аталатын шамамен бірдей бөлікке бөлінетінін анықтаған.

Әрі қарай зерттеу бөліну әртүрлі жолдармен жүретіні анықталды. Барлығы 80-ге жуық әртүрлі сынық пайда болады, оның ішінде ең ықтималды массасы 2:3 сынықтар. 5.8 – суреттегі қисықтар массасы әртүрлі сынықтардың салыстырмалы шығындысын қамтамасыз етеді (пайыз есебінде), олар U^{235} баяу (жылулық) нейтрондармен бөлінуінде пайда болады (ордината осі бойынша масштаб - логарифмдік). Бұл есептеулерден массасы бірдей екі сынық пайда болатын бөліну акттерінің салыстырмалы саны ($A \approx 117$) $10^{-2}\%$ құрайтыны қисықтан көрініп тұр, ал массалық сандары 95 және 140 ($95:140 \approx 2:3$) сынықтарының пайда болуы, тек 7% ғана көрінеді.

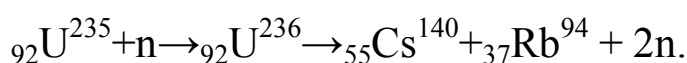
Бір нуклонға келетін байланыс энергиясы, орта массалы ядролар үшін ауыр ядролардан біршама төмен. Бұл жерден ядро бөлінуі энергияның үлкен көлемінің бөлінуімен жүзеге асатыны көрініп тұр. Бірақ әр ядро бөлінісінде бірнеше нейтрон бөлінетіні аса маңызды. Ауыр ядролардағы нейтрондардың салыстырмалы саны, орта ядролардан біршама көп. Сондықтан пайда болған сынықтар нейтрондармен қатты жүктелген болып табылады, нәтижесінде олар бірнеше нейтрон бөледі. Нейтрондардың көпшілігі – бірден шашырайды ($\sim 10^{-14}$ сек аз уақыт ішінде). Нейтрондардың жартысы (0,75% таяу) бірден шашырайды, олар кешіккен нейтрон деп аталады, кешігу уақыты 0,05 сек - 1 мин. Орта есеппен әр бөліну акті 2,5 бөлінген нейтронға сәйкес келеді.

Бірден бөлінетін және кешіккен нейтрондардың бөлінуі нейтрондармен жүктелеуін толық жоймайды. Сондықтан сынықтардың көпшілігі радиоактивті болады және β^- айналу тізбегінен өтеді және γ -сәулелер шығарады.

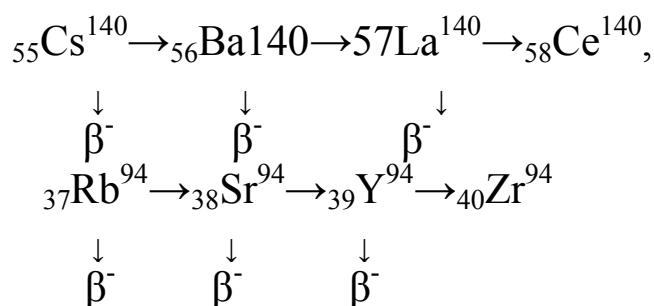


5.8-сурет. Ядролардың бөліну графигінің массалық санға тәуелділігі

Жоғарыда айтылғанды мысалмен түсіндірейік. Бөліну жүретін жолдардың бірі келесі түрде өтеді:



Бөліну сынықтары – цезий және рубидий келесі заттарға айналады:



Соңғы өнімдер – церий Ce^{140} және цирконий Zr^{94} – тұрақты болып табылады.

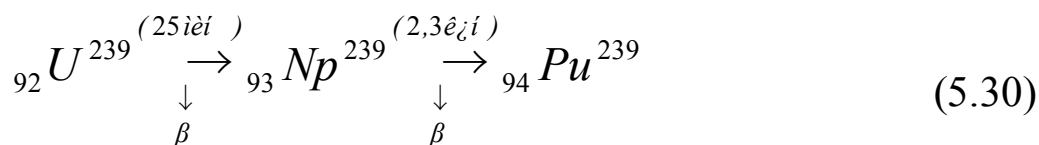
Ураннан басқа нейтрондармен сәулеленуде торий (${}_{90}\text{Th}$), протактиний (${}_{91}\text{Pa}$) және трансуранды элемент плутоний (${}_{94}\text{Pu}$) бөлінеді. Аса жоғарғы энергия нейтрондары (шамамен бірнеше жүз МэВ) жеңіл ядролардың бөлінуіне себепкер болады.

U^{235} және Pu^{239} ядролары кез келген энергиялы нейтрондармен бөлінеді, баяу нейтрондармен өте жақсы бөлінеді. Жылу нейтрондар үшін тиімді бөлу кесіндісі U^{235} 580 барнды құрайды, ал Pu^{239} - 750 барн. Жылулық нейтрондармен U^{233} және Th^{230} бөлінеді, бірақ бұл изотоптар табиғатта кездеспейді, тек жасанды жолмен алынады.

U^{238} ядролары мен табиғатта кездесетін Th және Pa изотоптары тек қана жылдам нейтрондармен бөлінеді (энергиясы, ~1 МэВ кем емес). Энергиясы аз болса, нейтрондар U^{238} ядросымен бөлінуінсіз жұтылады. Нәтижесінде U^{239} ядросы пайда болады, оның қоздыру

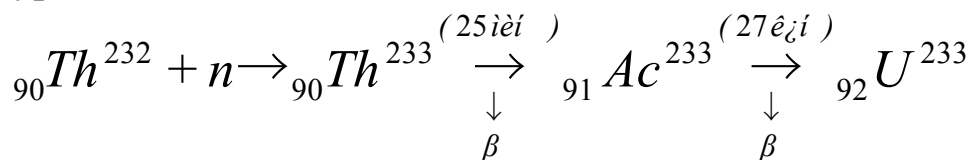
энергиясы у-фотон түрінде бөлінеді. Сондықтан бұл үрдіс радиоактивті жинақталу деп аталады [реакция (n, γ)]. Бұл үрдістің тиімді кесіндісі нейтрондар энергиясы ~7 эв болғанда күрт өсіп, 23 000 барн болады. U²³⁸ ядросымен жылулық нейтрондарды қағып алу кесіндісі 3 барннан кіші.

Нейтронды жинақтау нәтижесінде пайда болған U²³⁹ тұрақты емес (жартылай ыдырау кезеңі T 25 минутқа тең). Электронды антинейтрино және γ-фотонды бөле отырып, ол трансуранды элемент нептуний Np²³⁹ ядросына айналады. Нептуний β⁻ыдырайды да (T = 2,3 күн), плутонийге Pu²³⁹ айналады. Айналымдардың бұл тізбегі келесі түрде көрсетіледі:



Плутоний α-радиоактивті, бірақ оның жартылай ыдырау кезеңі үлкен (24 400 жыл), сондықтан оны тұрақты деп те атауға болады.

Нейтрондарды торий Th²³² ядросымен радиоактивті жинақтау бөлінетін уран U²³³ изотопының пайда болуына әкеледі, ол табиғи уранда жоқ:



Уран-233 α-радиоактивті (T = 162 000 жыл).

Ядролардың бөлінуінде U²³⁵, Pu²³⁹ және U²³³ бірнеше нейтрондарының пайда болуы тізбекті реакцияның жүруіне мүмкіндік береді. Егер бір ядро бөлінуінде шашырайтын z нейтрон z ядроның бөлінуіне себепкер болса, z² жаңа нейтрондар шашырайды, олар z² ядроның шашырауына әкеледі т.с.с Осылайша, әр ұрпақта туатын нейтрондар саны геометриялық прогрессияда артады. Ядро U²³⁵ бөлінуінде шашырайтын нейтрондар энергиясы орта есеппен ~ 2 МэВ, бұл ~ 2 · 10⁹ см/сек жылдамдыққа сәйкес келеді. Сондықтан нейтронның пайда болуымен оның жаңа бөлінетін ядромен жинақталуында өтетін уақыт өте кіші, сондықтан нейтрондардың көбею үрдісі өте тез дамиды.

Біз көрсеткен үрдіс идеалды болып табылады. Нейтрондардың көбею үрдісі көрсетілген түрде өтуі үшін барлық нейтрондар бөлінетін ядролармен жұтылуы тиіс. Іс-жүзінде бұл дәл осылай жүрмейді. Бөлінетін дененің соңғы өлшемдеріне сәйкес және нейтрондардың өту қасиетіне байланысты олардың көбі реакция зонасынан басқа ядромен жинақталудан бұрын шығып кетеді. Одан басқа нейтрондардың жартысы бөлінбейтін қоспалардың ядросымен жұтылып бөлінбейді, яғни жаңа нейтрондар пайда болмайды.

5.7. Атомдық электростанциялардың жұмыс істеу принципі

Дененің беті квадрат тәрізді, ал көлемі – сызықты өлшемді куб тәрізді өседі. Сондықтан сыртқа ұшып шығатын нейтрондардың салыстырмалы үлесі бөлінетін зат массасы ұлғайған сайын азаяды.

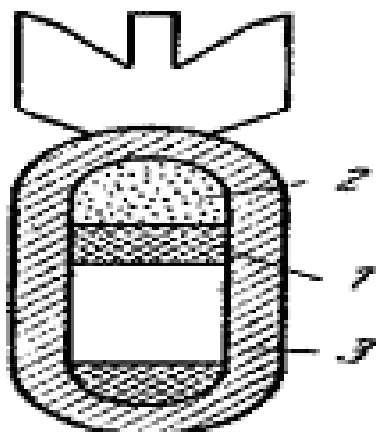
Табиғи уран құрамында 99,27% U^{238} изотопы, 0,72% U^{235} және 0,01% U^{234} изотопы бар. Яғни, баяу нейтрондар әсерінен бөлінетін әр U^{235} ядросына жылдам емес бөлінусіз нейтрондарды жинақтайтын 140 U^{238} ядросы келеді. Сондықтан табиғи уранда тізбекті бөліну реакциясы жүзеге аспайды.

Урандағы тізбекті реакция екі әдіспен жүзеге аса алады. Бірінші әдіс, табиғи уранды бөлінетін U^{235} изотопынан бөліп алуға негізделген. Изотоптардың химиялық айқындалмауынан олардың бөлінуі өте қиын мәселе болып табылады. Бірақ ол бірнеше әдіспен шешілді. Өндірістік маңызы бар әдіс – диффузды (эффузионды) бөлу әдісі уранның ұшқыр қосылысы UF_6 (гексафторид урана) бірнеше рет ұясы өте кіші қалқан арқылы өтеді.

Таза U^{235} кесегінде (не Pu^{239}) ядромен жинақталған әр нейтрон $\sim 2,5$ жаңа нейтрон шашырату арқылы бөлінеді.

Бірақ, егер бұл кесек массасы нақты критикалық мәннен кіші болса (неміс физигі В. Гейзенберг есептеулері бойынша U^{235} шамамен 9 кг құрайды), шашыраған нейтрондардың көпшілігі сыртқа ешқандай бөлінусіз шығады да, тізбекті реакция пайда болмайды. Егер масса критикалық мәннен көп болса, нейтрондар тез көбейіп реакция жарылысқа әкелуі мүмкін. Атом бомбасы әсері осы жағдайға негізделген. Бұл бомбаның ядролық заряды екі не одан көп таза U^{235} не Pu^{239} кесектерден тұрады. Әр

кесектің массасы критикалық массадан кіші, сондықтан тізбекті реакция пайда болмайды. Жер атмосферасында космостық сәулелерден туындаған, әрдайым нейтрондардың біршама мөлшері болады. Сондықтан ядролық жарылыс жасау үшін ядролық зарядтың бөліктерін массасы критикалық массадан жоғары кесекке біріктіру керек. Бұл өте жылдам жүргізіліп, кесектердің біріктірілуі тығыз болуы керек. Олай болмаса, бөлінетін заттың біршама бөлігі реакцияға түскенге дейін ядролық заряд кесектерге бөлініп кетеді. Біріктіру үшін әдеттегі жарылғыш зат (запал) пайдаланылады, оның көмегімен ядролық зарядтың бір бөлігімен екінші бөлігіне қосады. Барлық құрылғы тығыздығы үлкен металдан жасалған массивті қабықшаға салынады. Қабықша нейтрондарды қайта сәулелендіреді, ядролық зарядты бөлу кезінде ядролардың максимальды мүмкін болатын саны энергиясын бөліп болғанша шашыраудан қорғайды. Атомдық бомбадағы тізбекті реакция жылдам нейтрондарда жүреді. Жарылыс кезінде ядролық зарядтың тек жартысы реакцияға түседі.



5.9-сурет. Атомдық бомбаның жұмыс істеу принципі:
1- әр кесектің массасы; 2-тұтатқыш;
3-массалық қабықша

Ядролық реакторларда тізбекті реакцияның басқа әдісі пайдаланылады (оларды атомды қазандық деп атайды). Реакторда бөлінетін зат ретінде табиғи уран пайдаланылады (не U^{236} изотопымен байытылған) уран. Нейтрондардың U^{238} ядроларымен радиоактивті жинақталуын тоқтату үшін (~ 7 эв энергиясында аса интенсивті болады) бөлінетін заттың кіші блоктарын (кесектерін) бір-бірінен қашықтықта орналастырады, ал аралықтарын баяулатқышпен, яғни нейтрондарды жылулық жылдамдыққа дейін баяулататын заттармен толтырады. Жылу нейтрондарының U^{238} ядросымен жинақтау кесіндісі 3 барнды құрайды, ал U^{235} жылулық

нейтрондармен бөліну кесіндісі 200 есе артық (580 барн). Сондықтан нейтрондар U^{238} ядроларымен U^{235} қарағанда 140 есе көп соқтығысқанмен, радиациялық жинақтау бөлінуден сирек өтеді. Барлық құрылғының үлкен критикалық өлшемдерінде көбею коэффициенті бірден артық мәндерге ие болуы мүмкін.

Нейтрондардың бәсеңдеуі серпімді шашырау арқылы жүзеге асады. Бұл жағдайда бәсеңдейтін бөлшек жоғалтатын энергия соқтығысқан бөлшектер массасы арақатынасына тәуелді. Энергияның максималды мөлшері екі бөлшектің массасы бірдей болса жоғалады. Сондықтан идеалды бәсеңдеткіштің құрамында қарапайым сутегі болу керек, мысалы су (протон мен нейтронның массалары шамамен бірдей). Бірақ бұл заттар бәсеңдеткіш ретінде қолайсыз болды, себебі қарапайым сутегі нейтрондарды жұтып, реакцияға түседі: ${}_1H^1(n, \gamma){}_1D^2$

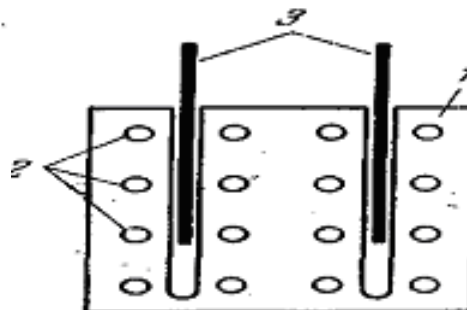
Бәсеңдеткіш ядролары нейтрондардың жинақтау кесіндісі кіші болуы керек және серпімді ыдырау кесіндісі үлкен болуы тиіс. Бұл шарттарға дейтерий D, графит ядролары (C), бериллий (Be) жауап береді. Нейтрон энергиясын 2 МэВ-тен ауыр судағы жылулық энергияға дейін азайту үшін (D_2O) 25 қаттығыс жеткілікті, C және Be – шамамен 100 қаттығыс болады.

Бірінші уранды-графитті реактор 1942 жылдың желтоқсанында Чикаго университетінде көрнекті италия физигі Э. Ферми басқаруымен іске қосылды. 5.9-суретте реактор схемасы көрсетілген. 1 санымен бәсеңдеткіш – графит; 2 – ураннан жасалған блоктар; 3 – кадмий және бор стерженьдері көрсетілген. Бұл стерженьдер реактордағы үрдісті реттеу үшін пайдаланылады. Кадмий және бор нейтрондарды интенсивті жұтады. Сондықтан реакторға стержень енгізу нейтрондардың көбею коэффициентін азайтады, ал шығару көбейтеді. Арнайы автоматты құрылғы стерженьді басқарады да, реактордағы қуатты берілген деңгейде ұстап тұрады. Реттеу нейтрондардың жартысы ядродан бірден емес, 1 минут кешігіп шығады.

АҚШ-та салынған бірінші өндірістік реакторлар атомдық бомбалардың бөліну материалы – плутонийға арналған. Бұл реакторларды U^{235} ядролары бөлінуінде шашырайтын нейтрондардың жартысы тізбекті реакцияны ұстап тұруға, ал жартысы U^{238} ядроларымен радиациялық жинақталады, нәтижесінде

Pu^{239} пайда болады. Урандық блоктарда Pu жеткілікті мөлшері жинақталған соң, олар реактордан алынып, олардан Pu бөліп алу үшін химиялық өңдеуге бағытталады.

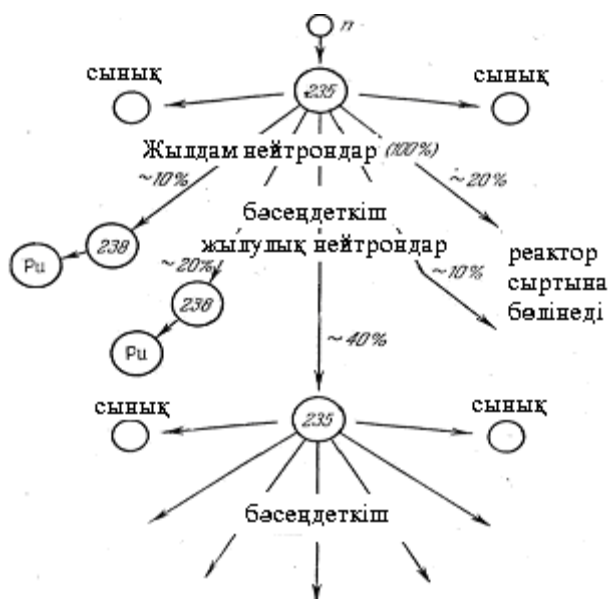
5.10 - сурет. Уран-графитті реактор:
1-графитті бәсеңдеткіш; 2-ураннан жасалған блоктар; 3- бор (не кадмийден жасалған стерженьдер)



Табиғи уранда жұмыс істейтін реактордағы нейтрондар балансы 5.10-суретте көрсетілген. Дөңгелек ішіндегі массалық санға сәйкес уран изотопының массалық санын көрсетеді. Бейбітшілік мақсаттарда ядролық энергияны пайдалану алғашқы рет КСРО-да жүзеге асырылды. Ядролық энергияны бөліп алу және пайдалану жұмыстарын тамаша ғалым И. В. Курчатов басқарды. 1954 ж. Кеңес Одағында қуаты 5000 кВт бірінші атомдық электростанция іске қосылды. Атомдық электростанцияның схемасы 5.9-суретте көрсетілген. Реактордың активті зонасында 1 бөлінетін энергия, контур 2 айналатын жылу тасымалдағышпен сіңіріледі. Циркуляция насоспен 3 жүзеге асады. Жылу тасымалдағыш ретінде су және балқу температурасы төмен сілтілік металдар пайдаланылады, мысалы натрий ($N_{\text{плавл}}=98^{\circ} \text{C}$). Жылу алмастырғышта 4 жылу тасымалдағыш өз жылуын суға беріп оны буға айналдырады, ал бу турбинаны айналдырады.

Ядролық отын және бәсеңдеткіш бір-бірінен бөлінген реактордан басқа (гетерогенді), отын бәсеңдеткіштің көлемінде біркелкі таралған гомогенді реакторлар болады. Мысал ретінде – активті зонасы ішінде U^{235} не Pu^{239} ерітілген тұздары бар реакторды қарастыруға болады.

Бәсеңдеткіші бар реакторлар баяу (жылулық) нейтрондарда жұмыс істейді. Бөлінетін изотоппен (U^{236} не Pu^{239}) байытылған отынды пайдаланған соң, жылдам нейтронда жұмыс істейтін реакторды жасауға болады.

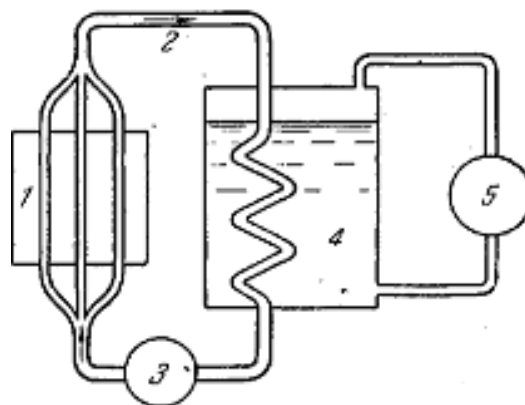


5.11-сурет. Реактордағы нейтрондар балансы схемасы

Бұл реакторда нейтрондардың жартысы U^{238} -ды Pu^{239} -ға не Th^{232} -ді U^{233} -ға айналдыруға жұмсалуды мүмкін, пайда болатын жылулық нейтрондармен бөлінетін ядролардың саны, реактор жұмысына жұмсалған бөлінетін ядро санынан көп болуы мүмкін. Яғни, реакторда жанатын отыннан пайда болатын отынның саны көп. Сондықтан бұл ядролық реакторлар көбейткіш реакторлар деп аталады.

5.12-сурет. АЭС жұмысының принциптік схемасы:

- 1 – реактордың активті зонасы;
- 2- контур; 3-насос; 4- жылуалмастырғыш; 5-турбина



Қорытындысында, ядролық реакторлардың жұмысының қосымша өнімдері көптеген химиялық элементтердің изотоптары болып табылатынын айта кетейік. Олар – биологияда, медицинада, техникада кең қолданыс табуда.

Ядролық синтез яғни жеңіл ядролардың біреуіне бірігуі, ядролардың бөлінуі сияқты энергияның көп мөлшерінің бөлінуімен жүреді. Ядролар синтезіне жоғарғы температуралар қажет болғандықтан бұл үрдіс термоядролық реакция деп аталады.

Кулон заңына сәйкес, потенциалды тосқауылдан өту үшін, реттік номері Z_1 және Z_2 ядролар энергияға ие болуы керек:

$$E = \frac{Z_1 Z_2 e^2}{r_j},$$

мұндағы r_j – ядролық күштердің әсер ету радиусы, $\sim 2 \cdot 10^{-13}$ см.

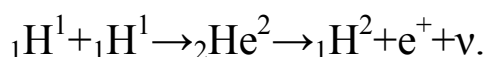
$Z_1 = Z_2 = 1$ ең жеңіл ядролар үшін бұл энергия келесі мәнді құрайды:

$$A = \frac{\dot{a}^2}{r_j} = \frac{(4,8 \cdot 10^{-10})^2}{2 \cdot 10^{-13}} = 1,15 \cdot 10^{-6} \text{ } \dot{y} \delta \tilde{a} \approx 0,7 \dot{y} \hat{a} .$$

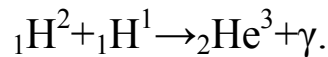
Әр соқтығысатын ядро үлесіне көрсетілген шаманың жартысы келеді. Жылулық қозғалыстың орташа энергиясына 0,35 МэВ, $2 \cdot 10^9$ °К температурасы сәйкес келеді. Бірақ синтез төменгі температурада да өте береді. Бөлшектердің жылдамдықтарға кездейсоқ таралуына сәйкес, әрқашан энергиясы орта мәннен асатын ядролар болады. Одан басқа ядролардың бірігуі туннельді әсер нәтижесінде болуы мүмкін. Сондықтан термоядролық реакциялар байқалатын интенсивтілікпен 10^7 °К температурада жүре бастайды.

Синтез шарттарына аса қолайлы дейтерий мен тритий болып табылады, себебі олардың арасындағы реакция резонансты жүреді. Осы заттар сутегілі (термоядролы) бомбаның зарядын құрайды. Бұл бомбаның запалы кәдімгі атом бомбасы, оның жарылысы кезінде 10^7 °К температура пайда болады. Дейтерий мен тритий синтез реакциясы ${}_1\text{H}^2 + {}_1\text{H}^3 \rightarrow {}_2\text{He}^4 + n$ 17,6 МэВ энергия бөлінуімен жүреді, бұл бір нуклонға $\sim 3,5$ МэВ құрайды. Салыстыру үшін ядро бөлінісі бір нуклонға $\sim 0,85$ МэВ бөлінуімен өтетінін айтайық.

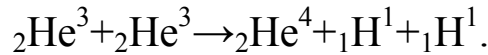
Сутегі ядроларының гелий ядроларына синтезделуі күннің және жұлдыздардың энергия көзі, олардың қойнауындағы температура 10^7 - 10^8 °К жетеді. Бұл синтез екі жолмен жүзеге асады. Төменгі температурада протон-протонды цикл келесі түрде жүреді. Алдымен екі протон синтезделіп, гелия ${}_2\text{He}^2$ ядросы пайда болады, ол бірден τ β^+ -радиоактивті ыдырайды:



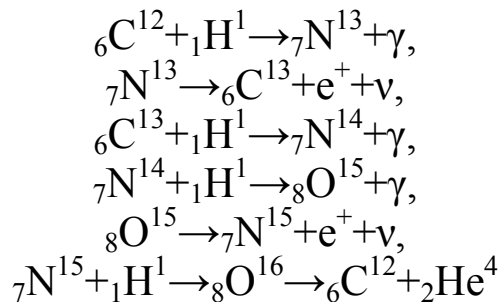
Пайда болған ауыр сутегі ядросы ${}_1\text{H}^2$ протонмен соқтығысып, ${}_2\text{He}^3$ ядросына бірігеді:



Соңында циклдің соңғы звеносы келесі реакцияны құрайды:



Жоғарғы температурада Г. Бете ұсынған көміртегілі (не көміртегілі-азотты) цикл болуы мүмкін, ол келесі звенолардан тұрады:

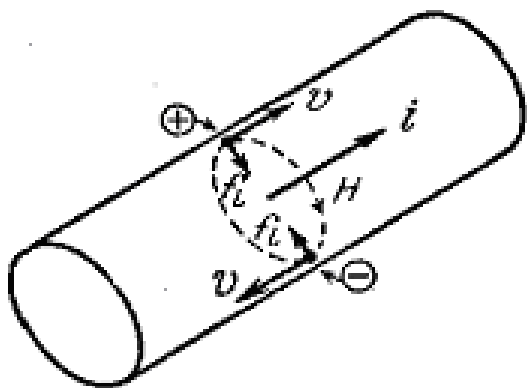


Соңғы жолда ${}_8\text{O}^{16}$ құрама ядро болып табылады. Көміртегілі циклдің соңында 4 протон жойылып бір α -бөлшек пайда болады. Көміртегі ядроларының саны өзгермейді бұл ядролар реакцияда катализатор рөлін атқарады.

Жұлдыздардағы көміртегілі цикл жоғарғы температурада жүреді. Күннің энергиясының көп бөлігі – протон-протонды цикл нәтижесінде бөлінеді.

Сутегілі бомбада термоядролық реакция бақылаусыз сипатта жүреді. Басқарылатын термоядролық реакцияларды жүргізу үшін белгілі көлемде 10^8 °К температурасын құрып, тұрақты ұстап тұру керек. Аса жоғары температурада, зат толық ионизацияланған плазма болып табылады. Басқарылатын термоядролық реакциялар өте қиын түрде жүзеге асады. Өте жоғарғы температура қажеттілігінен басқа, плазманы берілген көлемде ұстап тұру мәселесі тұрады. Плазманың ыдыс қабырғаларымен жанасуы оның сууына әкеледі. Бұл температурада кез келген заттан жасалған қабырға бірден буланып кетеді. Кеңес физиктері А.Д. Сахаров және И.Е. Тамм плазманы берілген көлемде магнитті өріс көмегімен ұстап тұруды ұсынды. Плазмада жоғары температураны ол арқылы өте күшті электр тогын өткізу арқылы сақтауға болады. Бұл токтың магнит өрісі разрядты

арнаны қатты қысып, плазмалық шнурды ыдыс қабырғаларынан бөледі. Лоренц күші f_L , плазмалық шнур бойымен жүретін кез келген зарядқа әсер ететін болғандықтан шнур осіне бағытталады. Разрядты түтікшенің шеттері плазмаға тиюін болдырмау үшін, тік разрядты түтікшенің орнына тороид түріндегі түтікшені пайдаланады.



5.13-сурет. Плазмалық шнурға магнит өрісі күштерінің әсері

Плазмалық шнур аса тұрақсыз болғандықтан, әзірше плазманы разрядты түтікшенің шетіне тигізбей ұстап тұру тек өте қысқа мерзімге ғана мүмкін. Осы жолмен қол жеткізілген температуралар ($\sim 10^6$ °К) синтез реакциясы үшін жеткіліксіз.

Басқарылатын термоядролық синтезді жүзеге асыру адамға сарқылмайтын энергия көзін береді. Сондықтан басқарылатын термоядролық реакцияларды зерттеу жұмыстары көптеген елдерде жүргізіледі. Бұл жұмыста үлкен жетістікке жеткен елдер КСРО, Англия және АҚШ. КСРО-да үлкен табысқа Л.А. Арцимович басқарған ғалымдар қол жеткізді.

5.8. Иондалу сәулелерінің биологиялық әсері және радиациялық сәулеленудің нормалау принципі

Соңғы ашылулардан кейін, әрбір тірі объекті шектеулі дозалы сәуледен өледі деп қарастырылған. Бірақ, әртүрлі объектінің өліміне әкеліп соқтыратын сәуле дозасы, өте кең көлемде ерекшеленеді.

Иондаушы радиацияның, әрбір биологиялық түрлерге өзіндік сезімталдығы болады. Радиосезгіштік дәрежесі шамамен бір түске (жеке радиосезгіштік), ал нақты индивидиум жасқа байланысты болып вариацияланады, радиосезгіштік бойынша бір организмнің өзінде клеткалар мен тканьдар бір-бірінен өте ерекшеленеді.

Популяция сәулесі кезіндегі, әртүрлі организмнің 50 %
өліміне алып келетін фотонды сәуле дозасы D_{50} .

D_{50} , Гр	Биологиялық түрі	D_{50} , Гр
2,5-6	Жәндіктер	10-100
7-9	Өсімдіктер	10-1500
9-10	Ашытқылар	300-500
8-20	Қарапайымдылар	1000-3000

Иондаушы сәуле энергиясы биологиялық ткань арқылы өткен кезде атом мен молекулаларға беріледі. Бұл иондардың пайда болуына және молекулалардың қозуына алып келеді. Алайда бұл клеткада бірінші ойнайтын физикалық «драма актісі». Келесі акт клетканың жеңілуінің химиялық кезеңі деп аталады.

Бірінші радиациялы – химиялық өзгеру негізінде молекулалар екі механизмді болып жатуы мүмкін: 1) тік әсері, егер де тікелей сәуленің әсерінен берілген молекула өзгерістерді тудырса (ионизация, қозыну); 2) жанама әсері, егер де молекула иондаушы сәуленің энергиясын жұтпай, басқа молекула жолы арқылы алып отырса.

Биологиялық жамылғының массасы бойынша 60-70% судан тұратыны белгілі. Сондықтан да тік және жанама әсердің бір-бірінен айырмашылығын су сәулесінің мысалымен қарастырамыз.

Мысалы, су молекуласы улы бөлшектермен ионданады, осының нәтижесінде ол энергиясын жоғалтады.



Ионданған су молекуласы судың басқа нейтралды молекуласымен әрекеттеседі, соның нәтижесінде жоғары коррективті радикал гидроксил OH^* түзіледі:



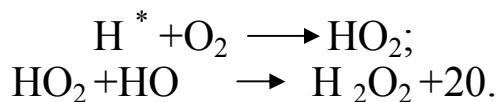
Жұлынған электрондар суды қоршаған молекулаларға энергияны өте тез арада өткізеді, соның нәтижесінде екі радикалдың H^* және OH^* тууынан диссоциаланатын, судың молекуласының қатты қозуы пайда болады H_2O^* :



Бос радикалдар жұптаспаған электрондардан тұрады және өте жоғары реакциялы тәсілдермен ерекшеленеді. Суда тіршілік ету уақыты 10^{-5} с. аспайды. Осы уақыттың ішінде олар бір-бірімен

рекомбинацияға түседі немесе ерітілген субстратпен реакцияға түседі.

Суда еріген қышқылдың бірігуінен басқа да радиолиз өнімдері түзіледі: гидрототық бос радикалы және сутегі тотығы H_2O_2 мен атомдық оттегі:



Су сәулесіне қарағанда, организм клеткасындағы жағдай өте күрделі, әсіресе егер жұтқыш заттар ірі және көп компонентті биологиялық молекула болса. Мұндай жағдайда органикалық радикал D^* түзіледі, бұлар да өте жоғары реакциялық қабілеттіліктерімен ерекшеленеді. Үлкен энергия санымен орналастырылса, олар химиялық байланыстың үзілуіне тез ұшырайды. Дәл осы процесс көбіне ионды пар мен химиялық өнімнің соңғы жағын формалауды түзу аралығында көп ұшырасады.

Сонымен қатар, биологиялық әсер оттекті эффекттің арқасында күшейеді. Бос радикал мен оттегі байланысының нәтижесінде түзіледі, сонымен бірге жоғары кореакционды өнім ($\text{D} + \text{O}_2 \rightarrow \text{DO}_2$) сәулеленетін жүйеде жаңа молекулалар тудыруына алып келеді.

Су радиолизі процесінде жоғары химиялық активтілікке, белок молекуласымен радиацияға түсуіне, организмде биохимиялық процестің өзгеруіне алып келетін, биологиялық тканның ферментті және басқа структуралы элементтеріне ие болатын бос радикал және қышқылдағыш пайда болады. Осының нәтижесінде организмге тән емес улағыштардың, ауысу процесінің, ферментті жүйе активтілігінің басымдылығының, тканның өсуінің баяулауы және тоқталуы, жаңа химиялық байланыс және улағыш заттардың өзгеруі пайда болады. Бұл әсерлер жеке жүйелердің немесе тұтас организмнің тіршілік етуінің бұзылуына алып келеді.

Сәулеге тимеген, индуцирленген бос радикалды химиялық реакциялар осы процесс кезінде жүздеген және мыңдаған молекулаларды өзіне тартады. Биологиялық объектіге ионизациялық сәуленің специфика әсері осыдан тұрады. Осы энергия түрі ғана (жылы, электрлік және т.б.) биологиялық объектіні жұту кезінде, иондаушы сәуленің жұтуы сияқты өзгеріске алып келмейді. Мысалы, жұтылған энергия сияқты 10 Дж/кг, сүтқоректілер үшін ионизация сәулесінің өлім дозасы 10 Гр тең болады. Егер де бұл энергияны

жылу түріне ауыстырсақ, онда адам организмінде тек 0,001 °C ғана жылынған болар еді, яғни стакандағы ішілген ыстық шәйдан да аз.

Адам организмiне әсер ететiн сәуле әсерiнiң күтпеген радиациялық эффектiсi екiге бөлiнедi соматикалық («сома» – грек тiлiнен аударғанда «дене») және генетикалық (тұқым қуалаушылық). Соматикалық эффект сәулеленудiң өзiнен тiкелей көрiнедi, ал генетикалық өзiнiң тұқымына байланысты болады.

Генетикалық эффект мутация арқылы шығады – табиғи (спонтанды) немесе жасанды, мысалы сәулелену жолымен шығатын организмнiң тұқым қуалау қасиетiнiң өзгеруi. Мутациялау (латын тiлiнен «mutation» – өзгеру, ауысу) организмнiң (хромосомалар мен гендерде) генетикалық материалдарында ауыстыру мен бұзылулардың нәтижесiнде пайда болады. Хромосомалар (грек тiлiнен «хромо» – түс, бояу, «сома» – дене) – организмнiң тұқым қуалау информациясынан тұратын, ДНК-ғы ядро жасушаларының структуралық элементi. Хромосомада сызықтық тiзбек бойынша гендер орналасқан (грек тiлiнен «genos» – туылу, шығу тегi) – ол қандай да бiр элемент белгiсiн формалауға жауап беретiн, тұқым қуалаушылық материал. Организмнiң iшiндегi хромосомадағы дара жиынтықта болатын геннiң жинақтығын – геном деп атайды.

Соматикалық эффектке шартты түрде тiкелей сәуле эффектiсiнiң ерте түсуi жатады (қатты ауыру мен созылмалы сәуле ауруы және локалды сәуле зақымдары), бұл аурулар төрт апта iшiнде бiлiне бастайды және бұлардың зардаптары (өмiр ұзақтығын қысқартады, iсiктер пайда болады және т.б.) көп айдан кейiн немесе сәулеленген адамның бiр жылдан кейiн сәулеленуiнен кейiн бiлiне бастайды. Ал генетикалыққа күрсақта жатқан клеткаларға геномалық сәуленiң берiлу салдары жатады (кемтар болып туылған балалар және сәулеленген адамдардың ұрпақтарына тұқым қуалау арқылы берiлу).

Организмге сәуленiң әсерi стохастикалық және стохастикалық емес эффект болып бөлiнедi.

Егер қандай да бiр белгiлi бастапқы дозаның белгiсiнен бастап, зиянды эффект сәулесi пайда болса, онда оны стохастикалық емес немесе бастапқы (шектi) деп атайды. Бұл эффектiлер үшiн пайда болу мүмкiндiгi (жиiлiк) және ауырлық дәрежесi дозаның кеңеюiмен өседi. Эффект ауырлығы (оның көрсетiлген дәрежесi) радио-сезiмдiлiгi көп адамдарда әртүрлi болуы мүмкiн. Стохастикалық емес эффектке жататындар

хрусталды көздің бұлдырауы (сәуле катарактасы), қайта өндіру функциясының бұзылуы, терінің косметикалық зақымдануы, әртүрлі тканьдардың дистрофикалық бұзылуы және т.б.

Адамды сәулеге түсіру зардаптары сәулеге түсу аз мөлшерлерде болғанда пайда болатын жағдайды (шегі болмайды) және мөлшермен өсуі, стохастикалық немесе шексіз деп атайды. Негізгі стохастикалық эффектер – канцерогендік (лейкомия және қатердің жаңадан пайда болған басқа түрлері) және генетикалық эффектер. Тазалықты көру үшін стохастикалық сәуленің эффекттісін пайдаланады, әдетте тәжірибеде доза эффектінің ұзындық тәуелділігін пайдаланады. Ондаған және мыңдаған адам тұратын үлкен топ тұрғындарын ұзақ уақыт бақылау барысында ғана сәулеге түсуден кейін ұзақ уақыттан кейін стохастикалық эффект әсерлері білінеді.

Радиациялық қорғаныс мақсаты – бұл зиянды стохастикалық емес эффектіні болдырмау және қабылдауға болады деп есептелінген стохастикалық эффектінің пайда болу ықтималдық деңгейлеріне дейін шек қоюы.

Организмге иондағыш сәулелерден әртүрлі жарақаттардың пайда болуын адамдардың сәулелену жарақаты деп атайды. Мұндай пайда болудың көбі ең алдымен сәулелену түріне байланысты болады (жалпы немесе жергілікті, сыртқы немесе инкорпорирленген радиоактивті заттардан), уақытша факторын (бір реттілік, қайталану, көп уақытқа созылған сәулелену), өріс біркелкілігінен (біркелкі немесе әркелкі сәулеге түсу) т. б.

1945 жылдың 6 тамызына дейін АҚШ-та бірінші рет Жапонияға қарсы атом қаруын қолданды. Адамға әсер ететін клиникалық сәуле ауруынан ешқандай мәліметтері болмаған. Кейіннен лейкоз терапиясы бойынша сәулеленуді медициналық мақсатта пайдалану және әртүрлі апаттардың нәтижелері келе бастады.

Қатты ауыратын сәулелі ауруы тотальды ішкі салыстырмалы бірқалыпты сәуленің нәтижесінде пайда болады, ол 1-10 Гр немесе одан да жоғары дозада басталады. Ал аз доза болған кезде жеке организм жүйесі жағынан әртүрлі деңгейде көрінетін реакция болуы мүмкін. Сәуле зақымының классификациясы адам организмінің тотальды сәулеленуі кезінде, фотонды сәуле үшін тканьды дозаның жұтылуына байланысты болатыны 20-кестеде көрсетілген. Онда емделмегендерге берілген сәуле әсерінің

салдары келтірілген. Қазіргі кезде 10 Гр доза болған кезде өлімнен құтқарып қалу, сәулеленуге қарсы құралдар мен сәуле ауруларын комплексті емдейтін тәжірибелері бар.

Егер де сәулелі ауруды келтірмейтін, бірақ дозаның шамадан тыс көп болса және сәулелі доза жүйелі түрде қайталана берсе, онда ол созылмалы сәуле ауруына ұласуы мүмкін. Оның көп тараған белгілерінің бірі – қан құрамының (лейкоциттің азаюы, қан аздық) және жүйке жүйесінің симптомдарының өзгеруі.

Әртүрлі әрекеттерге байланысты адамдар неше түрлі қауіптің түрлерімен байланыста болады, оның нәтижелері жарақаттар, аурулар сондай-ақ, өлімге алып келетін жағдайлар да болады. Жаңа технологияның ерекшеліктерін толық және объективті бағалау үшін, міндетті түрде жалпы адамдарға туатын қосымша қауіп көздерінің пайда болуын ескеру керек.

Көбіне қабылданған қауіп концепциясына, радиологиялық қорғаныс бойынша халықаралық комиссиясы (РҚХК) шығарған сәуленің профессионалды әсері жатады. Осыдан кейін, қауіп стохастикалық мөлшерге жатады.

Қабылданған қауіп дәрежесін табу үшін, қазіргі өндірісі дамыған елдердегі адамдардың әртүрлі сферадағы қауіпінің тек өлім қауіпімен шектелген масштабын қарастырамыз. 19-кестеде адамдар ұшыраған қауіп көздерінің классификациясы, дәлелдері, қауіптің орташа дәрежелері және әртүрлі көздер үшін қауіптерге мысалдар келтірілген. Жеке қауіптің сандық шегіне есептегенде орташа 1 жылда 1 өлім қауіпі болады.

Өлім қауіпі қарастырылғандай адамның жас шамасының тобына байланысты болады. Мысалы, 45-50 жастағы ер адамдардың аурудан өлу қауіпі, 25-30 жастағыларға қарағанда 10 есе көп болады.

Әртүрлі жас шамасындағы топтардың аурудан болатын өлімдері, табиғи тіршілік ортасына қарағанда 3 есеге артық болады. 20-25 жас аралығындағы ер адамдардың сәтсіз жағдайдағы өлімдері, ауырып өлуге қарағанда 2,7 есеге артық болып келеді. Бұл жағдайды түсіндіріп кететін болсақ, осындай жас шамасындағы топтың адамдары жоғары дәрежелі қауіп-қатерге жақын болып тұратынында. Жас ұлғая келе, өмір тәжірибесін көре келе мұндай қателер кеми түседі.

Өлім қауіпіне байланысты кәсіби әрекеттерге байланысты 4 категориялы қауіптер көрсетілген R,1 (адам/жыл), 4- өте қауіпті

($R < 10^{-4}$), 2-салыстырмалы қауіпсіздік ($R = 10^{-4} - 10^{-3}$), 3-қауіпті ($R = 10^{-3} - 10^{-2}$), 4-өте қауіпті ($R > 10^{-2}$) (20-кесте). Осыған байланысты өлім қаупі, жеңіл жұмыс істейтін мамандарға қарағанда, өте қауіпті жерде істейтін жұмысшы мамандардың өлімінің қаупі 100 есе көп болады. Әртүрлі жастағы ер адамдар үшін аурудан туатын өлім қаупінің орташа дәрежесі өте қауіпті кәсіби жағдайдағы қауіппен ғана салыстырамыз.

20-кесте

Тканьды жұту дозасына D байланысты, қысқа уақыттағы біркелкі тотальды сәуле фотоньна байланысты адам организмне әсер ететін сәулемен зақымдану классификациясы

Сәуле зақымдары	Тканьды жұтылған доза D ,Гр						
	< 0,25	0,25-0,5	0,5-1	1-2	2-4	4-6	>6
Болмайды	Организмнің басқа жүйесі жағынан реакциясы	Қатты ауыратын (жеңіл) I-дәрежелі сәуле ауруы	Қатты ауыратын (орташа) II- дәрежелі сәуле ауруы	Қатты ауыратын (ауыр) III- дәрежелі сәуле ауруы	Қатты ауыратын (шектен тыс ауыру) IV- дәрежелі сәуле ауруы		
Болмайды	Қан құрамының уақытша өзгеруі	Шаршау әсері, кейде құсады қан құрамының шамадан тыс өзгеруі	Лейкомианың* аздығы, бірінші тәулікте кейде құсады	Бірінші тәулікте жүрек айну, құсу, лейкомия тері ішіндегі қан кету	Жүрек айну, лейкомия, тері ішіндегі қан кету	Сәуленгеннен кейін 1-2 сағ. кейін құсады, қанда лейкоцит мүлдем жоғалады, тері ішіндегі қан кету, қан аралас іш кету	

20-кестенің жалғасы

1	2	3	4	5	6	7	8
		Таза қан құрамдары тез қалыпқа келеді	Денсаулықтың жақсы жағдайы қалыпқа келеді	Өлім қауіпі болмайды	Сәулеленгеннен кейін 2-6 аптада өлім қауіпінің мүмкіндігі 20%	1 ай шамасында өлім қауіпінің мүмкіндігі 50%	Инфекциялық аурулардан, қан кету жағдайынан өлім қауіпі 100%

Ескерту: * - Қан құрамындағы лейкоцит санының азаюы

Айта кететін жай, адамдарға әртүрлі қауіп көздерінің тууы тек қана алғашқы пайда болуында ғана тәуелсіз әрекетін қабылдауға болады. Әртүрлі пайда болу көздеріне байланысты қауіпті анықтау үшін міндетті түрде корреляция қауіпін ескеру керек.

21-кестедегі кәсіби емес әрекеттер қауіпінің мысалдары жалпы уақыт және дене шынықтыру үшін жылына 150-200 сағат бөлінгенін көреміз.

21-кесте

Өнеркәсібі дамыған елдердегі адамдардың қауіп дәрежелері мен олардың пайда болу көздерінің классификациясы

1 жылда 1 адамға санағандағы R орташа өлім қауіпінің шамасы			
Шығу көздері	Себептері	Орташа мәні	Қауіп мәндерінің Мысалдары
Организмнің ішкі ортасы	Қартаюдың генетикалық және соматикалық аурулары	$R \cdot 10^{-2}$ $R \leq 10^{-4}$ (космонавтар үшін)	1- суретті қараңыз
Табиғи тіршілік ету ортасы	Жер сілкінісі, дауыл және басқа да стихиялық зардаптардан болатын сәтсіз жағдайлар	$R \cdot 10^{-5}$	Су тасқыны $4 \cdot 10^{-6}$ Жер сілкінісі $3 \cdot 10^{-6}$ Найзағайлар $6 \cdot 10^{-7}$ Борандар $3 \cdot 10^{-8}$

21-кестенің жалғасы

1	2	3	4
Жасанды тіршілік ету ортасы	Ішкі ортаның ластануына байланысты, көліктерде және күнделікті өмірде кездесетін сәтсіз жағдайлар	$R 1 \cdot 10^{-3}$ (ер адамдар үшін)	Қарапайым тәсілмен $\approx 2 \cdot 10^{-5}$ және ядролық тәсілмен $\leq 10^{-7}$ энергияны өшіру. Автомобильдегі газбен улану (ер адамдар үшін) $\sim (1 \div 5) \cdot 10^{-6}$. Шылым шегу $\sim 5 \cdot 10^{-4}$. 4.1- кестедегі графиктегі суретті қараңыз (2-қисық сызық)
Кәсіби тіршілік әрекеті	Кәсіби аурулар, кәсіби жұмыста болатын сәтсіз жағдайлар және с.с.	Кәсіби әрекеті: қауіпсіз $< 10^{-4}$, шамамен қауіпті $10^{-4} - 10^{-3}$, қауіпті $10^{-3} - 10^{-2}$, аса қауіпті $> 10^{-2}$	Тігін, текстиль, полиграфиялық, тамақ өндіріс салаларында $\leq 10^{-4}$, металлургиялық, судо-құрылыстық, құрылыстық, барлық өндірістерді орташа алғанда $10^{-4} - 10^{-3}$, кокстау, вулканизация $10^{-3} - 10^{-2}$. Ұшқыш-сынақшы, реактивті самолет экипажы $> 10^{-2}$
Кәсіби емес тіршілік әрекеті	Спортпен шұғылданған кезде және басқа да кәсіби емес жұмыстармен айналысқандағы аурулар мен сәтсіз жағдайлар	Спорт түрлері: Қауіпсіз $< 10^{-4}$, шамамен қауіпті және қауіпті $10^{-4} - 10^{-2}$, аса қауіпті $> 10^{-2}$	Бокс, шаңғы, аңғашығу $\leq 10^{-4}$, ат шабу, ат шабу кезіндегі кедергілер $\geq 10^{-2}$
Әлеуметтік орта	Қылмыс мақсатындағы өз-өзіне қол жұмсау, жарақаттау, өлім себептері, әскери әрекеттерге байланысты өлімдер, жаралану, т.б.	$R = (0,5 \div 1,5) \cdot 10^{-4}$ (АҚШ)	Өз-өзіне қол жұмсау $\sim 1 \cdot 10^{-4}$. Ер адамдардың барлық жастағы топтарының әскери әрекеті (АҚШ) $7 \cdot 10^{-5}$ (орташа).

Әртүрлі қызмет сферасындағы қазіргі адамдардың қабылданған қауіптерін анықтау проблемалары әлеуметтік, экономикалық, психологиялық және басқа аспектілерге бөлінген.

Жоғарыда келтіріліп кеткен анализдер, өндірісі дамыған елдердегі қазіргі адамдар үшін кәсіби өлім қауіптің қабылданған дәрежесі $(1-5) \cdot 10^{-4}$ 1 жылда 1 адамға келіп тұр.

Бұл мән, кәсіби әрекеттердегі қауіпсіздік жағдайындағы қауіпке немесе 25-30 жастағы адамдардың аурудан туатын өлім қаупіне және 30-35 жас аралығындағы ер адамдарға карағанда 20-25 жас аралығындағы жұмысшылардың өлім қаупіне тең.



5.14-сурет. Өлім қаупінің әртүрлі факторларға байланыстылығы графигі:
1-аурудан өлу қаупі; 2-бақытсыз жағдайдан өлу қаупі

Жоғарыда көрсетілген мәліметтер сараптамасы дамыған елдерде кәсіби өлім мүмкіндігі 1 жылда 1 адам $(1-5) \cdot 10^{-4}$ интервалында болатынын көрсетеді. Бұл мән қауіпсіз жұмыс шарттарында 25-30 жас тобындағы өлім қаупіне немесе 20-25 жас тобындағы адамдардың 35-50 жас тобындағылармен салыстырғанда 20-25 жас

тобындағылардың бақытсыз жағдайдан өлу қаупінің артықшылығына тең болады.

5.9. Радиациялық сәулеленудің нормалау принципі

Қазіргі заманғы концепция негізінде радиациялық сәулеленуге, адамға дозаны шектеу принципі жатады. Осыған байланысты радиацияның қауіпсіздік шаралары, иондағыш сәулелер көздерімен жұмыс істейтін қызметкерлерге және сонымен бірге халықты қорғауға міндетті түрде қажет. Басқа сөзбен айтқанда, адамды сәулеленуден тұрақты қорғау,

биоцензалар мен биосфераны да қорғауға кепілдік береді. Мұндай радиациялық әсерді нормалау принципі радиациялы-гигиеналы деп атайды.

Қазіргі кезде ядролық энергетиканың қарқынды дамуы және иондағыш сәулелердің әртүрлі көздерін әр аймақтарда кең қолдануы, ірі масштабтағы радиациялық фонның артуы мен әртүрлі агенттердің комбинирленген әсерінен синергетикалық әсердің байқалу жағдайы, адам ағзасы және табиғи орта объектілері (жануарлар, өсімдіктер, микроағзалар) үшін маңызды болып келеді. Демек, радиациялы-гигиеналық нормалау принципіне, экологиялық принципті қосу керек.

Биоценоз – дегеніміз су немесе құрғақ жерлердегі аумақта тіршілік ететін жануарлар мен микроорганизмдер және өсімдіктер жиынтығы.

Егер радиациялық және химиялық екі агенттің аралас эффектісінің әсері, олардың әрқайсысын жеке алғандағы қосындысынан көп болады.

Осындай нормалаудың негізгі шарты – планетаның биологиялық ресурстарын қорғау, жер биосферасындағы тірі ағзалардың генофондын сақтау, адамның тіршілік ету ортасын қамтамасыз ету, олардың тіршілік қалпының қажеттілігі. Сондықтан экологиялық нормалау үшін, жеткілікті мәлімет алу үшін, радиоэкологиялық аймағында нақты эксперименталды материалдарды жинау қажет. Қазіргі кездің өзінде де осы проблемалар бойынша қызықты ақпараттар бар. Мысалы, қоршаған ортаны радионуклидтермен ластау кезінде, көптеген биообъектілерде сәулелену дозасы, дозадан асып кетеді, ал адамға, ағаш тектес қылқан жапырақтылар, радио сезімталдығы бойынша адамдарға және жануарларға жақын болады, сонымен дозалық әрекеттер бойынша қор коэффициенті адамдар үшін қылқан жапырақты өсімдіктер 2-4-тен аспайды.

Демек, радиациялы-гигиеналық нормалау принципін, радиациялық қауіпсіздікті қамтамасыз ету кезінде негізгі деп қабылдап, оларды толықтыру, келешектегі экологиялық критерияларымен кез келген иондағыш сәулелердің көздерінің түрлерін қолдану кезінде, радиациялық әсерден табиғи ортаны қорғау үшін, мақсатқа сай деп білу керек.

Ресейде нормалау, келесі радиациялық қауіпсіздіктің негізгі принциптері нәтижесімен жүзеге асырылған: 1) негізгі дозалық шегін бекітілген нормадан асырмау; 2) кез келген негізделмеген сәулеленуді жою; 3) сәулелену дозасын мүмкіндігінше төменгі деңгейге дейін төмендету.

Радиациялық қорғаныс бойынша халықаралық комиссия (РҚХК), біздің еліміздегі қабылданған үш өзара байланысты дозалық күш регламентациясына ұқсас принциптерді бекітті:

1) жеке адамдар үшін сәулеленудің эквивалентті дозасы, комиссия ұсынған шарт бойынша шектен аспауы керек;

2) иондағыш сәулеленулердің түрлері, нақты таза пайда әкелмеген жағдайда, ешқандай тәжірибеде қолданылмауы керек;

3) барлық сәулелену дозалары, өте төменгі (экономикалық және әлеуметтік факторлар есебіне жете отырып) дәрежеде ұсталынып тұруы керек.

РҚХК бекіткен үш принципті келесі қысқартылған сөздердің көмегімен құруға болады: 1) жеке эквивалентті дозаның шегін бекіту; 2) тәжірибелік әрекеттердің дұрыс болуы; 3) радиациялық қорғаныстың қолайлылығы.

Шет елдерде үшінші принцип ALARA (As Low As Reasonably Achievable – сөздерінің алғашқы әріптерімен белгіленген) принципі ретінде белгілі. Ол қызметкерлер мен халықтың сәулелену дозасын регламенттеу үшін қажет. Бұл жерде, аз доза кезіндегі сәулеленуден ақталған қаупінің, қабылдануы туралы сөз болып отыр.

Екінші және үшінші РҚХК принциптерінің сандық реализациясы үшін пайда-шығын концепциясын пайдалануды ұсынады. Осы концепцияға сәйкес радиация қауіпсіздігінің қабылданған шараларын оптималды деуге болады, егер олар берілген өндірісте таза пайданың максимальды мәніне келтірілсе.

Иондағыш сәулелермен байланысты, қандайда бір өндірісті жүргізуден В таза пайда, берілген өндірістегі У жалпы пайда арасындағы айырмашылығы мен өндірістің негізгі құнының Р (радиациялық қауіпсіздікке кететін шығынды жоя отырып) – үш компонентінің қосындысымен, радиациялық қауіпсіздігінің таңдалған деңгейіне жетуге кететін шығын Х мен таңдалған деңгейдегі берілген өндіріспен байланысты пайда болатын зиянның (зиянды салдары) құнымен У теңестіріледі, мысалы,

қызметкер мен халықтың қорғанысының жеткіліксіздігінен қоршаған орта мен денсаулық шығыны.

Онда былай жазуға болады:

$$B = V - (P + X + Y).$$

Егер $B < 0$ болса, онда берілген өндіріс негізделген деуге болмайды. Егер $B > 0$ болғандағы шартты тапса, онда берілген өндіріс ақталған болып саналады.

Радиациялық қауіпсіздіктің оптималды деңгейі, берілген өндірістің тәжірибе жүргізуінен таза пайданың B , максимизациясынан алынады. Егер, коллективті тиімді эквивалент дозасын S_E тәуелсіз ауыспалы шама ретінде қолдансақ, (басқа да ауыспалыларды қолдануға болады, мысалы қатер) онда таза шамадан-тыс таза пайдаға жетуге болады, егер

$$dB/dS_E = -(dP/dS_E + dX/dS_E + dY/dS_E) = 0.$$

Мұндағы V мен P , S_E мен dV/dS_E -ға қатысы жоқ - тұрақты шама, dP/dS_E -нөлге тең, радиациялық қауіпсіздікке X пайда болған зиянның Y құнының азаюымен дәл теңестірілген коллективті тиімді эквивалент дозасының бірлігінде, шығынның артуымен, тиімділік шарты орындалады.

$$dX/dS_E/S_{E0} = -dY/dS_E/S_{E0}.$$

Радиациялық қауіпсіздікке кететін шығын ақшалай түрде анықталады, шығын да сол бірлікте бағаналады. S_{g0} мәні, сәулелену дозасы кез келген индивидум үшін доза шегіне сәйкес төмен болуы керек, мұнда РҚХК дозалық күштің алғашқы регламентация принциптерімен анықталады.

СССР-де иондағыш сәулелену әсері деңгейінің негізі құжаты «радиация қауіпсіздік нормасымен РҚН-76/87» регламенттеледі.

Радиациялық қауіпсіздікті қамтамасыз етудің негізгі талаптары мына құжаттар арқылы «Радиоактивті заттар мен иондаушы сәулелердің НСЕ 72/87 басқа көздерімен жұмыс істейтін негізгі санитарлық ережелері» регламенттеледі.

РҚН-76/87 сәулеленген адамдарды келесі категорияларға бөледі.

А категориясына – иондағыш сәуле көздерімен уақытша және тұрақты жұмыс істейтін қызметкерлер (маман жұмысшылар) жатады.

Б категориясына – иондағыш сәуле көздерінің жұмыстарына қатысы жоқ, бірақ тұратын жеріне байланысты немесе жұмыс орнын ауыстыруына байланысты, радиоактивті заттардың әсеріне және басқа да сәуле көздеріне ұшырауы мүмкін тұрғындар жатады.

Негізгі нормативті құжаттар жиі тексеруден өтіп тұрады, ол үшін арнайы әсер ететін құжаттарды пайдалану керек.

22-кесте

Критикалық топтардың әртүрлі топтары үшін негізгі дозаның шегі, м³В\жыл

Критикалық мүшелердің топтары	Категориялар үшін шекті рұқсат етілген доза А (ШРД)	Б категориясы үшін доза шектері (ДШ)
I	50	5
II	150	15
III	300	30

В категориясына – тұрғын аймақтар, өлкелер, республикалар, елдер жатады.

Жоғарыда айтылып кеткендей, адамның дене ткані мен әртүрлі ағзалардың радиацияға сезімталдығы әртүрлі. Критикалық мүше – дегеніміз, мүше, ткань және дененің бір бөлігі, мұнда сәулелену берілген жағдайда ағзаға бірдей таралмайды, ол адамдар мен ұрпақтарының денсаулығына үлкен зиян келтіруі мүмкін.

Радиация сезімталдығын азайту тәртібі үшін критикалық мүшелердің 3 тобы берілген:

I топ – арлық дене, жыныстар және жұлын;

II топ – бұлшық еттер, бездер, майлы тканьдар, бүйрек, бауыр, көк бауыр, асқазан-ішік трактісі, өкпе, көз жанары және басқа да мүшелер, I және II топтарына жататындардан басқасы;

III топ – тері қабаты, сүйек ткані, саусақтар, өкше мен табан.

Сәулеленген адамдардың әрбір категориялары үшін екі нормативті кластар бекітілген: негізгі доза шегінен аспайтын шартпен анықталған, негізгі дозалық шектер және рұқсат етілген деңгейлер.

А категориясындағы адамдар үшін негізгі дозалық шектер ретінде, 1 жыл ішінде шекті рұқсат етілген доза бекітіледі, ал Б

категориясындағы адамдар үшін – доза шегі жылына бекітіледі. Негізгі доза шектері, критикалық мүшеде жеке максимальды эквивалент дозасы үшін бекітіледі.

Шекті рұқсат етілген доза (ШРД) – дегеніміз 1 жылдағы жеке эквивалентті дозаның көп мәні, мұнда 50 жыл аралығында түзу сәулелер болмайды; қазіргі әдістерімен анықталған, А категориясына жататын қызметкердің денсаулық жағдайының қолайсыз өзгерістері.

Дозаның шегі (ДШ) – критикалық топтағы адамдар үшін 1 жылдағы жеке эквивалентті дозаның көп мәні, тегіс сәуле үшін 70 жыл аралығында болмайды, ал адам денсаулығының қолайсыз жағдайға өзгеруі қазіргі тәсілдерден пайда болады. Доза шегі, территория мен ғимараттағы ішкі сәуленің эквивалент дозасының шегімен және ішкі ортаның радиоактивті ластанған объектісі мен радиоактивті қалдықтардың деңгейі бойынша бақыланады. Бұл анықтамада, критикалық дозаға Б категориясындағы топқа жататын адамдардың тобының тізімі жатады, адамдардың өміріне, жас шамасына, жынысына және басқа да факторларға байланысты радиациялық жағдайға түсуі.

Келтірілген доза шектері, табиғи қордағы негізделген сәулеленумен алынған дозасын және дәрігерлік тексеруден өту кезіндегі емделушінің алған дозасын қоспайды.

Сәулелену дозасын тарату 1 жыл аралығында регламенттелмейді, А категориясына жататын репродуктивті жастағы (40 жасқа дейінгі) әйелдерді қоспағанда, мұнда қосымша шектеулер енгізіледі, кез келген 2 айда, доза жамбас аймағынан $10 \text{ м}^3\text{в}$ - дан аспауы керек.

Демек, кәсіби жұмыстардан бастап, Т жылдағы i -лік критикалық органда жиынтығы, максимальды эквивалентті доза мәнінен аспауы керек.

$$H_i < \text{ШРД}_i - \Gamma,$$

ШРД_i -і-лік критикалық орган үшін жылдың шекті рұқсат етілген доза, H_i -дің өлшем бірліктері де осылай өлшенеді.

Егер жылдық жұмыс уақытының ұзақтылығын, қызметкер үшін 1700 сағат деп қабылдасақ (СССР-де қызметкердің көп бөлігіне аптасына 36-сағат жұмыс және 4-6 апталық демалыс бекіткен), онда шекті рұқсат етілген дозаның қуаттылығы (РДК_A),

жыл бойынша дозаны теңдей таратуды әр жылға бөлгенде $RДҚ_A = 50 \text{ м}^3\text{в/жыл} = 1 \text{ м}^3\text{в/апта} = 29 \text{ мк}^3\text{в/сағат} = 8,2 \text{ н}^3\text{в/с}$ болады.

Сыртқы иондағыш сәулеленулерден қорғанысты жобалау, ғимарат берілуінен бастап, сәулеленетін адамдардың категориясына және сәулелену ұзақтығына байланысты орындалуы керек.

Ашық көздермен жұмыс істеуге арналған мекемелерді жобалау кезінде, ең алдымен, сыртқы сәулеленуден қорғану шараларынан басқа, ішкі сәулеленуден және радиоактивті ластанудан қоршаған ортаны қорғау бойынша шараларды қарастыру керек, осыған байланысты сәулелену көздерінің ішкі және сыртқы қосынды дозасы, бекітілген РКН-76/87 (радиация қауіпсіздігінің нормасы) рұқсат етілген дозасынан аспауы керек.

В категориясының сәулеленуінен бақылау мен регламенттеу, денсаулық сақтау министрлігінің компенсациясына жатады.

Ағынның рұқсат етілген тығыздығы (АРТ) мен А және В категориясына байланысты ауадағы (РК_А-рұқсат етілген концентрат) және (РК_Б) судағы радионуклидтің рұқсат етілген концентрациясы үшін екі рұқсат етілген деңгейді анықтау жолын қарастырамыз. Төменгі А немесе В индекстері сәулеленген адамның рұқсат етілген деңгейі, қандай категорияға жататынын көрсетеді.

Рұқсат етілген концентрацияны (РК) есептеу кезінде, радионуклидтердің ағзаға ауа, азық-түлік және су арқылы кіруін ескеру керек. Ағзаға түскен радионуклид біртіндеп немесе толығымен критикалық мүшеге түседі. Мысалы, йод үшін критикалық мүше-қалқанша безі, ал радий, стронций және фосфор үшін – сүйек ткані, тритий үшін – барлық ағзалар жатады.

Биологиялық шығарулар λ_σ мен радиоактивтің ыдырауы λ_ρ , тұрақты биологиялық шығарулар арқасында радионуклид шығарылады. Онда ағзадан нуклидтің үнемі тиімді шығуы мынаған тең болады $\lambda = \lambda_\sigma + \lambda_\rho$.

Рұқсат етілген концентратты (РК) есептеудің математикалық үлгілерінің көп түрлері болады.

Мысалы, критикалық мүшенің салмағын, оның тиімді радиусын (әдетте, критикалық мүше шар пішінді деп болжайды) және берілген

радионуклидтің λ энергияны тиімді жұтатынын білсек, РК_с критикалық мүшедегі А категориясына жататын, берілген радионуклидтің рұқсат етілген құрамы мен ШРД_А-ны байланыстыруға болады. Радионуклид санының ағзаға, биологиялық константаға және критикалық мүшеге түскенін біле отырып және демалу мүшелері немесе асқазан-ішек трактілеріндегі барлық нуклидтерге байланысты критикалық мүшедегі радионуклидтің үнемі болуы, мына қатынас түрінде жазылады:

$$\text{ШРК}_A = \text{ДС}_A \cdot \lambda .$$

Бұл жерден ДС_А-ға қатысты J-ды есептеу оңай. Рұқсат етілген концентрацияны анықтау оңай, егер адам ағзасына түсетін ауаның көлемін А категориясы үшін 2,5-10⁶ л/жылға тең болса. Ал Б категориясы үшін бұл шама 7,3-10⁶ л/жыл, ал тұтынатын су көлемі 800 л/жылына болады.

Радиоактивті инертті газдар үшін радиациялық қауіптілік сыртқы сәулеленумен анықталады. Бұл жағдайда РК «радиоактивті бұлттарды тиеу» үлгісі бойынша жүргізіледі.

Радионуклидтер қоспасы үшін, радионуклидтердің ДДК_Е ауадағы және судағы қоспасының рұқсат етілген концентрациясының белгілі құрамымен (көлемдік белсенділігі) формула бойынша есептелінеді:

$$PK_E = J / \sum_{j=1}^m \frac{P_j}{PK_j} , \quad (5.31)$$

мұндағы ДК_ж – j-лі радионуклидтің рұқсат етілген концентрациясы;

$$P_j - j\text{-лі радионуклидке өткен радиоактивті қоспа } \sum_{j=1}^m P_j = 1 ,$$

J – қоспадағы әртүрлі радионуклидтердің саны.

Шекті рұқсат етілген жылдық түсуінің сандық мәнін, жылдық түсудің шегін, немоноэнергетикалық көздердің ағынының рұқсат етілген тығыздығын түгелдей есептейді.

Ағзаға түсетін әртүрлі радионуклид сәулелері мен аралас иондағыш сәулелердің қызметкерге сыртқы сәуле түсуі кезінде, келесі шарттар орындалуы керек: берілген критикалық орган үшін, барлық сыртқы және ішкі сәулелердің түрлері, шекті рұқсат етілген сәулелену дозасының барлық түрлерінің бірлігінен аспауы және ол келесі қатынас бойынша орындалуы керек:

$$\sum_i \frac{H_i}{ДРК_A} + \sum_j \frac{A_{v,j}}{РК_{A,j}} \leq 1, \quad (5.32)$$

мұндағы H_i i – түрдегі сәулеленудің сыртқы сәулеленуінен, берілген критикалық мүшедегі максимальды эквивалентті дозасының орташа жылуының нақты қуаты; $A_{v,j}$, $РК_{A,j}$ – ауадағы және жұмыс аймағындағы j радионуклидінің нақты және сәйкес рұқсат етілген орташа, жылдық концентрациясы.

Осы бөлімді қорытындылай келе, радиологиялық қорғаныс бойынша халықаралық комиссия жасаған (РҚХК) қабылданған қауіп концепциясына қарай отырып, иондағыш сәуле көздерімен жұмыс істеу кезінде қызметкерлер, қауіп-қатерге ұшырамайды, ал халықтың белгілі бір бөлігі, сыртқы ортаға шығарылатын қалдықтар мен басқа да сәуле көздерінен қауіпке ұшырауы мүмкін.

Радиологиялық қорғаныс бойынша халықаралық комиссия (РҚХК) қызметкерлердің сәулеленуінің шекті деңгейі мен қауіпсіз қызметтік әрекеттерді және қатерді арттырмау негізінде бекітуді ұсынылады. Өндірістердегі кәсіби себептерден болған өлімнің орташа жылдық мәні 10^{-4} 1 (адам-жылына) адамнан аспайды. Бұл мәндерді, қызметкерлердің шекті рұқсат етілген деңгейін бекіту негізінде РҚХК-да қолданады.

Өндірістегі радиациялық қауіпті сәулелерден халық пен қызметкерлерді бақылаудың жинақталған тәжірибесі, қызметкерлер мен халықтың шектелген бөлігінің орташа жылдық эквивалентті сәулелену дозасы 0,1 ШРД-дан аспайтындығын көрсетеді. Осыған орай, көп жылдар аралығында жеке максимальды сәулелену дозасына ұшырау жағдайлары болып тұрады.

$\sum_T R_T$ мына мәліметтер мен мәндерге сүйене отырып, бекітілген НРБ-76/87 ШРД, қызметкерлер мен халықтың шектеулі бөлігі үшін жоғары рұқсат етілген қауіп деңгейінің жоғары болып кетпеуін қамтамасыз етеді.

5.10. Радиациялық жағдайды бақылау әдістері

Кез келген сәулелену түрін тіркеудің негізгісі – оның детектор заттарымен өзара қатынасы. Детектор, кіруінде иондаушы заттар

түсетін, ал шығысында дабылдар пайда болатын қондырғы ретінде қаралады. Детектордың түрлеріне байланысты, шамның жарқылы (дабылдық детектор), ток импульсі (иондаушы детектор), бу тамшылары (тамшылы камера), сұйық тамшылары (Вильсон камерасы) пайда болуы мүмкін. Әрбір детектордың ажырамас бөлігі – оның сезімталдық көлемінде, егер де қандайда бір затпен иондаушы сәулелердің энергиясының қатынасы кезінде, дабылдың белгілі бір түрі пайда болады. Зат, сезімтал көлемді болып келеді, ол газ, сұйық және қатты дене болуы мүмкін, сол үшін де детекторға: газдық, сұйықтық, қатты денелі – деп атау берілген.

Детектордың негізгі сипаттамаларының бірі – сәулелену реакциясының тиімділігі. Оны жеке алып қарағанда, мына қатынас арқылы анықталуы мүмкін:

$$e_w = W_n / W, \quad (5.33)$$

мұндағы W_n – детектордың сезімтал көлеміндегі жұтылған энергия;

W – осы көлемге сіңетін энергия.

Тіркеу жүйесінің екінші бөлігі – бұл өлшегіш кешені, оның міндеті, тіркегіш қондырғының жұмысындағы детекторға түскен дабылды, тіркеу құралдарының жұмысы арқылы бір түрге келтіру (стрелкалық аспап, сандық дисплей, өздігінен жазғыш, механикалық есептеуіш). Жүйенің берілген міндетіне байланысты, оның құрамына, блоктар, күшейткіштер, дискриминаторлар, дабыл түрлендіргіштер, блоктау көзі және кернеуді тұрақтандырғыштар кіруі мүмкін.

Тіркегіш шоғырдың дозиметриялық сипаттамасын анықтау үшін детектор мен сәулелену дозасынан (доза қуаты) құралған дабылдар арасында байланыс орнату қажет. Фотонды сәулеленудің мысалдарындағы, анықтамалар мен физикалық сипаттамалардың өте маңызды түсініктемелері мұндай байланысты орнату үшін өте қажет.

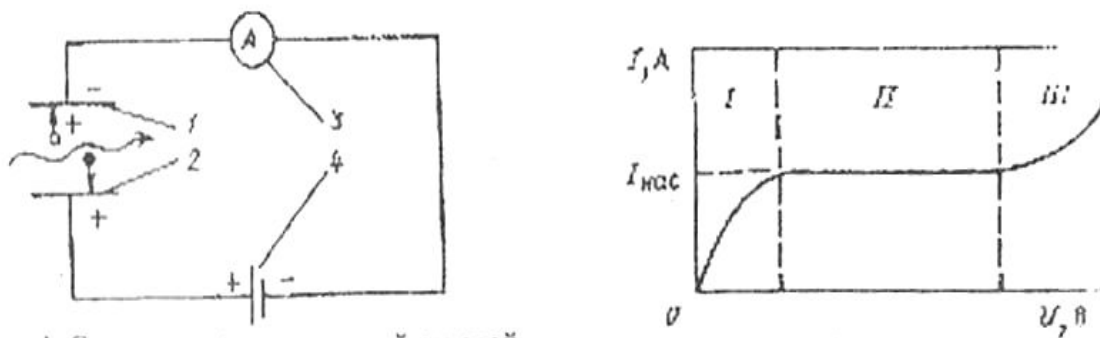
Иондағыш камераның маңызды сипаттамасына, вольт-ампер сипаттамасы жатады.

Иондағыш камерадағы электродтарда төменгі кернеу болған кезде, иондағыш сәулелерден түзілген электрондар мен иондар бөлшектері, ретсіз диффузиялық қозғалыста болады. Кейбір электрондар электро теріс иондар түзеді, («жабысу» эффектісін байқайды) сондай-ақ оң және теріс иондардың соғылуы кезінде рекомбинация процесі болады. Диффузия, рекомбинация және электро теріс иондардың түзілуінің барлық процестері - электрондарда иондардың жиналуына кедергі жасайды және иондық камера арқылы өтетін ток күшін төмендетеді. Электрод камерасында, кернеу шамасына қарай ұлғаяды, ал ток сол арқылы өседі және ақырында, потенциалдардың айырмашылығы оның электродтарына жетеді.

Газды арттыру принципіде қолданылатын иондағыш детекторларды, газоразрядтық есептегіштер деп аталады.

Газоразрядты нүктедегі разрядтың даму механизмін қарастырамыз. Есептегіштің жұмыс режимі оған қолданылған кернеумен анықтайды. Пропорционалды разрядты есептегіш пен Гейгер-Мюллер есептегіштері, осыған сәйкес ерекшелінеді. 5.15-суретте қолданылған кернеудегі импульстен амплитуданың тәуелділігі көрсетілген. Иондағыштың тығыздығынан өте ерекшеленетін α және β -бөлшектері үшін, анализдің дұрыстығына арналған тәуелділіктер көрсетілген. Қолданылған кернеудің аздаған мәндеріне байланысты, есептегіш иондағыш камераның тәртібі бойынша жұмыс істейді. Осыған байланысты импульс амплитудасы қаныққан учаскеге тәуелді емес және тек жұп иондар санымен ғана анықталады. α -бөліктері үшін иондағыштың тығыздығындағы амплитуда импульстері 1см ауада 10^4 жұп ион, ал β - бөліктері үшін иондағыштың тығыздығының амплитудасы 1см ауада 30 жұп ион артық болады.

Кернеудің өсуі газдық күшею механизмімен жүзеге асады, амплитудасының импульстері α - және β -бөлшектері үшін де өседі. Осыған байланысты импульстердің санымен және алғашқы иондағыштың арасындағы пропорционалды сақталады. Бұл аймақты пропорционалды аймақ деп, ал пропорционалды режимде жұмыс істейтін есептегіштерді, пропорционалды есептегіштер деп атайды.



5.15-сурет. Иондағыш камераның вольт-амперлік сипаттамасы:

1,2- электродтар; 3- өлшегіш аспап; 4- қоректендіру көз

Сцинтилляциялық әдістің физикалық негіздері – заттардың молекулалары мен атомдарының олар арқылы зарядталған бөлшектер өткен кездегі қозуы мен ионизациясы. Қысқа уақыттан соң олар негізгі күйге жарықтық сәулелер шашырату арқылы өтеді, оның спектрі заттардың молекулалары мен атомдарының энергетикалық деңгейінің құрылымына тәуелді. Жарық шашырауы сцинтиллятор арқылы екінші ретті бөлшектер әсерінен фотондар мен нейтрондардың жанама сәулеленуі арқылы пайда болуы мүмкін. Бірінші жағдайда – беру электрондары мен фотоэлектрондар әсерінен, екінші жағдайда – беру ядролары мен зарядталған бөлшектер әсерінен пайда болады, олар (n, α) - (n, p) – реакциялары нәтижесінде пайда болады.

Сцинтиллятор органикалық және бейорганикалық сцинтиллятор болады. Органикалық сцинтилляторлар кейбір органикалық қосылыстардың – антрацен, стильбен, нафталин, толан, монокристалдары болып табылады. Антрацен барлық органикалық кристалдардың арасында ең үлкен конверсиялық тиімділікке ие ($\eta_k=0,04$), бірақ оның температураның күрт өзгеруіне сезімталдығы сцинтиллятор қасиеттерін жоғалтуына әкеледі. Стильбен тұрақты монокристалл болып табылады. Оның жылдам компоненты жарықтандыру уақыты өте қысқа ($\tau=6 \cdot 10^{-9}$ с) және конверсиялық тиімділігі біршама жоғары ($\eta_k = 0,02$). Стильбен әртүрлі типті бөлшектерді тіркеуде пайдалануға ыңғайлы. Сцинтилляторлардың органикалық пластикалық және сұйық түрлері бар.

Бейорганикалық сцинтиллятор – дегеніміз кейбір органикалық қосылыстар NaI, CsI, KI, Lil, ZnS кристалдары. Кристалдарды

өсіруде олардың көбіне арнайы қоспалар енгізіледі (активаторлар), олар люминисценция аудандарының тығыздығын арттырады.

Ең жақсы сцинтилляторлардың бірі NaI (Тi). ZnS басқа (Ag ең жоғары жарық шығынына ие, (8 %); жарық шашырау уақыты ($\tau = 2,5 \cdot 10^{-7}$ с).

Дозиметрияның люминесцентті әдістері тек қана радиофотолюминесценция және радиотермолюминесценцияға негізделеді.

Радиофотолюминесценция (РФЛ). Дозиметрияда қызығушылық тудыратын люминофорлар ретінде – сілтілік-галогенидті қолданады.

Радиотермолюминесценция (РТЛ) – дегеніміз иондалу сәулесінің кристалында жинақталған энергиясы жылулық қоздыру әсерінен флюоресценция энергиясына айналатын үрдіс.

Дозиметрияның фотографиялық әдісі фотоэмульсияның қараю дәрежесі негізделген. Фотоэмульсияның қараю дәрежесі оптикалық тығыздықпен сипатталады, ол келесі шамамен сипатталады $S = \lg(I_0/I)/J_0$ – таспаға түсетін көрінетін сәуленің интенсивтілігі; I – таспа арқылы өткен сәуленің интенсивтілігі.

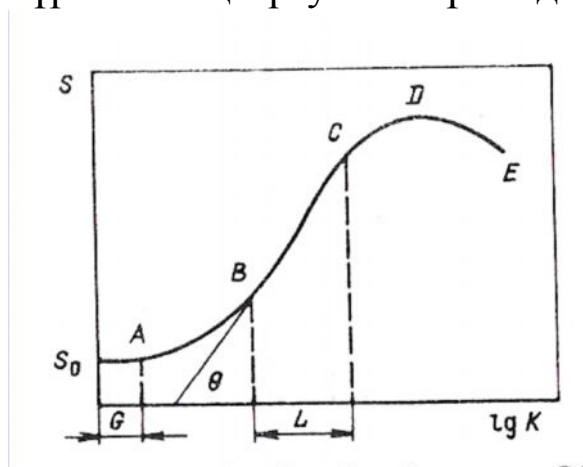
Фотоэмульсияға фотонды сәулелену әсер еткен кезде, оның қараюына әкелетін үрдістер фотоэмульсиядан және оны қоршаған заттан босаған фотоэмульсиямен анықталады (мысалы, кассета қабырғаларында).

Практикада кездесетін қараю тығыздығы үш бірліктен аспайды. Ол, әдетте 0-3 аралығында градуирленген денситометр көмегімен анықталады.

Фотонды сәулелену дозиметриясы үшін пайдаланатын рентген таспаларының қараю тығыздығы кейбір шектерде судағы кермадағы тығыздыққа пропорционал.

Таспа қасиеттерін сенситометриялық мінездемелері бойынша анықтайды, ол әдетте қараю тығыздығының ауа кермасының логарифына тәуелділігі қисығы түрінде бейнеленеді (5.16-сурет). Көрсетілген тәуелділікте келесі учаскелерді бөліп көрсетуге болады: тік сызықты жұмыс учаскесі BC, DE – кейбір фотоматериалдарда бақыланатын соляризация аймағы; S_0 – экспондалмаған таспаның бастапқы қараю тығыздығы, таспа жабындысы; AB – кем ұстау аймағы; CD – артық ұстау аймағы; G – инерция; L – эмульсия ені – жұмыс учаскесіне сәйкес келетін дозалар

диапазоны. θ бұрышы таспаның контрастностын анықтайды, ол θ бұрышының артуымен ұлғаяды.



5.16-сурет. Фотографиялық таспаның сенситометриялық мінездемесі

Құрамына AgBr кіретін фотоэмульсия және оны қоршайтын заттар ауада эквивалентті болмағандықтан, таспаның қараю тығыздығы керманың бірдей мәндерінде, энергия фотонына тәуелді болмайды. Қаттылық жүрісін азайту үшін жазу сүзгілерін пайдаланады, олар қорғасыннан (қалыңдығы 0,75 мм), алюминийден (0,5 мм) және пластмассадан тұрады (3 мм). Бұл сүзгілерді пайдалану 0,03-3 МэВ фотондар энергиясы диапазонында, қаттылық жүрісін 20% дейін төмендетеді. Фотографиялық әдіс жеке дозиметриялық фотобақылауда (ЖДФ) фотонды, β -сәулелену, жылу және жылдам нейтрондар өрісінде кең қолданыс тапты.

Жоғарыда көрсетілгендей, фотонды эмульсияны фотоэмульсияға тіркеуде, оған фотондар босатқан фотоэмульсиялар әсер етеді. Фотоэмульсиялардың сезімталдығын бейорганикалық сцинтилляторлар $\text{CaWO}_4 + \text{ZnS} (\text{Hg})$ не органикалық сцинтилляторлар n -терфенилдан жасалған люминесцентті экрандарды қолдана отырып, арттырады. Органикалық сцинтилляторларды қаттылық жүрісін төмендетін экран ретінде де пайдаланады. Органикалық сцинтилляторды бірден фотоэмульсияға енгізіп, дәл осындай әсер алуға болады.

Әртүрлі партиялардағы таспалардың өзгешеліктеріне байланысты пайда болатын қателіктердің алдын алу үшін градуирлік қисық құрайды $S=S(K)$, бұл мақсатта аттестацияланған көздерді ^{60}Co және ^{137}Cs пайдаланады. Бұл таспалар - персоналға беріліп, градуирланған және экспондалмаған бүркемені анықтау үшін – бір партиядан алынып бір уақытта, бірдей шарттарда өңделеді.

Фотографиялық әдісті жылулық нейтрондар дозиметриясы үшін де пайдаланады. (ИФКУ әдісі). Бұл мақсатта таспаны жылулық нейтрондарды жинақтау кесіндісі үлкен (n, γ) реакциясында пайда болатын кадмий сүзгіге орналастырады, жинақтау γ -сәулелену фотоэмульсияға әсер етеді, олардың қараю тығыздығына сәйкес жылулық нейтрондардың жіберілген дозасын анықтайды.

Жылдам нейтрондардың дозиметриясы үшін ядролық фотоэмульсиялар пайдаланылады. (К не Я-2). Нейтрондар әсерінен пайда болатын берілу протондары фотоэмульсияда із қалдырады, (тректер), олардың саны эквивалентті дозаны анықтау үшін бастапқы ақпарат болып табылады. Берілу фотондарының саны нейтрондар энергиясына тәуелді, сондықтан аудан бірлігіне келетін тректер санын қарапайым қосындылау биологиялық жабындының кермасын анықтауға мүмкіндік бермейді. Бұл мүмкін болу үшін, фотоэмульсияны сутегілі заттар мен алюминийдің ауысып отыратын қабаттарынан тұратын гетерогенді сүзгімен қоршайды. Бұл фотодозиметрдің аудан бірлігіндегі тректер саны 55-14 МэВ диапазонындағы тканьді кермаға пропорционал (15 % шамасында). Эквивалентті дозаны келесі теңдікпен анықтаймыз:

$$H = AN, \quad (5.34)$$

$A = (1,1 \pm 0,08) \cdot 10^{-6}$ Зв/(трек·см⁻²); N – 1 см² эмульсияға келетін ұзындығы 5 мкм тректер саны ($E_n > 0,5$ МэВ).

Иондалу сәулелерін тіркеудің фотографиялық әдісінің басқа әдістерге қарағанда бірқатар артықшылықтары бар: арзан, құжаттау мүмкіндігі бар (өңделген таспаларды сақтауға болады), жаппай пайдалану мүмкіндігі бар, соққыға, температураға тәуелді).

Әдістің кемшіліктері: сезімталдығы төмен, эквивалентті дозаны сәулелену үрдісінде өлшеу мүмкін емес, көрсеткіштердің таспаның өңделу шарттарына тәуелсіздігі.

5.11. Иондайтын сәулелердің көздерімен жұмыс істеу ұйымдары

Иондағыш сәулелердің көздерімен жұмыс істеген кезде дұрыс еңбек ұжымы маңызды қызмет атқарады, олар жұмыс істейтін

қызметкерлер мен жалпы адамдарға радиациялық қауіпсіздікті қамтамасыз етеді. Мына оқиғада сәулеге түсіруге лайықты категорияларға жататын адамдарға арналған сыртқы және ішкі сәулеге түсіру көздері критикалық органдардың топтарынан регламенттелген мәнді шамадан асырмайды.

Иондағыш сәулелену көздерімен жұмыс істеу ұйымы үшін радиациялық қауіпсіздікті басқаратын құжаты «Радиоактивті заттармен және басқа да иондағыш сәулелену көздерімен жұмыс істейтін негізгі санитарлық ережелері ОСП-72/87» болып табылады. Негізгі ережелерді орындау және мына құжат талаптарының орындалуы үшін міндетті түрде, жұмысқа арналған иондайтын сәулеленулердің көздерінің қолдануымен құрылыста, құралдардың реконструкциялары, учаскелердің, цехтардың және мекемелердің жобалауы кезінде ғана орындалады. Осы ережелердің негізінде министрлік және ведомстволардың санитарлы-эпидемиологиялық орган қызметкерлерінің келісумен иондағыш сәулеленулердің көздеріне байланысты жұмыстар өткізу сұрақтары туралы ережелер және инструкциялар жасауы керек.

Иондағыш сәуле көздерінің жұмыстары үшін «Негізгі санитарлық ережелерге» сәйкес, қондырғылар, контейнерлер, орамдар, транспорттық құралдар, аппараттар, жылжымалы құрылғылар және ғимараттарға арналған, радиациялық қауіпті аймаққа назар аудару үшін, бұл объектіде ескерту белгілері болу керек.

Ашық көздермен жұмыс істеу кезінде, сыртқы сәулеленуден қорғау туралы шараларымен қоса радиоактивті ластанудан қоршаған ортаны және тұрғындар мен қызметкерлердің ішкі сәулеленуінен қорғау туралы шаралар қарастырылуы керек.

Иондағыш сәулелердің көздерімен жұмыс істеуге арналған мекемелер, ғимараттар және жұмысқа қажетті құралдарды пайдаланудың алдында тексеру комиссияларынан өту керек. Қабылдау комиссиясының актісі негізінде жергілікті мемлекеттік санитарлық бақылау органдары, иондағыш сәулелердің көздерімен жұмыс жүргізу және оларды сақтау құқықтарына байланысты, мемлекеттік санитарлық төлқұжатын 3 жыл мерзімге ғана дайындайды. Мекеме әкімшілігі сәуле көздерімен жұмыс істейтін, ішкі тәртіп ережелерін дамытатын, радиациялық

қауіпсіздік нұсқауын және апатты жою мен ескерту туралы (өртті) нұсқауды білетін адамдар тізімін анықтайды, қызметкерлерді оқытады және оларға нұсқау береді, жұмыс істейтін қондырғылар мен басқару жұмыстарының білімдерінің тексеруін өткізеді, қауіпсіздікті және радиацияны бақылайтын жауапты адамды белгілейді, жұмысқа кіргенде міндетті түрде дәрігерлік бақылау ұйымдастырады және жиі дәрігерлік тексерулер жүргізеді. Радиациялық қауіпсіздік нұсқауы бойынша есеп жұмыстарын өткізу, сәуле көздерін сақтау және оларды беру, радиоактивті қалдықтарды жинау және жою, жеке сақтандыру профилактикасы, радиациялық бақылау өткізу ұйымдарының реті баяндалады және иондағыш сәулелердің көздерімен жұмыс істеу шаралары өткізіледі. 18 жасқа толмаған балалар иондағыш сәулелену жұмыстарына жіберілмейді.

Иондағыш сәуле көздерінің жұмыстары үшін, учаскелер мен құралдарға арналған мекемелердің талаптары жасалған. Мұндай мекемелер мен қондырғыларды балалар мекемелері мен адамдар тұратын ғимараттарда орналастыруға тиым салынады.

Мұндай зиянды мекеме құрылысын салу үшін, адамдар тұратын ғимараттардан, қоғамдық және санитарлық-шипалы мекемелерден және демалу зоналарынан өтетін, жел бағыты бойынша таңдау қажет. Сәуле көздерімен жұмыс істеуге арналған ғимараттардың айналасында, санитарлық-қорғау аймағы (СҚА) мен бақылау аймағы (БА) орналасқан.

Санитарлық-қорғау аймағына ғимараттың айналасы немесе радиоактивті қалдықтар тасталған жерлер жатады. Бұл аймақта шектелген тәртіп орнатылады және радиациялық бақылау өткізіледі. Бұл жерде адамдар мен балалар тұратын ғимараттар мен шипалы мекемелерді салуға болмайды, сонымен қатар иондағыш сәулелердің көздерімен жұмыс істеп жатқан мекемеге қатысы жоқ өнеркәсіп немесе ғимарат салуға тиым салынады. Бақылау аймағы – мекемеден радиоактивті қалдықтарды тастау аумағы және тұрғындарға сәулелену анықталған шекті мөлшерлерге дейін жетуі мүмкін. Бақылау аймағының территориясында радиациялық бақылау өткізіледі.

Аймақ мөлшерлері сыртқы сәулеленудің мөлшерінің есебі негізінде анықталады немесе атмосфераға радиоактивті

қалдықтардың жайылуы, өндірістің қуаттылығының күштілігіне, сонымен қатар метеорология, гидрологиялық және экологиялық факторларға байланысты радиоактивтілік лас қалдықтардың барлық тазалау жүйесінен кейінгі атмосфераға тасталынған қалдықтардың суаттарға тасталулары. Мемлекеттік санитарлық бақылау органдарының келісу мен ҚР құрылыстарының әрбір нақты оқиғасында СҚА және БА мөлшерлері табылады. Бақылау аймағының өрісі әдетте санитарлық-қорғау аймағының өрісіне қарағанда біршама артығырақ болады. Мысалы, АЭС өндірісі өрісінің айналасында СҚА 3-5 км радиусты болады, ал БА мен АЭС-ың арақашықтығы 20-30 км жазықтықты алады.

Конструкцияға байланысты радиоактивтік заттардың қоршаған ортаға таралмауын жабық иондағыш сәуле көздері деп атайды. Демек, мұндай жағдайда қызметкер сыртқы сәуле түсуіне ұшырауы мүмкін. Мысалы, осындай жағдайлар (бөліну көздері), технологиялық процестердің бақылау құралдарында, радиациялық технология құралдарында, диагностикада және радиациялық аумақта пайдаланады. Бөліну көздерінің орнына бұл құралдарда радионуклидті жабық көздер, сонымен қатар рентген аппараттары мен үдеткіштер қолданылады.

Радиациялық қауіпсіздікті қамтамасыз етудің негізгі талаптарына, жұмыс орнындағы сыртқы потокты төмендету және сәулеленуден қорғау ғимараттары жатады.

Мұндай құралдар арқылы, сыртқы сәулеленуден қорғану үшін, қаралған тәсілді пайдалана отырып есептелінеді.

Ашық шектелмеген бағыттағы сәуле тұратын құралдар мен стационарлық аппараттардың жұмыс істейтін бөлігі жеке ғимаратта орналасуы керек.

Бөліну көзінің кез келген жайларына және бағыттарына қарай бұл ғимараттың едені мен төбелерінің материалы және қабырғаларының жуандығы сәуле көздерінің шоғырының бағыттарын әлсіретуін қамтамасыз етуге тиісті.

Аппаратты немесе қондырғыны басқару пультін көрші ғимаратта орналастырады. Аппарат орналасқан, ғимаратқа кірер есікті, қызметкерге кездейсоқ сәуле түсу мүмкіндігін болдырмау үшін, бөліну көзі тұрған механизммен немесе жоғарғы (тездетілген) қуатты қосқышпен қоршау керек. Бұл ғимараттар, сәуленің орналасуы немесе энергия көзінің қосылуы мен

дозаның берілген қуатынан артуы кезінде, сигнал беру жүйесімен жабдықталуы керек.

Жұмыс істемей тұрған жағдайда, барлық иондағыш сәулелердің көздері токсызданған радионуклидті көздерде емес, қорғағыш құрылғыларда болуы тиіс.

Бөліну көзінің жұмыс жайына келтіру немесе энергия көзін қосу дистанционды басқару жүйесі арқылы орындалады.

Құрылғылардың жұмыстарын басқару, пульт арқылы орындалады. Жұмыс камерасына кіру лабиринт арқылы жүзеге асады.

Ғимарат сыртында немесе жалпы өндіріс ішінде, аппараттар және құралдарды пайдалану арқылы сәулеленулердің жабық көздерімен жұмыс істеу кезінде сәулелерді жерге қарай немесе адам жоқ жерге қарай бағыттау керек. Адамдардың бөліну көзінің маңына жақындауына шек қойылу керек, ол үшін 3 м аралығында анық көрінетін қауіп туралы ескертетін плакаттар және жылжымалы қоршаулар мен қорғау экрандарын қою керек.

Құрылғыны қайта зарядтау үшін, контейнерден радионуклид көздерін шығару үшін, дистанциялық аспапты немесе манипуляторларды пайдалану керек.

Сәуленің радиоактивтік көздерін қолмен ұстауға тиым салынады.

Эквивалентті сәулелену дозасының қуаты, дефектоскопиялық, терапевтикалық және басқа да аппараттарға қарағанда $30\text{мк}^3\text{в/сағ.}$, ал радионуклидті құрылғы үшін, қорғаныс аппаратынан блок бетіне дейінгі арақашықтығы 1 м аралықта $3\text{мк}^3\text{в/сағ.}$ аспауы керек.

Ғимараттарға және аппарат пен құралдарды орналастыруға арнайы талаптар қойылмайды, егер де оларды қолдану кезінде сәуле мөлшерінің қуаты жұмыс жағдайында тұрғанда және бөліну көзінің сақтау кезінде құрылғының бетінен қол жететін бөлшектерге дейінгі аралық 1 м болғанда $30\text{мк}^3\text{в/сағ.}$ аспайды.

400 нГр-м/с-ден аса керма-эквивалентті жабық көздермен жұмыс істеу кезінде арнайы дистанционды басқару құрылғыларын пайдалану керек.

Сәуленің жабық көздерімен жұмыс істеу кезінде қайтадан зарядтау және жөндеуден өткен құрылғыларды уақытша сақтайтын ғимараттардан басқа, ғимараттарға өңдеу жұмыстары үшін арнайы талаптар қойылмаған.

Қорғау кешенінің шаралары бойынша ашық көздермен жұмыс істеген кезде, сыртқы сәуледен ғана емес, ішкі сәулеленуден де адамдардың қорғанысы қамтамасыз етілуі керек, сонымен қатар радиоактивті лас заттармен ауаны және жұмыс аймағын, адамдардың терілері мен қызметкерлердің киімдерінің ластануын болдырмау, сонымен қатар ауаның-сыртқы орта объектілерінің, сулардың, өсімдіктер өсетін топырақты да қорғау керек.

Көрсетілген шаралар кешендерін міндетті түрде, мына ұйымдар үшін қарастырылу керек, мысалы, ядролық реакторлардағы жұмыс ұйымдары, әсіресе жөндеу жұмыстарын өткізуі кезіндегі потенциалды қауіпі бар радиохимия өндірісі, радиоактивті заттардың жұмыс орнына және сыртқы ортаға енуі.

Жабық көздердің жұмыстарының негізгі профилактикалық шараларының қатарына мына жұмыстар жатады: ғимаратты орналастыруды жоспарлауды дұрыс таңдау, жабдықтар, ғимараттарды өңдеу, технологиялық тәртіптер, жұмыс орындарды тиімді ұйымдастыру және жұмысшылардың жеке гигиенасын сақтауы, желдеткіштердің орынды тәртіптері, сыртқы және ішкі сәуле түсуден қорғаныс ұйымдары, радиоактивті қалдықтарды жинау және жою.

Көрсетілген шаралардың орындалуының талаптары жұмыстардың түрлеріне байланысты болады, қолданылған радионуклидтің құрамы және белсенділігі, радиоактивті заттар ішкі сәуленің потенциалды көздері сияқты радиациялық қауіп дәрежесі бойынша төрт топқа бөлінеді.

Топтардың шекаралары ең аз мәнді белсенділікпен орналас-тырады (МЗА), осымен жұмыс орнындағы ашық көздердің ең аз белсенділігі түсіндіріледі. Бұл көзді пайдалану үшін Мемлекеттік санитарлық бақылау органдарынан рұқсат алуға талап қойылады. 3,7-3700 кБк диапазонда әртүрлі радионуклидтер үшін МЗА өзгереді. 10 кэВ (теледидар) дейінгі энергия көздерін қолдану үшін, арнайы талап қойылмайды. Радионуклидтің радиациялық қауіп-кәтер төрт топқа бөлінеді: А тобы - МЗА 3,7 кБк радионуклидтер; Б тобы - МЗА 37 кБк радионуклидтер; В тобы - МЗА 370 кБк радионуклидтер; Г тобы - МЗА 3700 кБк радионуклидтер.

Ашық көздердің жұмыстарының барлығы үш класқа бөлінеді (I, II, III). Жұмыс кластары радионуклидтің радиациялық қауіп тобына байланысты орналастырады.

Сұйықтықпен (булаусыз, айыру, ботажа және т.б.) қарапайым операция жұмысы кезінде, жұмыс орнында радионуклид белсенділігі сақтау кезінде 10 немесе 100 рет артады. Ашық көздермен жұмыс жүргізу кластарына орналастыру және ғимарат жабдықтарының талаптары жатады. Ашық көздермен жұмыс жүргізгенде бөлмелердің есіктерінде жұмыс класын көрсететін және радиациялық қауіпті деген ескерту белгісі іліну керек.

Ерітінділерді буып-түю және сақтауға арналған III-класты жұмыстар, бөлек ғимараттарда орындалады (талаптарға сәйкес, химиялық зертханалары бар бөлмелер (орындар) бөлінеді). Жуынатын жер салынуды ұсынады. Радиоактивтік лас заттардың ауаға таралу мүмкіндігі бар жұмыстар (ұнтақтармен жұмыс істеу операциясы, эмальдау және ұшқыш заттармен жұмыс істеу) сорғыш шкафтарда жүргізілуі керек. Шкафтардың металл құрылымдарын және жұмыс столдарын әлсіз сорылатын материалдармен жабылуы керек.

II-класс жұмыстарына арналған бөлмелер, ғимараттардан бөлек жерде орналасады. Бұл ғимараттың құрамында санитарлық өткізу, шлюз немесе жуынатын жер және шығар кезде радиацияны бақылайтын пункттер болуы керек. Ғимараттар сорғыш шкафтар немесе бокстармен жабдыкталуы керек.

23-кесте

Әртүрлі кластар үшін ашық қайнар көздермен (Бк) жұмыс істеу орнындағы радионуклидтің нақты белсенділігі

Радиациялық қауіп тобы	Жұмыстардың класы		
	I	II	III
A	$> 3,7 \cdot 10^8$	$3,7 \cdot 10^5 - 3,7 \cdot 10^8$	$3,7 \cdot 10^3 - 3,7 \cdot 10^5$
B	$> 3,7 \cdot 10^9$	$3,7 \cdot 10^6 - 3,7 \cdot 10^9$	$3,7 \cdot 10^4 - 3,7 \cdot 10^6$
B	$> 3,7 \cdot 10^{10}$	$3,7 \cdot 10^7 - 3,7 \cdot 10^{10}$	$3,7 \cdot 10^5 - 3,7 \cdot 10^7$
Г	$> 3,7 \cdot 10^{11}$	$3,7 \cdot 10^8 - 3,7 \cdot 10^{11}$	$3,7 \cdot 10^6 - 3,7 \cdot 10^8$

I-класс жұмыстарына арналған ғимараттар, басқа ғимараттардан бөлек жерде немесе есіктері бөлек орналасады, санитарлық пропуск арқылы ғана кіреді, ол жер бокспен, камерамен, коньонмен немесе басқа да герметикалық жабдықтармен жабдыкталады және үш зонаға бөлінеді (үш зоналы жоспарлау):

1-аймақ – радиоактивтілік лас заттар мен сәуленің негізгі көздері болатын технологиялық жабдықтар және коммуникациялар орналасқан қызмет көрсетілмейтін ғимарат;

2-аймақ – периодты қызмет көрсететін ғимарат, технологиялық жабдықтарды ашуға байланысты, жабдықтарды жөндеу және басқа да жұмыстарға арналған ғимарат;

3-аймақ – қызметкерлердің барлық ауысым кезіндегі тұрақты жұмыс істеу орны.

Ғимарат аймағынан 3 – аймаққа лас заттарды шығару кезінде мүмкін болатын қатерлерді болдырмас үшін, аймақтардың аралығында санитарлық шлюз орналастырылған.

Радиоактивті заттармен камерада және бокста жұмыс істеу кезіндегі өндіріс операциясын дистанциялық құралдармен және қолғаптардың көмегімен орындау керек.

Технологиялық және қорғау жабдықтарын даярлау үшін міндетті түрде, қолданылатын заттарға, реактивтерге байланысты тұрақтылықты қамтамасыз ететін әлсіз сорылатын материалдарды немесе жабуларды қолдану қажет.

Жұмыс істеу үшін II - класты және I - кластың 3 - аймағындағы, сонымен қатар I - кластың 1 - мен 2 - аймағындағы ғимараттардың едендері, қабырғалары және төбелері жуғыш құралдарға төзімді адсорбирленетін арнайы материалдармен жабылуы керек. Ғимарат әртүрлі дәрежедегі радиоактивті ластағыш заттары бар аймаққа жатады, әртүрлі түстерге бояуға болады.

Едендердің шеттерінің жамылғысы көтеріліп тұруы керек.

Бір жұмысшы үшін ауданды есептегенде 10м^2 -тан кем болмауы керек.

Радиоактивті лас заттардың түсуін азайту үшін жабдықтар мен жұмысшы жиһаздарының беті тегіс және қарапайым конструкциялы болуы керек.

Жұмыс орнындағы радиоактивті заттардың саны жұмысқа қажетті мөлшерде ғана болуы керек және де ең аз активтілігі бар ерітінділерді қолдануды ұсынады.

Радиоактивті заттардың (ұнтақты себу, айдау) жоғалуға мүмкіндігі бар операциялардың саны минимальды болуы керек.

Ашық радиоактивті заттармен жұмыс жасау кезінде жабдықтар мен ғимараттардың беттерінің ластануын болдырмау

үшін пластикалық пленка, сүзгіш қағаз және басқа да бір рет қолдануға арналған материалдарды пайдаланады.

Радиоактивті заттармен жұмыс жасау кезінде, жұмыс орнындағы желдеткіштер мен ауа тазартқыш құрылғылары НРБ-76/87 талабына сәйкес, ауадағы лас заттардан қорғауды қамтамасыз ету, сонымен қатар аз ластанған бөлмеден көп ластанған бөлмеге қарай бағыт жасау керек.

Радиоактивті заттармен жұмыс істеу кезінде ғимараттан шыққан ластанған ауаны, міндетті түрде жоғары эффектілі сүзгі арқылы тазартады, ал I және II класты жұмыстар үшін құбырлар пайдаланады. Құбырдың биіктігі, НРБ талаптарына сәйкес, атмосфераға таралатын радиоактивті заттардың концентрациясын мүмкін деңгейге дейін азайтуды қамтамасыз етуі керек.

Егер де радиоактивті заттардың қалдықтарының концентрациясы $ДК_A$ шамасынан аспаса, вентиляция ауасын тазартудан өткізбей-ақ жоюға болады. В категориясындағы ішкі және сыртқы сәулелену шамасы, анықталған мөлшердің шегінің шамасынан аспауы керек.

Жабық ойық кезінде, герметикалық камералар мен бокстерде 200 Па-дан (20 мм су бағ.) кем емес ыдырату қамтамасыз етілуі керек.

Бокстағы және камерадағы кезегімен ашылатын ойықтың ауа қозғалысының жылдамдығы 1 м/с кем болмауы керек, $ДК_A$ шегіндегі жұмыс істеу орындарында ауа ортасының тазалығын сақтау шарты бойынша, ауа жылдамдығының азаюы 0,5 м/с-қа уақытша рұқсат етіледі.

Ашық түрдегі радиоактивті заттармен жұмыс өткізу мекемелерінде, су құбыры және канализациялар болуы тиіс. Арнайы канализация жүйесі, ағынды сулардың дезактивациясын және технологиялық мақсаттарда қайта қолдануға пайдалануы үшін қарастырылуы керек. Тазалау ғимараттары, мекеме аумағындағы арнайы ғимараттарда орналасады. Радиоактивті қалдықтарды төгуге арналған қабылдағыштар, арнайы канализация жүйесінде, тоттануға-берік материалдардан немесе ішкі және сыртқы беттері жеңіл дезактивирленген тоттануға берік жамылғыдан дайындалуы керек.

Атом энергетикасының және иондағыш сәулелердің көздерінің дамуы халық шаруашылығында, техникада, ғылымда, медицинада кең қолданудың арқасында, радиоактивті қалдықтардың санының өсуіне алып келеді, бұл қалдықтарды қайта өңдеп және көміп тастау керек. Мысалы, айта кетсек, АЭС 1ГВт өндірісінде 1 жылда электр энергиядан пайда болатын, шамамен 11 ЭБк радиоактивті қалдықтар шығарады. Қайта өңделген және көміліп тасталған қалдықтардың проблемалары мен жалпы радиациялық қауіпсіздік проблемалары жағдайдың қиындауына алып келеді.

Егер құрамындағы радиоактивті заттар суға арналған ДК_Б шамадан асса, мекемедегі сұйық қалдықтар радиоактивті деп есептеледі. Егер салыстырмалы активтілігі $7,4 \cdot 10^4$ Бк/кг көп болса, қатты қалдықтар радиоактивті деп есептеледі.

Шаруашылық-тұрмыс канализацияға концентрациялы радиоактивті ағынды су жіберуге болады, ДК_Б асатын су үшін 10 реттен артық болмауы керек, егер осы мекеме коллекторында радиоактивтіліксіз ағынды сулармен он есе сұйылтуы қамтамасыз етілсе, ал радиоактивтілік заттардың суммарлы тасталуы ағыста анықталған мүмкін деңгейді шамасынан аспайды. Аз мөлшерлі сұйық қалдықтарды (200 л-ден азырақ), сонымен қатар өңдеуге келмейтін қалдықтарды, радиоактивті қалдықтарды көму пункттеріне (РҚКП) арналған арнайы сыйымдылықта жинайды.

Сұйық радиоактивті қалдықтарды тоғандарға, көлдерге және су қоймаларына ағызуға тиым салынады, өйткені ол жерде балық пен құстар өсіруі мүмкін.

Ашық түрдегі радиоактивті заттарды қолдану жұмыстарын өткізу кезіндегі жабдықтардың, аспаптардың, лабораториялық ыдыстың, аппаратуралардың, сыртқы беттердің радиоактивті ластануы, сонымен қатар арнайы киім сақтауға арналған санитарлық пропуск бөлімшелерінде беттердің ластанудың анықталған мүмкін деңгейлері шамадан асырылмауы керек. Камералардың, бокстердің және сорғыш шкафтардың, сонымен қатар оларда орналасқан жабдықтардың ішкі беттерінің ластануы нормаланбайды.

5.12. Радиоактивті заттарды тасымалдаудың қауіпсіздік негіздері

Кеңінен қолданылатын әртүрлі иондағыш сәуле көздері – радиоактивті жүктердің тасымалдарының өсуіне әкеледі. ТМД-да соңғы 30 жылдықта жыл сайынғы радиоактивті нуклидтерді тасу орамаларының саны 10 есеге дейін артты.

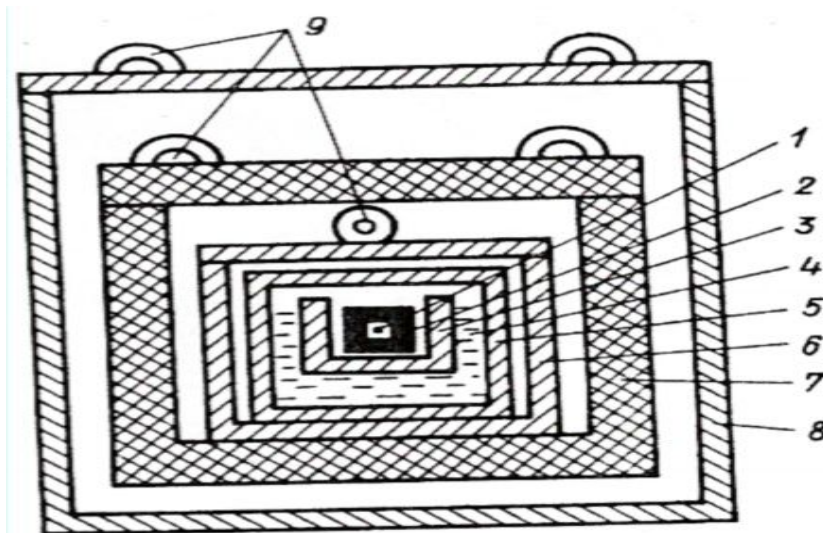
Егер А активтілігі анықталған шекті мүмкін мәнінен азырақ болса, радиоактивтілік заттар қауіпсіз жүктерде тасымалданады, $(3,7 \cdot 10^{-2} - 3,7 \cdot 10^2)$ МБк диапазонында әртүрлі радионуклидтер үшін өзгереді. Орамалардың беттерінде эквивалент мөлшерінің қуаттылығы $\text{мк}^3/\text{ч}$. артық болмауы керек.

Сонымен қатар, буып-түю комплексінде артық қысымды шығаруға және жылудың келуіне арналған құрылғылар болуы мүмкін.

Буып-түйетін комплектінің үш түрі болады: I – β -сәулелердің және сәулелердің басқа түрлерінің көздерін тасымалдауға арналған; II – нейтрон көздері және сәуленің басқа түрлері үшін арналған; III – α және β сәулелерінің көздері үшін. I – түрдегі буып-түю комплекттерінде γ - сәулелерінің көздері үшін қорғасыннан, шойыннан, болаттан немесе басқа ауыр материалдан тұратын радиацияға қарсы құрылғылар болады (қорғау контейнері, қорғау енгізгіштер). II – түрдегі буып-түю комплекстерінде нейтронды сәулелерден қорғану үшін парафин немесе бор мен кадмия қосылған басқа да құрамында сутегі бар заттарды қолданады. III – түрдегі буып-түю комплекстерінде, ережеге сәйкес алюминий және әртүрлі пластмассадан тұратын жеңіл материалдары, сонымен қатар қорғасыннан жасалған кішкене қорғаныс енгізгіштері пайдаланады.

Радиоактивтік заттардың тасымалдануы негізгі екі түрге бөлінеді – А және В.

А типті буып-түю комплекстері, радиоактивті заттарды тасу кезіндегі (биіктіктен құлау, қасындағы жүктің соғылуы, қысылу, өткінші жаңбыр) транспорттың жақсы жағдайлары үшін есептелген. В типті буып-түю комплекстері, тасу кезіндегі апат жағдайларына төзімділігін қамтамасыз ету керек.



5.17-сурет. Радиоактивті заттарды тасымалдауға арналған буып-түйетін комплекстің принципиалды схемасы:

Радиоактивтілік жүктердің тасымалдануы тасымалдағыш буып-түю комплексі арқылы жүзеге асады, олар көптеген элементтерден құрылуы мүмкін. Олардың жұмыс істеу қызметтері: 7 – иондағыш сәулелерді әлсіретуге арналған, қорғағыш контейнері; 6 – (қосымша-(енгізгіш) қорғағыш - иондағыш сәулелердің қайтадан әлсіреуіне арналған қосалқы буып-түю жабдықтары; 1– радиоактивті заттар салынған алғашқы сыйымдылықты 2 тиеуге және түсіруге қауіпсіз және 3 – ыңғайлы жасау үшін арналған тиегіш стакан; қосалқы буып-түйетін құралдар 4– алғашқы сыйымдылықты сақтауға арналған және апат жағдайы болған кездегі радиоактивтік заттарды жұту материалдары; қоршаған ортаға радиоактивтік заттардың таралмауын болдырмайтын герметизациялағыш ыдыс 5; буып-түю комплекстері мен құрама бөлімшелерінің қызметкерлермен, транспорт құралдарымен және де басқа қоршаған орта объектілерімен байланысын болдырмайтын қорғаныс ыдысы 8; тасып-тиеу жұмыстары үшін, буып-түю комплекстерінде жүкті көтеру мен түсіруге арналған жүк көтергіш элементтері 9

Орамалардың сыртқы беттерінен 1 метр арақашықтықта орналасқан кез келген нүктеден эквивалент дозасының қуатын анықтайтын, радиациялық орамалардың төрт транспорттық категориялары қондырылған.

Орам диаметрінің мөлшері 58 см кем болса, лимиттелуші көрсеткіші болып орамалардың бетінде эквиваленттік мөлшерінің қуаттылығы көрсетіледі, ал диаметрлері үлкен болған жағдайда 1 м арақашықтықта, сәулелену мөлшерінің қуаттылығы көрсетіледі.

Егер дозаның қуатының арақашықтығы орамнан 1 м болса, онда оны әртүрлі көлік категорияларына алып бару керек немесе ең үлкен транспорттық категорияға орналастырады.

Көліктегі А категориясында істейтін жұмысшыларға төмендегілер жатады: буып-түю, жүкті тиеу, жүкті түсіру, алып бару, радиоактивтік заттарды уақытша сақтау.

Көліктегі В категориясына жұмысшы адамдар мен жолаушылар жатады, бұл мамандық радиоактивті жүктермен тікелей байланыста болуды талап етеді.

Бұлар - жолаушы және жүк таситын ұшақ экипаждары, жүкті үлестіріп берушілер, жалпы пайдалануға арналған автокөлік жүргізушілері, жөндеушілер, радиациялық жүгі бар жөндеуші көлік, жүк қабылдаушылар және автошаруашылықтың басқа да қызметкерлері, әуежайлар, станциялар, өзен және теңіз порттары, бұлардың бәрі өз қызметінде радиоактивтілік заттарды тасымалдау жұмыстарына қатысы болады.

Бөлінетін заттарды тасымалдау процесі кезінде радиациялық қауіпсіздік талаптары сақталуы тиіс және оған қоса арнайы ядролық қауіпсіздік шаралары өткізіледі, бағытталғандар **предотвраға** қиын-қыстаулық күй-жағдай көріну **щениесі** (өздігінен пайда болатын **цеп** ядролық реакциялар және ядролық жарылуды сырқыра) зат **транспортируемогосы**.

Радиациялық жүктерді маркілегенде, жүктің сипаты және жүк туралы мәліметтер берілуі керек. Жүкті жіберу үшін, жүктің екі қапталына, қауіптілік белгісі жапсырылады.

Ашық түрдегі радиоактивтік заттармен жұмыс жасаған кезде міндетті түрде жеке қорғаныс құралдарын қолдану керек.

Жеке қорғаныс құралдарына (ЖҚҚ) арнайы киімдер, аяқ киім, әртүрлі құралдар мен жабдықтар (респираторлар, пневмокостюмдер, противогаздар) жатады, бұлар жұмысшыларды сыртқы ортаның зиянды факторларынан қорғайды. Радиоактивтілік заттармен жұмыс істеген кезде, осы жеке қорғаныс құралдары адамдардың демалу және ас қорыту мүшелерін және де терілерін қорғайды.

Технологиялық құрылғылар разгерметизацияға ұшырағандағы жөндеу және апаттық жұмыстарды орындау кезінде, қауіпті және зиянды өндіріс факторлары аса үлкен рөл атқарады.

Жеке қорғаныс құралдарын келесі негізгі түрлерге бөлуге болады:

1) оқшаулағыш костюмдер – пневмокостюмдер, гидроизоляциялау костюмдер;

2) демалу жолдарын қорғайтын құралдар – газқағарлар, респираторлар, пневмо шлемдер және т.б.;

3) арнайы киімдер – комбинезондар, жартылай комбинезондар, кеудешелер, шалбарлар, халаттар, алжапқыштар және т.б.;

4) арнайы аяқ киімдер – етіктер, бәтеңкелер, ұзын қонышты етіктер, т.б.;

5) қолға арналған қорғағыш құралдары – қолғаптар;

6) көзге арналған қорғағыш құралдар – қорғағыш көзілдіріктер;

7) сақтану әдістері – қолмен қабылдау, манипуляторлар және т.б.

Жеке қорғаныс құралдарын таңдау жұмыс шарттарына және радиациялық жағдайға, орындалатын жұмыстың сипаты мен көлеміне байланысты анықталады. Мысалы, ыстық лабораторияларда едендері дезактивациялау жұмыстарын орындау үшін, ЖҚҚ-ың комплекстері қолданылады, оларға ақ матадан тігілген комбинезон немесе костюм, іштен киетін ішкіім, шұлық, арнайы аяқ киім, «Лепесток-200» респираторы, алжапқыш, жеңқаптар, пластикті ұзын қонышты етіктер немесе резеңке етіктер, резеңке қолғаптар және мақта-мата қолғаптары жатады.

Ашық көздермен жұмыс істеу учаскелеріне келіп-кететін және ол жерде жұмыс істейтін адамдарды, жұмыстың түріне және кластарына байланысты ЖҚҚ-мен міндетті түрде қамтамасыз ету керек. I- кластың және II- кластың жеке жұмыстарын орындайтын жұмысшылар, ауадаға радиоактивті заттардың сипатына байланысты комбинезонмен немесе костюммен, қалпақпен, арнайы іш киіммен, шұлықпен, бәтеңке немесе жеңіл аяқ киіммен, қолғаппен, бір рет қолданатын сүлгілермен, беторамалдармен, сонымен қатар демалу жолдарын қорғайтын құралдармен қамтамасыз етілуі керек. II - кластың және III - кластың жеке жұмыстарын орындайтын жұмысшылар, халатпен, бас киіммен, қолғаппен, жеңіл аяқ киіммен және қажеттілік болған кезде демалу жолдарын қорғау құралдарымен қамтамасыз етілуі керек.

Радиоактивті аэрозольдермен жұмыс істеу кезінде (ұнтақтармен жұмыс істеу, радиоактивті ерітінділерді булау жұмыстары)

ғимараттың ауасы ластанғанда, демалу жолдарын қорғайтын арнайы сүзгіш немесе оқшаулағыш құралдарды қолдану қажет.

24-кесте

Орамалардың транспорттық категориялары

Транспорт- тық категория	Транспорттық категориясы- ның этикетка түстері	Эквивалентті сәуле дозасының шекті рұқсат етілген қуаты, м ³ в/ч	
		Ораманың сыртқы бетіндегі кез келген нүктеде	Ораманың сыртқы бетіндегі кез келген нүктеден 1 м қашық- тықта
I	Ақ	0,005	Саналмайды
II	Сары	0,5	0,01
III	-//-	2,0	0,1
IV	-//-	10,0	0,5

Радиоактивті газдар мен булар және жұмыс істеу кезінде ғимарат ауасын ластауы мүмкін немесе сүзгіш құралдарын қолданған кезде радиациялық қауіпсіздікті қамтамасыз етпесе, онда оқшаулағыш қорғаныс құралдарын қолдану керек.

5.13. Радиациялық қауіпсіздік қызметінің шарттары

Иондағыш сәулеленулердің көздерімен жұмыс жасау кезінде радиациялық бақылау ұйымдары болмаған жағдайда, жұмысшыларға және қоршаған ортаға қауіп туғызады. Сондықтан да, радиациялық заттар мен иондағыш сәуле көздерімен жұмыс өткізілетін барлық жерлерде, радиациялық қауіпсіздік қызметтері жасалған.

Радиациялық қауіпсіздік қызметінің жұмыстарын орындауға арналған, ережеге сәйкес, өзінің құрамында топтардың (учаскелер) қатары болады.

Радиациялық қауіпсіздік қызметінің мақсаты – жұмыстың қауіпсіздік жағдайын қамтамасыз ету, құрылғыдағы радиация деңгейіне жүйелі бақылау құру, лабораторияларда және жұмысшы аймақтарында қоршаған ортаның радиациялық жағдайын бақылайды.

Радиациялық қауіпсіздік қызметінің негізгі мақсаты – келесідей орындалады:

1) радиациялық қауіпсіздік пен (иондағыш көздермен жұмыс жасалатын қондырғыларға, жұмыс орындарына, зертханаларға байланысты санитарлық ережелері мен нұсқаулары) сәуле көздерімен жұмыс істеу нормаларын сақтауды бақылау, радиациялық қауіпсіздік аймағындағы қызметкерлердің классификациясын жоғарылату үшін курс ұйымдарын жүргізу және әр жыл сайын осы сұрақтарға қатысты білімдерін тексеру жүргізіледі, барлық қызметкерлердің дәрігерлік тексеруден өтуін қамтамасыз ету;

2) жұмыс орындарындағы, көрші ғимараттардағы, мекеме аумағындағы стационарлы және тасымалдау құралдарын пайдалануға арналған радиациялық жағдайды бақылау. Осыдан келіп киімдерде, тері жамылғыларында және жұмыс орындары мен жабдықтарда болатын радиоактивті заттармен ластау деңгейлерінің, ғимарат ауасындағы радиоактивті газ бен аэрозольдің құрамында болатын сыртқы ағынды сәулелердің бақылауы жүзеге асады;

3) сәулеге түскен қызметкерлер жеке бақылаудан өтеді. Сыртқы сәулеленуді бақылау үшін индивидуалді дозиметрлерді, ал организмге немесе басқа да органдарға радиоактивті заттардың түсуін анықтау үшін индивидуалді пробоотборниктер қолданады;

4) сыртқы ортаның объектісіндегі радиоактивтік ластану деңгейін бақылау «Ішкі» дозиметрдің көмегімен жүзеге асады;

5) радиациялық жағдайды бақылау құралдарына-тексеру, калибрлеу және жөндеулер жатады;

6) мүмкін болатын апат жағдайын болдырмау үшін қажетті шараларды қабылдау және өңдеу;

7) ғылыми-зерттеу жұмыстарын өткізу (ғылыми-методикалық өңдеу, есептеулер, радиациялық бақылау құралдарын жасау, т.б.).

Радиациялық қауіпсіздік қызметінің ұйымдық және нақты орындалуы, иондағыш сәулелену көздерінің қауіпсіздігін қамтамасыз етеді.

6. КАРЬЕРАЛАРДАҒЫ МИКРОКЛИМАТ ЖӘНЕ АТМОСФЕРА

6.1. Карьерадағы микроклимат және орналасқан ауданның климаттық жағдайы

Табиғи ортаның климатының негізгі параметрлеріне – температура, барометрлік қысым және ауа ылғалдылығы жатады. Атмосфера белгілі уақыт аралығында үздіксіз қозғалыста болады. Ауа қозғалысы жер бетінде горизонтальды жазықтықта қысымның әркелкі таралуын туғызады. Желдің орташа жылдамдығы мен бағытының қайталануы уақыт аралығында (жыл, ай, уақыт) анықталады.

Жауын-шашынның мөлшері мен түсу қарқындылығы аймақтың климатының негізгі өлшемдеріне байланысты. Негізгі метеорологиялық сипат күннің түсу радиациясының қарқындылығымен анықталатын жергілікті жердің жылу режимі болып табылады. Соңғысы күннің тұру биіктігі, атмосфераның мөлдірлігі және жер бетіне түсетін күн сәулесінің құлау бұрышына байланысты.

Микроклимат – жер бетіндегі ауа қабаты. Микроклимат карьера орналасқан ауданның климатына, сонымен бірге динамикалық және термикалық факторларға байланысты.

Карьералардағы ауа жылдамдығы негізінен динамикалық күшке, яғни жер бетіндегі желдің жылдамдығы және күн радиациясына байланысты туындайтын ауаның ысуы мен салқындауын тудыратын термикалық күшке байланысты.

Жер бетіндегі желдің жылдамдығынан 2 м/с карьерадағы 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 ауысылыммен сипатталады.

Карьерадағы жер бетінің ауа жылдамдығы, карьераның 200 м және одан да тереңдіктегі шамасына қарағанда аздау. Бұл еркіндік ағысы заңымен түсіндіріледі. Еркін ағыстың ерекшелігі ағыстағы статистикалық қысым және сыртқы орта қысымының тепе-

теңдігімен сипатталады. Карьерадағы жел бағыты мен жылдамдығы тұрақсыз. Ауаның ысуы мен салқындауын туғызатын термикалық күштер карьерадағы ауа жылдамдығының өзгеруіне әсерін тигізеді. Карьерадағы негізгі ауа алмасуы критерийі термикалық күштер әсерінен температура градиенті пайда болады. Карьерадағы 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 нақтылығы және таңғы сағаттағы биіктіктегі ауа температурасының жоғарылау қарқындылығымен байланысты.

Атмосферадағы вертикалды карьера градиенттердің өзгеруіндегі сипаты екі фактор әрекетімен түсіндіріледі: бірінші, ары-бері бағыттағы ауаның алмасуынан горизонтальды температуралық аумақтың біртекті еместігі, екінші карьера атмосферасына ауаның жоғарғы ағымы өз температурасымен әрекеті карьера аймағындағы температурасына алмасады.

Карьера кеңістігі геометриясы жер беті сипаты мен технологиялық процестер жылу балансының ерекшелігіне және карьерадағы күн радиациясының бөлінуімен шағылысады.

Карьерадағы термикалық режимдердің тағы бір ерекшелігі: ернеулер мен кертпештерінде ауа мен топырақ температураларына таралуы әркелкі. Бұл беткейлердің әртүрлі құламалығымен көлеңкелігіне байланысты. Мысалы: түс уақытында оңтүстік ернеу жылу жеткіліксіздігі жағдайында, ал батыс пен шығыс ернеуде солтүстікке қарағанда температура төмен.

Карьераның термикалық режимнің екінші ерекшелігі: жер бетіне қарағанда карьерадағы ауа жылырақ. Мұнымен карьера 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 карьерадағы табиғи ауа алмасуын қалыптастыруға үлкен әсер етеді.

Карьера ернеуіндегі күн радиациясы қарқындылығының өзгеруі карьера кеңістігіндегі тау жыныстарының қызуы салдарынан туындайтын жылу жағдайын анықтайды.

Тікелей күн радиациясының ашық күндегі шамасын мына формуламен анықтайды:

$$Q = q_n \cos \Theta, \text{ вт/м}^2, \quad (6.1)$$

мұндағы q – тегіс жердегі күн радиациясының қарқындылығы шамасы, Θ – күн сәулесі бағытының бөктердің карьера ернеуі, 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° - 60° , 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 есептелінеді.

$$q_n = \frac{q \sinh}{\sinh + c}, \text{ Вм/М}^2, \quad (6.2)$$

мұндағы 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 – атмосфера мөлдірлігін сипаттайтын эмприкалық коэффициент.

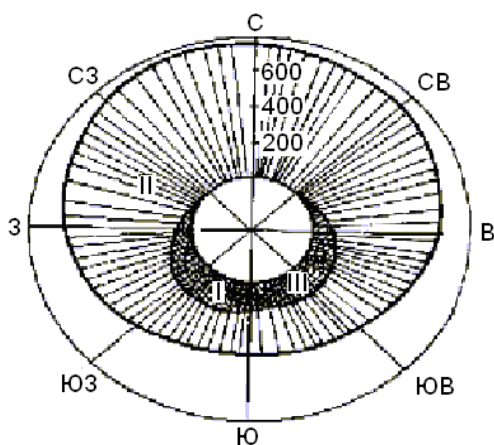
Актинометриялық станциялардың бақылауы бойынша бұлтсыз күндерде C эмприкалық коэффициент шамамен $0,25: 0,43$ құрайды.

Күннің тұру биіктігінің шамасы (күннің бұрылуы, еңкеюі φ , жауын) барлық ендікте, жыл немесе күн уақыты, сонымен қатар жер бетін бағдарлауды формуламен анықтаймыз.

φ – географиялық ендік, жауын.

Сағаттық бұрыш түс уақытымен анықталады $\gamma = \omega t$, ω сағатына 15° тең болады. ω саны түс уақытында оң, ал түстен кейін қарама-қарсы. $\cos \theta$ белгісі сәулеленің құлау бұрышына, жарықтың түсуімен қиғаш ендікте көлбеу және тік жақтарымен карьераны бағдарлайды.

Карьера ернеуіне тіке күн радиациясы қарқындылығының эпюрасы 6.1-суретте көрсетілген, ернеу бөктерлерінің бұрышы $30^\circ : 50^\circ$



6.1 - сурет. Карьерадағы тіке күн радиациясының таралу эпюрасы:
 I – 5 сағат; II – 12 сағат;
 III – 19 сағат

Тіке күн радиациясының жоғарғы шекті қарқындылығы таңғы 5-те оңтүстік-батыс ернеуден келеді. Күн сәулесі карьераның оңтүстік, оңтүстік – батыс, батыс және солтүстік – батыс беттеріне түседі, ал қалған бөлігі көлеңкеде қалады.

Түс уақытында жоғарғы 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 карьераның шығыс, оңтүстік-шығыс және оңтүстік ернеуіне түседі, қалған бөлігі көлеңкеде қалады.

Карьера ернеуіне және көлбеу беткейлердегі күн радиациясы қарқындылығының өзгеруіндегі заңдылықтарды мына түрде көруімізге болады

$$Q = - a\tau^2 + b\tau - c, \quad (6.3)$$

мұндағы a , b , c – теңесу параметрінің өлшемі; τ – уақыт.

Карьераны тереңдету күн радиациясы ағынының азаюына әкеледі. Сонымен бірге, карьераның төменгі кертпештеріне тіке күн сәулесінің түсу ұзақтығы да азаяды.

Жарықтандырудағы біркелкі еместігінен және уақыт бойынша тіке күн радиациясының таралуы, сонымен бірге карьераны тереңдету тұрақсыз температура аймағының қалыптасуына әкеледі. Жеке бөліктердегі қызудың біркелкі еместігінен жергілікті циркуляция артады, жергілікті ағыстар пайда болады және сол уақытта карьераның айтарлықтай бөлігі ұзақ уақыт бойына радиациялық балансқа қарама-қарсы жағдайда жылудың жоғалуы жылудың келуінен артық болады.

6.2. Карьера ауасының негізгі құрамдас бөлігі

Оттегі (O_2) – түссіз, дәмсіз және иіссіз газ. Оның ауамен салыстырғандағы тығыздығы – 1,11, молекулярлық салмағы – 32. 1л оттегінің $0^\circ C$ және 101,3 кПа қысымдағы массасы – 1,43 г тең. Оттегі суда нашар ериді ($0^\circ C$ көлемінің 5% ғана), көптеген заттармен байланысқа жеңіл түседі. Тотығу процесіне катализатор рөлін атқаратын су буы, оттегінің белсенділігін арттырады. Сондай-ақ, көміртегі тотығының жалыны абсолютті құрғақ оттегі атмосферасына енгізгенде бірден сөнеді. Оттегі адамға демалу үшін қажет. Егер адам тамақсыз 30 – 40, сусыз 10 – 12 күн өмір сүре алса, ал оттегісіз 3 – 4 минуттай артық өмір сүре алмайды. Оттегі барлық қосынды беті 100 м^2 болатын тыныс алу жолдарымен өкпеден қанға өтіп, бүкіл 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. Ағза тек 20% оттегісі бар ауаны игере алады. Демді ішке алғанда ауада - 21% оттегі болса, шығарғанда – 17% жақын. Дем шығарудағы көмір қышқыл газының мөлшері сіңірілген оттегі мөлшерінен біршама төмен. Бірдей уақыт аралығындағы дем шығарудағы көмір қышқыл газы мөлшерінің сіңірілген оттегі мөлшеріне қатынасы – тыныс алу коэффициенті деп аталады. Жеңіл жұмыста тыныс алу коэффициенті < 1 , ал ауыр жұмыста > 1 . Адам тыныштық кезінде минутына 16 – 18 рет дем алады.

Адамның ауаны бір жұту көлемі 0,4 – 0,5 л, минутына 8 л ауа пайдаланады.

Атмосфералық қысым көтерілгенде (шахтаға түскенде) оттегінің парциалдық қысымы артады, бұл адам организміне ауадағы оттегі көбейгендей қабылданады. Қалыпты атмосфералық қысымда, таза оттегімен 5 – 6 сағат бойында демалу ағзаға теріс салдар туғызбайды. Бақылау, 18,9 % оттегінің ағзада бірінші тәулікте күтпеген өзгерістер әкелетінін (дене температурасы төмендейді, тамыр соғысы бәсеңдейді, т.б.) көрсетті. Ауадағы 8,4–12,6% оттегі аз уақыт аралығында (кейде тәулікке дейін) адам ағзасына теріс әсерін тигізбейді. Атмосфералық қысым кемігенде (мысалы, шахтадан көтерілуде) оттегінің парциалдық қысымы төмендейді, ал бұл адамға оттегі жетіспеушілігіндей сезіледі.

25-кесте

Теңіз бетінен биіктігіне байланысты атмосфералық және парциалдық қысымның өзгеру тәуелділігі

Көрсеткіштер	теңіз бетінен биіктігі, км								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Атмосфералық қысым, кПа	101,3	889,9	775,5	770,1	661,6	554	447,2	441,1	335,6
Парциалдық қысым, кПа	22,1	118,8	116,7	114,7	112,9	111,3	110	88,8	77,1
101,0 кПа қысымға есептелген оттегінің % мөлшері	20,9	118,4	116,4	114,5	113,5	111,3	110	88,8	77,1

Егер атмосфералық ауаның құрамы өзгермей, тек атмосфералық қысымы өзгерсе, онда адам оттегінің 8,6–12 кПа парциалдық қысымында да өмір сүре алады, бұл 9 –12% оттегі мөлшерімен сәйкес келеді. Оттегінің кемуі алғашында денені қоздырады, себепсіз көңілденеді, даусын көтеріп сөйлегіш болады, мұнан соң көңілсізденеді, (жалпы әлсіздікті, шаршауды сезінеді, бүкіл дене ауыр тартады) енжарлық басады, дүниеге қызығушылығы кемиді, бастың самай бөлігі, маңдай және желке тұсы қысып ауырады. Оттегі 9–10% болғанда, бетте көгеру таңбасы байқалады, температура 1–2°C-қа көтеріледі, қалтырау басталады. Өкпеден, мұрыннан қан кетеді, дыбыстық және көру елесі пайда

болады. Жерасты жағдайында оттегінің 17% кемуі ендігу мен жүрек соғысы жиілеуі басталады. Ал оттегі 12% болғанда естен танады және өледі. Желдетілмеген тау-кен қазбаларында (әсіресе тұйық қазбада) оттегі мөлшері тотығу процесі 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 демалуға жарамсызданады. Мұндай қазбаға кіру өмірге аса қауіпті. Қауіпсіздік ережесі бойынша жұмыс жасап тұрған қазбадағы оттегі мөлшері 20% кем болмағанда ғана адамға жұмыс істеуге рұқсат етіледі.

Жерастындағы тотығу процестерінің және жерасты қазбаларынан бөлінетін газдардың (метан, көмір қышқыл газы, т.б.) салдарынан жерасты қазбаларында қозғалыстағы ауа құрамындағы оттегінің мөлшері азаяды. Мұнан басқа, қазбалардағы оттегі 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 101,3кПа кезіндегі массасы 1,25г, 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 көтерілуінде) қандағы азот көпіршіктеніп, кессондық ауру тудыруы, 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. Карьера ауасындағы азот мөлшері нормаланбаған.

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

Көмір қышқыл газы адам ағзасында тұрақты тотығу процесінің нәтижесінде пайда болып, демалуға себепкер рөл атқарады.

Денеге түсетін күш кемігенде, дем алу қалыпты күйге түседі, өйткені көмір қышқыл газының бөлінуі қысқарады. Ауадағы көмір қышқыл газы 3% болғанда демалу жиілігі тіпті тыныштық күйдің өзінде 2 есеге, ал 5% болғанда – 3 есе жиілейді. Газ мөлшері 5 – 8% болғанда, көздің шырышты қабығы мен тыныс алу жолының жоғарғы бөлігінің қабыну белгісі байқалады, бас ауырады, құлақ шыңылдайды, бас айналады, ыстықтайды, жүрек соғады, енгігеді, құсқысы келеді, артериялық қысым артады. Газ мөлшері 20% дейін болғанда (оқшаулаушы респиратормен жұмыста) тері қызаруы байқалады, шаншуды сезінеді. Көмір қышқыл газының 20–25% мөлшері өмірге аса қауіпті. Карьерадағы көмір қышқыл газының негізгі бөліну көздері, ол шіру процесімен ағаш пен көмірдің тотығуы, тау жынысының қышқылды суда ыдырауы және қазбалардан бөлінуі. Мұнан басқа көздерге, метанның қопарылуы, көмір шаң – тозаңы және өрт болуы мүмкін. Ауадағы көмір газының мөлшері қауіпсіздік ережесі бойынша мына мәннен аспауы қажет: жұмыс орны мен учаскелерден ауа ағыншаларының шығар жерінде 0,5%; деңгей жиектерден және қанаттардан және жалпы карьерадан шығар ауа ағыншаларында 0,75%, қазбаны үйіндіден қалпына келтіруде 1% болады.

6.3. Карьера ауасындағы улы, атылғыш және радиоактивті қоспалар

Карьералық ауаның улы қоспасына көмір тотығы, азоттың тотықтары, күкіртті газ, күкіртті сутегі т.б. жатады. Улы газ аздаған мөлшерде пайдалы қазба мен жыныс қоспасынан тау

қазбасының минерал көздері мен тоғысуынан бөлінуі мүмкін. Көп мөлшерде қопарылыс жұмыстарымен іштен жану қозғалтқышты машиналардың жұмысында бөлінеді. Ауадағы улы газ мөлшері қатаң нормаланады. 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, бұрынғы мерзіммен қазіргі және кейінгі ұрпақтың жұмыс процесіндегі оның денсаулығына ауытқу болмайтындай ауру тудырмайтындай мөлшерін айтады.

Көміртегі тотығы (CO) – түссіз, иіссіз және дәмсіз газ. Оның ауаға қарағандағы тығыздығы 0,97, молекулалық салмағы – 28. Қалыпты жағдайдағы көміртегі тотығының 1 л массасы 1,25 г. Суда өте нашар ериді ($20^{\circ}C$ 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 $630 - 810^{\circ}C$.

Адамның көміртегі тотығымен улану себебі қандағы қызыл түйіршіктен (эритроцит) тұратын гемоглобин, оттегімен салыстырғанда 300 есе көп көміртегімен белсенді әрекеттеседі, сөйтіп ағзадағы оттегі жетіспеушілігіне әкеледі. Қандағы 10–20 % көмір тотығы жұмыс кезіндегі адамдардың демалысын жиілетіп, бас ауру белгілері пайда болады.

Көміртегі тотығы қанда 20–40 % болған жағдайда бас ауруы күшейеді, бас айналу басталады, психикасы бұзылады, жалпы әлсіздік, жиіркену, құсу, жүрек соғуы жиілейді. Қандағы көмір тотығы мұнан әрі ұлғайғанда естен тану басталады, мұнан соң өледі. Ұзақ уақыт санитарлық нормадан үлкен көмір тотығы бар газды ортада болған адам өткір уланудан басқа, созылмалы улануы да мүмкін. Созылмалы улану кезінде орталық нерв жүйесі зақымданады, көру нашарлайды (түсті сезіну бұзылады, көру жазықтығы қусырылады) жүрек және гипертониялық кеселдер пайда болады. Қопару жұмысынан соң, үздіксіз желдету жағдайында көмір тотығының не шартты көмір тотығының мөлшері 0,008 % аспаған жағдайда адамдардың кенжарға жіберілуі мүмкін. Жұмыс істеп тұрған қазба ауасының көміртегі тотығымен қанығуының шектік мөлшері 0,0017% тең.

Азот тотықтары. Карьера 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. Ауадағы неғұрлым орнықтысы NO_2 мен N_2O_4 ; Азоттың қос тотығы ауадан 1,59 есе ауыр. Олар суда жақсы еріп, азот қышқылы мен азоттылау қышқыл түзеді.

Еру процесіндегі реакция тиісінше: $2 NO_2 + H_2O = HNO_2 + HNO_3$

Азоттың еселенген қос тотығы N_2O_4 ауадан 3,18 есе ауыр. Бұл да суда жақсы ериді. Азот тотықтарымен адамның өткір 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 не мұнан да ұзаққа созылады. Бұл уақытта өкпенің ісінуі басталады. Бұл үлкейе келіп, 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, ол ауадан 2,3 есе ауыр. 20°C-тағы судың бір көлеміне күкіртті газдың 40 көлемі ериді. Күкіртті газ өндірістік қопару жұмыстарында қазбадағы өртте, жартылай сульфидтердің ауадағы оттегімен тотығуында пайда болады. Ол тау жыныстарымен (жартылай сульфид рудасымен сұр колчеданға бай кенді игеруде) тас көмірден де бөлінеді. Күкіртті газ улы, көз бен жоғарғы тыныс алу жолдарын тітіркендіреді, ал оның көбірек мөлшері өкпені зақымдайды. Апатты жағдайдағы күкіртті газ мөлшерінің 0,05% тұншығудан ажал өте жылдам келеді.

Күкіртті газдың ауадағы мөлшері 0,0005% болғанда иісі сезіледі. Ауадағы қанығуының шектік мүмкін мөлшері 0,00018%.

Күкіртті сутегі (H_2S) – түссіз, өзіндік шіріген жұмыртқа иісі бар газ. Ол ауадан 1,19 есе ауыр. 20°C температурада бір көлем суда 2,5 көлем күкіртті газ ериді. Күкіртті сутегі жанады, ауамен араласады (6% мөлшерде) қопарғыш қоспа жасайды. Карьералық ауада күкіртті сутегі күкіртті газбен жиі серіктесе жүреді, дәл осылай полисульфид пен колчеданның тотығуында да бірге пайда болады. Күкіртті сутегі мұнай, озокерит және көмір карьерасындағы бос қалған орыннан, жарықшақтан бөлініп шығады. Сондай-ақ, ол органикалық заттардың шіруі мен қопару жұмыстарын жүргізуде де пайда болады.

Адам күкіртті газбен жеңіл уланғанда көздің шырышты қабығы мен жоғарғы тыныс алу жолдарының тітіркенуі байқалады, көз ауруы, жарықтан қорыққыштық, көзден жас ағу, жарық көзі төңірегінде түсті дөңгелектің пайда болуы, жөтелу, көкірек қысылуы пайда болады. Орташа уланғанда нерв жүйесі зақымданып, бас ауруы, бас айналу, әлсіздік, құсу, меңіреулік жағдай пайда болады. Күкіртті сутегімен уланудың ауыр түрінде – құсу, қан тамыр жүйесімен демалудың бұзылуы, естен тану жағдайымен ажалға апарлады. Күкіртті сутегі ұзақ уақыт әсер еткен адамда көздің созылмалы ауруы, ішек – қарын жұмысының ауытқуы, ұйқы бұзылу, гипертониялық ауру, т.б. байқалады. Күкіртті сутегінің ауадағы мөлшері 0,0001 – 0,0002% болғанда сезіледі. 1% мөлшері тіпті қысқа уақытқа әсер еткеннің өзінде аса қауіпті улануды тудырады. Күкіртті сутегінің мол қанығуын адамның иіс сезу нервтері жансыздануынан сезбеуі де мүмкін. Оның ауадағы рұқсат етілетін мүмкіндік шегі 0,00071%. Карьерадағы қауіпсіздік ережесі бойынша, ондағы күкіртті сутегі байқалуының өзі газға қауіптілікке жатқызылады. Мұндай карьераларды бірден газдық режимге көшіреді.

Акролеин, $CH_2=CHCONH_2$ – ұшқыш сұйық (тез буланады). Күйген май иісті. Бұл карьера 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. Қас 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 шұбырады, демалысы баяулайды, есінен танады, ажал табады. Атмосферадағы акролеин мөлшері 0,014% болғанның өзінде ауамен 10 минут демалудың өзі өмірге қауіпті. Ауадағы акролеиннің мөлшерінің шектік мүмкіндігі 0,0008%. Акролеинмен пайдаланылған ысырынды газды залалсыздандырудың көмегімен күреседі.

Формальдегид (CH_2O) – (құмырсқа альдегиді) төтенше өткір иісті газ. Оның ауаға қарағандағы тығыздығы 1,4. Ол суда тез ериді. Ол іштен жану қозғалтқышы жұмыс істегенде бөлінеді. Формальдегид көздің шырышты қабығы мен тыныс алу

органдарына тітіргендіргіштік әсері бар. Орталық нерв жүйесін, теріні зақымдайды. Ауадағы мөлшерінің рұқсат етілетін мүмкіндік шегі 0,00040% тең.

Аммиак (NH_3) – түссіз, өзіне тән өткір иісті газ. Оның ауаға қарағандағы тығыздығы 0,59. Аммиак суда жақсы ериді, оның ауамен қоспасы (мөлшері 16 – 26% болғанда) жарылыс береді. Аммиак апатитті-нефелин жыныстарынан, жару жұмыстарын жүргізгенде, өрт сөндіру кезінде (сумен аса қатты қызған көмірдің өзара әсерленуінен), карьера ауасын салқындатуға арнаған жер бетінде 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, есіреді, сандырақтайды, көз тітіркенеді, көзге кірген аз мөлшерінің өзі соқырлыққа әкеледі. Аммиактың ауадағы мүмкіндік шегі 0,002%.

Родон (R_n) – иіссіз, түссіз және дәмсіз радиоактивті газ, ауадан 7,6 есе ауыр, суда жақсы ериді. Родонның жартылай ыдырау периоды 3,8 тәулікке тең, радийдің алғашқы ыдырауының жемісі. Ол радиоактивтік кен 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. Организмге енген радиоактивті заттар қан арқылы органның әртүрлі ағзаларына тарайды, сөйтіп ішкі сәулеленудің көзіне айналады. Иондайтын әртүрлі сәулеленудің әсерінен сәулелік ауру пайда болуы мүмкін. Радиоактивтік сәуленің биологиялық әсерінің ерекшелігі, тіпті сәулеленудің қауіпті дозасының өзінде, организм оны сезінбейді. Қауіпті салдары уақыт өте келе байқалады (26-кестеде).

Сутегі (H_2) – түссіз газ. Ауаға қарағандағы тығыздығы 0,07, оның қалыпты жағдайдағы тығыздығы 0,09 кг/м; 0°C 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°C, метанның тұтану температурасынан да төмен. Сутегі басқа газдан жеңіл, кеуек қоршаудан диффузияланады. Карьералық ауаға ол калий, көмір жыныстарынан бөлінеді (метаморфизмнің орта дәрежесінде) аккумулятор батареясын зарядтау кезінде де пайда болады.

Иондайтын сәуленің адамға теріс әсерін болдырмаудың мүмкіндік сәулелену дозасының шегі

Сәулемен зақымданатын адамдардың категориясы	Бүкіл организмнің сыртқы сәулеленуінің мүмкін дозасы	
	бір аптаға	бір жылға
А. Иондаушы сәуле көзімен тікелей жұмыс жасаушылар.	0,1	5
Б. Сәуле көзінде жұмыс атқарғандар мен сыбайлас бөлмеде жұмыс жасайтындар.	0,01	0,5
В. Санитарлық аймақ шегіндегі территорияда тұратын барлық халықтар.	0,001	0,005

Ескерту. Бэр – (Биологический эквивалент рад) – дегеніміз 1 рад рентген немесе γ сәулесінің биологиялық әсеріне эквивалентті кез келген иондайтын сәуленің сіңген дозасы.
Рад – сәулеленген заттың 1 кг – на 0,01дж-ға тең келетін иондайтын сәуленің сіңген дозасы

Карьералардағы (кендік және кендік емес не сусымалы кенорнында) ең болмағанда бір қазбадан сутегі байқалса ол газға қауіптіге жатқызылып, төмендегі төрт категорияға бөлінеді.

Карьераның категориясы..... 1 II III санаттан жоғары
Жанатын газдың (метан, сутегі)
тәулікте бөлінетін және орташа
тәулікте өндірілген m^3 қазба
массасына келетін сандық
мөлшері..... ≤ 7 7-14 14-21 > 21

Карьераларды категорияға бөлгенде 1 m^3 сутегінің 2 m^3 метанға эквивалентті деп алынады. Ауада сутегінің рұқсат етілген шекті мөлшері 0,5 %.

7. АШЫҚ КЕНОРНЫНДАҒЫ НЕГІЗГІ ЛАСТАУШЫ КӨЗДЕРІ ЖӘНЕ ЖҰМЫС АЙМАҒЫНЫҢ АУАСЫНЫҢ КҮЙІ

7.1. Ашық кенорнындағы негізгі технологиялық процестер 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 жұмыс 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 жұмыс ауысымында жұмыс істеу және қауіпті шарттарда жұмыс істеудің әсерінен үнемі психикалық жүктемелердің түсуі жатады.

Тиеу-тасымалдау процесі кезінде жұмысшылардың жұмыс жағдайын жақсарту үшін еңбек қорғау шараларын жақсарту керек. Осы мақсатта бірқатар іс-шаралар жүргізілуі тиіс. Олардың алдыңғы қатарында технологиялық процесті 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 процестер 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 кенорнында 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 процестерге 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 процесс құрамына кіреді. Әрбір негізгі процестің, оны жүргізуге мүмкіндік жасайтын немесе жеңілдететін қосалқы жұмыстары болады.

Осыдан басқа карьерлерде тау-кен жұмыстарын жүргізуді қамтамасыз ететін көптеген жалпы процестер (энергиямен қамтамасыз ету, желдету, ылғалдандыру, пайдалы қазбаларды сынамалау, құрал-жабдықтарды жөндеу және т.б.) орындалады.

Тау жыныстарын қазуға дайындау тау-кен жұмыстарының қауіпсіздігін, өндірілетін шикізаттың сапасын және келесі процестерде техникалық құралдардың техникалық мүмкіндігін және қолайлы жағдайда қолданылуын қамтамасыз ету мақсатында жүргізіледі. Дайындау, қазу жұмыстары өндірілетін кен жұмыстарын құрғатуды (механикаландырылған экскаваторлық әдісте), тау жыныстары сілемесін қопсытуды, агрегаттық жағдайын өзгертуді және тау жыныстарын оңай қазуға мүмкіндік беретін басқа да жұмыстарды қолдануды қосады.

Ашық кенорындарында тау жыныстарын қазуға дайындау әдістері шикізаттың сапасына қойылатын талаптарға сай тау жыныстарының сілемедегі түріне, агрегаттық күйіне және физикалық қасиеттеріне, кәсіпорынның қуатына, техникалық құралдарға, сондай-ақ жұмыс жүргізудің табиғи жағдайына байланысты болады. Тау жыныстарын қазуға дайындаудың меншікті шығыны қазудың меншікті шығынының 5-40% құрайды.

Жұмсақ, тығыз, құмды, табиғи ұсақталған тау жыныстары және сусымалы қиыршық тас қоспаларының әдеттегі жағдайындағы қазу барлық қазу-тиеу құрал-жабдықтарының түрлерімен жүргізіледі.

Тау жыныстарын тасымалдау процесі – еңбекті ең көп қажет ететін және қымбат тұратын (жалпы шығынның 30-70%) процесс. 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 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 тасымалданған да, 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, эксплуатациялық 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 жыныстарын, көмірді, құмды, қиыршық тас карьерлерінде жүктерді тасымалдау үшін қолданылады. Іс жүзінде конвейерлік көліктерді пайдаланып ұсақталып қопарылған барлық тау 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 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 жыныстары тасымалданып, арнайы бөлінген жерлерде орналастырылады. Үйінділеу ашық кенорындарындағы жұмыстардың технологиялық тізбегінің соңғы кезеңі болып есептелінеді. 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 теміржол көлігімен тасымалдағанда үйінділеу үшін механикалық күректер және драглайндар, көп шөмішті үйінді экскаваторлары, үйінді соқалары, бульдозерлер қолданылуы мүмкін. Ұсақ және орташа қопсытылған тау жыныстарын төккенде қуатты драглайндар, бульдозерлер және көп жүк көтергіш скреперлер қолданылады. Механикалық күректер, сондай-ақ үйінді соқалары кез келген қопсытылған тау жыныстарын үйінділегенде қолданылады.

Ашық кенорындарындағы осы процестердің барлығы белгілі бір тәртіппен жүргізіледі, олар техникалық жағынан кез келген кезеңде қажетті жұмыстардың бағыттарын қамтамасыз ету 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 кенорнының жұмыстары атмосфералық жауын-шашынмен, қатты желмен қатар ауа температурасының төмен болуымен сипатталады. Микроклиматтың осы параметрлері әрқайсысы

әртүрлі үйлесімде ағзадағы физиологиялық үрдістердің жүруіне және нәтижесінде адамның денсаулығына және жұмыс істеу қабілетіне үлкен әсер етеді. Ол адам ағзасындағы үздіксіз жүріп тұратын биологиялық үрдістер: жылу шығарумен және жылу түзілумен түсіндіріледі. Жылудың көлемі, адам ағзасындағы биохимиялық үрдістерге 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-қа дейін көтерілгенде адамның жұмыс істеу қабілеті 18%-ға дейін, ал 40°C-та – 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 да, 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.

7.2. Шаңның шығу қарқындылығын анықтайтын әйгілі әдістер

Ауаның шаңдылығын анықтайтын белгілі әдістер жеткілікті дәлдікпен және оны өлшейтін құралдар бар. Ауаның шаңдылығын бақылауға арналған құралдар екі топқа бөлінеді:

– аэрозольден гравиметрлік, радиоизотоптық, оптикалық, пьезоэлектрлік 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 математикалық өрнектер ұсынған.

$$J = \frac{1}{K} X^2 \Psi^2 \text{ad nu} \exp - \frac{6,3\sqrt{y^2 + z^2}}{\Psi^2 X^{1,3}}, \quad (7.1)$$

мұндағы J – шаңның шығу қарқындылығы, мг/м³; K – карьерді желдету көлеміне және шаң көзінің орналасуына тәуелді коэффициент; X – шаң ағыны 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:

$$J = \frac{1}{K} X \Psi_{cp} N_x U, \quad (7.2)$$

Үздіксіз жұмыс істейтін қозғалмалы шаң көзінен шаңның шығу қарқындылығын келесі математикалық өрнекпен анықталады:

$$J = \frac{K' g_{cp} U \Psi_{cp}^2 X_1^2 (m_1 - m_2)}{N_m Q (B_{cp} + 2 X_1 \Psi_{cp})}, \quad (7.3)$$

мұндағы $K'=0,94$ рециркуляция және $K'=1,44$ тура желдету схемалары кезінде; D_{cp} – тиелген және бос машиналардың орташа жылдамдықтары; X_1 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, м³/с; B_c – автокөліктердің осінің орташалаған мән, м.

27- кесте

Қотыр-Бұлақ ҰСФ-ның ұнтақ материалдарды тасымалдау түйіндерінде атмосфералық ауаның шандылық 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	10,9	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	10,9	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	10,9	62,2 5,13		

Математикалық өрнек (7.1), (7.2) және (7.3) сияқты көптеген шекаралық және өлшемсіз коэффициенттері бар. Мұндай формулаларды пайдаланып, түрлі технологиялық процестер кезінде шаңның шығу қарқындылығын табу оңайға түспейді. Мұнымен қатар көрсетілген формулалар технологиялық процестердің цикл кезінде шаңның шығу қарқындылығын анықтауға мүмкіншілік тудырмайды. Сондықтан, шаңның шығу интенсивтілігін түрлі технологиялық процестер кезінде анықтауға және болжамдауға мүмкіншілік тудыратын әдіс тағайындау қажет. Шаңның шығу қарқындылығын дұрыс анықтау шаңды басу және байланыстырудың әдістері мен құралдарын таңдауға негіз болады.

7.3. Шаң көзінің маңында шаңның қозғалу механизмі

Негізінде рудникпен және карьердің ауа атмосферасының ластануы шаң көзінен желдің әсерінен шаң бөлініп шығады деп есептелінеді. Бірақ шаң көзінен ұсақ бөлшектердің атмосфера ауасына шығу түрлі физикалық құбылыстарға байланысты. Солардың ішінде маңызды орын алатыны, тура шағылған және шашыраған күн радиациясы. 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 шығу 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 үрдістерді 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 энергиясы бірақ бөлшекке берді дегеннің өзінде ол бөлшектің жылдамдығы шекті болады. Сонымен шексіз аз және шексіз үлкен шама болуының ықтималдығы өте төмен. Сондықтан кез келген шаң ағынын 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.

7.4. 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 ΔN бөлшек қозғалсын:

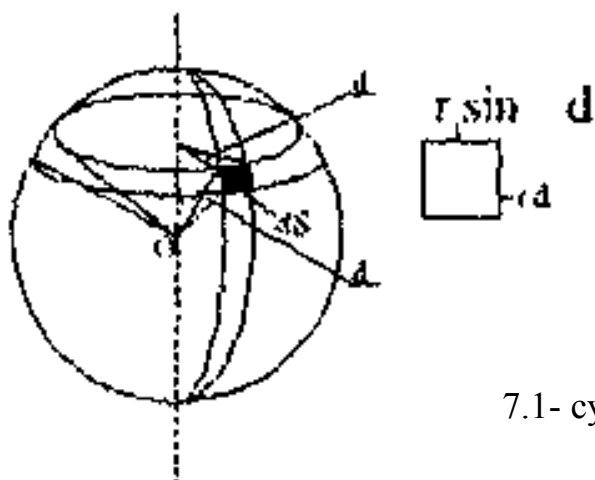
$$\Delta N = N \frac{\Delta S}{4\pi r^2}, \quad (7.4)$$

мұндағы 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 санак бағытынан бастап өлшенуге тиіс. Элементтің ауданшасын анықтау үшін r радиусы 1.3-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 келесіні аламыз:

$$dS = r^2 \sin \Theta d\Theta d\varphi. \quad (7.5)$$

Алынған теңдеу сфералық координаттар жүйесінде $r = \text{const}$ беттік қабат элементіне сәйкес келеді.



7.1- сурет

(7.4) теңдеуінде дельталардан дифференциалдарға көше отырып және оған (7.5) теңдеуін қойып келесі формуланы аламыз:

$$dN_{\Theta} = N \frac{r^2 \sin \Theta d\Theta d\varphi}{4\pi r^2} = N \frac{\sin \Theta d\Theta d\varphi}{4\pi}, \quad (7.6)$$

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:

$$dN_{\vartheta, \Theta, \varphi} = dN_{\vartheta} \frac{\sin \Theta d\Theta d\varphi}{4\pi}, \quad (7.7)$$

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:

$$dV_{\vartheta, \Theta, \varphi} = dN_{\vartheta} \frac{\Delta S \vartheta \cos \Theta \Delta t \sin \Theta d\Theta d\varphi}{4\pi \vartheta}, \quad (7.8)$$

мұндағы V – ыдыс көлемі.

ΔS алаңына дейін жететін бөлшектердің толық санын алу үшін Θ және φ бұрышы бойынша (7.8) 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 (7.8) теңдеуінің интегралдауын жүргізсек, ол келесі жазбаға сәйкес келеді:

$$dV_{\vartheta} = \frac{dN_{\vartheta} \vartheta \Delta S t}{4\pi V} \int_0^{\pi/2} \cos \Theta \sin \Theta d\Theta \int_0^{2\pi} d\varphi.$$

φ бұрышы бойынша интеграциялау 2π -ді береді, ал қалғандарын келесі түрде жазамыз:

$$dV_g = \frac{dn_g \vartheta \Delta S \Delta t}{4\pi V} 2\pi \int_0^{\pi/2} \cos \Theta d(\cos \Theta) = \frac{dN_g \vartheta \Delta S \Delta t}{2V} (-\tilde{n} \cos^2 \Theta) \Big|_0^{\pi/2} = \frac{dN_g \vartheta \Delta S \Delta t}{4V}, \quad (7.9)$$

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.

$$v_{\Delta S \Delta t} = \frac{\Delta S \Delta t}{4V} \int_0^{\vartheta_{\max}} \vartheta dN_g, \quad (7.10)$$

Ықтималдық теориясынан қандай да бір шаманың орташа мәні келесі теңдеумен анықталатыны белгілі:

$$\langle \vartheta \rangle = \frac{1}{N} \int_0^{\vartheta_{\max}} \vartheta dN_g, \quad (7.11)$$

Сәйкесінше (7.10) теңдеуін (7.11) -ді ескере отырып келесі түрде жазу қажет:

$$v_{\Delta S \Delta t} = \frac{\Delta S \Delta t}{4V} N \langle \vartheta \rangle, \quad (7.12)$$

мұндағы $\langle \vartheta \rangle$ – 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 шамасында ұшып шыққан шаң тәрізді бөлшектер массасын айтамыз. Сәйкесінше егер (7.12) формуласын орташа өлшенген салмақ шамасына көбейтсек және Δt -ға бөлсек, J – шаңның шығу қарқындылығы шамасын аламыз:

$$J_0 = \frac{m_{cp}}{\Delta t} V_{\Delta s \Delta t} = \frac{m_{cp} N \langle V \rangle}{4V} \Delta S, \quad (7.13)$$

мұндағы $m_{cp} N \langle V \rangle = N_3$ – ауа шаңдылығы, мг/м³. Онда қарқындылықты келесі түрде жазуға болады.

$$J_0 = \frac{1}{4} N_3 \langle V \rangle S, \quad (7.14)$$

Алынған нәтиже, қарқындылық ауа шаңдылығына және бөлшектердің жылдамдығының орташа мәніне пропорционал екендігін білдіреді. (7.14) формуласымен анықталатын шама бірлік уақыт аралығында бірлік аудан арқылы өтетін бөлшектер ағынының массасын сипаттайтынын айта кеткен жөн.

Шаң бөлшектері жылдамдығы шамасының модулі әртүрлі технологиялық үрдістерде және ауа ағыны оның құрамаларының жылдамдық модульдерінің қосындысымен анықталады.

Сәйкесінше бөлшектердің орташа жылдамдығының модулі келесі теңдеу арқылы жазуға болады:

$$\langle |v| \rangle = \langle |v_B| \rangle + \langle |v_T| \rangle + \langle |v_d| \rangle.$$

мұндағы $\langle |v_B| \rangle$ – ауа ағынының жылдамдық модулінің орташа мәні; $\langle |v_T| \rangle$ – технологиялық үрдістің 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. Сәйкесінше $\langle |V_d| \rangle$ шамасын қолданбай-ақ қоюға болады. Сондықтан (7.14) формуласын келесі түрде жауға болады:

$$J_0 = \left(\frac{1}{4} \right) N_3 [\langle |v_B| \rangle + \langle |v_T| \rangle] S, \quad (7.15)$$

мұндағы N_3 — сынама алу орындарындағы атмосфера шаңдылығы мг/м^3 ; S – шаңның пайда болу көзінің беттік бөлігінің ауданы, м^2 .

Технологиялық үрдіс тау-кен сілемінің қозғалысын, сонымен қатар шаң бөлшектерінің де қозғалысына әсер ете отырып, шаңның шығу көзіне тікелей әсер етеді. Технологиялық үрдіс шаңның пайда болу көзіне әсері тікелей ауа ортасы арқылы болуы мүмкін, яғни технологиялық қондырғының әсер етуінен оның аэродинамикасы өзгереді.

Шаңның бағытын анықтау үшін (7.15) формуласына жылдамдықтың векторлық жазылуын қою қажет.

Шаңның шығу қарқындылығы (7.15) 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 үрдіспен анықталып отырады. Технологиялық үрдіс барысында шаңның бастапқы салмағы тау-кен сілеміне сәйкес қондырғының әсерінен ұлғайып отырады. Технологиялық үрдіс кезінде қолданылатын технологиялық қондырғы мен түріне байланысты қандай да бір дәрежедегі екіншілей шаңдану жүзеге асады.

Осылайша, ластау көзінен шығатын шаң беттік қабатта, көлемде орналасуына, технологиялық үрдіске 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 түрде келтіруге болады:

$$\varphi = \frac{\varphi_s + \varphi_v + \varphi_T}{100\%}, \quad (7.16)$$

(7.15) формуласын (7.16)-ға көбейткен кезде әртүрлі технологиялық үрдіс кезіндегі шаңдылық қарқындылығын аламыз және оны келесі түрде жазамыз:

$$J = \frac{1}{4} \frac{(\varphi_s + \varphi_v \varphi_T)}{100} [\langle |V_B| \rangle + \langle |V_T| \rangle] N_3 S, \quad (7.17)$$

мұндағы J – сәйкес технологиялық үрдіс 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 үрдіс 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 үрдістің 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 (7.17) теңдеуі қандай да бір технологиялық үрдіс кезінде, жұмыс барысына сай қандай да бір уақытта шаңның шығу қарқындылығын анықтауға мүмкіндік береді.

7.5. Атмосфералық ауада зиянды заттардың таралуы

Бастамасы атмосфералық ауаны ластау көзінің орталық өсімен сәйкес келетін декарттық координаттар жүйесін аламыз. Ауаны зиянды заттармен ластау көзі қарастырылып отырған аймаққа қатысты тік орналасқан деп елестетсек. Онда OZ өсі 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:

$$\bar{r} = r_x \bar{i} + r_y \bar{j} + r_z \bar{k}, \quad (7.18)$$

мұндағы r_x, r_y және r_z – сәйкесінше OX , OY және OZ өстері бойынша вектордың құрамалары; i, j, k – сәйкесінше OX , OY және OZ өстері бойынша жеке орт-векторлары.

r_1 және r_2 радиус-векторлармен сипатталатын екі нүктеде газдылық сәйкесінше N_1 және N_2 -ге тең болсын. Онда арақашықтыққа сәйкес газдылық айырма арқылы анықталатын болады.

$$\Delta N = N_2 - N_1, \quad (7.19)$$

мұндағы ΔN – r_1 және r_2 радиус-векторлармен анықталатын газдылық айырмашылығы, мг/м^3 N_1 – r_1 радиус-векторына сәйкес келетін сынама алу орнындағы газдылық, мг/м^3 ; N_2 – r_2 радиус-векторына сәйкес келетін сынама алу орнындағы газдылық, мг/м^3 .

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. Сәйкесінше, арақашықтыққа сәйкес шаңдылықтың өзгерісін келесі теңдеу арқылы жазуға болады:

$$K = - \frac{\Delta N}{\Delta r}, \quad (7.20)$$

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. Сәйкесінше, 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 (7.20) 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:

$$K = \left[\frac{\Delta N}{N \Delta r} \right], \quad (7.21)$$

(7.21) 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 (7.21) формуласын аса қатаң математикалық түрде жазу қажет:

$$K = -\lim_{\Delta r \rightarrow 0} \frac{\Delta N}{N \Delta r}, \quad (7.22)$$

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:

$$K = -\frac{1}{N} \lim_{\Delta r \rightarrow 0} \frac{\Delta N}{\Delta r}, \quad (7.23)$$

(7.23) формуласынан келесідей жазуға болады:

$$K = -\frac{1}{N} \frac{dN}{dr}, \quad (7.24)$$

Математикадан белгілідей, мұндай жазу N шамасының градиенті болып есептеледі, оны келесі түрде жазған жөн:

$$K = -\frac{1}{N} \text{grad}N, \quad (7.25)$$

(7.25) формуласынан таралған зиянды заттардың таралу коэффициентінің келесі дұрысталған түрі пайда болады. Зиянды газ тәрізді заттардың ара-қашықтыққа сәйкес таралу коэффициентінің физикалық маңызы атмосфералық ауада зиянды заттар концентрациясы градиентінің меншікті өзгерісі ретінде анықталуында.

(7.18) формуласына сәйкес (7.25) теңдеуін декоративті координаттар жүйесінде келесі түрде келтіруге болады:

$$\vec{K} = -\frac{1}{N} \left(\frac{\partial N}{\partial r_x} i + \frac{\partial N}{\partial r_y} j + \frac{\partial N}{\partial r_z} k \right), \quad (7.26)$$

Егер таралу (x, z) немесе (y, z) жазықтықтарында қарастырылып отырса, онда K шамасы сәйкес формулалармен анықталады:

$$K_{x,z} = -\frac{1}{N} \left(\frac{\partial N}{\partial r_x} i + \frac{\partial N}{\partial r_z} k \right), \quad (7.27)$$

$$K_{y,z} = -\frac{1}{N} \left(\frac{\partial N}{\partial r_x} i + \frac{\partial N}{\partial r_z} k \right), \quad (7.28)$$

мұндағы K -ғы индекстер атмосферада зиянды заттардың концентрациясы өзгеріп отыратын жазықтықтарды көрсетеді. Сондықтан (7.27) және (7.28) формулаларын екі өзара перпендикуляр XOZ және YOZ жазықтықтарында атмосфералық ауадағы зиянды заттардың таралуын сипаттауға мүмкіндік беретін теңдеу ретінде қарастырған жөн.

8. ТИЕУ. ТҮСІРУ ЖҰМЫСТАРЫН ГИДРОШАҢСЫЗДАНДЫРУ

8.1. Тау массаларын тиеу кезіндегі шаңды басу үшін қолданылатын әдістер мен тәсілдер

Карьер атмосферасының ластануымен күресу сұрақтарына көптеген Отандық және шетелдік 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 физика-химиялық құралдарды қолдану арқылы іске асырылады.

Теміржол көліктерін қолданатын кенорындарында жұмыс істеу процесі кезінде пайда болатын шаң мөлшерін азайту үшін негізгі құрал ретінде, қазіргі уақытқа дейін қуаты әртүрлі гидромониторларды пайдаланатын гидропоезд қолданылады.

Тау-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 жоғарғы бөлігінде орнатылады. РМ-5 типті үйінділейтін машиналарында орнатылған КГ-5 типті суаратын қондырғының суаратын құрылғысы шөміштен жүк түсіру кезінде автоматты түрде іске қосылады. Суаратын жүйе түтікшелерінің диаметріне және тау 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 массаларын ылғалдандыру үшін автоматты өздігінен түсіргіштердің шасси базасындағы құюшы қондырғылар 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 массаларын ылғалдандыру үшін саптамасы $25\text{--}30 \cdot 10^{-3}$ м, су жүйесіне қосылған гидромониторларды пайдалану тәжірибелері белгілі.

Осы және басқа да ғалымдардың көптеген жұмыстарында тау массаларының жағдайын бағалаған кезде әртүрлі тау жынысты үйінділер үшін 4–17% ылғалдылыққа жету шаң бөлінуді минимальды деңгейге дейін төмендететіні айтылған.

Көмір өндірісіндегі бұрғылау және одан кейінгі технологиялық процестер кезінде шаң бөлінулерді тоқтату мақсатында шахталарда көмірлі пласттарды алдын ала ылғалдандыру әдісі кең өріс алды.

Коунрад кенішінде жүргізілген тау массаларын алдын ала терең ылғалдандыру тәжірибелері судың меншікті шығыны $0,2 \text{ м}^3$ болса, жылдың құрғақ, ыстық мезгілдерінде тау массаларын экскавациялауға дейін 1–6 күн бұрын сулау әлдеқайда тиімді екенін көрсетті. Бірақ, бұл жұмыста судың меншікті шығыны мен ылғалдандырылған тау массаларының ылғалданған күйінде тұру уақыты жеткілікті негізделмеген. Осының нәтижесінде үйінділерді алдын ала ылғалдандыру тәжірибесі ашық тау 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 массаларын ылғалдандыруға кететін уақытты азайтуға және құюшы қондырылғылардың рейстарының санын арттыруға мүмкіндік береді. Қондырғының көптеген артықшылықтарына қарамастан, ол тау массасы үйінділерінің барлық көлемін біркелкі ылғалдандыруға шамасы жетпейді, ал кертпештің төменгі іргесінде орналасқан жерлер түгелдей дерлік ылғалданбайды. Бұл қондырғыларды қолдану процесі кезінде ылғалдандырылатын тау массалары үйінділерінің параметрлеріне байланысты өзгеріп отыратын гидромониторлы ағынның

параметрлері маңызды рөл атқарады. Осыдан, ылғалдандыру меншікті шығын, үйіндіге сұйықты жіберу және оны фильтрация жылдамдығының сәйкестігі сияқты параметрлерінің жеткілікті түрде негізделуінсіз жүргізілетіні анықталды. Осының бәрі тау массаларын тиеу кезінде шаңды басу мен ылғалдандыру тиімділігінің төмендеуіне алып келеді.

Тау сілемелерін жару кезінде және жарылған тау жыныстарын 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 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



8.1-сурет. Кенорындарында ауалы-сулы ағындармен шаңды басу құрылғысы УМП-1

8.1-суретте көрсетілген. Мысалы, жаз мезгілінде салыстырмалы ауа ылғалдылығы төмен және температурасы жоғары Саяк кенішінде жергілікті желдету қондырғыларын қолдану, желдету процесі кезінде де және оны тоқтатқаннан соң да судың интенсивті булануына алып келеді. Бұл уатылған тау массаларының қоршаған ортамен интенсивті ауа алмасуымен түсіндіріледі. Сондықтан, уақыт өте үйіндіні ылғалдандыру тиімділігі күрт төмендейді де, тау массаларын тиеу кезінде атмосфераға шаң түседі.

Суландыру-желдетпелі қондырғылардың желдету

дәрежесінің жоғары коэффициентіне қарамастан, ол үлкен жетіспеушіліктерге 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 эксплуатациялауға 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.

Тұтқырлығы жоғары заттар негізінен кеніштер автожолдарындағы шаңбөлінулермен күресу үшін және шаңданған кеңістіктердегі шаң тәрізді бөлшектерді бекіту үшін қолданылады.

Фильтрациялық қасиеттері төмен болғандықтан, тұтқырлайтын ерітінділер тау массаларын ылғалдандыру үшін қолданылмайды.

Пайдалы қазбаларды өндіргендегі әртүрлі технологиялық процестер 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 %-қ ерітіндісі ауаның шандылығын 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

эффeктивті жоғарылай түседі. Тұздарды қосу беттік керілуге әсер етпейтіні анықталды.

Зерттеу жұмыстарының нәтижелері – авторды барлық беттік активті заттар (БАЗ) үшін 0,0005-0,01% концентрациялар 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 келу керек дегенді білдіреді.

8.2. 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 бұрку, т.б.) басылады. Көбіне бұрку жұмысы шаңды сумен немесе су ерітінділері арқылы (мысалы, сумен шайып отырып бұрғылау, сулы-ауалы пневмосоққы 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 ерітіндісімен байланыстыру дегенді білдіреді.

Бұрку шаңданған ауаға суды бұркуге жатады, оның нәтижесінде шаң басылуы қажет.

Тау-кен жыныстарын игеру жұмыстарының негізгі технологиялық үрдістері болып бұрғылау-аттыру, тиеу-түсіру және тау-кен сілемін тасымалдау саналады.

Бұрғылау кезіндегі ең көп қолданыс алған шаңмен күресу әдістері болып ұңғымаларды (технологиялық мақсаттарда бұрғыланған тау-кен жыныстарындағы өтпелдерді) сумен немесе беттік белсенді заттардың судағы ерітіндісімен шайып – жуу және шаңды құрғақ ауалау саналады. Шаңның пайда болуының басқа көздерінде шаңмен күресудің әрі оңай, әрі тиімдісі болып бұрку, су бұлттарын ұйымдастыру және ылғалдау әдістері саналады. Шаңмен күресу шараларының тиімділігіне шаң шығару көздерінің барлығын бірдей ылғалдағанда ғана жетуге болады. Аттыру жұмыстары кезінде бұрку және су бұлттарын ұйымдастырудың қолданылуы тек шаңның мөлшерін ғана емес, сонымен қатар, газдардың (азот тотықтарының) мөлшерін де азайтады. Жеке қорғаныс шарасы ретінде респираторлар қолданылады.

Көптеген ғалымдардың жұмыстарында гидрошаңсыздандыру параметрлерінің таулы-техникалық және климаттық шарттарға, тау 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 автордың жұмысын жатқызуға болады. Ол ұсынған формула келесідей:

$$q = \varphi \frac{b - b'}{\gamma}, \quad (8.1)$$

мұндағы 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 (8.1) көрінетіндей φ коэффициенті пайызға кері шамаға тең болуы керек. Бірақ, бұл коэффициентті Высокогорск кенішінің шарттарынан ерекшелінетін жерлер үшін қалай анықталатыны белгісіз. Сондай-ақ, b шамасының шегін анықтау керек. Жоғарыда келтірілген кемшіліктердің нәтижесінде (8.1) формула тау жыныстарының физика-химиялық қасиеттері басқа кенорындары 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:

$$q = 0,01K_y (\varphi_{\text{нө}} - \varphi_a), \quad (8.2)$$

мұндағы q – судың меншікті шығыны, м³/м³; K_y – ірі бөлшектер салдарынан судың меншікті шығынының азаюын ескеретін коэффициент; $\varphi_{\text{нө}}$ – ұсақталған тау жыныстарының оптималды ылғалдылығы, %; φ_e – тау жыныстарының табиғи ылғалдылығы, %.

K_y коэффициенті тәжірибе жүзінде судың балансын есепке ала отырып анықталады:

$$Q = 0,01K_y G \cdot t(\varphi_i - \varphi) - q_n t, \quad (8.3)$$

мұндағы 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:

$$q_n = 3,6\beta(P_H - P_B) \frac{11,3 \cdot 10^3}{P_a} \cdot F, \quad (8.4)$$

мұндағы β – масса алмасу коэффициенті, кг/сек·н; P_H – суарылған кеңістік толық суарылғанда су буларының парциал қысымы, Н/м²; P_B – айналадағы ауаның су буларының парциал қысымы, Н/м²; $101,3 \cdot 10^3$ – қалыпты барометрлік қысым, Н/м²; P_a – бақыланатын барометрлік қысым, Н/м²; F – сумен құйылған аудан, м².

Коэффициентті (8.3) және (8.4) формулалар бойынша анықтау тағы 10 өлшемді анықтағанды қажет етеді, олардың кейбіреулері физикалық шамалар, басқалары тау-техникалық құралдардың өндірістік параметрлерінің шамалары болып табылады. Зырьяновск кенішінің шарттарына сәйкес коэффициент шамасы $K_y=0,52$ және меншікті шығын $32,1 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{м}^3$. Бірақ, Зырьяновск кенішінің шарттарынан ерекшелінетін жерлерде $K_y=0,52$ коэффициентінің мәні негізсіз болып табылады, ал оны анықтау көп жағдайда қиынға соғады, тіпті мүмкін емес. Яғни, (8.2) формуланы қолдану да мүмкін емес.

Тау жыныстарын суаруға кететін су шығынының ауа шаңдалуына тәуелділігін анықтаудың тәжірибелік мәліметтерін математикалық өңдеу жұмыстың авторларына мына формуланы анықтауға мүмкіндік берді:

$$q = -\frac{1}{\alpha_0} \ln \frac{N_B}{N_C}, \quad (8.5)$$

мұндағы N_B және N_C – ылғалдандыруға дейінгі және кейінгі ауа шандылығы, кг/м³; q – меншікті шығын, м³/м³; α_0 – тау жыныстарының физикалық қасиеттеріне және ылғалдандыру біркелкілігіне тәуелді коэффициент. Бұл коэффициент Коунрад кенішінің үйінділері үшін 7,5 болып табылады.

Формула (8.5) сырттай қарапайым көрінгенімен α_0 коэффициенті үшін оны пайдалану шектелген. Сондай-ақ, α_0 коэффициентінің тау жыныстарының физикалық қасиеттеріне тәуелділігі нақты бір аналитикалық түрде берілмеген. Осының нәтижесінде ол жарылған тау жыныстарын гидрошансыздандыру тәжірибесінде кең қолданыс тапқан жоқ.

Коунрад, Карадаг және Казах кеніштеріндегі, Садахалин кен басқармасындағы жүргізілген зерттеулер нәтижелерінде тау жыныстарын біркелкі ылғалдандыру үшін судың меншікті шығынын анықтайтын әдіс ұсынылған, ол келесідей:

$$q = 0,01\gamma_m (\varphi_{i\ddot{o}} - \varphi_a) \cdot V, \quad (8.6)$$

мұндағы γ_m – ылғалдандырылатын тау жыныстарының тығыздығы, т/м³; V – тау жыныстарының көлемі, м³.

Формула (8.6) 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 массалары үйінділері үшін судың меншікті шығыны мына формуламен анықталады:

$$q = \left(q_0 - \frac{W_e}{C} \right) K_u \cdot K_c, \quad (8.7)$$

мұндағы q_0 – судың максималь 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 кенорнындағы кендер мен бос тау жыныстары үшін судың меншікті шығыны сәйкесінше $q_p=46 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{м}^3$ және $q_n=51 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{м}^3$. Сонымен қатар, кендер мен бос тау жыныстарының максимальды молекулярлы ылғалсыйымдылығы беріктігі $f=16-20$ кезінде сәйкесінше 15,78% және 17,49% тең, ал олардың табиғи ылғалдылығы 3% болып табылады.

Кривбас кеніштеріндегі тау жыныстары мен кеніштерінің ылғалдылығын зерттеу авторларға судың меншікті шығынын анықтаудың келесі теңдеуін ұсынуға мүмкіндік берді:

$$q=10^{-4}z(\varphi_m-\varphi_e) \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (8.8)$$

мұндағы z – өлшемі 0-10 мм фракциялардың тау жыныстарындағы пайыздық құрамы, %; φ_m – өлшемі 0-10 мм фракция қоспасының максимальды молекулярлы ылғалсыйымдылығы, %; φ_e – өлшемі 0-10 мм фракция қоспасының табиғи ылғалдылығы, %; K_1 – тау жыныстарының бетінен бөлінетін булануды ескеретін коэффициент; K_2 – тау 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 максимальды молекулярлы ылғалсыйымдылығы анықталды. Олардың молекулярлық су сыйымдылығы биік бағаналар әдісімен анықталды. φ_m мен бөлшектер өлшемдері арасындағы тәуелділікті мына функция түрінде беріледі:

$$\varphi_i = a \cdot d^b, \quad (8.9)$$

мұндағы φ_m – тау жыныстарының берілген фракциясының максимальды молекулярлы ылғалсыйымдылығы, %; d – тау жыныстарының берілген фракциясы бөлшектерінің орташа диаметрі, мм; a, b – тау жыныстарының сулау қасиетін сипаттайтын эмпирикалық коэффициент.

Формула (8.8) 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 жыныстарының 1 м³ беттік ауданы мына формуламен анықталады:

$$S_{x_2-x_1} = \frac{6 \cdot 10}{\gamma} p m n \left[\frac{x^{n-1}}{(n-1)} - \frac{m x^{2n-1}}{(2n-1)} + \frac{m^2 x^{3n-1}}{(3n-1)} \dots \right], \quad (8.10)$$

мұндағы x – фракция өлшемі, мм; γ – тау жыныстарының меншікті тығыздығы, г/см³; p – 1 м³ тау жынысының тығыздығы, г; m , n – эмпирикалық коэффициенттер.

m және n коэффициенттерін іріліктің жалпы сипаттамаларын жасап, Розин-Раммлер теңдеуін пайдаланып анықтаймыз:

$$R = 100 \exp(-m x^n), \quad (8.11)$$

мұндағы 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 (8.10), (8.11) 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, (8.8) 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:

$$Q = \int_0^t (\varphi_i - \varphi_a) v_n ds \cdot dt, \quad (8.12)$$

мұндағы φ_m – 0–10 мм фракция қоспасының максимальды 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 (8.10) формуланы интегралдауда айнымалыны таңдаған кезде үлкен қателік жіберген. Интегралдау теориясында осы типтегі формуланы ағынды немесе су көзін шектейтін, шектелген кеңістік бойымен шығарады. Жоғарыда көрсетілген дәлелдерді ескеріп, меншікті шығынды (8.10) формула бойынша анықтау өзінің физикалық маңыздылығын жоғалтады, сондықтан ұқсас жағдайлар үшін формула жарамсыз деген қорытынды жасалады.

Қарастырылған формулалардың жалпы кемшіліктеріне оларға сұйықтықтар мен тау массаларының физика-механикалық қасиеттерін, қосытылған массасының құрамы мен ондағы сұйықтықтардың физика-механикалық күйін анықтайтын шамалардың жоқтығын жатқызуға болады. Бұл физика-механикалық және физика-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 ауалы-сулы 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 массасының көлеміндегі шаң тәрізді бөлшектердің үлесі ескерілмеген. Сондықтан, мұндағы принцип негізінен жарылған тау массасын ылғалдандыру әдістерін қарастырмайды. Осыдан, тау массасы үйінділерін ылғалдандыру әдісі жеткіліксіз жетілдірілген деп ұйғарым жасалады.

Меншікті шығынды анықтаудың барлық келтірілген әдістерінің негізінде тау массаларын қажетті, оптималды ылғалдылыққа дейін немесе максимальды молекулярлы ылғалдылыққа дейін сулау жатады. Сондықтан, меншікті шығынды анықтайтын, келтірілген формулаларды (8.1), (8.2), (8.5), (8.6), (8.7), (8.8) 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 м³ көмір үшін 11,7 л суды 65%-ік 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 (8.1), (8.2), (8.5), (8.6), (8.8) формулаларда суды және оның қоспалы ерітінділерінің сулау қасиеттерін сипаттайтын өлшемдердің жоқ болуымен түсіндіріледі. Сондықтан, бұл формулалар әртүрлі ерітінділердің меншікті шығынын анықтауға мүмкіндік бермейді.

8.3. Шаңбайланыстыру үшін сұйықтың меншікті шығынын негіздеу

Шағылған тау 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:

$$\Delta V_{\alpha} = \sum_{i=1}^N \delta V_i, \quad (8.13)$$

мұндағы ΔV_{α} – тау массасы үйіндісіндегі сұйықтық көлемі, м³;

Тығыздыққа $\rho_{ж}$ (8.13) формуланы көбейтіп, үйіндінің көлеміндегі сұйықтықтың массасы алынады, яғни:

$$M = \rho_{\alpha} \Delta V_{\alpha} = \rho_{\alpha} \sum_{i=1}^N \delta V_i, \quad (8.14)$$

мұндағы M – үйінді көлеміндегі сұйықтықтың массасы, кг;

$\rho_{ж}$ – сұйықтық тығыздығы, кг/м³.

Сұйықтықтың меншікті шығынын су массасының тау үйіндісінің массасының қатынасы ретінде қарастыруға болады, яғни:

$$q = \frac{\rho_a}{\rho_r} \frac{\sum_{i=1}^N \delta V_i}{V_i}.$$

мұндағы q – сұйықтықтың меншікті шығыны, $\text{кг}/\text{м}^3$; ρ_r – тау массасының тығыздығы, $\text{кг}/\text{м}^3$; V_n – үйіндінің көлемі, м^3 , N – кеуектер саны.

Тау 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:

$$\varphi_0 = \frac{\Delta V_a}{\Delta V_i} \cdot 100\%, \quad (8.15)$$

үйінді кеуектері көлемінің ΔV_n үйінді көлеміне қатынасы оның кеуектілігін анықтайды, яғни:

$$m = \frac{\Delta V_i}{V_i}, \quad (8.16)$$

мұндағы m – тау массасы үйіндісінің кеуектілігі, $\text{м}^3/\text{м}^3$.

(8.15) және (8.16) формулаларды ерітіндінің меншікті шығынының теңдеуіне (8.14) қойып, мынаны аламыз:

$$q = 0,01 \frac{\rho_a}{\rho_r} m \varphi_0, \quad (8.17)$$

мұндағы 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 өңделетін тау массалары мен олардың өзара әсерлесу шарттарына тәуелді. Бірақ, (8.17) формуланың кемшілігі ретінде оның тек біртекті кеуектілікті байланыссыз орта үшін ғана ерітіндінің меншікті шығынын анықтайтынын жатқызады. Кеуекті кеңістіктегі сұйықтық пен өлшемі 0 - 0,5 мм бөлшектер фракцияларының орналасу схемасы 8.2-суретте көрсетілген.

Біртекті кеуекті ортадағы сұйықтықтың көлемі келесі түрде беріледі:

$$\delta V_{\text{жи}} = \delta V_{\text{ни}} - \delta V_{\text{би}} - \delta V_{\text{1ки}}, \quad (8.18)$$

мұндағы $\delta V_{\text{жи}}$ – i -ші кеуекті кеңістіктегі сұйықтық көлемі, м^3 ; $\delta V_{\text{ни}}$ – i -ші кеуекті кеңістіктің көлемі, м^3 ; $\delta V_{\text{би}}$ – i -ші кеуекті ортадағы ауа көлемі, м^3 ; $\delta V_{\text{1ки}}$ – i -ші кеуекті кеңістіктегі тығыз байланысқан сұйықтықты, өлшемі 0-1 мм фракциялардың k -ші бөлшектерінің көлемі, м^3 .

Бұл кездегі кеуекті кеңістік құрамындағы 1-ден N_0 -ге дейінгі бөлшек санына байланысты өзгеріп отырады. Егер байланыссыз ортадағы барлық кеуек бойынша қосу жұмыстарын жүргізсе, онда үйіндідегі сұйықтық көлемі үшін келесі теңдік алынады:

$$\sum_{i=1}^N \delta V_{\text{әи}} = \sum_{i=1}^N \delta V_{\text{іі}} - \sum_{i=1}^N \delta V_{\text{әи}} - \sum_{i=1}^N \sum_{k=1}^N \delta V_{\text{1ки}}, \quad (8.19)$$

мұндағы $\sum_{i=1}^N \delta V_{\text{әи}} = \Delta V_{\text{ә}}$ – тау массасының барлық үйінділеріндегі сұйықтық көлемі; $\sum_{i=1}^N \delta V_{\text{іі}} = \Delta V_{\text{н}}$ – барлық үйіндідегі кеуектер көлемі; $\sum_{i=1}^N \delta V_{\text{әи}} = \Delta V_{\text{в}}$ – үйінді кеуектеріндегі ауа көлемі; $\sum_{k=1}^N \delta V_{\text{1ки}} = \Delta V_{\text{к}}$ – тығыз байланысқан сұйықтықты бөлшектердің қосынды көлемі.

Онда үйінді кеуектеріндегі сұйықтық көлемі үшін мынадай теңдеу жазуға болады:

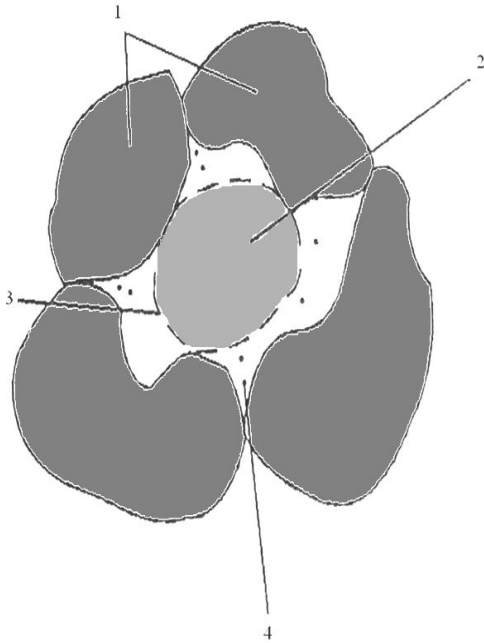
$$\Delta V_{\text{нж}} = \Delta V_{\text{н}} - \Delta V_{\text{в}} - \Delta V_{\text{1}}, \quad (8.20)$$

Үйінді кеуектерін толығымен толтырмаған кезде, 0-1 мм фракция бөлшектері сұйықтыққа өткенде, қаңқаның орын ауыстыруы есебінен оның өздігінен тығыздалуы жүреді.

Үйіндінің өздігінен тығыздалу көлемін ескере отырып, сұйықтықтың көлемін мынаған тең деп аламыз:

$$\Delta V_{\text{нж}} = \Delta V_{\text{н}} - \Delta V_{\text{в}} - \Delta V_{\text{1}} - \Delta V_{\text{2}}, \quad (8.21)$$

мұндағы ΔV_{2} – өздігінен тығыздалу көлемінің шамасы, м^3 .



8.2-сурет. Кеукті кеңістіктегі сұйықтық пен өлшемі 0-1 мм бөлшектер фракцияларының орналасу схемасы:
 1 – тау жыныстарының кесектері;
 2 – ауа кеңістігі немесе ауа саңылауы;
 3 – кеук бұрышындағы сұйықтық немесе қима; 4 – өлшемі 0-1 мм фракция бөлшектері

Кеук құрамындағы ауа көлемі кеук көлемі мен сұйықтық көлемінің айырмасына тең, яғни:

$$\Delta V_{\text{в}} = \Delta V_{\text{н}} - \Delta V_{\text{ж}}, \quad (8.22)$$

(8.22) формуланы (8.21) формулаға қойғанда, үйіндідегі сұйықтық көлемі үшін теңдеу мынадай түрге келеді:

$$\Delta V_{\text{нж}} = \Delta V_{\text{ж}} - \Delta V_1 - \Delta V_2, \quad (8.23)$$

Егер, ылғалдылық дәрежесі немесе салыстырмалы ылғалдылық үйінді кеуктері көлемінің φ_0 пайызын құрайды деп алса, онда тығыз байланысқан сұйықтықтың жалпы көлемі ΔV_1 үйінді кеуктеріндегі $\Delta V_{\text{ж}}$ сұйықтық көлемінің $(\varphi + W_m)$ пайызын құрайды. Осыдан ΔV_1 көлемі үшін мынадай қатынасты жазуға болады:

$$\Delta V_1 = \frac{\varphi + W_m}{\varphi_0} \Delta V_{\text{ж}}, \quad (8.24)$$

мұндағы φ – 0-1 мм фракция бөлшектерінің пайыздық құрамы, %;

W_m – дәл осы фракция бөлшектерінің максимальды молекулярлы ылғалсыйымдылығы, %.

ΔV_1 көлемін (8.15) қатынасын пайдалана отырып, үйінді кеуектерінің көлемі арқылы көрсетеміз:

$$\Delta V_1 = \frac{\varphi + W_i}{100\%} \Delta V_i, \quad (8.25)$$

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:

$$\Delta V_2 = \frac{\varphi}{100\%} \Delta V_i, \quad (8.26)$$

Келесі формулалардың мәндерін (8.15), (8.24) және (8.26) формулалар (8.23) қойып, қарапайым математикалық түрлендіруден кейін үйіндідегі сұйықтық көлемі үшін мынаны аламыз:

$$\Delta V_{жс} = \Delta V_n [\varphi_0 - (W_m + 2\varphi)], \quad (8.27)$$

$\Delta V_{жс}$ көлемін сәйкес сұйықтықтың тығыздығына көбейтсек, оның массасы:

$$M = \rho_{жс} \Delta V_{жс} = 0,01 \rho_{жс} \Delta V_n [\varphi_0 - (W_m + 2\varphi)], \quad (8.28)$$

мұндағы M – сұйықтық массасы, кг.

Онда сұйықтықтың меншікті шығыны мына формуламен анықталады:

$$q = 0,01 \frac{\rho_a}{\rho_r} \frac{\Delta V_i}{V_i} [\varphi - (W_i + 2\varphi)], \quad (8.29)$$

Тау массасының табиғи ылғалдылығын W_e (8.29) формуласын ескеру қажет. Бұл кезде табиғи ылғалдылықты не максимальь молекулярлы ылғалдылыққа қосу керек, не 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 (8.13) формуланы ескере отырып, теңдеуді мына түрге келтіреміз:

$$q = 0,01 \frac{\rho_w}{\rho_r} m [\varphi_0 - (W_m + W_e + 2\varphi)], \quad (8.30)$$

мұндағы W_e – тау массаларының табиғи ылғалдылығы, %.

Үйіндіні құрайтын тау жыныстарының тығыздығын тау массаларының тығыздығы арқылы береді. Сонда меншікті шығын мына формуламен анықталады:

$$q = 0,01 \frac{\rho_w}{\rho_r} \frac{m}{(1-m)} [\varphi_0 - (W_m + W_e + 2\varphi)], \quad (8.31)$$

Тау массасы үйіндісінің кеуектілігі қопсыту коэффициентіне байланысты, ол анықтамаға сәйкес мынаған тең:

$$K_p = \frac{V_i}{V_i}, \quad (8.32)$$

мұндағы V_m – сілемдегі кертпештің көлемі, м³.

Тау массасы үйіндісінің кеуектерінің көлемін былай көрсетуге болады:

$$\Delta V_H = V_H - V_m, \quad (8.33)$$

Кеуектілікті (8.16), (8.32) және (8.33) формулаларды пайдалана отырып, қопсыту коэффициенті арқылы көрсетуге болады:

$$m = \frac{K_{p-1}}{K}, \quad (8.34)$$

Сұйықтықтың меншікті шығыны үшін (8.34) формуланы ескере отырып, мынаны аламыз:

$$q = 0,01 \frac{\rho_w}{\rho_r} (K_p - 1) [\varphi_0 - (W_i + W_e + 2\varphi)], \quad (8.35)$$

Осылайша, алынған (8.35) формулада тау жыныстары мен сұйықтықтың физика-механикалық және физика-химиялық қасиеттерін, сондай-ақ үйіндінің құрылымын анықтайтын параметрлерді сипаттайтын шамалар бар.

Кеуектерін толық толтырып сулағанда тау массасы үйіндісінің салыстырмалы ылғалдылығы 100%-ды құрайды және бұл кезде шағылған тау массасының өздігінен тығыздалу процесі жүрмейді. Мұндағы жағдайда ерітіндінің меншікті шығыны (8.36) формуламен анықталады:

$$q = 0,01 \frac{\rho}{\rho_r} (K_\delta - 1) [1 - 0,01(W_i + W_e + 2\varphi)], \quad (8.36)$$

Меншікті шығынды φ шамасының кіші мәндері үшін алдын ала бағалау және жедел анықтау үшін мына теңдік пайдаланылады:

$$q = \frac{\rho_w}{\rho_r} (K_p - 1) [1 - 0,01(W_i + W_e)], \quad (8.37)$$

Алынған шамаларға (8.29), (8.30), (8.31) формулаларына жүргізілген талдау нәтижесі меншікті шығын сұйықтың беттік керілу мен заттың сулану коэффициентінің функциясы болып, φ_0 шамасы арқылы анықталатынын көрсетейік.

Үйіндіні сумен ылғалдандырғанда (8.35) формуладан көрінетіндей оның меншікті шығыны нөлге ұмтылады, егер мына шарт орындалса:

$$\varphi_0 - (W_i + W_e + 2\varphi) = 0, \quad (8.38)$$

Судың меншікті шығыны нөлге тең бола алмайды, себебі тау массасы үйіндісін қанша тығыздаса да кесектердің ішінде кеуектер қалады. Теңдеудің (8.38) нөлге тең болуы, судың қысымсыз ағыны кезінде үйінді (8.38) шарттарды

қанағаттандыратын φ_0 , W_m , W_e және φ шамаларының мәндерімен ылғалданбайтынымен түсіндіріледі.

Үйіндіні ылғалдандыру үшін келесі теңсіздік орындалуы қажет:

$$1 < \frac{\varphi_0}{W_i + W_e + 2\varphi} < \frac{100}{W_i + W_e + 2\varphi} \quad (8.39)$$

Бұл теңсіздікті үйіндіні сумен ылғалдандыру мүмкіндігін анықтайтын көрсеткіш ретінде қабылдауға болады.

Егер үйіндінің параметрлері, ондағы судың күйін сипаттайтын шамалардың (8.39) теңсіздікті қанағаттандырмайтындай болса, онда суға қосылатын сулайтын құралдарды және үйіндіні ылғалдандырудың әдістерін іздеу қажеттілігі туады.

Сулағыш қоспаларды дұрыс таңдау үшін сұйықтықтың үйінді параметрлері және тау массаларымен өзара әсерлесуін анықтайтын шамалар арасында тәуелділік орнату керек.

Тау массасы іргесімен ол орналасқан тау сілемесінің 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 ылғалдылығын пайыздық түрде былай көрсетеді:

$$\varphi_0 = \frac{S_k}{S_0} \cdot 100\% \quad (8.40)$$

мұндағы S_k – шекті қима, бұл кезде капиллярлық құбылысы байқалады, m^2 ; S_0 – 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:

$$\varphi_0 = \frac{r_k^2}{r_0^2} \cdot 100\% , \quad (8.41)$$

мұндағы r_k – капиллярлық құбылысы басталатын радиус немесе капиллярлық құбылысы байқалатын шекті радиус, м; r_0 – тау массасы үйінділерінің орташа радиусы, м.

Шекті радиусты r_k сұйықтықтың беттік керілуі арқылы көрсетеді:

$$r_k = \frac{2\delta}{\rho_{\text{ж}} g h} \cos \theta , \quad (8.42)$$

мұндағы δ – сұйықтықтың беттік керілуі, Н/м; $\rho_{\text{ж}}$ – 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 жыныстарының суланғыштығына тәуелділігін мына формуламен көрсетуге болады:

$$\varphi_0 = \frac{4\sigma^2 \cos^2 \theta}{\rho_{\text{ж}} g^2 h^2 r_0^2} \cdot 100\% , \quad (8.43)$$

Салыстырмалы ылғалдылықты анықтау тау жыныстарының сұйықтықтың белгілі бір көлемін сіңірмейтін негізделген. Бірақ, тау жыныстары дербес геологиялық деңгейлерді құрайтын бір немесе бірнеше минералдардың тұрақты парагенетикалық қауымдастығынан құралады. Кез келген тау жынысы минералды және кеуекті көлемнен тұратындығы табиғи нәрсе. Сондықтан, тау жыныстары кеуектерінің өлшемдеріне байланысты сұйықтықтың біршама мөлшерін сіңіреді. Сондай-ақ, тау жыныстары кесектерінің беті бірыңғай тегіс емес, кедір-бұдыр болып келеді. Сонымен қатар, тау 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 (8.46) формуланы көлем қатынасы түрінде емес, массалар қатынасы түрінде көрсеткен жөн. Бұл (8.46) формулаға сәйкес сұйықтықтың $\rho_{ж}$ және берілген фракция массасының тығыздығын ρ_n қою арқылы жүзеге асады. Нәтижесінде мынадай теңдеу пайда болады:

$$\varphi_0 = \frac{400\rho_{\alpha}\sigma^2\cos^2\theta}{\rho_n(1-m)\rho_{\alpha}g^2h^2r_1^2} \cdot 100\%, \quad (8.44)$$

Егер, $\pi\rho_{ж}gr_0^2h=\mu_{ж}$ туындысының шамасы кеуектегі сұйықтықтың салмағы екенін ескерсе, онда (4.34) формула мына түрге келеді:

$$\varphi_0 = \frac{400\rho_{\alpha}\sigma^2\cos^2\theta\pi}{\rho_n(1-m)\mu_{\alpha}gh} \cdot 100\%, \quad (8.45)$$

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. Ортаның ірі немесе ұсақ кеуекті болуы түйірлердің қалыптарына байланысты.

Шаңбасудың әдістері мен тәсілдерін таңдау шарттары (8.45) формуланы (8.42) формулаға қойғанда мына түрге келеді:

$$1 < \frac{400\pi\sigma^2\cos^2\theta}{\rho_n(1-m)\mu_{\alpha}gh(W_i + W_e + 2\varphi)} \leq \frac{100}{W_i + W_e + 2\varphi}, \quad (8.46)$$

Бұл теңсіздікте сұйықтың беттік керілуі мен тау жыныстарының суланғыштығы, сондай-ақ тау массаларының кеуектілігі бар. Бірақ, (8.46) теңсіздікті қанағаттандыратын әртүрлі БАЗ-дардың сулы

ерітінділері үлкен концентрациялы, экологиялық және экономикалық тұрғыдан тиімсіз болуы мүмкін. Онда (8.46) теңсіздікті қанағаттандыратын төмен концентрациялы БАЗ немесе үйіндіні мәжбүрлі ылғалдандыру, мәжбүрлі әдіспен сілемені алдын ала ылғалдандыру және т.с.с өңдеу әдістерін іздеу қажеттілігі туады. Шанды байланыстыру әдістерін таңдаумен қатар, ішінде ерітіндіні бірыңғай бөлуге мүмкіндік беретін үйіндіні ылғалдандыру әдістерін жасау керек.

8.4. Бұрғылау-аттыру кезіндегі шанды басуға қажетті судың меншікті шығынын анықтаудың аналитикалық негізі

Қозғалып келе жатқан тамшының шаң бөлшегімен соқтығысуын кездейсоқ құбылыс ретінде қарау керек. Сәйкесінше, 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. Мұндағы күрделі құбылыстың болу мүмкіндігі екі құбылыстың мүмкіндіктерінің туындысына тең, яғни $f(x)(1-\alpha dx)$ -қа тең. Осылайша келесіні шығарамыз:

$$f(x + dx) = f(x) \cdot (1 - \alpha dx), \quad (8.47)$$

немесе шексіз кішкене екінші реттік дәлдікке дейін:

$$f(x) + \frac{df(x)}{dx} dx = f(x) - \alpha f(x) dx, \quad (8.48)$$

ол жерден аздап туындалып:

$$\frac{df(x)}{f(x)} = -\alpha dx, \quad (8.49)$$

немесе интегралданып келесі теңдеу шығады:

$$f(x) = c \cdot e^{-\alpha x}, \quad (8.50)$$

Интегралданудың тұрақтысын $x=0$ кесіндісін соққысыз өту мүмкіндігі шынайылық деп табамыз яғни, $f(0)=1$. Сәйкесінше $c=1$ және қорытындысы келесі болады:

$$f(x) = e^{-\alpha x}, \quad (8.51)$$

Сонымен, шаң қабатын соққысыз өтіп кету мүмкіндігі қабат қалыңдығының үлкеюіне сәйкес экспоненциалды болады.

Теңдеу (8.51) 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 (8.51) теңдеуді қолдана отырып, тамшының еркін қозғалысының орташа ұзындығын анықтау қажет. Шексіз кішкентай dx кесіндісінде соқтығысып өткен тамшылар x кесіндісін соқтығыссыз өткен. x кесіндісін соққысыз өту мүмкіндігі алдыңғы теңдеу бойынша $e^{-\alpha x}$ -тің өзі де, dx жолында соқтығысу мүмкіндігі αdx -тің өзі болады. Сондықтан тамшының еркін қозғалысының ұзындығы – x болу мүмкін және ол келесі туындыға тең:

$$\alpha dx \cdot e^{-\alpha x}, \quad (8.52)$$

Тамшының еркін қозғалыс ұзындығының орташа мәні \bar{x} орта мәндерге арналған теңдеу бойынша келесіге тең:

$$\bar{x} = \lambda = \int_0^{\infty} \alpha x e^{-\alpha x} dx = \alpha \int_0^{\infty} x e^{-\alpha x} dx, \quad (8.53)$$

Интегралдауды бөліктеп жүргіземіз. Ол үшін келесі ауыспалыларды енгізейік: $x = u$;

$$d\vartheta = \int_0^{\infty} e^{-\alpha x} dx; \quad \text{әрі қарай} \quad du = dx; \quad \vartheta = -\frac{1}{\alpha} e^{-\alpha x},$$

Нәтижесінде келесіні аламыз:

$$\bar{x} = \lambda = \alpha \left[u \cdot \mathcal{G} \right]_0^{\infty} - \alpha \int_0^{\infty} \mathcal{G} du = -\alpha \frac{x}{\alpha} e^{-\alpha x} \Big|_0^{\infty} + \alpha \frac{1}{\alpha} \int_0^{\infty} e^{-\alpha x} dx = \frac{1}{\alpha}, \quad (8.54)$$

Осылайша, α тұрақтысын тамшының еркін қозғалысының орташа ұзындығына қарама-қарсы шама ретінде түсіндірген жөн. Сондықтан теңдеуді келесі түрде қайта жазуға болады:

$$f(x) = e^{-\frac{x}{\lambda}}, \quad (8.55)$$

λ тұрақтысы үшін де тағы да бір түсіндірме беруге болады. Шаң бөлшектері бірлік көлемде n -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 -нің сәйкес келетіндіктен бірлік көлемдегі тиімді қималар қосындысы деп түсіндіріп, оны nS түрінде келтірсек болады.

Тиімді қиманың статистикалық мағынасын түсіндіру үшін келесіні орындаймыз. Тамшы ағынының тығыздығы 1-ге тең болсын, яғни әр 1см^2 сайын секундына 1 тамшы өтсін. Бірлік көлемдегі шаң бөлшектерінің саны $L=1$ -ге тең болсын. Сонда соқтығысу мүмкіндігін тиімді қима көлемінің S тамшы ағынына қатынасы ретінде көрсетуімізге болады, яғни 1см^2 -қа.

Осылайша, S - құрамында бір шаң бөлшегі бар 1 см қалыңдықты шаң қабатын өтудегі соқтығысу мүмкіндігі, ал nS – егер шаң бөлшегінің қалыңдығы n -ға тең болған жағдайдағы соқтығысу мүмкіндігі болады. Мұндағы тұрғыдан қарастыру шашыранды су тамшыларының қалқыма күйдегі шаң бөлшектерімен әсерлесу мүмкіндігін анықтауға, сонымен қатар

ылғалдауға қажетті судың меншікті шығынын анықтауға мүмкіндік береді.

Бұрғылау және атқылау 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 жер асты кеніштерінде 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:

$$dN = N \cdot Sndx, \quad (8.56)$$

(8.56) теңдеуді интегралдағаннан кейін келесіні аламыз:

$$N = N_0 e^{-snh} = N_0 e^{-h/\lambda}, \quad (8.57)$$

мұндағы 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 (8.57) 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:

$$N = M_n V_n n_n, \quad (8.58)$$

мұндағы 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 (8.58) теңдеу келесі түрге көшеді:

$$N = N_3 V_n, \quad (8.59)$$

мұндағы N_3 – сумен әсерлесіп өткен шаң бөлшектерінің саны.

Шаң бөлшектерімен әсерлескен су тамшыларын санын анықтауды жоғарыдағыдай талдау келесі теңдеуді алуға мүмкіндік туғызады:

$$N_0 = N_6 V_n, \quad (8.60)$$

мұндағы n_6 – таза ауаның бірлік көлеміндегі тамшылар тығыздығы.

Формулалар (8.59) (8.60) және (8.58) теңдеуге қойып, мынаны аламыз:

$$N_3 = N_6 \frac{V_k}{V_n} e^{-h/\lambda}, \quad (8.61)$$

мұндағы N_3 – су тамшысымен әсерлесіп өткен шаң бөлшектерінің саны;

Теңдеуден (8.61)-ші ауаның бірлік көлеміндегі су тамшысының тығыздығын табамыз. Мұндағы N_6 шаң бөлшектерімен әсерлесу негізінде анықталатын тығыздық болады. Сонда N_6 үшін келесіні аламыз:

$$N_6 = N_3 \frac{V_n}{V_k} e^{h/\lambda}, \quad (8.62)$$

Теңдеу (8.62)-ні су және шаң бөлшектерінің тығыздығына көбейту меншікті су шығыны анықтамасына сәйкес келетін меншікті су шығынын табуға мүмкіндік береді:

$$q = \frac{\rho_{с0}}{\rho_{шаң}} \cdot \frac{\langle U_{шаң} \rangle}{\langle U_{с0} \rangle} (N_{шаң} - N_{өД\hat{A}\hat{E}}) e^{h/\lambda}, \quad (8.63)$$

мұндағы q – судың минимальды шығыны, $м^3/м^3$; $\rho_{с0}$ – су тығыздығы, $кг/м^3$; $\rho_{шаң}$ – шаң бөлшектерінің тығыздығы, $кг/м^3$; h – шаңданған ауа ағынының қалыңдығы, $м$.

Тәжірибе жүзінде шаңданған ауа ағыны қалыңдығының орнына шаңданған ауа көлемін алған жөн. Ол келесі теңдеумен анықталады:

$$V = Sh, \quad (8.64)$$

мұндағы V – шаңданған кеңістік көлемі, $м^3$; S – шаңданған ауа ағынының қимасы, $м^2$. Егер (8.59) теңдеуіндегі h -ты алмастырсақ, келесіні аламыз:

$$q = \frac{\rho_{с0}}{\rho_{шаң}} \cdot \frac{\langle U_{шаң} \rangle}{\langle U_{с0} \rangle} (N_{шаң} - N_{өД\hat{A}\hat{E}}) e^{s/\lambda}, \quad (8.65)$$

Есептеу ыңғайлығы үшін s – ретінде шашыратқыш алауының қимасын аламыз. Алынған (8.65) теңдеу шаң бөлшектерінің су тамшыларымен әрекеттесуінің мәндерін ескереді, бұл судың немесе су ерітінділерінің меншікті шығынын анықтауды нақты мәндерге ие болуға мүмкіндік береді.

Осылайша, алынған теңдеу тау-кен өнеркәсіптеріндегі еңбекті қорғау бойынша бірқатар мәселелерін шешуге мүмкіндіктер береді.

8.5. Шаңсыздандыратын ерітінділермен тау массаларын ылғалдандыру әдістерін жасау мен негіздеу

Тау массасы үйіндісінің барлық көлемін біркелкі ылғалдандыру мәселелеріне бірқатар жұмыстар арналған. Бірақ

бұл жұмыстарда әртүрлі сулағыш қоспалармен судың және оның ерітінділерінің фильтрациясы тау массаларының біркелкі ылғалданбауына алып келетін себептерге талдау жасалынбаған. Фильтрация процесінің 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 кеуектер 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 сұйықтықтың 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 A санынан кіші болғанда қолданылады. A саны 3 пен 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 біртексіз кеуекті байланыссыз ортаның көлемінде оның әр жаққа бөлінуіне алып келеді. Дарси заңы және қисық сызықтың фильтрация заңы кеуектері толық толатын ағындар үшін қолданылады. Сонымен қатар, біртексіз кеуекті байланыссыз орталарда кеуектер жүйесінің арасында

сұйықтықтар тарамы пайда болып, 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 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% 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 массасы 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 әрекеттесумен 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 эффективті байланыстыру үшін үйіндіні ылғалдандырудың жетілдірілген әдісі ұсынылады.

Әдіс су беруді кертпеш ылдильы үйінді бетіне көлденең контакт сызығынан бастап, үйіндінің төменгі бөлігіне қарай жүргізгенге негізделеді. Сондай-ақ, мына шартты орындау керек:

$$|\vec{V}_0| \leq |\vec{v}|, \quad (8.66)$$

мұндағы V_0 – ылғалдандырылатын үйінді бетіндегі ағын жылдамдығы немесе фильтрацияның бастапқы жылдамдығы, м/с; v – ұнтақталған тау массасына сұйықтықты фильтрация жылдамдығы, м/с.

Шарт (4.66) 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:

$$S_1 = D_\phi l, \quad (8.67)$$

мұндағы D_ϕ – факелдің ең үлкен диаметрі, м; l – үйіндінің беті бойынша шамасы, м.

Факелдің суарылатын тау 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, уақыт t_1 ішінде орын ауыстырулар сұйықтық жиналмай-тындай болуы керек. Сонда (4.52) шартқа мына теңдік сәйкес келеді:

$$\bar{v} t_1 = \frac{D_\phi l}{d_\phi}, \quad (8.68)$$

мұндағы t_1 – S_1 ауданын суаруға кететін уақыт, с.

(8.66) шарттың тең жағдайында және $|\vec{V}_0|$ -ді уақыт үшін алмастырса:

$$t_1 = \frac{D_\phi l}{d |\vec{V}_0|}, \quad (8.69)$$

Үзіліссіздік теңдеуін $|\vec{V}_0| = \frac{Q}{S_\phi}$ пайдаланып және суару уақыты үшін:

$$t_1 = \frac{S_\phi S_1}{Q d_\phi}, \quad (8.70)$$

мұндағы Q – гидромониторлардың максималь су шығыны, m^3/c ;
 d_{ϕ} – үйінді бетіндегі алаң, m^2 .

Ылғалдандырудың ұсынылған әдісі адсорбцияланған 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 процестерді жоққа шығарады, сондықтан тау массасының барлық көлемінде ылғалдандыратын ағын тудырады.

Осылайша, еңбек шарттарын жақсарту мақсатында пайдалы қазбаларды өндірудің технологиялық процестерін өзгерту қажеттілігі туады. Өнімділікті біршама төмендететін болса да, технологиялық параметрлерді өзгертіп, тау-кен жұмысшыларының денсаулығын сақтау бұл қазіргі кездегі ең басты мәселе. Өнімділіктің төмендеуін тау массасын ылғалдандыру уақытын азайтып, орнын толтыруға болады.

8.6. Үйіндінің параметрлерін анықтайтын зертханалық жұмыстарға фракцияларды таңдау принципі

Тау массасы үйіндісіндегі кесектер мен кеуектерді бөлу – Колмогоровтың логарифмдік нормаль заңымен сипатталады. Жарылған тау массасы үйіндісінің статистикалық зерттеулері үйіндінің біртектілік кеуектілікті 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 максималь молекулярлы ылғалсығымдылығы анықталды. Сондай-ақ, бұл фракциялар тағы да бірқатар фракцияларға бөлінеді және олар үшін де максималь молекулярлы ылғалсығымдылық анықталады.

Тау 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 жыныстары құрылымына қарамастан табиғи және салыстырмалы ылғалдылыққа, сондай-ақ толық максимум молекулалы ылғалсығымдылыққа ие болуы мүмкін. Сондықтан, тау массасының оптимал ылғалдылығын анықтау әдістері де анықталмаған болып табылады.

Әрбір үлесті сәйкесінше φ'_1 , φ'_2 , φ'_{N_1} деп, ал таңдалған ауданның көлемін V'_{N_1}/V_i үйінді көлемі бойынша φ_{N_1} арқылы көрсетеді:

$$m_{N_1} = \frac{m_H}{\varphi_{N_1}} - \sum_{i=1}^{N_1} \varphi'_i, \quad (8.71)$$

Сондай-ақ, теңдеуді үйіндінің V_H көлеміне бөлуге болады, сонда мына теңдеу алынады:

$$m_{N_1} \cdot \varphi_{N_1} = m_H - \varphi_1 - \varphi_2 - \dots - \varphi_{N_1}, \quad (8.72)$$

Толтырманың кеуектілігі m_{N_1} гранулометриялық құрамына қарай, мынаған тең:

$$m_{N_1} = \frac{m_H}{\varphi_{N_1}} - \frac{\sum_{i=1}^{N_1} \varphi_i}{\varphi_{N_1}}, \quad (8.73)$$

Толтырманың кеуектілігі (8.71) және (8.73) 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:

$$\sum_{i=1}^{N_1} \varphi'_i = \frac{\sum_{i=1}^{N_1} \varphi_i}{\varphi_{N_1}} \quad (8.74)$$

Осылай, толтырма кеуектілігінің үйіндінің ірі фракцияларына тәуелділігі алынды. Сондай-ақ, (8.71) және (8.73) формулалардың кез келген қалыптағы кесектерден тұратын байланыссыз ортаның кез келген орамына сәйкес келетіні анықталды.

(8.71) және (8.73) формулаларды талдаудан, оң жақ бөліктің екінші мүшесінің кейбір мәндерінде толтырманың кеуектілігі теріс мәнге ие болуы мүмкін екенін көруге болады. Осыдан, толтырма орамының тығыздығы сілемедегі тау жыныстарының тығыздығынан үлкен немесе тау жыныстары зор кеуектілікке және жарықшақтыққа ие екені анықталды.

Теңдеулердің екінші мүшесінің шамасына қарай, барлық басқа жағдайларда біртексіз кеуектілікті байланыссыз орта алынады. Яғни, алынған формулалар кіші кеуектілікке және жарықшақтыққа ие тау жыныстары сілемесін бұзу нәтижесінде пайда болған үйінділер үшін жарамды болып табылады. Ал, болмаған жағдайларда сілемедегі тау жыныстарының жарықшақтығы мен кеуектілігін (8.71) және (8.73) формулаларды қолданғанда ескеру қажет.

(8.71) және (8.73) формулалардан алынған қорытындылар Колмогоровтың логарифмдік нормаль заңының статистикасында сипатталған көпфакторлы процеске сәйкес келеді.

Бұл формулалар тек толтырманың кеуектілігін ғана емес, сондай-ақ кеуектіліктің және жарықшақтықтың аз мәніндегі тау сілемелері үшін тау массасы үйіндісінің кеуектілігін анықтауға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, (8.71) теңдеуден алынған үйіндінің кеуектілігі мына түрде беріледі:

$$m_H = m_{N_1} \cdot \varphi_{N_1} + \varphi_{N_1} \sum_{i=1}^{N_1} \varphi'_i, \quad (8.75)$$

ал, (8.75) формуладан:

$$m_H = m_{N_1} \cdot \varphi_{N_1} + \sum_{i=1}^{N_1} \varphi_i \quad (8.76)$$

(8.74) және (8.75) формулаларда бірінші мүшенің шамасына қарай тау массасы үйіндісі ұсақ кеуекті байланыссыз орта болып табылады, яғни $m_{N_1} \varphi_{N_1}$ үйіндінің ұсақ кеуекті екенін көрсетеді. $m_{N_1} \varphi_{N_1}$ мәні қаншалықты көп болса, соншалықты орта ұсақ кеуекті болып табылады. Яғни, $m_{N_1} \varphi_{N_1}$ шамасын үйіндінің ұсақ кеуектілігінің көрсеткіші ретінде қарастырамыз.

Гранулометриялық құрамы әртүрлі болған кезде үйіндінің кеуектілігі бірдей болып, толтырманың кеуектілігі әртүрлілігімен ерекшелінеді. 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 (8.74) және (8.75) формулалар үйіндінің құрылу және ондағы кеуектер мен кесектердің бөлу механизмінен тәуелсіз оның кеуектілігін анықтауға мүмкіндік береді.

Үйіндінің салыстырмалы ылғалдылығын анықтайтын кезде (8.74) және (8.75) формулалардың бірінші бөлігі өте маңызды.

Жүргізілген зерттеулердің нәтижесі тау массасы үйіндісі біртексіз кеуектілікті байланыссыз орта екенін көрсетеді.

(8.74) және (8.75) формулалар тау 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 (8.74) және (8.75) формулаларға әсер етеді. Сондай-ақ, (8.74) және (8.75) формулалар зертханалық зерттеулер үшін белгілі бір фракцияларды таңдап, негіздеуге мүмкіндік береді. Үйінді туралы басты мәліметті таңдалған фракциялар береді. Ал, таңдалған фракциялардың кеуектілігі (8.74) және (8.75) формулалармен анықталады, ал гранулометриялық талдау кезінде тау массасы үйіндісін қоспытатын коэффициентпен анықталатын (8.34) формуланы қанағаттандыру керек.

Егер толтырманың кеуектілігі m_{N_1} тау массасы кеуектілігінен кіші болса, онда толтырманың таңдалған N_1 фракциясынан бір немесе бірнеше ең ірі фракцияларды алып тастап, ол (8.34) теңдікті қанағаттандырғанға дейін толтырманың кеуектілігі анықталады.

Толтырманың кеуектілігі тау массасы үйінді қаңқасының кеуектілігінен жоғары болса, алдын ала бөлініп алынған толтырмаға бірнеше ірі фракция қосып, ол (8.34) 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. Мұндағы әдістемеге үйіндіні біртексіз 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. $m_{N_1} \varphi_{N_1}$ 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 үйіндісі қаңқасының кеуектілігінен жоғары болса, алдын ала бөлініп алынған толтырмаға бірнеше ірі фракция қосып, ол (8.34) теңдікті қанағаттандырғанға дейін кеуектілікті анықтау керек, яғни кейбір фракциялардың жалпы кеуектілігі үйінді кеуектілігіне тең немесе соның шамасына жақын болады, бұл оларды зертханалық жұмыстар үшін тандаудың негізі болып табылады.

8.7. Карьерлердің тау массасы үйіндісінің гранулометриялық құрамы

Тау массасы үйіндісін ылғалдандыратын сұйықтықтың меншікті шығынын (8.33) формула бойынша анықтау келесі параметрлерді қажет етеді: кеуектілік (m_n), салыстырмалы ылғалдылық (φ_0), максималь молекулярлы ылғалдылық (W_m), табиғи ылғалдылық (W_e) және фракциялардың пайыздық үлесі.

Тау массасы үйіндісінің кеуектілігін m_n (8.34) 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 жыныстарынан құралған көптеген үйінділер үшін 0-0,20 м фракция шығыны 50% және одан көп болатыны кестеден көрінеді. Гранулометриялық құрамның зерттеулері Саяк-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 Саяк кенорнында жиі кездесетін тау 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 жыныстарының белгілену индексі жұмыстың авторлары енгізген. Қолданыстағы фракцияға бөлу әдісі негізінен бульдозерлі жұмыстар, тиеу және т.с.с. әртүрлі технологиялық процестерді қарастыруға негізделген. Алайда, әртүрлі физикалық процестер жүретін нысан ретінде толық мағлұмат алу үшін үйіндіге тереңдетілген түрде гранулометриялық талдау жасап, оның ішінде ең кіші фракцияны талдау жұмыстарын жүргізу керек. Мұндағы фракцияға өлшемі 0-0,20 м фракция жатады. Өлшемі 0-0,20 м фракциялардың гранулометриялық құрамын анықтау бойынша зерттеу нәтижелері кестеде келтірілген (Б қосымшасы).

Өлшемі 0-0,20 м фракциялар салмақтық әдіспен классификацияланды, яғни өлшемі 10 мм-ге дейінгі фракциялар сәйкесінше диаметрі 10 мм дейінгі елеуіштер көмегімен зертханалық шарттарда, ал өлшемі 10 мм-ден үлкен фракциялар Саяк 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 класстарға 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 Саяк кенішінің маркшейдерлік бөлім қызметкерлері тік және фотометриялық әдіспен анықтады. (8.31) 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 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 массасы үйіндісінің кеуектілігіне тең екенін көрсетеді. А қосымшасында 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 (8.71) формуламен есептегенде 0-17,5мм фракциялардың кеуектілігі үйінді кеуектілігінен біршама төмен болды, ал фракцияның 0-0,15мм 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 фракция мен 0-0,20 м фракцияның 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 массасы үйіндісінің пайыздық құрамы 0-0,20 м және 55 %-дан жоғары фракцияларының қосыту коэффициенті $K_p=1,32; 1,34$ кезінде оның толтырмасы ретінде қарастырылған фракциялардың санының азаюы байқалады.

Толтырма кеуектілігінің ұқсас есептеуін (8.73) формуланы қолданып жасауға болады, бірақ бұл үшін φ_1 шамасын (8.73) формуламен тау массасы үйіндісіне қатысты қайта есептеу керек. Алайда, кеуектілікті есептеудің нәтижелері шамамен дәл сондай болады, себебі (8.71) және (8.73) формулалар өзара байланысты болып табылады.

Үйіндінің кеуектілігі мен оның толтырмасының кейбір мәндері сәйкес келгенмен (8.71) формуламен жасалған есептеулер, оның үйіндінің кеуектілігін нақты есептеуге жеткілікті түрде негіз бола алмайды. (8.71) және (8.73) формулалар түйіршіктердің қалпын ескермейді, сондықтан үйіндінің физика-механикалық және физика-химиялық параметрлерін анықтайтын зертханалық зерттеулерге фракция таңдайтын принцип болып табылады.

8.8. Уатылған тау массасы үйіндісінің физика-химиялық параметрлерін анықтаудың нәтижелері

Тау массасы үйіндісінің физика-химиялық параметрлеріне максимум молекулалық ылғалдылық, салыстырмалы және табиғи ылғалдылық жатады. Тау жыныстарының ылғалдылығын көрсететін шамалар пайызбен немесе бірлік үлеспен сипатталады. Ылғалдылық тау жыныстарының құрылымы мен минералдық құрамына, сондай-ақ ондағы судың күйіне тәуелді.

Тау 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 жыныстарының салыстырмалы ылғалдылығы кеуектегі су мөлшерінің пайызбен сипатталған кеуек көлеміне қатынасымен

анықталады. Осылайша, біртектілікті байланыссыз ортаны құрайтын тау массасы үйіндісін сумен ылғалдандырғанда салыстырмалы ылғалдылық және максималь молекулярлы ылғалсыйымдылыққа сәйкес келетін судың күйі орын алады.

Салыстырмалы, табиғи ылғалдылық және максималь ылғалсыйымдылық белгілі әдіспен анықталады. Тәжірибе жүзінде анықталған салыстырмалы ылғалдылықтың шамасы бойынша және (8.45) формуланы қолданып, Саяк кенорнының әртүрлі тау жыныстарының сумен суланғыштығы есептелді. Сонымен қатар, карьерлік судың беттік керілуі де тәжірибелік жолмен Ребиндер әдісімен анықталды. Берілген (8.12) формуладағы $M_{ж}$ шамасын анықтау үшін тәжірибелік сынаққа бөлінген фракциялардан өлшемі 0-1 мм фракциялар бөлініп алынды, бұл осы бөлшектердің максималь молекулярлы ылғалсыйымдылығының әсерін жоюға мүмкіндік береді. Ал, қалған фракция ұзындығы бағананың ұзындығымен бірдей шланг кигізілген құйғынның көмегімен бағанаға құйылды. Бағана толтырылып болғаннан кейін, тау 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 массасы үйіндісінің физика-механикалық параметрлерінің алынған нәтижелері әртүрлі сулы БАЗ ерітінділердің меншікті шығынын анықтау үшін қолданылады. Алайда, тау массасы үйіндісінің физика-механикалық параметрлері $\varepsilon=7$; 8% салыстырмалы қателікпен анықталады (Д қосымшасы).

Алынған мәліметтердің талдауы (Ж қосымшасы) Саяк кенорнының көптеген тау жыныстары үшін максималь молекулярлы ылғалсыйымдылық пен салыстырмалы ылғалсыйымдылықтың айырмашылығы бірнеше пайызды құрайтынын көрсетті. Осы шамалардың айырмашылығы айқын байқалатын тау жыныстарына кенделген скарндар жатады, олар сәйкес 25,7% және 65,1% құрайды.

Саяк кенорны тау 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, (8.75) формуланың параметрлерін анықтайтын тәжірибе дәлдігі екінші саннан артық санға дөңгелектеуді қажет етпейді, бұл қойылған мақсатты толығымен қанағаттандырады.

Тау жыныстарының салыстырмалы ылғалдылығы 0-100% аралығында өзгергенде суланғыштық 0-1 аралығында, ал шеткі бұрыш $\frac{\pi}{2}$ -ден 0-ге дейінгі аралықта өзгеруі керек. Саяк кенорны тау жыныстарының сумен суланғыштығы өте жоғары (Ж қосымшасы).

Егер үйіндінің барлық көлемі ылғалданатын болса, онда максимальды молекулярлы ылғалсыйымдылықтың, салыстырмалы ылғалдылықтың және сумен суланғыштықтың бар мәндерінде, әртүрлі технологиялық процестер кезінде, кіші дисперсті бөлшектердің ауаға ұшуы болмау керек. Бірақ, (8.35) формуладан көрінетіндей салыстырмалы ылғалдылық ұлғайған сайын, судың меншікті шығыны да ұлғаяды. Меншікті шығынды азайту үшін салыстырмалы ылғалдылықты азайту керек, ол (8.75) формулаға сәйкес тау жыныстарының суланғыштығы мен беттік керілудің шамасын төмендеткенде азаяды.

Суға 0,01 % ерітінді алатындай әртүрлі сулағыш қоспалар қосқанда оның беттік керілуі өзгереді (И қосымшасы).

Тау жыныстарының ерітінділермен суланғыштығы мына формуламен анықталады:

$$\cos\theta_p = \sqrt{\frac{\varphi_{0p} \sigma_B}{\varphi_{0B} \sigma_p}} \cos\theta_B, \quad (8.76)$$

мұндағы $\cos\theta_p$ – ерітіндімен ерігіштік; σ_B – судың беттік керілуі, Н/м; σ_p – ерітіндінің беттік керілуі, Н/м; φ_{0p} – Саяк кенорнының сәйкес тау жынысынан құралған байланыссыз ортаны ерітіндімен ылғалдандырғандағы салыстырмалы ылғалдылық; φ_{0B} – Саяк кенорнының сәйкес тау жынысынан құралған байланыссыз ортаны сумен ылғалдандырғандағы салыстырмалы ылғалдылық; $\cos\theta_B$ – тау 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 сәйкесінше судың беттік керілуінен 1,30; 1,30; 1,25; 1,22 және 1,10 есе кіші.

Әртүрлі тау жыныстарын тринатрийфосфатының 0,0005% ерітіндісімен суарғанда максимум молекулярлы ылғалсыйымдылық суға қарағанда 1,9-3,1 есе төмендейді. Ал, Саяк кенорнының тау жыныстарына арналған полиглецирид, цикламид, АБЗ, универсин және ДБ ерітінділері үшін сәйкесінше 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 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 Саяк кенішінің диорит-порфиритті (С-2) тау массасының салыстырмалы ылғалдылығы сумен салыстырғанда сәйкесінше 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 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 жыныстарының тығыздығы мен олардың сумен сулануына тәуелді деп қорытынды жасалады. Саяк кенорнының барлық тау жыныстарының суланушылығы беттік керілудің ұлғаюымен өседі.

Сумен ылғалдандырса да, БАЗ және сулаушы қоспалардың 0,0005% сулы ерітінділермен ылғалдандырса да (8.61) немесе (8.68) 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, (8.39) немесе (8.46) шартты және (8.45) 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 процесі сұйықтық пен оның буының шектелген кеңістіктегі динамикалық тепе-теңдігімен шартталатынымен түсіндіріледі. Бес тәуліктің ішінде су үшін де, сондай-ақ тринатрийфосфаттың 0,0005%-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 (8.71) 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 (8.31) формула бойынша есептеледі. Әртүрлі тау жыныстары үшін ρ_n , m және ϕ_1 шамаларының сәйкес мәндерін (8.31) 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 кестеден (Ж қосымшасы) және кестеден (И қосымшасы) 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 тринатрий-

фосфатының 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 минималь меншікті шығынға ие болады. Сонымен қатар, меншікті шығынның минималь мәні тау жыныстары кеуектілігінің, тығыздығының және 0-1 мм фракциялардың максималь молекулярлы ылғалсыйымдылығының әртүрлі мәндерінде салыстырмалы ылғалдылық шамасының минималь мәніне сәйкес келеді.

Тау жыныстарының кеуектілігі мен тығыздығының мәндері бірдей, ал салыстырмалы ылғалдылықтың мәндері әртүрлі болғанда минималь меншікті шығын максималь молекулярлы ылғалсыйымдылықтың минималь мәніне сәйкес келеді. Мысалы, мүйізтасты құмтас (С-1) үшін тау массасының кеуектілігі $m=0,26$ және тау жыныстарының тығыздығы $\rho_n=3060 \text{ кг/м}^3$ болған кезде 0-1 мм фракциялардың максималь молекулярлы ылғалсыйымдылығы $W_{\text{мр}}=8,9$ тең, ал туфтықұмтас (С-3) үшін тау массасының кеуектілігі $m=0,28$ және тау жыныстарының тығыздығы $\rho_n=2700 \text{ кг/м}^3$ болған кезде 0-1 мм фракциялардың максималь 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 Саяк 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 массасы үйіндісінің көлеміндегі шаң байланыстырудың қажетті шарты болып табылады. Тау массасы үйіндісінің барлық көлемін ылғалдандыру үшін, оның бар көлемінде сүзу жүретіндей жағдай жасау керек.

Тау массасы үйіндісін ылғалдандыру үшін қажетті су мен ерітінділердің меншікті шығынын есептеу ашық кенорнына тасымалданатын сулаушы ерітінділердің көлемін анықтау үшін қажет. Меншікті шығынды дұрыс анықтау карьерде еңбек қорғау шараларын ұйымдастыру кезінде экономикалық шығындарды дұрыс есептеуге көмек болады.

9. КАРЬЕР ЖАҒДАЙЫНДА ТАУ ҮЙІНДІСІН ЫЛҒАЛДАНДЫРУ

9.1. Тау массасы үйіндісін ылғалдандыру параметрлерін тәжірибе жүзінде анықтау

Тау 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 .

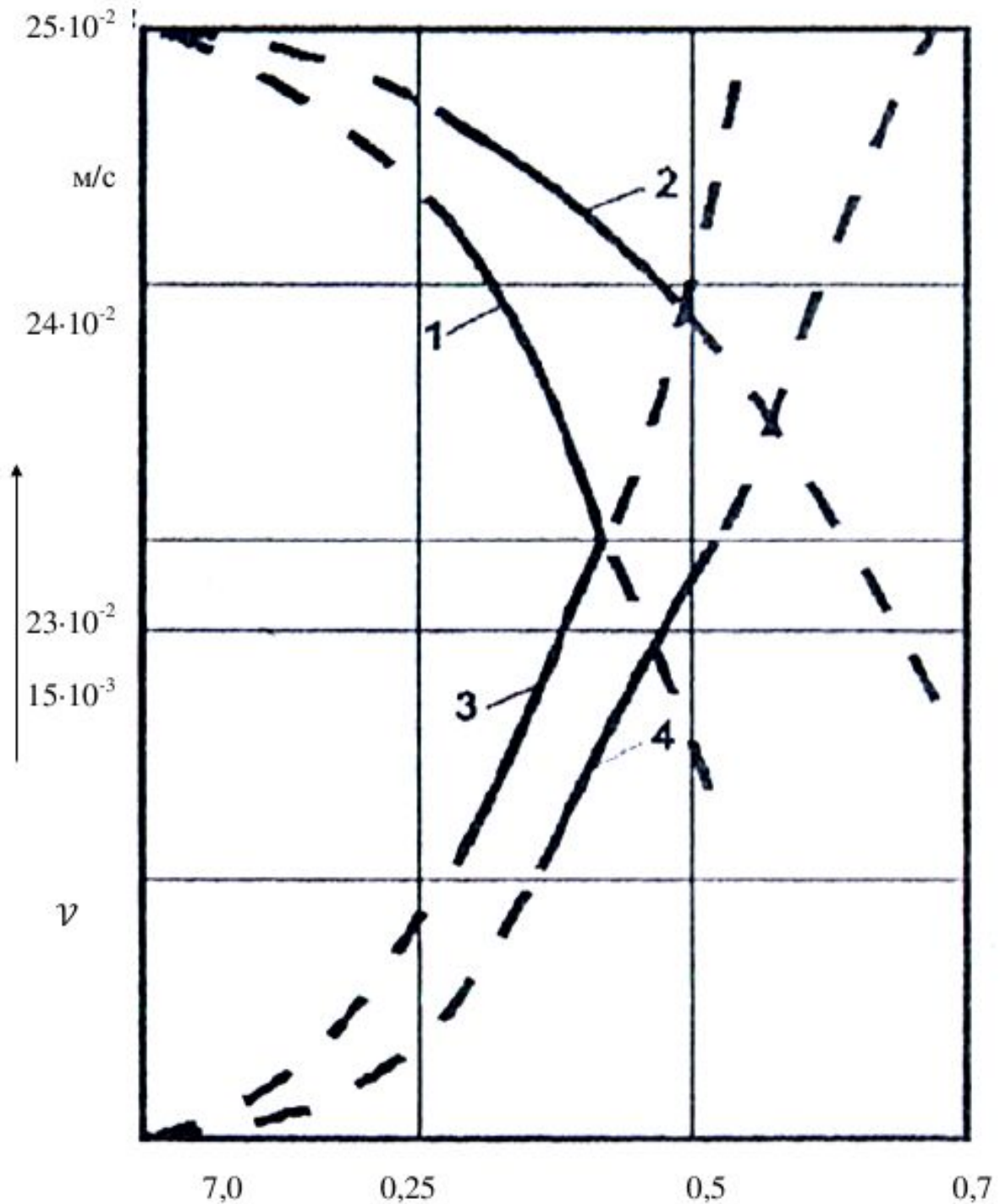
Жарылған тау массасын ылғалдандырған кезде суару ауданы мен гидромонитор ағынының параметрлері маңызды рөл атқарады.

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 – максималь 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 процесі үшін ағынның үйінді бетімен жанасатын соңғы бөлігі көп қызығушылық тудырады. Сондықтан, кішкене гидромониторлық ағынды есептейтін қолданыстағы әдістеме ағынның соңғы бөлігін есептеу үшін қолданыла алмайды.

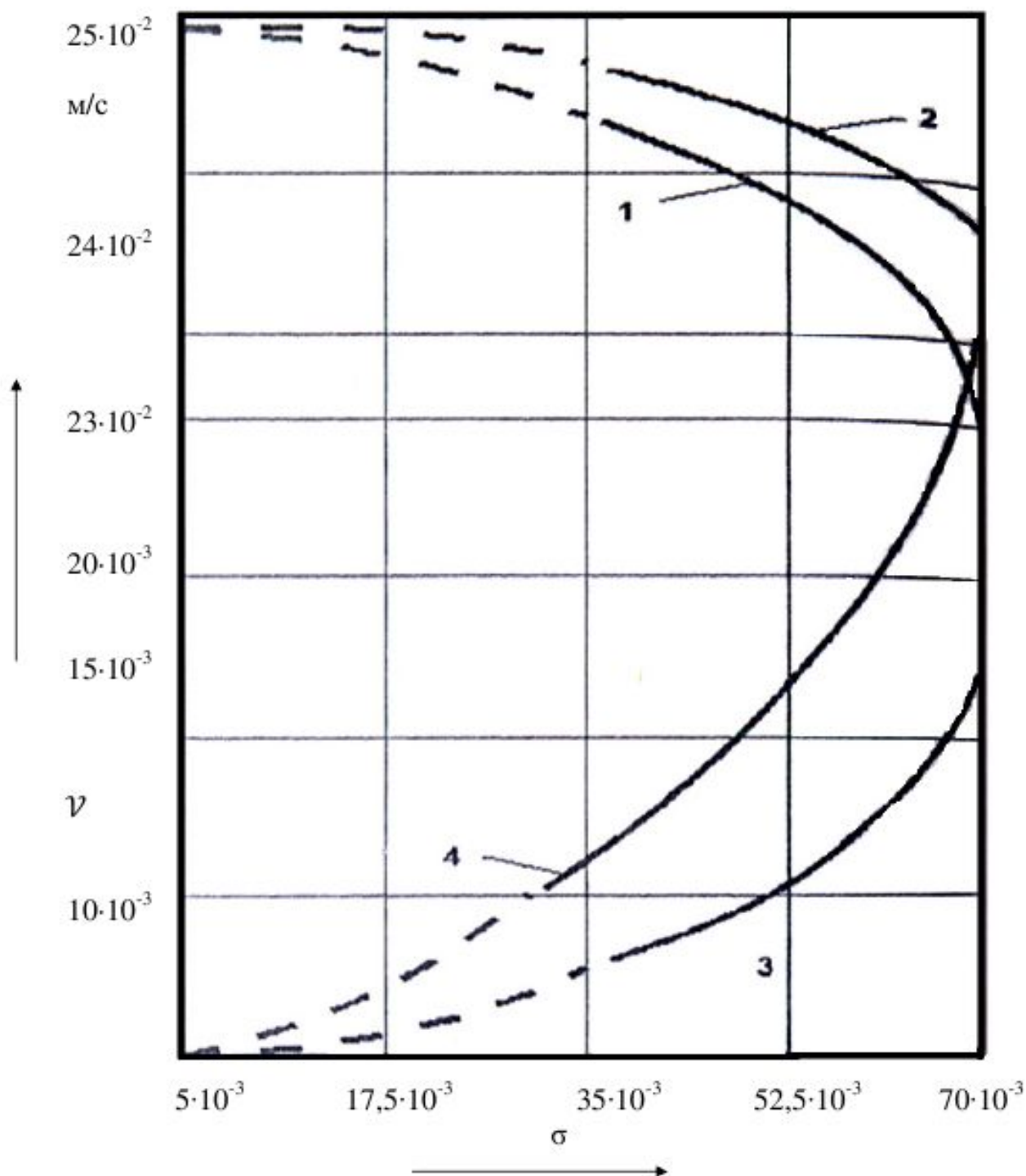
Саяқ карьеріндегі төрт жылдық бақылау нәтижелері, ондағы тау массасы үйіндісі негізінен трапеция түрінде болатынын көрсетті. Сонымен қатар, көптеген үйінділер үшін келесі

өлшемдер көп кездесті: беттік аудан $S=126 \text{ м}^2$, $h_n=18,5-19 \text{ м}$ және ортаңғы бөліктің ені – $31,5-32 \text{ м}$. УМП-1 қондырғысы ағынының



9.1-сурет. Тау жыныстарының суланғыштығынан сұйықтың 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



9.2-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

белгілі мәндерінде (Б қосымшасы), мыналар 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 массасының суланғыштығына сүзудің және сіңіру жылдамдығының тәуелділігі анықталды, ол 9.1-суретте және 9.2-суретте Саяқ кенорнының диорит-порфириті (С-2) үшін келтірілген.

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 (8.31) формула бойынша анықтау тәсілін және оған сәйкес параметрлері $t=180 \text{ с}$, $S_{\phi}=0,118 \text{ м}^2$, $S_1=14 \text{ м}^2$, $d_{\phi}=0,33 \text{ м}$, $Q=0,03 \text{ м}^3/\text{с}$ 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 жоғарғы нүктесінен төменгі нүктесіне қарай жібереді.

Уатылған тау массасы үйіндісінің бетін шартты түрде ауданы $S_1=14 \text{ м}^2$ бірнеше телімдерге бөлінеді. Ылғалдандыру сызбасы 9.3-суретте келтірілген.

Тау массасының аздаған көлемін ылғалдандыру суды көп шығындайды, себебі су оның кеңістігінен үйінді іргетасына қарай ағады. Сондықтан, тау 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

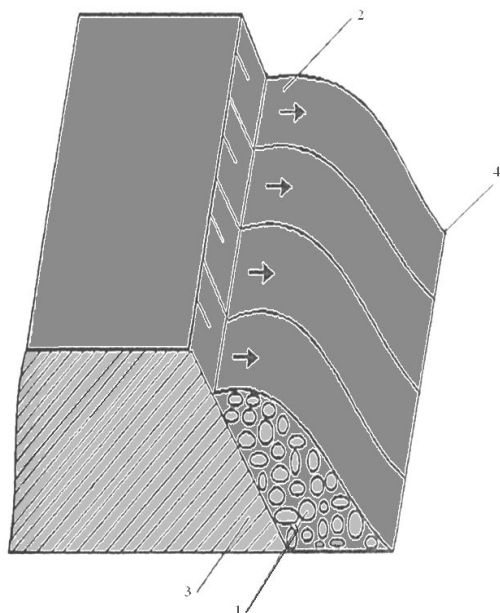
күндік өнімділігіне сәйкес анықталады, ол ЭКГ-4 үшін 6-2400 м және ЭКГ-8И үшін 6000 м құрайды.

Тау массасы үйіндісін анықтау тәсілі $t=180$ с уақыты бойынша басқарылды. Ал, бұрыштық жылдамдық былай анықталды:

$$\omega = \frac{2\pi d_{\phi}}{360^{\circ} t_1}, \quad (9.1)$$

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 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 массасы көлемі үш айдаумен ылғалданады.

Бірнеше тәуліктің ішінде экскавацияланатын үйінділер көлемі үшін буланудың алдын алатын әдіс сыналды. Оның мәні – тау массасы үйіндісін бір бөлек әртүрлі ерітінділермен өңдеу болып табылады.



9.3-сурет. Тау массасы үйіндісін ылғалдандыру әдісі:
1, 2 – тау жыныстарының кесектері;
3 – үстіңгі нүкте; 4- төменгі нүкте

Тринатрийфосфаттың 0,01%-дық ерітіндісін тау массасы үйіндісіне жібермес бұрын, үйінді беті универсинмен өңделеді. Тау массасы 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.

Салыстырмалы ылғалдылықты анықтау үшін тау 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 жыныстарының сілемесіндегі кертпештерді ылғалдандыру үшін жаңа тәсіл ұсынылды.

Уатылған массадағы шаң бөлінуді ескерту әдісі шаңсыздандыратын ерітіндіні арнайы ұңғымаларда сақтауға негізделген. Осы мақсатта өлшемі $5,5 \times 5,5$ м ұңғымалар бұрғыланды. Соңындағы ұңғымалар екі бағытта бұрғыланып және олардың ішіне тринатрийфосфат ерітіндісі құйылады. Блокты уату сәтінде пайда болған үйінді қосымша шаңсыздандыратын ерітіндімен, 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 процесі кезінде үйіндіні қосымша өңдеу, жоғарыда көрсетілген сызба бойынша (9.3-сурет) өңдеу кезінде, тау 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 жарылыс 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 (8.31) формуламен анықталған меншікті шығынының карьер шарттарындағы соңғы меншікті шығынына сәйкестігі сынамалардың ылғалдылыққа алынуымен анықталды.

Карьер жағдайында алынған сынамалардың салыстырмалы ылғалдылығы, зертханалық шарттарда анықталған тау массасы ылғалдылығына сәйкес келеді. Осыдан, меншікті шығын мен ылғалдандыру тәсілін анықтау әдістері тау массасы үйіндісінің көлеміндегі өлшемі 0-1 мм бөлшектерді байланыстыруға мүмкіндік береді, сондықтан экскаватор кабинасындағы және экскаваторлық қазба бөлімдегі ауаның шаңдылығын төмендете алады деп қорытынды жасалады.

9.2. Ұсынылған әдістің тиеу-тасымалдау жұмыстары кезіндегі шанды басудағы тиімділігін бағалау

Уатылған тау 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 массасы үйіндісінің көлеміне қатысты салыстырмалы ылғалдылығы арқылы тиімділігін бағалауға болады. Алайда, тау массасы үйіндісінің барлық көлемінің ылғалдылығын тексеру тәжірибе жүзінде өте қиын, әрі тиімсіз. Ылғалдылықты тексеру үшін алынған сынамалар таңдамалы түрде, Саяқ кеніші карьерлерінің тау массасы үйіндісінің гранулометриялық құрамын ескере отырып алынады. Таңдамалардың саны $n=32$ тең болды. Ылғалдандыру тиімділігі келесі формуламен анықталады:

$$\eta = \frac{n_1}{n} \cdot 100 \%, \quad (9.2)$$

мұндағы η – тау 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 массасын экскавациялау процесі 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 өндеудің екінші және үшінші тәсілдерінде тиімділік сәйкесінше 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 ылғалдандырып 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.

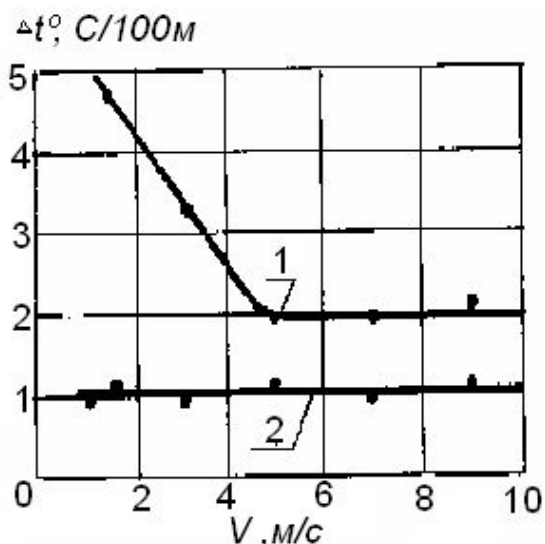
Салыстырмалы ылғалдылықтың күрт төмендеп кетуі кеуектерден буланудың өте интенсивті жүруіне алып келеді, бұл сұйықтықтың үстіндегі кеңістіктің ұлғаюының есебінен жүреді, нәтижесінде сұйықтық пен оның буының арасында динамикалық тепе-теңдік орнамайды.

Үйінді көлемінің 70-75 % ылғалдандыру тиеу-тасымалдау процесі 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.

11. КАРЬЕРЛЕР АТМОСФЕРАСЫН ЖЕЛДЕТУ ЖӘНЕ ТАБИҒИ АУА АЛМАСУ

11.1. 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 үрдістері 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 карағанда 40%-ке көп энергия түседі. Карьерлердің жағдауларының температураларының өзгеруі салдарынан, оларда бір тәулікте әртүрлі бағыттағы ауалы ағындар қалыптасады. 1 м/с -тан аз жел болғанда ауалы массаның тік бағытта ауысуы, тік температуралы градиент белгісі мен шамасына байланысты анықталады. 11.1-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 үрдісінің қарқынды жүруіне көмектесетін, тәуелді турбулизатор рөлін атқаратындығын көрсетеді.



11.1-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 байланысты, сонымен қатар карьердің геометриялық көрсеткіштеріне байланысты табиғи ауа алмасудың басты 4 схемасы туындайды: конвективті, инверсиялы, рециркуляциялық және тура. Алғашқы екі схема карьерлерде термиялық күштердің әсерімен пайда болады, мұнда сондай-ақ табиғи ауа алмасудың 2 схемасы элементтерінің бірігуімен, инверсиялы- конвективті схема пайда болуы мүмкін.

Карьерлердегі ауалы ағынның конвективті және инверсиялы қозғалыс схемасы желсіз немесе желі аз ауа-райы жағдайларында пайда болады, өйткені мұнда жел болған кезде карьерлердің жағдауларында 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 схемасы желдік түріне ауысып кетеді: тура және рециркуляциялық. Карьерлерде жел болған жағдайда орындар және аралас схемалар болуы мүмкін: тура-рециркуляциялық және рециркуляциялық- тура. Олардың пайда болуы жергілікті жердің бедерімен, карьерлердің геометриялық өлшемдері және олардың жұмыс істеу тәртібімен негізделеді.

Табиғи ауа алмасудың желдік схемасы кезінде термиялық күштері карьердегі қозғалған ауаға қатты әсер етпейді.

Демек, карьерлердегі табиғи ауа алмасу схемасын анықтайтын, басты физикалық шамалары, ол желдің жылдамдығы

u_0 , ауа температурасының Δt тік градиентінің белгісі мен шамасы. Карьердегі ауа алмасу шарттарын сипаттайтын басты көрсеткіштерге жататындары, 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 схемасы және олардың пайда болуы схемасы 34-кестеде келтірілген.

34-кесте

Карьердегі табиғи ауа алмасу схемасы және олардың пайда болуы

Ауа алмасу схемасы	Анықтауыш физикалық шамалары	Карьердің геометриялық көрсеткіштерін сипаттаушылар
1	2	3
Конвективті	$\Delta t > 1^0 c/100 м,$ $u_0 < 0,8 - 1,0 м/с,$ температура	L, H_k және β тәуелді емес
Инверсиялы	$\Delta t = 1^0 c/100 м,$ $u_0 > 0,8 - 1,0 м/с,$ температура	Сол сияқты
Рециркуляциялы	$\Delta t = 1^0 c/100 м,$ $u_0 > 0,8 - 1,0 м/с,$ жел	$\frac{l}{H_k} < 5 - 6, \beta > 15^0$ кезінде
Тура	$\Delta t = 1^0 c/100 м,$ $u_0 > 0,8 - 1,0 м/с,$ жел	$\frac{l}{H_k} \geq 5 - 6, \beta \leq 15^0$ кезінде және жел жағындағы жағдаудағы тегіс жұмыс істеуде
Рециркуляциялы - тура	$\Delta t = 1^0 c/100 м,$ $u_0 > 0,8 - 1,0 м/с,$ жел	$\frac{l}{H_k} > 8 - 10, \beta > 15^0$ кезінде
Тура-Рециркуляциялы	$\Delta t = 1^0 c/100 м, u_0 > 0,8 - 1,0 м/с,$ жел	$\frac{l}{H_k} > 8 - 10, \beta > 15^0, \beta_1 \leq 15^0$ кезінде және $\beta_2 > 15^0$

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 бірге отырып, оның қабатын алып кетеді. Еркін турбулентті ағын қоршаған ортаның артып кеткен массасымен, турбулентті шекаралық қабат түзеді, олардың қалыңдығы қозғалыс бағытында өсе түседі. Шекаралы 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.

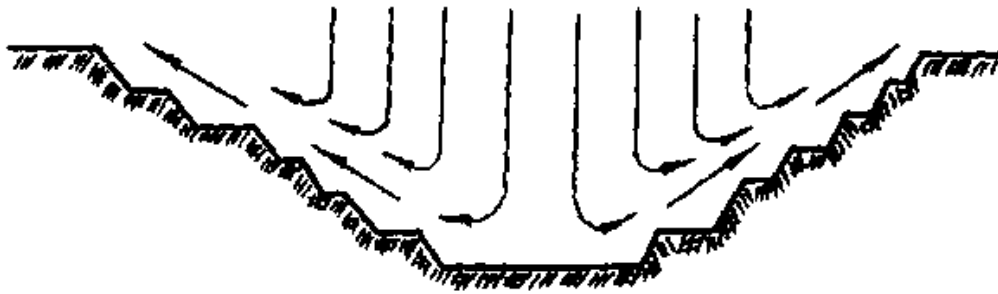
Карьерлердегі табиғи ауа алмасу жағдайында шекаралық қабаттағы сыртқы шекарадағы ағын жылдамдығының көлбеу құраушылары, жағдаудың жел жағындағы қиябет бұрыштарымен анықталады, ал ішкі шекарасында беттегі желдің жылдамдығына тең болады.

11.2. Ауа алмасудың конвекциялық схемасы

Карьердегі конвективті ауа алмасу, егер тік температуралы градиент оң болса және температураның құрғақ градиентінен шамасы көп болған жағдайда пайда болады. Карьердегі осындай схемада ауа алмасу, жағдаулары бойынша ауалы ағынның шығуымен жүзеге асырылады. (11.2-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 жоғарғы 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.

Конвективті схемада ағындардың жылдамдығы төменнен жоғары қарай бағытта өседі және кішкене жылытылған карьердің солтүстік бағытында оңтүстігіне қарағанда жоғары болады. Тереңдігі 100–120 мм-ге дейінгі карьерлердегі жоғарғы жағдаудағы ағынның жылдамдығы 1,5 м/с-ке дейін жетеді.



11.2-сурет. Карьердегі конвективті ауа алмасу схемасы

$$u = 0,55K_I \sqrt{g(H_K - h)\left(\frac{t_K}{t_n} - 1\right) \sin \beta}, \text{ м/с}, \quad (11.1)$$

мұндағы K_I – оржолдардың әсері салдарынан ауалы ағынның баяулауын ескеретін, коэффициент (оржолдардың биіктігі 10-12 м және карьерлердің жағдауының қиябет бұрыштары 20^0-30^0 кезінде $K_I = 0,11$); g – ауырлық күшінің жылдамдауы, м/с^2 ; H_K – карьердің тереңдігі, м; h – ауалы ағынның жылдамдығы анықталатын, беттен нүктенің орналасу тереңдігі, м; t_K, t_n – h тереңдігінде және карьердің бетінде орналасқан нүктедегі ауалы ағынның сәйкес температурасы, ^0C ; β – карьер жағдауының қиябет бұрышы, град.

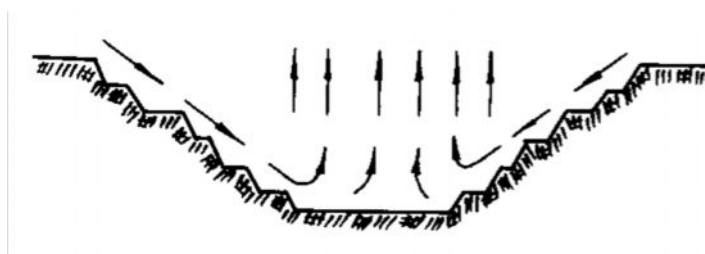
Осы схемада ауа алмасу ағындардың жылдамдығы кішкене болуы салдарынан ауа массасы қарқынды түрде араласпайды және карьердің атмосферасын ластауда зиянды қоспалардың ішкі көздерінің бөлінуінен ғана болады, ал сыртқы көздері қатты әсер етпейді. Осы схемада көбінесе жергілікті ластаушылар рөл атқарады, мұнда карьерлердің атмосферасын жалпы ластаумен байланысты басқа схемалармен салыстырғандағы оның артықшылығы көп болады.

Карьерлерде тік градиентті температураның кері мәндерінде

ауа алмасу инверсиялы схема бойынша жүргізіледі.

Осы схема бойынша екі ауа алмасу схемасы болуы мүмкін, бірақ олар бірдей физикалық құбылысқа негізделген.

Карьерлердегі ауа алмасудың біріншісіне жататындары, жазықтықтарда орналасқандары немесе еңістерде орналасқандары, ондағы қазылған кеңістік тұйық контурлы болады (11.3-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. Мұндағы тереңдігі үлкен шектерде өзгереді және кейде карьердің тереңдігіне де тең болуы мүмкін. Карьердің жоғарғы жағдауларында ағындардың жылдамдығы 1 м/с -тан аспайды, ал инверсия деңгейінде $-0,1 \text{ м/с}$ болады.



11.3-сурет. Тұйық контурымен карьердегі ауа алмасудың инверсиялы схемасы

Карьердің қиябеттеріндегі ағындардың жылдамдығы инверсия қабатынан жоғары, жуық шамамен келесі формуламен анықталуы мүмкін

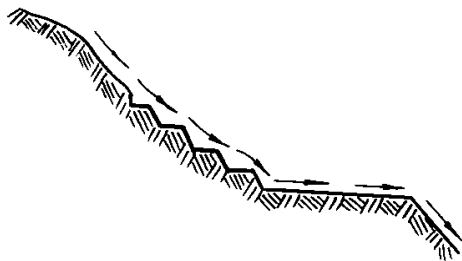
$$u = K \sqrt{2gh \sin \beta \frac{T_n - T_K}{T_n}}, \text{ м/с}, \quad (11.2)$$

мұндағы K – ауаның адиабаттық қызуы салдарынан гравитациялық күштің азаюын ескеретін, оржолдардың қозғалмайтын ауа қабатындағы аққан ауа ағынының үйкелісінің бар екендігін ескеретін, коэффициент $10-12 \text{ м}$ оржолдардың биіктігімен $25 - 30^\circ$ жағдау қиябеттерінің бұрыштарында, $K = 0,35$); h – ауалы ағынның жылдамдығы анықталатын, беттен нүктенің орналасу тереңдігі, м ; T_K , T_n – h , K тереңдігінде орналасқан нүктедегі беттегі ауаның орташа абсолютті температурасы.

Ауа алмасудың инверсиялы схемасы 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 (11.4-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 4-5 м/с-қа дейін жетуі мүмкін, ол барлық карьердің қарқынды желденуімен, жеке жұмыс орындарын қоса түгелдей желдетеді.



11.4-сурет. Тұйық шекарасыз тау беткейлеріндегі карьерлердегі инверсиялы ауа алмасу схемасы

Осындай жағдайларда карьердің жағдауларындағы қиябетінде ағындардың жылдамдығы сол сияқты (11.2.) формулаға сүйенуі мүмкін.

Егер карьердің жағдауларының біреуіндегі ауа радиациялық салқындау күйінде, ал екіншісі инсоляцияға ұшыраса, онда жағдауларындағы біреуіндегі ауа температурасының тік градиентінің мәні теріс болуы мүмкін, 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 схемасы инверсиялы-конвертивті деп аталады (11.5-сурет). Мұндай жағдайлар

карьерлерде күннің батысы немесе шығысы кезінде пайда болады, олардың әрекет ету ұзақтығы мәнсіз болады. Осы схемаға барлық карьердегі конвективті және инверсиялы схемасының жетіспеушілігі тән болады.

Карьер жағдауларының қиябеттеріндегі ауалы ағынның жылдамдығы 1–1,5 м/с-ден аспайды және оның терең бөліктерінде минимальды болады.



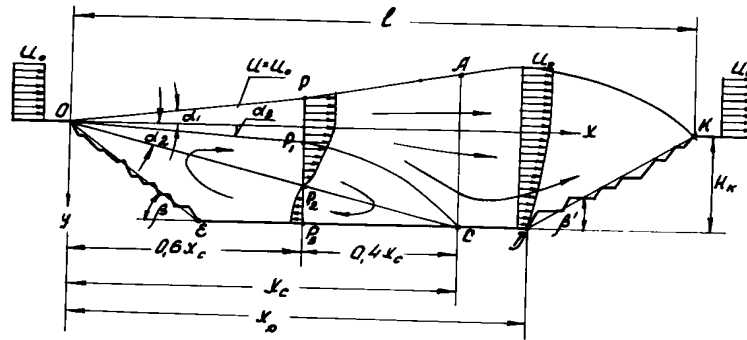
11.5-сурет. Карьердегі ауа алмасудың инверсиялы- конвективті схема

Инверсиялы-конвективті схема кезінде карьердің түбіндегі қозғалмайтын ауа массасы түзілмейді немесе оның биіктігі онша болмайды. Осы схема күн батқаннан кейін инверсиялыға өтеді, ал күн шыққаннан кейін ауа алмасудың конвективті схемасына айналады.

11.3. Ауа алмасудың рециркуляциялық схемасы

Карьерлердегі ауа алмасудың рециркуляциялық схемасы 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 схемасы кезінде желдің бағытымен сәйкес келетін ауа ағынының құрылымы 11.6-суретте ұсынылған. Ауа ағыны карьерге түсе отырып, қозғалыс шамасы бойынша деформацияланады, кейде OP және OP_2 сызықтарының арасын қамти отырып, турбулентті шекаралық қабат түзеді.



11.6-сурет. Карьердегі ауа алмасудың рециркуляциялық схемасы

Шекаралық қабаттағы ішкі шекара $OPAK$ сызығы бойынша өтеді, ондағы горизонтальды жылдамдық құраушысы u желдің u_0 жылдамдығына тең болады.

Шекаралық қабаттағы сыртқы шекарасы OC сызығымен анықталады, ондағы горизонтальды жел жылдамдығының құраушысы нөлге тең, және OX өсімен 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 тұрақсыздық 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 максимальды 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 $\frac{l}{H_k} < 5-6$.

Рециркуляциялық схема кезінде өлшемсіз ауа ағынының жылдамдығы бірінші түрдегі турбулентті ағында функциямен сипатталады

$$\frac{u}{u_0} = F'(\varphi), \quad (11.3)$$

мұндағы 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 ток функциясына пропорционал болады, басқаша айтқанда

$$\varphi = \int u dy = axu_0 \int F' d\varphi = axu_0 F(\varphi), \quad (11.4)$$

мұндағы a – шамасы тәжірибелік жолмен анықталатын, ағын құрылымының коэффициенті; x, y – ағын жылдамдығын құраушысымен анықталатын, нүктелер координаттары; φ – бірінші түрдегі шекаралық қабаттың өлшемсіз ординатасы.

Өлшемсіз ордината келесідей анықталады

$$\varphi = \frac{y}{ax}, \quad (11.5)$$

Жайпақ параллельді ағынның шекаралық қабатындағы басты дифференциалды теңдеудің түрі келесідей болады

$$F''' + F' = 0, \quad (11.6)$$

Толық теңдеу интегралы (11.6) тең болады

$$F(\varphi) = C_1 e^{-\varphi} + C_2 e^{\frac{\varphi}{2}} \cos\left(\frac{\sqrt{3}}{2} \varphi\right) + C_3 e^{\frac{\varphi}{2}} \sin\left(\frac{\sqrt{3}}{2} \varphi\right), \quad (11.7)$$

C_1, C_2, C_3 тұрақтыларын интеграл есептеу үшін және ішкі φ_1 және сыртқы φ_2 ағын шекарасының мәндерін табатын φ , келіс бес шекаралық шарттарды қолданады:

1. Шекаралық қабаттың ішкі шекарасында бар ($\varphi = \varphi_1$):

a) жылдамдықтың V тік құраушысы нөлге тең, басқаша айтқанда

$$F(\varphi_1) = \varphi_1, \quad (11.8)$$

b) жылдамдықтың көлбеу құраушысы u қозғалмаған ағын жылдамдығына тең u_0 , басқаша айтқанда

$$F'(\varphi_1) = \frac{u}{u_0} = 1, \quad (11.9)$$

c) жылдамдықтың тік құраушы градиенті $\frac{\partial u}{\partial y}$ нөлге тең, басқаша айтқанда

$$F''(\varphi_1) = 0, \quad (11.10)$$

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

$$F'(\varphi_2) = 0, \quad (11.11)$$

b) жылдамдықтың тік құраушы градиенті $\left(\frac{\partial u}{\partial y}\right)$ нөлге тең, басқаша

$$F''(\varphi_2) = 0, \quad (11.12)$$

Жоғарыда келтірілген шекаралардағы шарттар бойынша келесі есептеулер нәтижелері алынған:

$$\varphi_1 = 0,981; \quad \varphi_2 = -2,040; \quad c_1 = -0,0176; \quad c_2 = 0,1336; \quad c_3 = 0,6876.$$

(11.7) теңдеуіне шекаралық қабаттың ішкі және сыртқы

қабаттарының өлшемсіз ординаталары мен тұрақты интегралдаудың сандық мәндерін қоя отырып, алғашқы формуланы аламыз

$$F(\varphi) = \frac{\phi}{axu_0} = -0,0176 e^{-\varphi} + 0,1337 e^{\frac{\varphi}{2}} \cos \frac{\sqrt{3}}{2} \varphi + 0,6876 \sin \frac{\sqrt{3}}{2} \varphi e^{\frac{\varphi}{2}}. \quad (11.13)$$

(11.9) шарты бойынша шекаралық қабаттағы $\frac{u}{u_0} = F'(\varphi_1)$ тік жылдамдықты құраушыны қоя отырып, карьердегі ауа алмасудың рециркуляциялық схемасы кезінде бірінші түрдегі ағындар үшін, өлшемсіз шамалар келесі тендеулермен өрнектеледі

$$\begin{aligned} \frac{u}{u_1} = F'(\varphi) &= -0,0176 e^{-\varphi} + 0,1337 \frac{1}{2} e^{\frac{\varphi}{2}} \cos \frac{\sqrt{3}}{2} \varphi - 0,1337 \frac{\sqrt{3}}{2} e^{\frac{\varphi}{2}} \sin \frac{\sqrt{3}}{2} \varphi + \\ &+ 0,6876 \frac{1}{2} e^{\frac{\varphi}{2}} \sin \frac{\sqrt{3}}{2} \varphi + 0,6876 \frac{\sqrt{3}}{2} e^{\frac{\varphi}{2}} \cos \frac{\sqrt{3}}{2} \varphi = \\ &= 0,0176 e^{-\varphi} + 0,6623 e^{\frac{\varphi}{2}} \cos \frac{\sqrt{3}}{2} \varphi + 0,228 e^{\frac{\varphi}{2}} \sin \frac{\sqrt{3}}{2} \varphi. \end{aligned} \quad (11.14)$$

(11.14) формуласы φ_1 және φ_2 арасындағы шекаралық қабаттың тік сызықты учаскесіндегі PP_2 қимасына дейін жылдамдықты u анықтауға қолданылады. PP_1 және AB қималарының арасындағы ағындардың қосымша келешектегі деформациясы осы учаскеде жылдамдықтардың таралуына қатты әсер етпейді. Сондықтан (11.14) формуласы PP_1 мен AB қималары арасындағы тік жылдамдықтардың таралуы үшін іс-жүзінде қолданылады. φ мәнін (11.14) 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:

$$v = au_0 [\varphi_2 F'(\varphi_2) - F(\varphi_2)] \quad (11.15)$$

OC шекаралық қабатының сыртқы шекарасының және OX өстерінің арасындағы $\alpha \approx 15^\circ$ -қа тең бұрышты және $\varphi_2 = -2,04$ -ке тең өлшемсіз ордината шамасын біле отырып, ағын құрылымы

коэффициентінің мәндерін есептеуге болады:

$$a = \frac{y_2}{x\varphi_2} = \frac{\operatorname{tg}(-15^\circ)}{-2,04} = 0,131. \quad (11.16)$$

(11.16) теңдеуіне a мәнін қоя отырып, бірінші түрдегі турбулентті ағындар үшін ауа алмасудың рециркуляциялық схемасы кезіндегі өлшемсіз ординаталардың шамасын анықтауға арналған формуланы аламыз,

$$\varphi = \frac{y}{0,131x} = 7,64 \frac{y}{x}. \quad (11.17)$$

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

$$\alpha_1 = \operatorname{arctg}\left(\frac{y_1}{x}\right) = \operatorname{arctg}(\varphi_1 a) = \operatorname{arctg}(0,981 \cdot 0,131) = 7^\circ 20'.$$

Қосылыстардан алғашқы ағын массасын анықтайтын шекарасы функция мәндеріне сәйкес келеді

$$F(\varphi_1) = 0, \quad (11.18)$$

Онда өлшемсіз ордината, 34-кестеден көрініп тұрғандай, шекаралық қабаттың жайпақ-параллельді ағынының басты функцияларының мәні, тең болады:

$$\varphi_3(F = 0) = -0,185, \quad (11.19)$$

ол көлбеу бұрышқа сәйкес келеді

$$\alpha_3 = \operatorname{arctg}\left(\frac{-y_3}{x}\right) = -\operatorname{arctg}(\varphi_3 a) = -\operatorname{arctg}(-0,981 \cdot 0,131) = 1^\circ 25'.$$

Карьердегі (BK -учаскесінде) желденген жағалаудағы AB қимасымен тура ағындар әрекеті аймағында шекаралық қабатта жылдамдық алаңының қосымша деформациясы салдарынан,

жылдамдықтарды тарату заңы (11.14) теңдеуінен басқаша болады.

Табиғи және үлгілердегі жүргізілген зерттеулер, *BK* учаскесіндегі ауа жылдамдығы *B* нүктесінде $u = (0,10-0,15)u_0$ -ден *K* – нүктесіне дейін $u = u_0$ өзгертіндігін көрсетті.

BK учаскесіндегі өлшемсіз ординаталар φ нөлден *K* нүктесіне дейін өзгереді, өйткені осы нүктедегі ордината $y = 0$, шамасына дейін *B* нүктесінің күйімен анықталады. Мұнда *B* нүктесі 10^0 бұрышпен өтетін сәуледе жатыр, онда *B* нүктесінің күйін сипаттайтын өлшемсіз ордината (11.17) формуламен анықталады.

$$\varphi_2 = 7,64 \frac{x}{y} = 7,64 \operatorname{tg}(-10^0) = -7,64 \cdot 0,1763 = -1,346. \quad (11.20)$$

Карьердің жел жағындағы ауа ағынының жылдамдығы, басқаша айтқанда *BK* учаскесінде ауа алмасудың рециркуляциялық схемасында эмпирикалық формуламен анықталуы мүмкін.

35-кесте

Жайпақ параллельді ағындағы шекаралық қабаттың басты функцияларының мәні

φ	$F(\varphi)$	$F'(\varphi)$	φ	$F(\varphi)$	$F'(\varphi)$
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

$$u = u_0(1 + 1,14\varphi + 0,348\varphi^2), \quad \text{м/с}, \quad (11.21)$$

олар шектегі φ өзгерткен кезде оң болады.

$$-1,346 \leq \varphi \leq 0, \quad (11.22)$$

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 өстік жылдамдық P_2P_3 қималары мен карьердің желденген жағалауының арасында екінші түрдегі ағын үзілген кезде C нүктесінде жүреді, ол келесі формуламен анықталады

$$u_M = 0,353u_0 \left(\frac{H_C}{2,04ax_i} - 1 \right), \text{ м/с}, \quad (11.23)$$

мұндағы 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 өсінен өлшенетін, карьердің осы профилі үшін, екінші түрдегі ағын өсінің орналасқан тереңдігі, m .

PP_3 , қимасының күйі, шекаралық қабаттың қосылған массаларының бұрылуы басталған және екінші түрдегі ағынның ауысқан жерден, C нүктесімен өлшенетін, абсциссамен анықталады.

$$X = 0,4X_C, \quad (11.24)$$

мұндағы

$$X_C = \frac{H_C}{\operatorname{tg} \alpha_2}.$$

Осы теңдеуден, екінші түрдегі ағындардағы зиянды қоспаларды шығару желденген жағалаудың BC учаскесімен, карьердің терең бөлігімен және желденген жағалауға жанасқан ағындар шекарасының учаскесіндегі шекаралық қабаттың желденген жағалауымен жүзеге асырылады, OX өсінің проекциясының ұзындығы тең болады

$$X = 0,6X_C, \quad (11.25)$$

Мұндағы шекарадағы тік жылдамдықты құраушы (11.15) формуламен сәйкес тең болады:

$$v = au_0 [2,04 F'(\varphi_2) - F(\varphi_2)] = 0,389 au_0, \quad (11.26)$$

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 максимальды өстік жылдамдығы, карьердің түбі C нүктесі арқылы өткізілетін, осы ағынның көлбеу өсіне сәйкес келеді, ол тең болады:

$$u_M = 0,525u_0, \text{ м/с}, \quad (11.27)$$

Екінші түрдегі ағыны қиябеттермен шектелген $0,4 X_C$ –тен көп абсциссасымен карьердің жоғарғы жағындағы алаңдағы және желденген жағалаудағы ауалы ағынның жылдамдығы келесі формуламен анықталады:

$$u_N = 0,381 \frac{u_0}{h_c} (H_C - 0,267x_i), \text{ м/с}, \quad (11.28)$$

мұндағы h_c – екінші түрдегі ағынның өстік жылдамдық нүктесінен жайпақ параллельді ағынның шекаралық қабатының сыртқы шекарасына дейінгі биіктігі, m .

Екінші түрдегі ағындар үшін алынған аналитикалық тәуелділіктер (11.31-11.36) учаскеде оң болады.

$$0,4x_C \leq x_i \leq x_C, \quad (11.29)$$

B -дан P_3 -ке дейінгі учаскесінде ауалы ағынның жылдамдығы $(0,10-0,15) u_0$ –ден P_3 бағыты бойынша өседі, мұнда ол максимальды шамаға жетеді.

Желденген жағалаумен 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. Бұл 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

$$\frac{u_N}{u'_N} = \frac{h'_C}{h_c}, \quad (11.30)$$

мұндағы u'_n – тереңдегеннен кейінгі $0,4X_c$ -дан көп абсциссасымен 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.

11.4. Рециркуляциялық схема кезіндегі карьердегі ауа алмасуды жүзеге асырған ауа көлемі

Ауа алмасудың рециркуляциялық схемасы кезіндегі шекаралық қабаттың ені құрайды

$$b = ax(\varphi_1 - \varphi_2) = 0.131x(0.981 + 2,040) = 0,396, \quad (11.31)$$

мұндағы x – шекаралық қабаттағы тура сызықты учаскедегі қарастырылатын ағын қимасының абсциссасы, м.

Шекаралық қабаттың туынды қимасы арқылы уақыт бірлігінде өтетін, кесе – көлденең бағыттағы $L=I$, φ_1 және φ_2 , ұзындықтары арасындағы бекітілген ауа көлемі,

$$Q = \phi_1 - \phi_2 = axi_0 [F(\varphi_1) - F(\varphi_2)], \quad (11.32)$$

мұндағы ϕ_1 және ϕ_2 , φ_1 және φ_2 өлшемсіз ординаталарына сәйкес келетін, ток функциясының мәні.

34-кестеден табамыз, $\varphi_1 = 0,981$ $F(\varphi_1) = 0,981$, $\varphi_2 = -2,040$ кезінде $F(\varphi_2) = -0,389$. Онда (11.32) формуланы келесідей елестетуге болады:

$$Q = axu_0(0,981+0,389)=1,37axu_0.$$

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:

$$Q=0,822ax_cu_c=0,107x_cu_c, \quad (11.33)$$

мұндағы 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 схемасы кезіндегі карьерден зиянды қоспаларды шығару мен сығу жүзеге асырылған және ағынның алғашқы тұрып қалған массасы да уақыт бірлігінде өтетін ауа көлемі былай анықталады:

$$Q_B = \phi_1 - \phi_3 = axu_0 [F(\phi_1) - F(\phi_3)] \quad (11.34)$$

мұндағы $\phi_1 - \phi_3$ өлшемсіз ординатаға сәйкес келетін, ток функциясының мәні.

35-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:

$$Q_B = 0,6ax_cu_0 (0,981-0)L=0,077x_{c.cp}u_0L, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (11.35)$$

мұндағы $x_{c.cp}$ – әрбір 100 – 200 мм сайын параллельді қималар үшін анықталатын, OC шекаралық қабатының сыртқы шекараларының абсциссасының орташа шамасы.

(11.35) 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 қабаттың сыртқы шекарасынан төменгі аймақтан зиянды қоспаларды шығаруды қамтамасыз ететін φ_3 және φ_2 шекараларының арасындағы ауа көлемі келесідей анықталады:

$$Q_A = \phi_3 - \phi_2 = axu_0 [F(\varphi_3) - F(\varphi_2)] \quad (11.36)$$

немесе $\varphi_3 = -0,185$ $F(\varphi_3)=0$, $\varphi_2 = -2,040$ $F(\varphi_2) = -0,389$ кезінде және желдің перпендикулярлы бағытында беттік деңгейде карьердің өлшемдерінде L аламыз:

$$Q_P = 0,389axu_0L = 0,03x_{c.c.p}u_0L, \quad m^3/c, \quad (11.37)$$

Бұл $X=0,6X_c$ абсциссасымен P_1P_2 қимасы арқылы өтетін, максимальды ауа көлемі.

Рециркуляциялық ауа алмасу схемасы кезінде ауа ағынының рециркуляциялық аймағынан (BK участогы) 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 схемасы кезінде карьердегі жұмыс істейтін жұмысшылары бөлінген зиянды қоспалардың әсеріне ұшырайды, кейде тіпті бөліну көзінен қашықта орналасқан жұмыс орындары жағдайында да әсеріне ұшырайды.

Ауа алмасудың рециркуляциялық схемасы 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 $ВСДЕО$ 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 орташа концентрациясы жуық шамамен карьердің желденетін жағалауындағы тура ағындар аймағына қарағанда 2 есе жоғары болады.

Демек, шекаралы қабатына ішкі және сыртқы көздерден түскен қоспалары, OC сыртқы шекарасында максимальды 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 үрдіс жалғаса береді. Орныққан аэродинамикалық және газды- шаңды динамикалық үрдістерде карьер атмосферасындағы қоспалардың концентрациясы тұрақты болып қалады. Рециркуляциялық ауа алмасу схемасы 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 есептеу үшін, рециркуляция аймағында оның құрамы бойынша жүргізу қажет. Ауа алмасудың рециркуляциялық схемасы кезінде алғашқы массаның C_c тұрып қалған бөлігінде қоспалардың орташа концентрациясы, шекаралық қабаттағы C_k сыртқы шекарада қоспалар концентрациясы арқылы өрнектелуі мүмкін.

$$C_{cp} = kC_k \quad (11.38)$$

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 карьерге 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,

$$G_1 = KQ_B(c - c'_0) = 0,382 \cdot 0,077x_{c,cp}u_0L(c - c'_0) = 0,029x_{c,cp}u_0L(c - c'_0), \text{ мккг/с; (11.39)}$$

б) карьердің жанындағы жел жағында орналасқан, бір ішкі көздердің әсері кезінде

$$G_2 = KQ_B(c - c'_0) = 0,621 \cdot 0,077x_{c,cp}u_0L(c - c'_0) = 0,048x_{c,cp}u_0L(c - c'_0), \text{ мккг/с; (11.40)}$$

в) кері ауалы ағындардың аймағында орналасқан, ішкі көздердің бірігіп әсер етуі кезінде және карьердің жанында жел жағында орналасқан сыртқы көздердің әсер етуі кезінде

$$G_{1,2} = KQ_B(c - c'_0) = 0,5 \cdot 0,077x_{c,cp}u_0L(c - c'_0) = 0,038x_{c,cp}u_0L(c - c'_0), \text{ мккг/с; (11.41)}$$

Карьерге таза ауа түскен кезде, басқаша айтқанда $c'_0 = 0$ кезінде және ауа алмасудың рециркуляциялық схемасында зиянды қоспалардың бөлінуінде оның құрамы шекті рұқсат етілген концентрациядан аспайды, ол келесі формула бойынша анықталады:

$$G_1 = 0,029x_{c,cp}u_0Lc, \text{ мккг/с; (11.42)}$$

$$G_2 = 0,048x_{c,cp}u_0L \text{ мккг/с; (11.43)}$$

$$G_3 = 0,038 x_{c,cp} u_0 Lc, \text{ мккг/с}; \quad (11.44)$$

мұндағы $G_1, G_2, G_{1,2}$ – ішкі және сыртқы көздердің біріге әсер етуіне сәйкес бір уақытта бөлінетін қосындының қарқындылығы.

Карьерлерде табиғи ауа алмасу, рециркуляциялық схема 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

$$K C_k Q_B d\tau = -V_n dc_k \text{ немесе } d\tau = -\frac{V_n}{K Q_B} \cdot \frac{dC_k}{C_k}, \quad (11.45)$$

$\tau = 0, C_k = C_0$ алғашқы шарттарында интегралдай (45) отырып, аламыз

$$d\tau = -\frac{V_n}{K Q_B} \cdot \ln \frac{C_0}{C}, \quad (11.46)$$

мұндағы 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 (11.46) келесідей түрде ұсынуға болады

$$\tau = \frac{V_n}{0,382 \cdot 0,077 x_{c,cp} u_0 L} \ln \frac{C_0}{C} = \frac{78,28 V_n}{x_{c,cp} u_0 L} \lg \frac{C_0}{C}, \quad (11.47)$$

Ауа алмасудың рециркуляциялық схемасы кезіндегі желденетін көлем

$$V_{II} = V_K - V_{BA'K} + V_{AOA'} = V_K - \frac{L}{2} (l_{CP} - x_{B.CP})^2 \operatorname{tg} \beta_1' + 0,0643 x^2_{B.CP} L, \quad (11.48)$$

мұндағы 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 м;

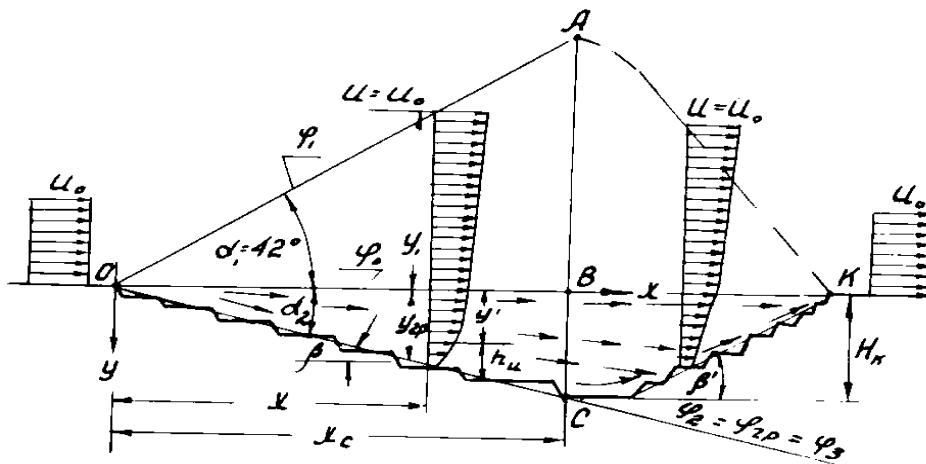
$$0,0643 = \frac{\operatorname{tg} \alpha_1}{2},$$

β_1' – BK учаскесіндегі карьердің желденген жағалауындағы кемер қиябеттерінің бұрышы.

11.5. Ауа алмасудың тура схемасы

Карьердегі тура ауа алмасу схемасы 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 тура ауа алмасу кезіндегі ауа ағынының құрылымы 11.7-суретте келтірілген.



11.7-сурет. Карьердегі тура ауа алмасу схемасы

Осы схема бойынша ауа ағыны карьерге түсе отырып, қозғалыс шамасы бойынша деформацияланады және түгелдей оның көлемін қамтиды. Ауа ағынының ішкі шекарасы OAK сызығы бойынша өтеді, онда жылдамдықтың u көлбеу құраушысы желдің жылдамдығына u_0 тең болады. Ағынның сыртқы шекарасы карьердің желденген жағалауының қиябет бұрышымен анықталады.

Осы схема бойынша алғашқы ауалы массаның тұрып қалған бөлігінің ішкі шекарасы, карьердің желденген жағалауының қиябетімен сәйкес келеді, басқаша айтқанда өлшемсіз ординаталар $\varphi_2 = \varphi_3 = \varphi_{ep}$ мен ішкі шекарасы α_1 бұрыштағы өткен өлшемсіз ординатамен φ_1 анықталады.

Ауалы ағынның ішкі және сыртқы шекараларының тура сызықтылығы AC қимасына дейін сақталады. Тура схема кезінде ауалы массаның тура сызықты бөлігіндегі кесе-көлденең қимасындағы жылдам алаңдарға ұқсас болады, бірақ рециркуляциялы схемадағыдай тарату сипатында болады. Тура ауа алмасу схемасында салыстырмалы жылдамдықтар рециркуляциялық схемаға қарағанда көптеу болады.

Карьердегі ауалы ағынның жылдамдығы кемерлер беттеріндегі бағытта түсіп кетеді, мұнда ол минимальды болады және $(0,1-0,15) \cdot u_0$ құрайды. Кемерлердің төменгі жақтарындағы желденген жағалауында кері бағыттағы жергілікті ағындар пайда болады, олардың өлшемдері кемерлердің биіктігі мен алаңдардың еніне байланысты болады.

Ауа алмасудың тура схемасы кезінде OX шекаралары арасындағы тура сызықты учаскеде және карьердің желденген жағындағы жылдамдықтарды тарату заңы теңдеуімен өрнектеледі

$$\frac{u}{u_K} = \cos \varphi, \quad (11.49)$$

мұндағы u_x – OX өсіндегі ағын жылдамдығы, m/c ; φ – 0-ден $-1,57$ -ке дейінгі өзгертін, өлшемсіз ордината.

$1,57$ -ке тең өлшемсіз ординатаның төменгі шегі, $\alpha_2 = 15^0$ кезіндегі өлшемсіз ординаталардың шекаралық шамасымен анықталады. OX өсі бойынша $\varphi_0 = 0$ -ге тең болады.

Тура схема бойынша өлшемсіз ордината рециркуляциялы схемадағыдай анықталады:

$$\varphi = \frac{y}{a_1 x} = \frac{tg \alpha_2}{a_1}, \quad (11.50)$$

мұндағы a_1 – ауа алмасудың тура сызықты схемасы кезіндегі ағын құрылымының коэффициенті; y , x – ағын жылдамдығының құраушыларын анықтайтын, нүкте координаттары.

$\alpha_2 = 15^0$ кезінде және өлшемсіз ординатаның шекаралық шегінде $\varphi_{cp} = -1,57$

$$a_1 = \frac{tg \alpha_2}{\varphi_{cp}} = \frac{-0,268}{-1,57} = 0,171, \quad (11.51)$$

Демек, ауа алмасудың тура сызықты схемасы кезінде өлшемсіз ордината тең болады:

$$\varphi = \frac{y}{0,171x} = 5,85 \frac{y}{x}, \quad (11.52)$$

Зерттеулермен анықталады, мұнда

$$u_x = 0,725 u_0, \quad (11.53)$$

Онда $\varphi = 0$ және $\varphi_{cp} = -1,57$ арасындағы тура сызықты учаскеде ауалы ағынның жылдамдығын таратуды келесідей болжауға болады:

$$u = 0,725 u_0 \cos \varphi, \text{ м/с}, \quad (11.54)$$

$\cos \varphi$ шамасы доғалы бірліктерде тригонометриялық функциялар кестесі бойынша φ мәніне байланысты анықталады.

(11.54) тәуелділігі $12-15^0$ бұрышымен желденген жағдаудың қиябет бұрышы кезінде ауалы ағынның жылдамдығын анықтауға мүмкіндік береді. Карьердің желденген жағдауының қиябет бұрышы шамасының азаюымен ауалы ағынның жылдамдығы (11.54) формуланың мәндері бойынша жоғарыда есептелгендігі байқалады.

Тура сызықты схеманың жетіспеушілігі, мұнда карьердің өлшемдерінің артуымен ауалы ағындардың төменгі жылдамдығымен 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_{gp} және y' қашықтықтарындағы ординаталар арасында тәуелділікті қолдануы мүмкін

$$h_u = y_{gp} - y' = 0,171 x(\varphi_{gp} - \varphi'), \text{ м}, \quad (11.55)$$

Демек, $u=0,262u_0$ жылдамдықпен ауалы ағынның қалыңдығын анықтау қажет болады. $u=0,262u_0$, кезіндегі (2.58) формуласымен 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 $\varphi_{gp}=1,57$. Онда $u=0,262u_0$ жылдамдықпен 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 тура сызықты схемасы кезінде желдетудің қолайсыздығы, ол карьердің терең бөлігі, әсіресе оны бірден тереңдеткен кездегі, сол жерде қиын желденетін тұрып қалған аймақтар пайда болады.

Желденген жағалаудағы кемерлердің беттеріндегі ауалы ағынның жылдамдығы төменнен жоғары қарай өседі, C -дан K -ға дейін және карьердің желденген жағдауының жоғарғы жағында желдің қажетті жылдамдығына u_0 жетеді.

$СК$ учаскесінде желденген жағдаудың кемерлерінің беттерінде ауалы ағынның жылдамдығын анықтау үшін эмпирикалық формуланы қолдануға болады:

$$u = u_0(1 + 0,36\varphi - 0,177\varphi^2) \text{ м/с}, \quad (11.56)$$

мұндағы 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, тура сызықты схемалы ауа алмасу кезіндегі ауа көлемі:

$$Q_B = \int_{y_0}^{y_{cp}} u dy, \quad (11.57)$$

(11.50) теңдеуінен

$$dy = a_1 x d\varphi, \quad (11.58)$$

u және dy мәндерін (11.54) және (11.58) теңдеулерінен (11.57) теңдеуіне қоя отырып, келесі теңдеуді аламыз:

$$Q_B = 0,725 a_1 x u_0 \int_{\varphi_0}^{\varphi_{cp}} \cos \varphi d\varphi, \quad (11.59)$$

мұнда $\int_{\varphi_0}^{\varphi_{cp}} \cos \varphi d\varphi = \sin \varphi = 1$

Осыдан аламыз

$$Q_B = 0,124 x u_0. \quad (11.60)$$

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

$$Q_B = 0,124 x_{c.cp} u_0 L, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (11.61)$$

мұндағы $x_{c.cp}$ – әрбір 100 – 200 м, сайын параллельді қималар үшін анықталатын, OC абсциссасының орташа мәні, м.

(11.61) теңдеуінен карьердегі ауа алмасуды жүзеге асыратын, ауа көлемі тура сызықты схема 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,

$$Q_B = Q_y - Q_Y', \quad (11.62)$$

мұндағы $Q_Y = u_0 y_1 - L = I$ кезіндегі карьердің жоқ болған жағдайда y_1 биіктігімен қима арқылы өтетін, ауа көлемі; $Q_Y' = \frac{u_0 y_1 + 0,725 u_0 y_1 - L}{2}$ $L=1$ кезінде және карьер бар кезіндегі осы қимамен өтетін жылдамдықтар профилінің деформациясынан кейін өтетін, ауа көлемі.

Q_Y және Q_Y' мәндерін қоя отырып, теңдеуін аламыз (11.62),

$$Q_B = u_0 y_1 - \frac{u_0 + 0,725 u_0}{2} y_1 = 0,1375 u_0 y_1, \quad (11.63)$$

(11.60) және (11.63) теңдеуі шарттарынан табамыз

$$0,124 x u_0 = 0,1375 u_0 y_1, \quad (11.64)$$

$$\frac{y_1}{x} = \operatorname{tg} \alpha_1 = 0,9, \quad (11.65)$$

Осыдан

$$\alpha_1 = \operatorname{arctg}(0,9) = 42^0, \quad (11.66)$$

Осы тура ауа алмасу схемасы кезіндегі қозғалған ауа ағынының ішкі шекарасының көлбеу бұрышы. Демек, тура сызықты учаскеде ауалы ағынның ішкі шекарасы өлшемсіз ординатамен анықталады.

$$\varphi_1 = \frac{\operatorname{tg} \alpha_1}{a_1} = \frac{0,9}{0,171} = 5,26, \quad (11.67)$$

Ауа алмасудың тура схемасы, желдету жағынан тиімді болады, өйткені осындай жағдайда карьерден ауаның тура ағынымен зиянды қоспалардың барлығы шығарылады.

Осы схема 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. Тура схема 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.

Тура ауа алмасу схемасы кезінде, карьердің жалпы атмосферасы ластануы желдің перпендикулярлы бағытында орналасқан, сызықты әсері кезінде туындауы мүмкін немесе теңдей таралған көздер мен келесі тәуелділікті қолдануға болады

$$G_{\text{Л}} = 0,124 x_{c.c.p} u_0 l_u c_x \text{ мккг} / \text{с}, \quad (11.68)$$

немесе

$$G_{\text{Л}} = 0,124 \cdot 0,337 x_{c.c.p} u_0 l_u c_x = 0,042 x_{c.c.p} u_0 l_u c_x, \quad (11.69)$$

мұндағы $x_{c.c.p}$ – 100 – 200 м, сайынғы параллельді қималар үшін анықталатын, OC орташа абсцисса мәні м; l_u – желдің перпендикулярлы бағытында бағытта көздің теңдей таралуы немесе сызықты ұзындығы, м; c_{cp} – $x_{c.c.p}$ абсциссасымен 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

$$G = 0,042 x_{c.c.p} u_0 l_u (c - c'), \text{ мккг} / \text{с}, \quad (11.70)$$

мұндағы c'_0 – карьердегі ауаға түсетін, зиянды қоспалардың концентрациясы.

Егер желдің бағыты зиянды қоспалардың бөліну сызығымен, бір бұрышты θ құраса, онда (11.68), (11.69) және (11.70) формулаларында l_u -дің орнына $l_u \sin \theta$ -ды қою керек.

(11.70) формуладан, қауіпсіз қашықтықты анықтауға болады, онда көздің желденген жағында зиянды қоспалардың

концентрациясы рұқсат етілген концентрациядан аспайды. Демек, (11.70) $x_{c.cp}$ қауіпсіздік қашықтығы шамасына ие болады.

11.6. Штильден кейінгі карьерді желдету ұзақтығы

Карьерлерде табиғи ауа алмасу, рециркуляциялық схема 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.

Штильден кейінгі осы қиманы желдету ұзақтығы карьердің толық көлемінде келесі формула бойынша анықтауға болады

$$\tau = \frac{x_{c.max}}{0,725 \cos \frac{335H_K}{x_{c.cp}}} + \frac{2(l - x_{c.max})}{\cos \beta' u_0 (0,725 \cos \frac{335H_K}{x_{c.max}})}, \quad (11.71)$$

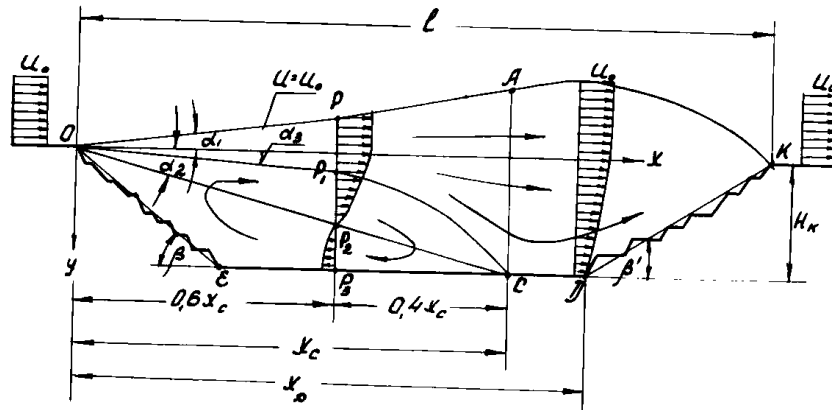
мұндағы β – карьердің желденген жағындағы қиябет бұрышы, *град*; β' – желденбеген жағдауындағы қиябет бұрышы, *град*; H_K – осы қимадағы карьердің тереңдігі, *м*; $x_{c.max}$ – *ОС*, абсциссасының максимальды шамасы, *м*; l – деңгейдегі қарастырылатын қима бойынша карьердің ұзындығы, *м*.

Егер карьер атмосферасы штиль кезінде жай ғана ластанған болса, онда (11.71) формуласында $x_{c.max}$, l және H_K жалпы нақты ластау көлемін көрсететін, мәндері қойылады.

Карьердегі рециркуляциялы-тура ауа алмасу схемасы 0,8 – 1 *м/с* жылдамдығы кезінде пайда болады, желденген қиябет бұрышы $\beta > 15^0$ және оның желденген жағдауында кемерлердің горизонтальды алаңында карьердің түбінде сыртқы шекараларының шығысы кезінде болады.

Желденген жағдауына жанасқан карьердің аймағы жағдайында рециркуляциялық схема бойынша желденеді, ал ағынның алғашқы массасының тұрып қалған бөлігінің әсері шегіндегілері – тура схема бойынша желдетіледі.

Осы ауа алмасу схемасы бойынша карьердің беткі жағындағы желдің бағытына сәйкес келетін, карьердің қимасы бойынша құрылымы 11.8-суретте келтірілген.



11.8-сурет. Карьердегі ауа алмасудың рециркуляциялық-тура схемасы

Ауа ағыны карьерге түсе отырып, деформацияланады және шекаралық қабат түзеді, мұндағы тура сызықты учаскедегі 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 абсцисса $0,6x_c$ -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 схемасы кезінде туындайтын, бірінші және екінші түрдегі турбулентті ағын қозғалысының заңдылығына бағынады, ал қалған карьердің көлемінде өлшемдеріне байланысты рециркуляциялық және тура ауа алмасу схемасы 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 тура ауа алмасу схемасы кезіндегі ауа қозғалысы заңдылықтарына бағынады.

Демек, рециркуляциялық-тура ауа алмасу схемасы кезіндегі ауалы ағынды тарату жылдамдығы (11.17), (11.21), (11.23), (11.28), (11.29), (11.31), (11.32), (11.33), тәуелділіктерімен AC қимасында карьер аймағында сипатталады, ал CDK учаскесінде (11.60) формуламен сипатталынады. (11.60) формуланы қолдану кезінде φ шамасын (11.56) өрнегімен анықтау қажет.

Осы ауа алмасу схемасы кезінде ауалы ағынның минимальды жылдамдығы C нүктесіне сәйкес келеді, ол $(0,10-0,15)u_0$ -ке тең болады.

Карьердің желденген және желденбеген жағалауларына C нүктесінен алу шамасы бойынша ауалы ағынның жылдамдығы өсе түседі.

Рециркуляциялық тура ауа алмасу схемасы кезінде, карьерден зиянды қоспаларды шығаратын және қысатын ауа көлемі (11.35) формуламен анықталады.

Ауа алмасудың осы схемасы 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 жағындағы орналасқан сыртқы көздері ластайды. Екінші түрдегі ауалы ағын аймағында орналасқан көздерден бөлінетін, зиянды қоспалар, қозғалыс кезінде карьереге түгелдей таралады.

Кері ағындар аймағында орналасқан бір уақытта әсер етуші ішкі көздерден бөлінетін зиянды қоспалардың қосынды немесе карьердің желденбейтін жағына жақын орналасқан бір уақытта әсер ететін сыртқы көздерінен немесе карьер атмосферасының жалпы ластануын туындататын сыртқы көздерден рұқсат етілген қарқындылығын (11.39), (11.40), (11.41), (11.42), (11.43) және (11.44) формулаларына сәйкес табуға болады.

Рециркуляциялық және тура ауа алмасу схемасы кезінде карьерді желдету ұзақтығы ең алдымен $\frac{l}{H_k}$ қатынасына

байланысты болады. Егер $\frac{l}{H_k} < 15$, онда екінші түрдегі ағынмен толтырылған, карьер аймағын желдету ұзақтығы анықталады

$$\tau = \frac{78,28 H_{K.CP} (x_{c.cP} - 0,5 H_{K.CP} \operatorname{tg} \beta_{CP})}{x_{c.cP} u_0} \cdot \operatorname{lg} \frac{c_0}{c}, \quad c, \quad (11.72)$$

мұндағы $H_{K.CP}$ – желдің бағытына сәйкес келетін, кейбір сипатты көріністерге тән карьерлердің орташа тереңдігі, м; β_{CP} – осы көріністеріне арналған карьердің желденген жағалауының қиябет бұрыштарының орташа мәні, град.

Егер $\frac{l}{H_k} > 15$, 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.

Тура ағындармен карьер аймағын желдету ұзақтығы

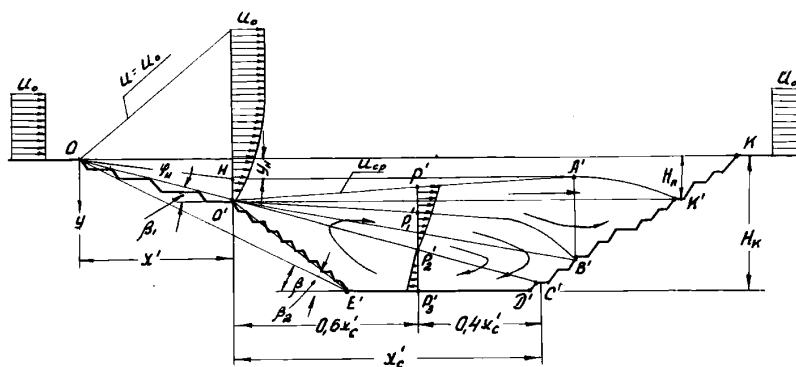
$$\tau = \frac{1,8}{u_0} \left(x_{D \max} - X_{C \max} + \frac{l - x_{D \max}}{\cos \beta'} \right), \quad c, \quad (11.73)$$

мұндағы $x_{D \max}$, $x_{C \max}$ – C мен D нүктелерінің абсциссасының ең үлкен мәніне сәйкес, м.

Карьердегі рециркуляциялы – тура ауа алмасу схемасы 0,8 -1 м/с жылдамдығы кезінде пайда болады, желденген қиябет бұрышы $\beta > 15^\circ$ және оның желденген жағалауында кемерлердің горизонтальды алаңында карьердің түбінде сыртқы шекараларының шығысы кезінде болады.

Желденген жағалауына жанасқан карьердің аймағы жағдайында рециркуляциялық схема бойынша желденеді, ал ағынның алғашқы массасының тұрып қалған бөлігінің әсері шегіндегілері – тура схема бойынша желдетіледі.

Осы ауа алмасу схемасы бойынша карьердің беткі жағындағы желдің бағытына сәйкес келетін, карьердің қимасы бойынша құрылымы 11.9-суретте келтірілген.



11.9-сурет. Карьердегі тура – рециркуляциялы ауа алмасу схемасы

Осы ауа алмасу схемасы бойынша карьердің жоғарғы бөлігі $O'P'A'K'$ сызықтарынан жоғары, тура ағындармен желденеді, ал төменгі бөлігі $O'E'P_3'D'C'B'K'A'P'O'$ көлемде – рециркуляциялық схема бойынша желдетіледі. Осы ауа алмасу схемасы бойынша ауалы ағынның аэродинамикалық көрсеткіштері, тура және рециркуляциялық ауа алмасу схемасы бойынша бекітілген сәйкес заңдылықтармен анықталады.

$O'P'A'K'$ сызығынан жоғары орналасқан карьер аймағындағы ағын жылдамдығын (11.51), (11.52), (11.54) және (11.56) формулалары бойынша анықтауға болады, $O'P'A'K'$ сызығынан төмен орналасқан аймақтағы ауалы ағынның таралу жылдамдығы рециркуляциялық ауа алмасу схемасы кезіндегі жылдамдықтарды тарату заңдылықтарына бағынады, (11.16), (11.17), (11.19), (11.20), (11.21), (11.22), (11.24), (11.25), (11.27), (11.28) және (11.29). Демек, $O'P'A'K'$ шекаралық қабаттың ішкі шекарасы мен $O'P_2C'$ ауалы ағында әртүрлі жылдамдықпен таралады. Бірақ та мұндағы карьердің төменгі жағындағы рециркуляциялық ауа алмасу схемасы тұрақты жылдамдықпен O нүктесінде келесідей түрде анықталатын, орташа жылдамдыққа тең болатын жылдамдықпен құрылады деуге болады

$$u_{cp} = \frac{0,725u_0}{\varphi_{2p} - \varphi_H} \int_{\varphi_H}^{\varphi_{2p}} \cos \varphi d\varphi, \quad (11.74)$$

мұндағы φ_H – карьердің төменгі жағындағы қалыптасатын рециркуляциялық ауа алмасумен тура ағынның қалыңдығы анықталатын, өлшемсіз ордината,

$$\varphi_H = 5,85 \frac{y_H}{x'}, \quad (11.75)$$

мұндағы y_H, x' – O нүктесіндегі координатты өстердің басталуымен H нүктесінің абсциссасы мен ординатасы.

Ауа алмасудың тура-рециркуляциялық схемасының басты жетіспеушілігі, мұнда рециркуляциялық схема бойынша желденетін, аймақтағы ауа қозғалысы карьердің тереңдігімен әлсіреген, желдік ағынмен қалыптасады. Осыған байланысты карьердің терең бөлігіндегі зиянды қоспаларды желдік ағынмен шығару тиімділігі өте төмен болады.

Тура-рециркуляциялық ауа алмасу схемасы кезінде рециркуляциялық схема 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' учаскесіндегі орналасқан көздерде қатысады, олар рециркуляциялық схема бойынша желдетіледі. Сондықтан карьердің жалпы атмосферасынан зиянды қоспаларды шығаруды жүзеге асыратын, ауа көлемі, $O'P'A'K'$ сызығынан жоғары тұрған екі аймақ үшін және (7.35) пен (7.61) формулаларына сәйкес, осы сызықтан төменгі аймақтар үшін есептелінеді. (2.65) формула бойынша есептелген ауа көлемі ауалы ағындағы OO' учаскесіндегі олардың бөлінуінің қарқындылығын ескерумен зиянды қоспалардың концентрациясын бекітуге қажет, олар карьер аймағының $O'P'A'K'$ сызығынан төмен жағын желдетумен жүзеге асырылады.

Осы ауа алмасу схемасы кезінде, шекті рұқсат етілген концентрация шегінде карьердің жалпы атмосферасын ішкі, сыртқы және біріге әсер ететін көздерімен ластайтын біртекті әрбір зиянды қоспалардың бөлінуінің қосынды қарқындылығы, (11.39), (11.40) және (11.41) формулаларына сәйкес анықталады. Осы формулаларда C'_0 бөлінген зиянды қоспалар ескеріледі және OO' учаскесінде; осы формулаларда $u_0, x_{с.ср}$ және L мәндері қойылады, олар рециркуляциялық схема бойынша желденетін, карьер аймақтары үшін қажет болады.

Ауа алмасудың тура-рециркуляциялық схемасы 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 схемасы кезінде карьердің аймағындағы зиянды қоспалардың концентрациясы рециркуляциялық схема бойынша желдетілетін, $OO'P'$ учаскесінде оның тура аймағының желденген кезінде ғана төмендей бастайды.

Атмосферасы үстіңгі бетке дейін штиль кезінде ластанған, карьерді желдету ұзақтығы формуламен анықталуы мүмкін

$$\tau = \frac{x'}{0,725u_0 \cos \beta_1 \cos \frac{335H_{II}}{x'}} + \frac{78,28(H_{K.CP} - H_{II})[x'_B - 0,5(H_{K.CP} - H_{II})ctg\beta_2]}{x'_{C.CP}u_{CP}} \lg \frac{c_0}{c}, \quad (11.76)$$

мұндағы β_1, β_2 – ауа алмасудың тура-рециркуляциялық схемасы бойынша сәйкес желдендірілетін, жоғарғы және төменгі кемерлер топтарының желденген жағдауларының қиябет бұрыштары, град;
 x'_B – O' -ға салыстырмалы B' нүктесіндегі абсциссаның орташа мәні m ; H_{II} – тура ауа алмасу схемасымен желденетін, карьер аймағының тереңдігі, m ; $x'_{C.CP}$ – O' -ға салыстырмалы C' нүктесінің абсциссасының орташа мәні.

10. БАЙЫТУ ФАБРИКАСЫНЫҢ ҰНТАҚТАУ - СОРТТАУ КЕШЕНДЕРІНДЕ ШАҢМЕН КҮРЕСУ ШАРАЛАРЫН ҚҰРАСТЫРУ

10.1. Ұнтақталған заттардың қозғалу шарттарын олардың физикалық-механикалық сипаттамаларына сәйкес аналитикалық талдау

Ұнтақталған материалдарға тау-кен байыту фабрикаларының өнімдері мен құрылыс бұйымдарының компоненттері: шиыршық тас, керамзит, шлак, күйе және т.б. заттар жатады. Бұл ұнтақталған материалдардың түйіршіктері аса кең диапазонға ие, осылайша шаңның майда дисперсті өлшемдері 50-100 мм-ге дейін өзгереді. Сондықтан нақты өлшемдегі түйіршіктердің қандай да бір үлесі ұнтақталған материалдардың физика-механикалық сипаттамаларын айқындайды. Одан басқа, ұнтақталған материал сипаты бір-біріне қарама-қарсы екі негізгі жағдайға ие. Физика-механикалық қасиеттерін нақты зерттеу үшін және бір-біріне қарама-қайшы келетін нәтижелерді болдырмау үшін ұнтақталған материал ағынын бағалау кезінде оны физикалық зерттеу нысаны ретінде талдау қажет.

Модельдеу принципінің негізіне ұнтақталған бөлшектерді қаңқаларға бөліп, толтыру кіреді және барлық ұнтақталған бөлшектерді бір-бірімен байланысы жоқ кеукеті орта ретінде қарастыру ұсынылады. Осылайша толтырылатын заттың кеукетілігі келесі теңдеу арқылы анықталады:

$$m_3 = \frac{m_c}{\varphi_{N_1}^0} - \frac{\sum_{i=1}^{N_1} \varphi_i}{\varphi_{N_1}^0}, \quad (10.1)$$

мұндағы m_3 – толтырылатын заттың кеукетілігі, $\text{м}^3/\text{м}^3$; m_c – ұнтақталған зат қаңқасының кеукетілігі $\text{м}^3/\text{м}^3$, φ^3 – толтырылатын зат ретінде алынған, ұнтақталған бөлшектің шекті бірлігіне келтірілген фракцияның пайыздық үлесі, φ_i – ұнтақталған бөлшектің шекті бірлігіне келтірілген, толтырылғыш ретінде алынған заттың фракциясы (өлшемі).

Әртүрлі гранулометриялық құрамдарда ұнтақталған материалдың кеуектілігі бірдей және толтырылатын заттың кеуектілігінен өзгеше болуы мүмкін.

Егер толтырылатын заттың кеуектілігі ұнтақталған бөлшектің кеуектілігінен аз болса, онда белгіленген N_I -ден, толтырылатын фракцияның біреуі немесе оның бір бөлігі немесе ең ірі бірнеше өлшемдерін қаңқаға ауыстырып, толтырылатын заттың кеуектілігін тау-кен бөлшектерінің кеуектілігіне теңескенге дейін анықтай береміз.

Толтырылатын заттың кеуектілігі тау-кен бөлшегінің кеуектілігінен көп болған жағдайда материал қаңқасынан алдын ала алынған толтырылатын заттың біреуі немесе оның бір бөлігі немесе ең кіші бірнеше өлшемдерін алып қосып, толтырылатын заттың кеуектілігін тау-кен бөлшектерінің кеуектілігіне теңескенге дейін немесе тау-кен сілемінің өлшеміне жақын өлшемге жеткенге дейін анықтай береміз.

Тау-кен сілемінің негізгі сипаттарының бірі – оның кеуектілігі бола отырып, ол сілемнің тығыздығына, шартты салмағына әсер етеді, сонымен қатар ұнтақ материалдың басқа да физика-механикалық қасиеттеріне әсер етеді, ал толтырылатын зат арнайы зерттеулер жүргізу үшін белгіленіп, ұнтақталған материал жайлы толық ақпарат алуға мүмкіндік береді.

Толтырылатын заттың кеуектілігі ұнтақталған бөлшек қаңқасының кеуектілігінен едәуір көп болған жағдайды қарастырайық, яғни (6.1) теңдеуіндегі екінші көбейтінді біріншіге қарағанда көбірек болады. Бұл дегеніміз аталып отырған ұнтақ зат құрамында майда бөлшектері көп тығыз қаптамаға ие екендігін көрсетеді. Одан басқа құрамында мұнша көп майда бөлшектері бар бұл материал қаңқа құрау үшін қажетті үлкен бөлшек мөлшеріне ие бола алмайды.

Осылайша егер m_I – өлшемі 0-1 мм бөлшектердің кеуектілігі $m_{0I} = m_{NI}$ болады және бұл кезде толтырылатын заттың пайыздық үлесі (φ_{Ni}^0) қаңқаның кеуектілігіне, яғни m_c -ге тең болады. Егер φ_{Ni}^0 -тің пайыздық үлесі m_c -тен көп болса, онда оның бір бөлігін қаңқаға φ_{Ni}^0 теңдігі орындалатындай кезекпен көшіреміз. Бұл $\varphi_{Ni}^0 < m_c$ болған жағдайда.

Молекулярлық күштің пайда болуы полярлық және полярлық емес молекулалардың бар болуымен түсіндіріледі, себебі молекулалар мен атомдардың құрамында оң зарядталған ядролар мен теріс зарядталған электрондар болады.

Молекулярлық күштің пайда болуы электр сипатына ие үш құбылыспен түсіндіріледі: молекулалардың мықты дипольдармен әсерлесуінен (шамалау құбылысы), молекулалардың мықты және индуцирленген дипольдармен әсерлесуінен (индукциондық құбылыс), полярлы емес молекулалар арасындағы әсер (дисперсионды құбылыс).

Сонымен келесідей қорытынды жасауға болады, ауаның беткі бөлігінде пайда болған қабат майда дисперсті бөлшектердің күшімен жылжи алмайды, өйткені өлшемі 1 мм-ден аз бөлшектер үшін көлемдік күштерге қарағанда бөлшектердің салмағымен анықталатын беткі қабаттық күштер тән. Сәйкесінше тасымалдау түйіні ауасының бетіндегі қабаттың бұзылуы үшін шамасы аса көп күш қажет. Қабаттың бетінде ұнтақталған майда бөлшектердің көп мөлшері жинақталған уақытта бұзылу үрдісі жүзеге асып, тасымалдау түйінінде материал ағынының және майда бөлшектерден тұратын қабаттың бөлініп кетуіне әкеліп соғады.

Осыдан көп жағдайларда 1 мм-ден кіші бөлшектердің жиналуы тасымалдау түйінінің кептеліп қалуына әкеліп соғады және ұнтақ материалдың жұлынып кетуі кезінде динамикалық соққы мен шаңның қарқынды бөлінуі қоса жүреді деген тұжырым жасауға болады. Динамикалық соққыдан толықтай арылу мүмкін емес, себебі тау-кен жыныстарының майда дисперсті шаңы күрделі минералогиялық құрамға ие, осылайша әсер ету сипатының да әртүрлілігінен беткі қабатпен де әртүрлі әсерлеседі. Осының нәтижесінде бірқалыпты қозғалысқа ие болу үшін ауаның иілу бұрышын табу да қиындыққа әкеліп соғады. Сондықтан ұнтақ материалдарды тасымалдау түйіндерінде шаң қарқындылығын төмендету пайда болған шаңды бөліп алып, соңынан қайта өңдеуге негізделетін техникалық шешімді қажет етеді. Бұл үшін шаңның пайда болуын ескере отырып, жабындының оптималды параметрлерін түсіндіріп, анықтау қажет.

10.2. Ұнтақ материалдар ағынында майда дисперсті бөлшектердің бөлінуінің шаңдылық қарқындылығына әсері

ТКБК-ның, байыту фабрикаларының және құрылыс кешендерінің соңғы материалы болып ашық кенорындарының бұзылу және тау-кен сілемдерінің әрі қарай өңделген өнімдері. Майда фракцияларға бұзылу және ұнтақталу, сонымен қатар тау-кен өнімінің әрі қарай өңделуі көптеген факторларға байланысты. Осы орайда тау-кен кәсіпорындарының, сондай-ақ құрылыс индустриясының түрлі технологиялық үрдістері үшін майдаланған материалдың құрамындағы бөлшектердің өлшемдерін және пайыздық үлесін нақты білудің маңызы зор.

Тау-кен сілемдерінің бұзылуы кезінде бөлшектерді әрі қарай пайдалану мақсатында өлшемдеріне сәйкес пайыздық үлеске бөлуді арнайы таралу заңдылықтарымен сипаттауға болады. Оларға келесілер жатады: нормалды таралу (Гаусс заңы), Максвеллдің биноминальді, нормалды логарифмдік таралу заңы т.б.

Тау-кен жыныстарының фракциялар бойынша пайыздық үлесін зерттеуден алынған бірқатар нәтижелер олардың нормалды таралудың статистикалық заңымен сипатталатынын дәлелдейді. Нормалды таралу қисықтары құрамындағы бұзылған тау-кен сілемінің максимумына қатысты алғанда симметриялық сипатқа ие. Жоғарыда айтылғандай таралудың көптеген сипаттары таралудың нормалды заңына ұмтылады. Көптеген зерттеушілер бөліктердің белгілі бір фракциялар бойынша таралуын зерттеуде бөліктің орташа өлшеміне немесе көбінесе айтатындай кондиционды бөлік өлшеміне назар аударады.

Түрлі үрдістерде шаңның пайда болуын зерттеуде бұл жеткіліксіз.

Құрылыс индустриясы және тау-кен өндірісінің түрлі технологиялық үрдістерінде шаңның пайда болу қарқындылығы майда бөлшектердің үлесіне және олардың қарастырылып отырған көлемде қалай таралатындығына байланысты болады. Шаң бөлшектерінің тау-кен сілемінің барлық көлемінде бірдей таралады деп айту қате болар еді. Егер мұндай ойды растайтын болсақ, яғни шаң бөлшектері тау-кен сілемінің барлық көлемінде бірдей таралады десек, онда жыныстарды өңдеу кезіндегі түрлі

технологиялық үрдістерде тау-кен сілемінің барлық көлемінде бірдей таралады. Шаңның таралу қарқындылығын эксперимент жүзінде анықтап, бақылаудың да қажеті болмас еді. Керісінше, ашық кенорындарында бұзылған тау-кен сілемінің күйіне жүргізілген көптеген зерттеулер, майда бөлшектердің тығыз қабат түзе отырып, бірнеше орындарда топталатынын көрсетеді. Егер арнайы құрылғылар мен құралдарды пайдаланбайтын болсақ, онда майда дисперсті қоспа әрі қарай технологиялық циклге көше берері де анық.

Технологиялық циклдың біріне ұнтақталған өнімді конвейерлермен тасымалдау жатады. Сондықтан конвейерлік таспаның беткі бөлігінде, әсіресе тасымалдау-тиеу түйіндерінде өлшемдері 1мм-ге дейінгі майда дисперсті қабат пайда болады. Бұл қабаттың пайда болуы бөлшектер мен ауаның беттік қабаты арасындағы адгезиялық қарым-қатынаспен, сонымен қатар бөлшектердің арасындағы өзара аутогезиялық қарым-қатынаспен түсіндіріледі.

Молекулярлық күштің пайда болуы полярлық және полярлық емес молекулалардың бар болуымен түсіндіріледі, себебі молекулалар мен атомдардың құрамында оң зарядталған ядролар мен теріс зарядталған электрондар болады.

Молекулярлық күштің пайда болуы электр сипатына ие үш құбылыспен түсіндіріледі: молекулалардың мықты дипольдармен әсерлесуінен (шамалау құбылысы), молекулалардың мықты және индуцирленген дипольдармен әсерлесуінен (индукциондық құбылыс), полярлы емес молекулалар арасындағы әсер (дисперсионды құбылыс).

Сонымен келесідей қорытынды жасауға болады, ауаның беткі бөлігінде пайда болған қабат майда дисперсті бөлшектердің күшімен жылжи алмайды, өйткені өлшемі 1 мм-ден аз бөлшектер үшін көлемдік күштерге қарағанда бөлшектердің салмағымен анықталатын беткі қабаттық күштер тән. Сәйкесінше тасымалдау түйіні ауасының бетіндегі қабаттың бұзылуы үшін шамасы аса көп күш қажет. Қабаттың бетінде ұнтақталған майда бөлшектердің көп мөлшері жинақталған уақытта бұзылу үрдісі жүзеге асып, тасымалдау түйінінде материал ағынының және

майда бөлшектерден тұратын қабаттың бөлініп кетуіне әкеліп соғады.

Осыдан көп жағдайларда 1 мм-ден кіші бөлшектердің жиналуы тасымалдау түйінінің кептеліп қалуына әкеліп соғады, және ұнтақ материалдың жұлынып кетуі кезінде динамикалық соққы мен шаңның қарқынды бөлінуі қоса жүреді деген тұжырым жасауға болады. Динамикалық соққыдан толықтай арылу мүмкін емес, себебі тау-кен жыныстарының майда дисперсті шаңы күрделі минералогиялық құрамға ие, осылайша әсер ету сипатының да әртүрлілігінен беткі қабатпен де әртүрлі әсерлеседі. Осының нәтижесінде бірқалыпты қозғалысқа ие болу үшін ауаның иілу бұрышын табу да қиындыққа әкеліп соғады. Сондықтан ұнтақ материалдарды тасымалдау түйіндерінде шаң қарқындылығын төмендету пайда болған шаңды бөліп алып, соңынан қайта өңдеуге негізделетін техникалық шешімді қажет етеді. Бұл үшін шаңның пайда болуын ескере отырып, жабындының оптималды параметрлерін түсіндіріп, анықтау қажет.

10.3. Кептеліп қалу үрдісі мен ұнтақ материалды тасымалдау кезінде шаңның пайда болу қарқындылығын аналитикалық талдау

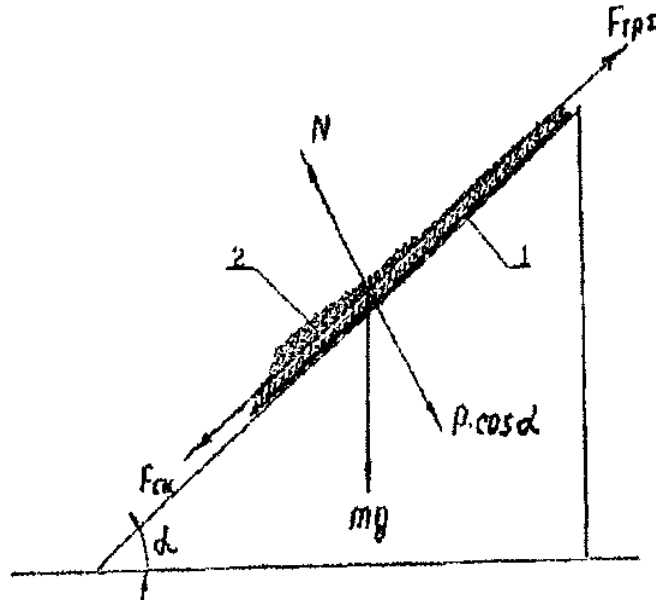
Тасымалдау түйіндерінде шаңның пайда болуының қарқындылығы жоғарыда көптеген зерттеулерде келтірілгендей ауаның беткі қабатынан ұнтақ материалдың жұлынып кетуімен түсіндіріледі.

Ұнтақталған материалы бар қиғаш ауаны (10.1-сурет) қарастырайық, мұнда ұнтақ материалды тікелей ауаның беткі бөлігінде орналасқан өлшемі 1 мм-ге дейінгі майда бөлшектерден тұратын қабат ретінде және майда дисперсті бөлшектердің бетінде орналасқан ұнтақталған материал қабаты ретінде елестетейік.

Ұнтақталған материалдың ауаның беттік қабатымен әсерлесуі осы қабаттың орналасқан ауданына тәуелді болатын бөлшек қабатының адгезия күшімен түсіндіріледі де, келесі теңдеумен анықталады:

$$F_{\alpha q} = a = \frac{S_n}{d}, \quad (10.2)$$

мұндағы a – беттік қабат тартылысының өлшеміне ие коэффициент, дин/см; d – бөлшектер диаметрі; S_{II} – өлшемі 1 мм-ге дейінгі бөлшектер жабысып қалған ауаның түбінің ауданы.



10.1-сурет. Ұнтақ материалдың қиғаш ауаның бойымен қозғалысын анықтау тәсілі:

1 – өлшемі 1 мм-ге дейінгі майда дисперсті бөлшектерден тұратын қабат, 2 – ұнтақталған материалдың аса ірі бөлшектерінен тұратын қабат, α – ауаның иілу бұрышы, F_{TP} – қажалудың қосынды күші, m – ұнтақталған материал салмағы

Сонда ауаның беттік қабатындағы қажалу күші келесідей анықталады:

$$F_{TP.П.} = k \cdot \alpha \frac{S_n}{d}, \quad (10.3)$$

мұндағы k – қажалу коэффициенті.

Зерттеулермен дәлелденгендей, өлшемі 1 мм-ге дейінгі бөлшектерден тұратын қабаттың қозғалысына беттік қабаттық күштің әсері орасан зор, сонымен қатар аса ірі фракциялардың қозғалысы көлемдік күштермен анықталады.

Сәйкесінше аса ірі фракциялардан тұратын қабаттың қозғалысы келесі теңдеумен анықталады.

$$F_{TP} = KN, \quad (10.4)$$

мұндағы N – баттук қабатқа әсер ететін қысымның нормалды күші. Мұнда нормалды күш келесі теңдеумен анықталады:

$$N = P \cdot \cos \beta + Faq = mq \cdot \cos a + Faq, \quad (10.5)$$

мұндағы m – ұнтақталған материал салмағы, a – ауаның иілу бұрышы.

Қажалу күші мен бүйір қабатын келесі теңдеумен анықтауға болады:

$$F_{TB} = \kappa \frac{pqH \cdot S_{\delta}}{2}, \quad (10.6)$$

мұндағы p ұнтақталған материал тығыздығы; H – ауаның сыйымдылық биіктігі; S_{δ} – ауаның бүйір қабаты.

Егер ауа екі бүйір қабатынан тұратынын ескерсек, онда ауаның бүйір қабатына қажалу күші мынаған тең болады:

$$F_{TB} = 2F'_{TB} = \kappa pqHS_{\delta}, \quad (10.7)$$

Осылайша, соңғы қажалу күші келесі сипатқа ие болады:

$$F_{TP\Sigma} = F_{TP} + F_{TP\Pi} + F_{TPB} = km_q \cdot \cos a + k\alpha \frac{S_n}{d} + k p_q HS_{\delta} = k \left(a \frac{S_n}{d} + m_q \cdot \cos a + p_q HS_{\delta} \right) \quad (10.8)$$

Қиғаш ауаның бойымен ұнтақталған материалдың қозғалуы келесі шарттардан анықталады:

$$F_{ck} = m_q \sin a \geq F_{TP\Sigma} = k \left(d \frac{S_n}{a} + m_q \cos a + p_q HS_{\delta} \right), \quad (10.9)$$

Ұнтақталған материалдың салмағы келесі теңдеумен анықталады:

$$m = p_q S_m H, \quad (10.10)$$

мұндағы S_m – түбінде ұнтақталған материал кептеліп қалған ауаның ауданы.

(10.9) теңдеуі (10.10) теңдеуін ескере отырып, келесі сипатқа ие болады:

$$m_q = \sin a \geq k \left(d \frac{S_n}{a} + m_q \cos a + m_q \frac{S_{\sigma}}{S_m} \right), \quad (10.11)$$

(10.2) теңдеуінен көрініп тұрғандай F_{aq} адгезия күші майда дисперсті бөлшектердің ауаның түбіне жабысу ауданы мен олардың диаметріне тәуелді және әрбір жеке жағдайда белгілі бір мәнге ие болады. Өлшемдері 1 мм-ге дейінгі майда дисперсті бөлшектерге жүргізілген зерттеулер көрсеткендей қозғалатын қабатта біркелкі орналаспаған, қайта тығыздалған жеке аймақ түрінде қозғалады. Өз көлемінде өлшемдері 1 мм-ге дейінгі майда дисперсті бөлшектері жиынтықты түрде орналаспаған аймаққа ие ұнтақталған материалдың қозғалысы кезінде бірінші бөліктегі бірінші көбейтіндісіз (10.9) теңдігі орындалады. Ауаның түбінде бөлшектері жиынтықты түрде орналасқан шартта ауаның бір бөлігінің немесе толығымен кептеліп қалуы (10.9) шарты орындалғанға дейін жүзеге аса береді. Кептеліп қалу көлемі әрбір шартта майда дисперсті бөлшектердің ауаның түбіне жабысу ауданына тәуелді болғандықтан, тәжірибе жүзінде (10.9) теңдеуінің теңесу шартына қол жеткізу қиын емес.

Сәйкесінше, ұнтақталған материал ауаның беткі бөлігінде тұрақсыз күйде орналасып, (10.9) шартының орындалуы материал ағыны қозғалысының жылдамдауын білдіреді, ал бұл кептеліп қалудың жұлынып кетуі мен шаңның бөліну қарқындылығына сәйкес келеді.

Осылайша, тәжірибе жүзінде динамикалық соққының алдын алу және осының нәтижесінде құрамында өлшемі 1 мм-ге дейінгі майда дисперсті бөлшектері бар ұнтақталған материалды тасымалдау кезіндегі шаң қарқындылығын төмендету қиынға соқпайды. Ұнтақталған материалдың жұлынып кетуі аспирациялық жабындының корпусында қысымның жоғарлап кетуімен қоса жүреді, ал бұл өндірістік ортаға шаңның бөлінуіне әкеліп соғады. Ұнтақталған материалдардың біркелкі орналасуына лайықталып жасалған аспирациялық түтік бұл жағдайда жабынды да бөлшектердің қажетті разрядталуын түзе алмайды және

аспирациялық жүйеге шаң бөлшектерінің аса көп мөлшері алынып кетеді.

Сәйкесінше, ұнтақ материалдарды тасымалдау кезінде шаң қарқындылығын төмендетудің техникалық шешімі аспирациялық жабындыдағы артық қысымды параметрлері тасымалданатын, сондай-ақ ауалы-шаңды қоспаның физикалық-механикалық сипаттамаларына сәйкес анықталатын қосымша ыдысқа ауыстыруды көздеу керек. Одан басқа қалқыма шаңды сумен басу қажет, ал ол сәйкесінше шаң аулаудың тиімділігін арттырады. Мұндай техникалық шешіммен бірге ыдыста қонып қалған шаңды қайта өңдеу мәселесі де шешімін табады.

10.4. Ұнтақталған материалды тасымалдау түйінінің оңтайлы көрсеткіштерін белгілеудің теориялық негіздері

Ауаның беткі қабатынан ұнтақталған материалдың жұлынып кетуін (жабындыға ауа үрленеді) қарастырайық, мұнда ол өзімен бірге майда дисперсті шаңды ала жүріп, аспирациялық жабынды да шаңды ауа түзеді. Бұл кезде ұнтақталған материалдарды тасымалдау түйіндерінде қысым қандай да бір P шамасына дейін жоғарылайды. Егер жабындыдағы қысым ұнтақталған материал ауаның беттік қабатынан жұлынып кеткенге дейін атмосфералық қысымға тең болса, онда одан кейін Дальтон заңына сәйкес келесі теңдеумен анықталады:

$$P_k = P_0 + P_H, \quad (10.12)$$

мұндағы P_x – ауа эжекциясынан кейінгі жабындыдағы қысым, Па; P_H – шаңданған ауаның парциалды қысымы, Па; P_0 – атмосфералық қысым, Па.

Қысымның ұлғаюының нәтижесінде аспирациялық ауаның саңылаулар арқылы өтуімен түсіндірілетін өндіріс орындарының майда дисперсті шаңмен ластануы жүзеге асады. Өндірістік орындарда шаңмен күресу шараларының бірі болып – жабындыдағы қысымның ұлғаюын болдырмау саналады. Бұл үшін тасымалдау түйінінен сорылатын және үрленетін ауаның көлемін анықтау қажет. Бұл жұмыс орындарында шаңдылықтың

төмендеуіне және аспирациялық жүйеде шаң жүктемесін төмендетуге мүмкіндік туғызады.

Жоғарыда айтылғандай, ұнтақталған материалдың жұлынып кетуі кезіндегі эжекция үрдісі адиабатикалық болып саналады, дәлірек айтсақ адиабатикалық сығу, сонда адиабатикалық үрдіс үшін Пуассон теңдеуін жазуға болады:

$$PV^\gamma = \text{const}, \quad (10.13)$$

мұндағы γ – молекулалардың бостандық дәрежесіне тәуелді адиабат көрсеткіші. Ауаның бір күйден екінші күйге көшуін (10.3) теңдеуіне сәйкес қарастырған жөн. Егер бірінші күй P_0 атмосфералық қысымына және жабынды корпусындағы V_2 ауа көлеміне сәйкес келсе, онда екінші күйге қысымы P_k болатын шаңданған ауа сәйкес келеді. Егер эжектирленген ауаны V_3 деп белгілесек, онда шаңданған ауа $V_2 - V_m - V_3$ көлеміне ие болады, мұндағы V_m жұлынып кететін материалдың көлемі. Сондықтан келесідей жазуға болады:

$$P_0 = V_2^\gamma = P_k (V_2 - V_m - V_3)^\gamma, \quad (10.14)$$

мұндағы P_k қосынды ретінде анықталатын ақырғы қысым, Па. (10.14) теңдеуінен ұнтақталған материалмен эжекцияланатын көлемді анықтаймыз, ол келесі туындыға теңеседі:

$$V_3 = V_2 - V_m - \left(\frac{P_0}{P_k} \right)^{\frac{1}{\gamma}} V_2, \quad (10.15)$$

(10.15) формуласынан көрініп тұрғандай эжекцияланатын ауаның көлемі ауаның беттік қабатынан жұлынып шығатын көлемге тәуелді. Формула құрамына кіретін шамалар зерттеулер жүргізу арқылы аса жоғары дәлділікпен бекітіледі. Жабынды көлемін қарапайым түрде V_3 шамасына ұлғайту артық қысымның алдын алуға мүмкіндік бермейді, сөйте тұра жұмыс орындарындағы шаңдылықты да төмендетпейді. Қалқыма күйде болатын шаңды бөлшектер әртүрлі саңылаулар арқылы ғимарат атмосферасына түседі. Сонымен қатар, шаңды бөлшектердің

аспирациялық жүйелер арқылы қоршаған орта ауасына да түсуі ықтимал, сөйтіп нәтижесінде өндірістік шығарылымдардың қоршаған ортаға тигізетін зардабы да ұлғая түседі. Мұнымен қатар пайдалы компоненттер де қайтарымсыз жоғалады.

Осы орайда, аса тиімді болып аспирациялық жабындыдан артық қысымды қосымша бір сыйымдылыққа ауыстыру қажет, яғни тасымалдау түйінінен $V_m + V_3$ –ке тең болатын шаңданған ауа көлемін сорып алу керек, бұл кезде қалқыма шаң бөлшектері қосымша сыйымдылықтың түбіне қонып, қажетті мөлшері жиналған кезде қажетті технологиялық үрдіс сатысына қайтарылады немесе қайта өңделеді. Толып қалудың жұлынып кетуі кезінде тасымалдау түйінінің жабындысында қысым мен көлем P_k және $(V_2 - V_m - V_3)$ шамаларына сәйкес келеді. Шаңданған ауа ағыны сорылып, ауыстырылған қосымша сыйымдылықтың V_x көлемінде қысым P_0 атмосфералық қысымына тең болуы қажет. Шаңданған ауаның V_x көлеміне сорылуы изотермиялық болып саналады, сәйкесінше Бойль-Мариотт заңы бойынша келесідей жазуға болады:

$$P_k (V_m + V_3) = P_0 V_x, \quad (10.16)$$

(10.16) формуласынан V_x көлемін анықтаймыз:

$$V_x = \frac{P_k}{P_0} (V_m + V_3), \quad (10.17)$$

(10.15) теңдеуін пайдаланып, V_3 көлемі үшін келесіні аламыз:

$$V_x = \frac{P_k}{P_0} V_2 \left[1 - \left(\frac{P_k}{P_0} \right)^{\frac{1}{\gamma}} \right], \quad (10.18)$$

Осылайша, ұнтақталған материалдарды тасымалдау түйіндеріндегі артық қысымды ауыстыруға қажетті қосымша көлем анықталады. (10.18) формуласынан көрініп тұрғандай қосымша сыйымдылық көлемі тасымалдау түйіні жабындысының артық қысымына $1/\gamma$ дәрежесінде тәуелді болады.

Сыйымдылықты концентратпен толтыру үрдісі кезінде қосымша сыйымдылық көрсеткіштерін анықтау үшін аналогты түрде түсіндіреміз, яғни толтыру үрдісін ұнтақталған

материалдың жұлынып кетуі ретінде қарастырамыз, осы орайда толтырылатын материал ыдыстың барлық көлемін (V_2) алып отыр деп есептейміз. Ендеше біз V_3 эжекцияланатын ауа көлемін анықтауда (10.15) формуласын қолдана алмаймыз.

Термодинамиканың бірінші заңына сәйкес келесідей жазуға болады:

$$\Delta Q = dU = PdV, \quad (10.19)$$

Адиабатикалық үрдіс үшін $\Delta Q = 0$ болғандықтан келесі шарт орындалуы қажет:

$$\frac{m}{\mu} C_v \cdot dT + PdV = 0, \quad (10.20)$$

Енді P қысымын V және T арқылы идеалды газ теңдігімен өрнектейік және (10.20) теңдеуіне салып келесіні аламыз:

$$C_v dT + RT \frac{dV}{V} = 0 \quad (10.21)$$

Пайда болған теңдеуден келесі туындыны аламыз:

$$\frac{dT}{T} + \frac{R}{C_v} \cdot \frac{dV}{V} = 0, \quad (10.22)$$

Алынған (10.22) қатынасын келесі түрде жазуға болады:

$$d \left(\ln T + \frac{R}{C_v} \ln V \right) = 0, \quad (10.23)$$

бұдан адиабатикалық үрдісте келесінің болатындығы көрінеді:

$$\ln T + \frac{R}{C_v} \ln V = \text{const}, \quad (10.24)$$

Егер R/C_v қатынасын $\gamma-1$ арқылы ауыстыруға болатынын ескерсек, (мұндағы $\gamma=C_p/C_v$), онда (10.24) туындысына ауыстырып келесі теңдеуді аламыз:

$$TV^{-1} = \text{const}, \quad (10.25)$$

Алынған қатынас көлем мен температура арасындағы тәуелділікті және T және V ауыспалылары арасындағы адиабат теңдеуін көрсетеді. Біздің жағдай үшін келесідей жазуға болады:

$$T_B \cdot V_2^{\gamma-1} = T_2 (V_2 - V_m - V_3)^{\gamma-1}, \quad (10.26)$$

мұндағы T_B – қоршаған орта ауасының температурасы, K ; T_2 – қысылу кезіндегі қосымша сыйымдылықтағы ауа температурасы, K .

(10.26) теңдеуінен эжекцияланатын ауа көлемін V_3 аламыз,

$$V_3 = V_2 \left(\frac{T_B}{T_k} \right)^{\frac{1}{\gamma-1}} - V_2 + V_m, \quad (10.27)$$

(10.18) формуласына (10.27) теңдеуін қойып, ұнтақталған материалды ыдысқа толтыру кезінде қосымша сыйымдылық көлемін анықтау үшін келесі теңдікті аламыз:

$$V_x = \frac{P_k}{P_0} \left[V_m + \left\{ V_2 \left(\frac{T_B}{T_k} \right)^{\frac{1}{\gamma-1}} - V_2 + V_m \right\} \right] \quad (10.28)$$

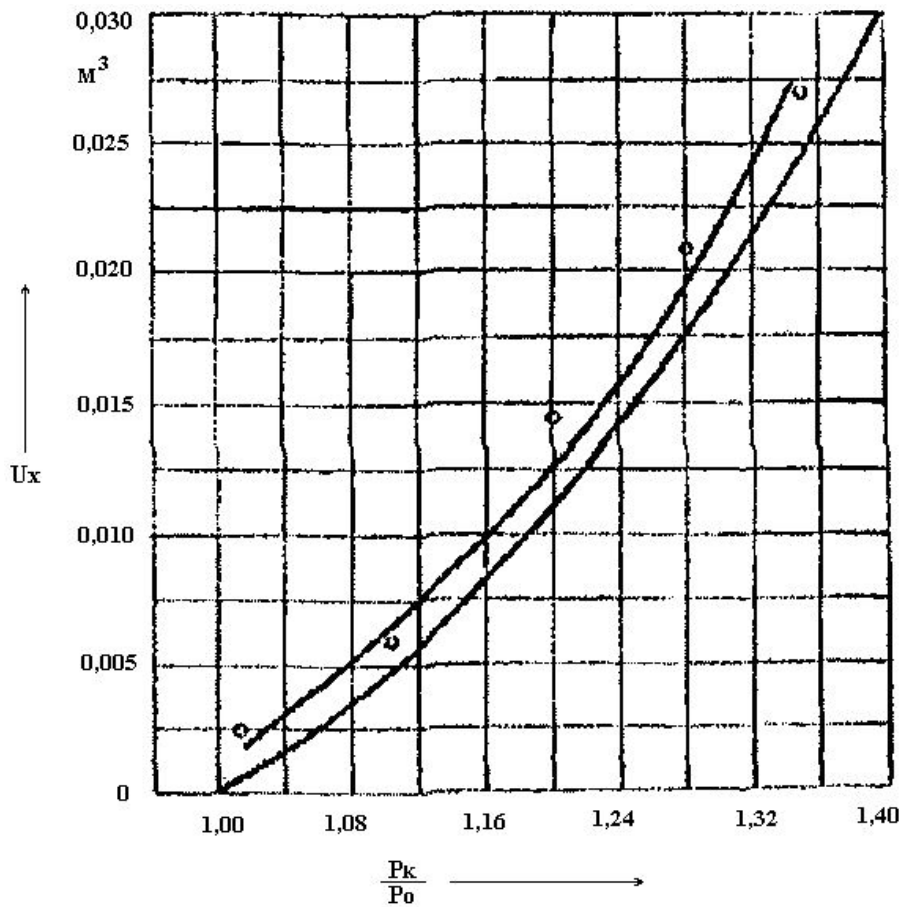
Толтыру кезінде сыйымдылық толығымен толтырылатынын ескере отырып, яғни $V_m = V_2$ деп есептеп, бірқатар туындылардан кейін келесіге қол жеткіземіз:

$$V_x = \frac{P_k}{P_0} V_2 \left[1 + \left(\frac{T_B}{T_k} \right)^{\frac{1}{\gamma-1}} \right], \quad (10.29)$$

Осылайша, алынған формула ұнтақталған материалмен толтыруда артық қысымды ыдысқа ауыстыру кезіндегі қосымша сыйымдылықтың көлемін есептеуге мүмкіндік береді. Бұдан көрініп тұрғандай, анықталып отырған көлем шаңданған ауа температурасы мен қысымына тәуелді. (10.18) және (10.29) формулалары ертерек белгілі болған, ұнтақталған материалдың механикасына ғана негізделген формулалардан ауаның күйі ескерілетіндігімен едәуір ерекшеленеді.

Алынған формулалардың шынайылығы лабораториялық шарттарда тексерілген. 10.2-суретінде ұнтақталған материалдарды тасымалдау түйініндегі қосымша сыйымдылық көлемінің шаңды ағынның қысымына тәуелділігі көрсетілген: тұрғызылған аналитикалық қисық 1 және тәуелділік, эксперименталдық нәтиже

негізінде тұрғызылған қисық 2. Сәйкестілік рұқсат етілген шектерде жатыр.



10.2-сурет. Аккумуляциалаушы сыйымдылық шамасының аспирациялық жабынды корпусының қысымына тәуелділігі:
 1 – аналитикалық тәуелділік, 2 – эксперименталды

10.5. Зертханалық зерттеулер жүргізу үшін ұнтақталған тау-кен сілемін модельдеу әдісі

Байланыспаған орталардың ерекшелігі болып – көптеген факторлармен түсіндірілетін физикалық-механикалық сипаттамаларының өзгергіштігі саналады.

Олардың негізгілеріне фракциялар пішінін және олардың барлық көлемде таралуын, кеуектілік пен тығыздықты жатқызуға болады.

Ұнтақталған материалдардың гранулометриялық құрамын зерттеу кезінде ұнтақталған материалдың қандай да бір

фракциясының таралу мәселесі жете қарастырылмаған. Бұл бірқатар технологиялық үрдістер үшін қандай да бір фракцияның ұнтақталған материал арасында орналасу аймағының айтарлықтай рөл атқармайтындығында. Сондықтан бұл мәселені зерттеу аса ғылыми қызығушылықты да танытпаған. Басқа жағынан қандай да бір фракцияның ұнтақталған материал арасында орналасу аймағын зерттеу ғылыми тұрғыда да, тәжірибе жүзінде де күрделі мәселе болып саналады.

Бұл мәселені тәжірибе жүзінде жүзеге асыру эксперименталдық бақылау жүргізудің қиындығымен, сонымен қатар қандай да бір фракцияның таралуын бекітетін көрсеткіштердің жоқтығымен түсіндіріледі.

Қандай да бір гранулометриялық құрамның ұнтақталған материал көлемінде таралуын белгілеуде негізгі сипаттама ретінде фракциялардың пайыздық үлесі мен олардың пайда болу жиілігін, сонымен қатар кеуектілігі мен тығыздығын алайық. Демек ұнтақталған материал ағынын тек осы сипаттамаларымен ғана зерттеу аса қиын тәжірибелік мәселе болып саналады. Барлық жағдайларда да зерттелетін нысандардың тек бір бөлігіне ғана тоқталады және оның нәтижесі негізінде барлық қасиеттер жайлы қорытынды жасалады. Мұндай әдіс таңдамалы деген атқа ие болған. Зерттеуге алынған нысандардың бір бөлігі таңдама деп, ал нысандардың барлық жиынтығы – негізгі жиынтық деп аталады. Тәжірибе жүзінде таңдамалы зерттеулер статистикалық ақпарат алудың негізгі әдістерінің бірі. Статистикалық әдістер ұнтақталған материалдардың аз ғана көлемі көмегімен негізгі жиынтықтың қасиеттері жайлы нақты мәлімет алуға мүмкіндік туғызады.

Мұндай жеке дарадан жалпыға логикалық зерттеу принципі қандайда бір ғылыми зерттеуге тән. Дегенмен ғылыми зерттеуде негізгі жиынтық барлық жүргізілуі мүмкін ғылыми зерттеулердің шексіз гипотикалық жиынтығы ретінде түсіндіріледі, ал таңдауға негізделген статистикалық қорытындылар белгілі бір негізгі жиынтыққа жатады. Сәйкесінше статистикалық зерттеу тұрғысында бұл түсініктің мәні ұнтақталған материалға қатысты алғанда зерттеу нәтижесінде анықталатын қандайда бір нақты қасиеттерді, кездейсоқ емес заңдылықтарды зерттеуді көздейді.

Таңдамалы зерттеу негізінде алынған ұнтақ материалдың негізгі жиынтығы жайлы ақпарат әрқашан қандай да бір қателікке ие болады, себебі ол нысанның тек бір бөлігін зерттеуде алынған.

Бұдан бірден екі өзара байланысты мәселе туындайды: таңдаудың репрезентативтілігі мәселесі және бағалау мәселесі.

Таңдау нәтижесімен негізгі жиынтық жайлы нақты қорытынды жасай алу үшін таңдалынатын нысандар ол жайлы толық ақпарат бере алатындай көрнекі болуы керек. Ал таңдау көрнекі болу үшін оны рандомизация көмегімен таңдау қажет.

Осылайша, кездейсоқ таңдауды рандомизация әдісімен жүргіземіз, онда негізгі жиынтық алдын ала бірнеше топқа бөлінеді және кездейсоқ түрде қажетті топ саны таңдалынып, бір таңдамалыға жинақталады. Таңдауға алынған сериялар толықтай зерттеуден өтеді.

Таңдалып алынған сынамалар өлшемдері 1 мм-ге дейінгі бөлшектердің таралу жиілігін анықтау үшін нақты зерттеуден өтеді. Нәтижелері 28-кестесіне жинақталған, одан көрініп тұрғандай өлшемдері 1 мм-ге дейінгі бөлшектердің саны көбейген сайын, ұнтақталған материалдың жұлынып кетуін көрсететін оның жиынтықты түрде таралуының саны да арта түседі, бұл 10.3-суретінде толықтай кескінделген.

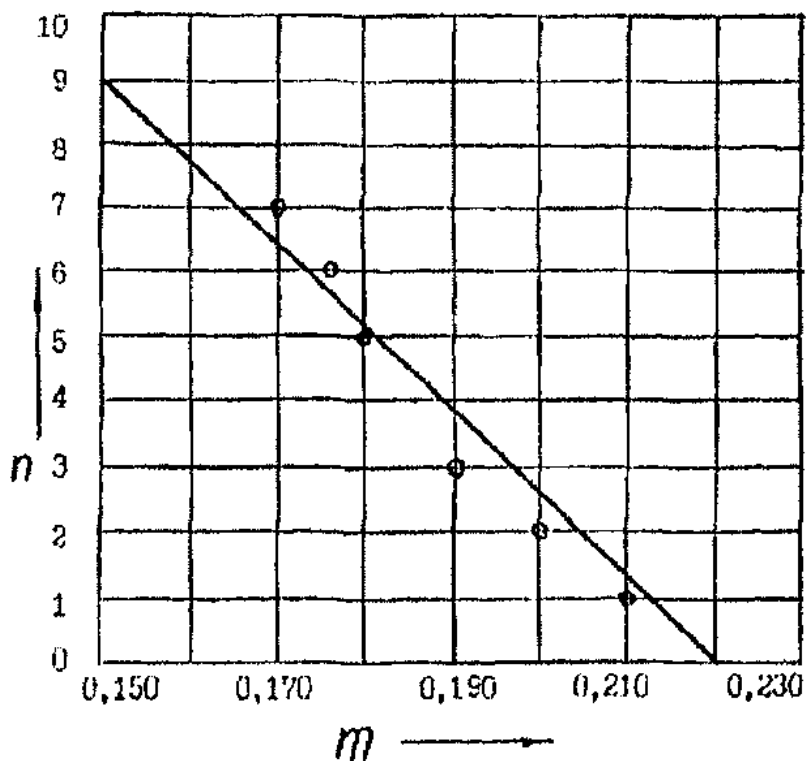
28-кесте

Қайта өңдеу сатысында тасымалданатын тау-кен сілемі ағынының сипаттамасы

№	Біріншілей ұнтақтау			Екіншілей ұнтақтау		
	Ұнтақталған материалдың жұлынып кету жиілігі, П	Кеуектілік, m	Шартты тығыздық, p	Ұнтақталған материалдың жұлынып кету жиілігі, П	Кеуектілік, m	Шартты тығыздық, p
1	2	3	4	5	6	7
1	2	0,200	3040	5	0,180	3116
2	1	0,210	3002	7	0,170	3154
3	0	0,220	2964	3	0,190	3978
4	2	0,200	3040	9	0,150	3230
5	0	0,220	2964	4	0,185	3097
6	2	0,200	3040	6	0,175	3135
7	1	0,210	3002	7	0,170	3154
8	1	0,210	3002	3	0,190	3078
9	3	0,190	3078	5	0,180	3116
10	0	0,220	2964	7	0,170	3154
11	1	0,210	3002	5	0,180	3116

1	2	3	4	5	6	7
12	1	0,210	3002	7	0,170	3154
13	2	0,200	3040	4	0,185	3097
14	1	0,210	3002	4	0,185	3097
15	0	0,220	2964	7	0,170	3154
		0,209	3006	5,86	0,177	3127

28-кестесінен көрініп тұрғандай конвейерге тасымалдау кезінде біріншілей ұнтақтаудан кейін динамикалық соққы бір ауысымда бір рет болып тұрады екен. Ұнтақталған материалдың жұлынып кетуінің мұндай мөлшері конвейерден екіншілей ұнтақтағышқа төгу кезінде де болады. Екіншілей ұнтақтағыштан конвейерге тасымалдау кезінде ұнтақталған материалдың жұлынып кетуі ауысымына 4 рет болып тұрады екен. Ауысымына сонша рет конвейерден конвейерге ауыстыру түйіндерінде динамикалық соққы да болады. Бұл кезде ұнтақталған өнімнің конвейердің бойымен жылжуымен салыстырғанда шаңның бөліну қарқындылығы он есе ұлғая түседі.



10.3-сурет. Ауаның беттік қабатынан ұнтақталған материалдың жұлынып кетуінің кеуектілікке тәуелділігі

10.6. Ұнтақталған өнімнің гранулометриялық құрамы

Ұнтақталған өнім ағынының гранулометриялық құрамы сәйкес өлшемдегі торлар арқылы салмақты әдіспен анықталады. Біріншілей және екіншілей ұнтақтау сатыларынан кейін өнімнің гранулометриялық құрамын анықтау нәтижелері сәйкесінше 29 және 30-кестелерінде келтірілген.

Гранулометриялық құрамның бөлшек өлшемдеріне тәуелділігінің пайыздық үлесі 10.4-суретінде келтірілген. Зерттеуден көрініп тұрғандай өлшемдері 1 мм-ге дейінгі бөлшектердің пайыздық үлесі гранулометриялық зерттеуге алынған тау-кен сілемінің жалпы көлемінің 1,5-5,0% шамасында ұнтақтау сатысына байланысты өзгеріп тұрады. Одан басқа шаңның дисперстік құрамының өзгерісін көрсететін 10.5-суреттен өлшемдері 5 мкм-ға дейінгі бөлшектердің мөлшері ұнтақталатын өнімнің көлеміне байланысты ұлғайып отыратындығы көрініп тұр.

29-кесте

Біріншілей ұнтақтау сатысынан өткізгеннен кейінгі тау-кен сілемінің гранулометриялық құрамы

Эксперимент саны		1	2	3	4
Фракциялар саны	Фракциялар интервалы, мм	φ, %	φ, %	φ, %	φ, %
1	0-1,0	1,8	2,0	1,5	2,2
2	1,0-2,5	3,2	2,8	2,5	2,6
3	2,5-5,0	5,0	5,0	5,4	5,8
4	5,0-7,5	8,2	8,4	8,0	7,9
5	7,5-10,0	9,8	9,5	10,2	10,5
6	10,0-12,5	10,8	11,0	11,0	10,8
7	12,5-15,0	11,2	11,3	11,4	10,1
8	15,0-17,5	10,8	10,9	9,9	10,5
9	17,5-20,0	10,0	9,8	9,6	10,0
10	20,0-25,0	9,2	9,0	9,5	9,5
11	25,0-30,0	7,5	7,9	8,5	8,0
12	30,0-35,0	6,5	7,0	7,5	7,7
13	35,0-40,0	4,0	3,8	3,5	3,2
14	40,0 <	2,0	1,8	1,5	1,1

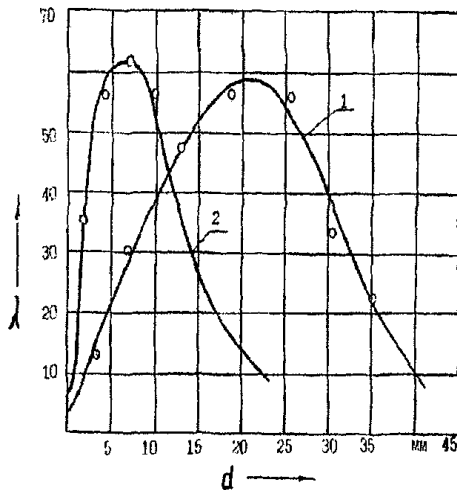
Екіншілей ұнтақтау сатысынан өткізгеннен кейінгі
тау-кен сілемінің гранулометриялық құрамы

Эксперимент саны		1	2	3	4
Фракциялар саны	Фракциялар интервалы, мм	φ, %	φ, %	φ, %	φ, %
1	2	3	4	5	6
1	0-1,0	4,5	5,0	3,8	513
2	1,0-2,5	7,5	7,1	М	6,9
3	2,5-5,0	12,7	12,2	12,0	11,8
4	5,0-7,5	12,8	12,6	12,8	12,9
5	7,5-10,0	13,5	13,1	13,0	13,1
6	10,0-12,5	13,0	12,8	13,0	12,5
7	12,5-15,0	12,5	12,2	12,7	12,9
8	15,0-17,5	10,7	11,7	11,2	11,5
9	17,5-20,0	8,5	8,0	9,5	8,5
10	20,0-25,0	4,0	3,8	2,5	3,6
11	25,0-30,0	1,3	1,5	1,1	1,0

Көрсетілген фракциялар физика-механикалық көрсеткіштер бойынша қайта өңдеудің технологиялық тәсілі арқылы өтетін ұнтақталған өнімге сәйкес келуі керек, яғни оларды нақты негіздеу керек. Толтырылатын заттың кеуектілігі мен ұнтақталған өнімнің бір-біріне тәуелділігі гранулометриялық құрам фракциясы ретінде 10.1 – формуласы арқылы өрнектелген.

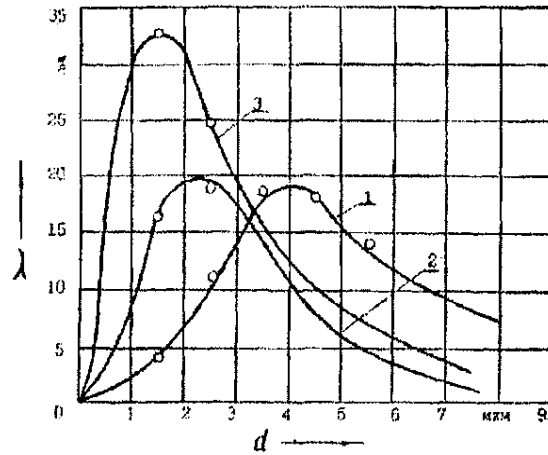
Пайыздық үлестің белгілі бір мәндерінде ұнтақталған материалдың кеуектілігі m_c фракцияның кеуектілігіне тең болады да, ол толтырылатын зат ретінде алынады. Ұнтақталған материалдың кеуектілігі эксперимент жүзінде анықталады, ал толтырылатын заттың кеуектілігі (10.1) формуласымен $m_c = m_3$ теңдігін қанағаттандыратындай етіп анықталады. Бұл жағдайда зерттеуге алынған фракциялар өзінің физика-механикалық сипаттамалары жағынан ұнтақталған материал ағынына сай келеді. Түйіннен тасымалданатын материал ағынына, жоғарыда айтылып кеткендей, өлшемдері 1 мм-ге дейінгі бөлшектердің таралуының мәні тән. Бұдан майда дисперсті бөлшектердің локализациялануын немесе жиынтықтығын, сонымен қатар олардың ұнтақталған материал бойымен таралу жиілігін белгілеу

кажет. Бұл үшін сынаманы ұнтақтаудың әрбір сатысынан 10 минуттан кейін 15 жұмыс ауысымы бойында алып отырдық. Жалпы сынама саны 720 болды. Сынама алумен бір уақытта шаңданған ауа сынамасы да алынып отырды, оның нәтижелері 30- кестесінде келтірілген.



10.4-сурет Түсірілген тау-кен сілемінің гранулометриялық құрамының дифференциалды сипаттамасы:

1 – біріншілей ұнтақтау сатысынан кейін, 2 – екіншілей ұнтақтау сатысынан кейін



10.5-сурет. Шаңның дисперстік құрамының дифференциалды сипаттамасы:

1 – біріншілей ұнтақтау сатысынан кейін тасымалдау түйінінде;
2 – екіншілей ұнтақтау сатысынан кейін тасымалдау түйінінде;
3 – ұнтақталған материалды қаптау кезінде

Кестедегі зерттеу нәтижелері көрсеткендей, тау-кен сілемінің майдалануымен жұмыс аймағындағы шаңның концентрациясы да, сонымен қатар майда дисперсті фракцияның үлесі де арта түседі. Түрлі технологиялық үрдістерден кейін шаңның дисперстілігін анықтау зерттеу зертханасы шарттарында майда дисперсті бөлшектерді есептеуіш «COULTER» қондырғысы көмегімен орындалған. Шаңның дисперстік құрамын зерттеу нәтижелері 10.5-суретінде келтірілген. Қисықтардың кескіні академик А.Н.Колмогоров бейнелеген логарифмдік нормалды таралу заңының 1,2,3 қисықтарына сәйкес келеді, бұл сәйкесінше тау-кен сілемінің ұнтақталуының көп факторлылығын дәлелдейді.

Ұнтақталған өнімнің гранулометриялық құрамын анықтаумен қатар оның тығыздығы мен кеуектілігі де анықталады. Осы орайда

өлшемі 1 мм-ге дейінгі бөлшектердің пайда болу жиілігін және пайыздық үлесін анықтау қажет. 27-кестесінде берілген нәтижелерді пайдаланып, (10.1) формуласының көмегімен белгіленген фракциялардың кеуектілігін анықтаймыз. $m_c = m_3$ теңдігі пайыздық үлесі – 11% құрайтын шамаға сәйкес келеді. 6.2-кестесінің көмегімен біріншілей ұнтақтаудан кейін зертханалық зерттеулер үшін 0-5,0 мм өлшемдегі фракцияларды алу қажет, олардың үлесі 10% -ды құрайды. Демек $m_3=0$ болу үшін бірінші зерттеу үшін 5,0-7,5 мм өлшемдегі фракцияның бір пайызын белгіленген фракцияға қосу керек. Екінші зерттеу үшін 5,0-7,5 мм өлшемді фракциядан 1,02%-ын 0-5,0 мм фракциясына қосу керек, ал үшінші және төртінші зерттеулер үшін 5,0-7,5 мм өлшемдегі фракцияның сәйкесінше 1,06% және 0,04%-ын 0-5,0 мм өлшемдегі фракцияға қосу керек.

Есептеу нәтижелері 28-кестесінде келтірілген.

31-кесте

Біріншілей ұнтақтаудан кейінгі тау-кен сілемі
көрсеткіштерінің сипаттамалары

П №	Фракциялар интервалы, мм	Қаңқа кеуектілігі, m_c	$\sum \varphi'_i$	φ_{Ni}^0	Толтырылатын зат кеуектілігі, m_3
1	0-5,0	0,22	0,100	0,50	0,240
2	0-5,0	0,22	0,098	0,50	0,244
3	0-5,0	0,22	0,094	0,50	0,242
4	0-5,0	0,22	0,100	0,50	0,228

Осылайша зертханалық зерттеулер үшін біріншілей ұнтақтаудан кейін негізгі болып 0-5,0 мм өлшемдегі фракция саналады.

Осындай есептеу екіншілей ұнтақтаудан кейін майдаланған өнімге де жүргізіледі. Гранулометриялық құрам мен кеуектілікті есептеу нәтижелері 31-кестеде келтірілген.

Зертханалық шарттарда тасымалдау үрдісін зерттеу үшін ұнтақтаудың бірінші сатысынан кейін негізінен 0 – 5,0 мм өлшемдегі фракция, екіншілей ұнтақтауатысынан кейін 0 – 2,5 мм өлшемдегі фракция алыну керек.

Ұнтақталған өнімнің зертханалық гранулометриялық зерттеу нәтижесі 30-кестесінде келтірілген. Кестеден материалдың 1 мм-ге дейінгі өлшемдегі фракциядан тұратындығы көрініп тұр. Сондықтан (10.1) формуласымен есептеу жүргізудің қажеті жоқ,

зертханалық зерттеулер үшін ұнтақ материалдың репрезентативті болатын көлемі алынады.

32-кесте

Екіншілей ұнтақтаудан кейінгі тау-кен сілемі көрсеткіштерінің сипаттамалары

п№	Фракциялар интервалы, мм	Қаңқа кеуектілігі, m _c	$\sum \varphi'_i$	φ_{Ni}^0	Толтырылатын зат кеуектілігі, m ₃
1	0- 2,5	0,24	0,120	0,50	0,240
2	0-2,5	0,24	0,121	0,50	0,238
3	0-2,5	0,24	0,122	0,50	0,255
4	0-2,5	0,24	0,123	0,50	0,255

33-кесте

Жаппай концентраттың дисперстілік құрамын зерттеу нәтижелері

Бөлшектердің орташа диаметрі, мкм	Белгіленген фракция мөлшері, дана	Белгіленген фракцияның пайыздық үлесі	
		саны бойынша, %	салмағы бойынша, %
1	2	3	4
5,97	1623	1,6	0,0
7,61	2695	2,6	0,0
9,50	4722	4,7	0,0
11,96	6138	6,2	0,4
15,21	13025	13,1	2,1
19,29	19826	19,8	8,9
24,44	23622	23,6	20,4
27,17	17366	17,4	26,9
25,32	7988	7,9	21,2
47,54	2413	2,5	13,4
60,85	508	0,5	5,1
76,61	69	0,1	1,2
96,97	14	0,0	0,3
122,25	2	0,0	0,0
153,76	0	0,0	0,0
194,23	0	0,0	0,0

10.7. Ұнтақталған өнімді тасымалдау кезінде шаңмен күресу шараларын ұйымдастыру

Жүргізілген эксперименталдық және теориялық зерттеулер ұнтақталған материалдың жұлынып кетуі мен шаңның бөліну қарқындылығы оның көлеміндегі 1мм-ге дейінгі бөлшектердің пайыздық үлесінен тәуелді екенін көрсетеді. Сәйкесінше тасымадау орындарындағы жабындылардың құрылысы және олардың көрсеткіштері тасымалданатын ұнтақталған материалдың гранулометриялық құрамына байланысты жасалуы керек. 30 және 31-кестеден көрініп тұрғандай майда дисперсті бөлшектердің үлесі тау-кен өнімінің майдалану сатысының ұлғаюына сәйкес өсе береді. Бұл ҚарТКБК-ның байыту фабрикасының технологиялық желілерінде жүргізілген зерттеулермен дәлелденеді. Ұнтақталған тау-кен өнімін тасымалдауды төрт шартты кезеңге бөлуге болады, олар келесі – тау-кен өнімін қабылдау бункеріне аудару және тасымалдағыш көмегімен ірі ұнтақтау цехына тасымалдау, тау-кен өнімін орташа және майда ұнтақтау сатысынан кейін және әрі қарай майдалау үшін тасымалдау, майдаланған материалдарды аралық қоймаға немесе дайын өнім және өнімді (концентратты) қаптау қоймаларына тасымалдау.

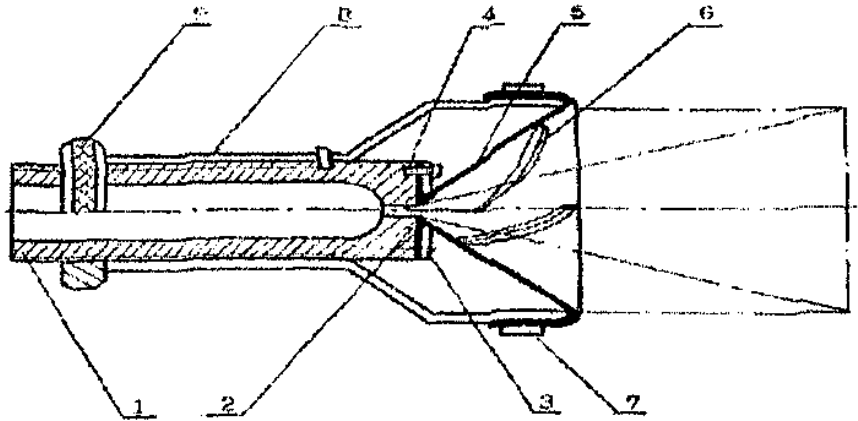
Бұл кезеңдердің әрқайсысы үшін жеке ұйымдастырылған шаңмен күресу шараларын қолданған жөн.

Мысалы, ашық кенорнынан әкелінген, аттырылған тау-кен сілемінің құрамында майда дисперсті бөлшектердің үлесі көп болады, ол қабылдау бункеріне түсіріліп, одан кейін тасымалдағыш көмегімен әрі қарай өңделуге жіберіледі. Аймақ климаты желсіз күндердің болмайтындығымен сипатталатындықтан, шаң едәуір ұзақ арақашықтықтарға сейіледі, сөйтіп қоршаған ортаны да ластайды. Бұл аймақтағы шаңдылық $105,0 \text{ мг/м}^3$ -ға дейін жетеді. Бұл жағдайда шашыратқыштар көмегімен гидробасу едәуір тиімді болып келеді, оның құрылысы № 1643738 (СССР) А.К.-пен қорғалған.

Ұсынылған орта теппе шашыратқышы шаңның қарқындылығына сәйкес, судың себілу алауын өзгерте отырып, шаңмен күресу тиімділігіне қол жеткіздіре алады.

Шашыратқыш (10.6-сурет.) 1 корпустан және 2 түтіктен тұрады. Корпусқа шайба 3 және винт 4 арқылы диффузор 5

бекітіледі, ол өз кезегінде бағыттаушы қабырғалардан тұратын түтік түрінде дайындалған Диффузордың екінші шеті қаптама 7 көмегімен балдаққа 8 мықты бекітілген. Ол өз кезегінде корпус 1 ішіндегі өс бойымен реттеу гайкасының 9 көмегімен еркін қозғалатындай етіліп орнатылған.



10.6-сурет. Орта теппе шашыратқышы

Шашыратқыш келесідей жұмыс істейді. Су түтіктен шыға берісінде құбырдың ішкі қабырғасы арқылы бағыттаушы қабырғалармен әрекеттесіп, нәтижесінде шыға берісінде айналмалы қозғалысы ұлғая түседі. Алаудың ашылу бұрышы икемді қабырғаның созылуымен шанданған ортаға сәйкес ретке келтіріледі.

Судың меншікті шығыны келесі формуламен анықталады:

$$q = 0,01 \frac{\rho_{жс} \cdot m}{\rho(1-m)} [\varphi_0 - (W_m + W_e + 2\varphi)], \quad (10.30)$$

мұндағы $\rho_{жс}$ – судың меншікті тығыздығы, $\text{кг}/\text{м}^3$; m – тау-кен сілемінің кеуектілігі, $\text{м}^3/\text{м}^3$; φ_0 – тау-кен сілемінің меншікті ылғалдылығы, %; W_m – 0-1 мм фракциялардың максимальды молекулярлы ылғалсыйымдылығы, %; W_t – тау-кен сілемінің табиғи ылғалдылығы, %; φ – 0-1 мм фракцияның мөлшері, %.

Сумен басу уақыты келесі теңдеумен анықталады:

$$qV = q't, \quad (10.31)$$

мұндағы q – тау-кен сілемін ылғалдауға қажетті судың меншікті шығыны, л/м; V – қабылдау бункері алаңындағы кен сілемінің көлемі, м³; q' – шашыратқыш өнімділігі, л/мин; t – сумен басу уақыты, мин.

Шашыратқыштың өнімділігі магистральды су құбырының қысымына тәуелді және сондықтан эксперимент көмегімен анықталады. Сумен басу уақыты (10.28) теңдеуімен белгіленеді және келесіге тең болады:

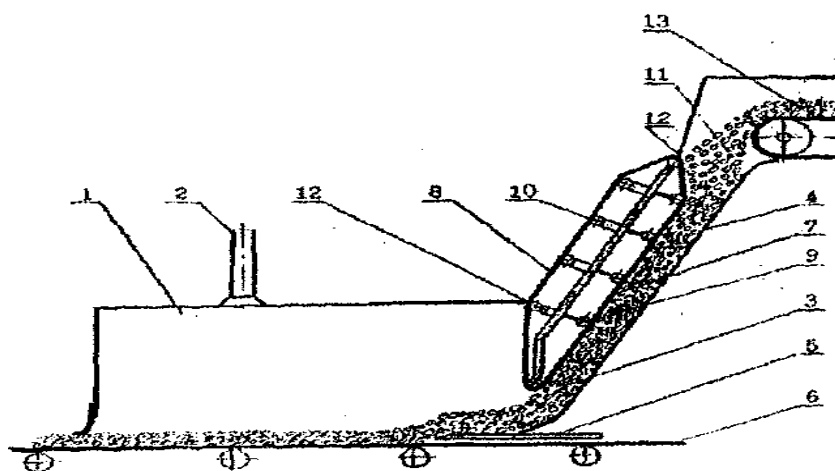
$$t = \frac{qV}{q'} , \quad (10.32)$$

Шаңның ШРК-дан жоғары дәрежесімен (26-кесте) кескінделетін ірі ұнтақтау үрдісі кезінде тау-кен сілемін тасымалдау үшін құрылысы № 1661445 (СССР) АҚ пен қорғалған аспирациялық жабындыны қолдану ұсынылады (10.7-сурет).

$$P = 3600NBVU, \quad (10.33)$$

мұндағы P – конвейер өнімділігі, м³/сағ; U – материалдың түсу жылдамдығы, м/с; V – ауа ені, м; N – шексіз тасымалдағыштың төменгі жиегі мен ауа түбі арасындағы қашықтық, м. Сәйкесінше N қашықтығы келесідей анықталады:

$$N = \frac{P}{3600 \cdot V \cdot U}, \quad (10.34)$$



10.7-сурет. Тасымалдау түйінінің аспирациялық жабындысы

Аспирациялық жабынды эжекцияланатын ауа мөлшерінің және аударылатын материалдың ақырғы жылдамдығының төмендеуінен шаңдылық мөлшерін төмендетеді. Ол корпус 1, аспирациялық түтік 2, бағыттаушы 4 бар толтыру ауасынан 3, конвейерлі тасымалдағышқа 6 параллель орнатылған соққылы тақтадан 5 тұрады. Толтырылатын ауаның жоғарғы қабырғасы шексіз тасымалдағыштың 8 төменгі тармағы 7 ретінде толтыру ауасының доңғалақтарына 9 орнатылған. Оның шеттері өз өсінің бойымен жылжи алатындай етіліп және шексіз тасымалдағыштың төменгі тармағын 11 қысып тұратындай етіліп штангке 10 бекітілген. Шексіз тасымалдағыштың төменгі тармағы ролигтер мен штангтың әсерінен ауаның бағыттаушы арқылы тасымалданатын ұнтақталған өнімді нығыздап тұратындай етіліп жасалынған. Корпустың герметикалылығы үшін мықты жапқыштар 12 орнатылған. Ұнтақталған материал төгу конвейерінің 13 көмегімен жүзеге асады.

Аспирациялық қондырғы келесі жолмен жұмыс істейді.

Тасымалдау конвейерімен ұнтақталған материалды тасымалдау ауасына әкеледі, ол жерден бағыттаушы пен соққылы тақта арқылы қабылдау конвейерінің таспасына ауыстырылады. Тасымалдаушы ауа арқылы қозғалған кезде материалдың ірі фракциялары қажалу әсерінен шексіз таспаны қозғалысқа келтіреді. Ол қозғалмалы штанг әсерінен тасымалданатын материалдың беткі бөлігіне нығыздалады да, тасымалданатын материалдың қоршаған ортамен әсерін болдырмайды. Бұл кезде тасымалданатын материалдың беткі жағынан шаңның және эжекцияланатын ауаның бөлінуі тоқтатылады, сонымен қатар қабылданатын беттік қабатқа түсетін материалдың қозғалу жылдамдығы төмендейді. Нәтижесінде аспирациялық түтік аса төмен ауалы жүктемемен жұмыс атқарады және жабынды да саңылаулар арқылы шаң бөлшектерінің жұмыс ортасының ауасына түсуін болдырмайтын тұрақты разрядталу болып тұрады.

Шексіз таспаның төменгі тармағынан ауаның беткі қабатына дейінгі арақашықтық тасымалданатын материал шығынына тәуелді, яғни конвейердің өнімділігіне байланысты болады.

Екіншілей ұнтақтаудан кейін тасымалдау түйіндерінде, сонымен қатар тау-кен сілемін әрі қарай өңдеу кезінде жоғарыда айтылып кеткен аспирациялық жабынды құрылысы төменгі тиімділікпен

жұмыс істейді, себебі тау-кен сілемінің майдаланған бөлшектерінің шексіз таспаның беткі қабатымен жабысу қабілеті төмен болады, ол сәйкесінше ауаның кептеліп қалып, материалдың тасымалдану режимін бұзуы мүмкін. Сондықтан майда дисперсті материалдарды тасымалдау түйіндерінде аккумуляциялық сыйымдылығы бар аспирациялық жабындыларды пайдаланған жөн.

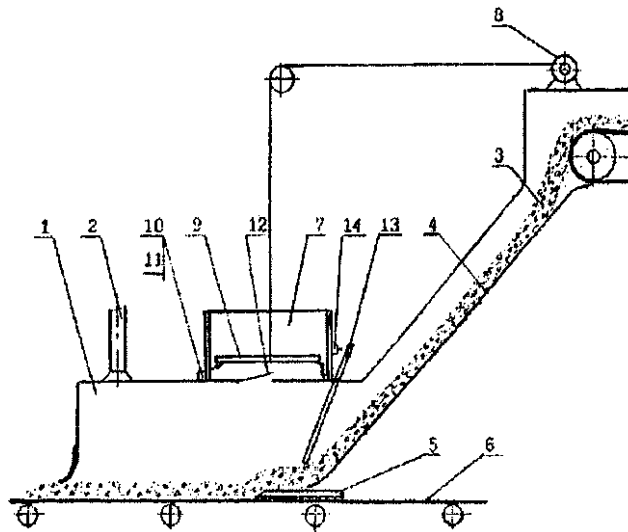
Осылайша жабынды көлемін (10.18) формуласындағы шамаға көбейту ұнтақталған материалдың жұлынып кетуі кезінде шаңдылықты төмендетуге мүмкіндік бермейді. (10.18) теңдеуі тау-кен сілемінің ұнтақталған бөліктерінің жұлынып кетуі кезінде қысымды теңестіру үшін қосымша сыйымдылықтың оңтайлы көлемін бекітеді. Осы орайда түйін құрылысы келесі жолмен шешіледі, қосымша сыйымдылыққа қонып қалған шаңның тиімді түрде қайта өңделуіне мүмкіндік жасалады.

Аспирациялық жабынды (10.8-сурет) корпус 1, аспирациялық түтік 2, бағыттауышы 4, еркін қозғалуы үшін конвейерлі таспаға 6 параллель орналастырылған соққылы таспасы 5 бар толтыру ауасынан 3 тұрады. Жоғарғы қабырғасында герметикалық жазық түріндегі қосымша сыйымдылық 7 орнатылады. Ол желі 8 және салмаққа қарсы қондырғы арқылы минимумнан (10.17) теңдеуімен анықталатын шамаға дейін өз көлемін өзгерте алады. Сонымен қатар сыйымдылық қайтару клапаны 11 бар сүзгілеу элементіне 10 ие. Корпуста ақырғы сөндіргішке 14 әсер ететін шарнирлі түрде қозғалтқыш 13 орнатылған.

Аспирациялық жабынды келесі жолмен жұмыс істейді. Тасымалдау конвейерімен майдаланған өнімді толтыру ауасына жеткізеді, ол жерден бағыттауыш көмегімен таспа арқылы қабылдау конвейеріне келіп түседі. Материал қозғалысының байланысқан режимде, яғни кептеліп қалусыз қозғалған кезде, қозғалтқыш онымен тұрақты түрде байланысып тұрады және ақырғы сөндіргішке әсер етпейді.

Материалдың майда дисперсті бөлшектері ауаның бағыттауышына жабысып, тасымалданатын материал оған жиналып қалып, толықтай немесе аздап кептеліп қалатындай қабат түзген уақытта материалдың қозғалысы мен қозғалтқыштың жұмыс істеуі нашарлайды да онымен бірге жабысып шығып кетіп ақырғы сөндіргішке әсер етеді, ал бұл сәйкесінше желінің сыйымдылық

көлемінің созылуға және онда разрядталуды түзуге дайындығын білдіреді.



10.8-сурет. Майдаланған тау-кен сілемі түйінінің аспирациялық жабындысы

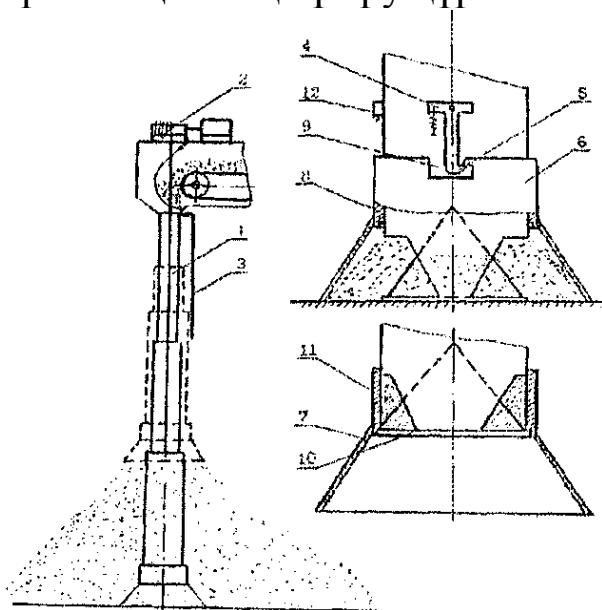
Шекті салмаққа жеткен кезде, яғни (10.11) шарты орындалған жағдайда, жабысып қалған қабаттың беткі бөлігінде барлық өнім көлемінің жұлынып кетуі жүзеге асып, ол сәйкесінше қарқынды түрде шаңның бөлінуіне және жабынды корпусында қысымның күрт ұлғайып кетуіне әкеліп соғады. Кептеліп қалудың жұлынып кетуі кезінде төңкерілетін өнім қозғалтқыш пен соңғы сөндіргішке әсер етіп қосымша сыйымдылықтың созылуына әкеліп, онда разрядталуды туғызатын қозғалтқышты жұмысқа келтіреді. Қайтару клапаны арқылы шаңданған ауа сыйымдылыққа қарай ұмтылып, осылайша жабындыда қысымды реттеп, майда дисперсті шаңның жұмыс аймағы ауасына таралуының алдын алады. Сыйымдылықтың максимальды көлеміне жеткен кезде желі сөндіріліп, салмаққа қарсы қондырғы өз салмағымен сыйымдылықты қысып, осылайша тығыз сүзгілеу элементі арқылы артық ауаны шығарып тастайды. Шаң ақырындап сыйымдылыққа жиналып, белгілі бір уақыттан кейін қайта өңделеді.

10.8. Ұнтақталған материалдарды жинау және қаптауға арналған қондырғыларды ұйымдастыру

Соңғы өнімі түрлі кендердің концентраттары болып келетін ТКБК-ның байыту фабрикаларының ылғалдылық бойынша

МЕСТ-ке сәйкес шектеулері болады және сондықтан өнімді аралық қоймаларды сақтайды.

Жинақтау кезінде концентратты тасымалдау үрдісі шаңның қарқынды бөлінуімен қоса жүреді, себебі ол үрдіс биіктіктен алаңның барлық ауданы бойында жүргізіледі. Осы кезде шаң қарқындылығын төмендетуде аспирациялық жабындыларды пайдалану мүмкін емес және жинақтау кезінде шаңмен күресу мақсатында АК № 1744006 (СССР)-мен қорғалған, (10.9-сурет) гравитациялық түсіру құрылғысын пайдаланған жөн.

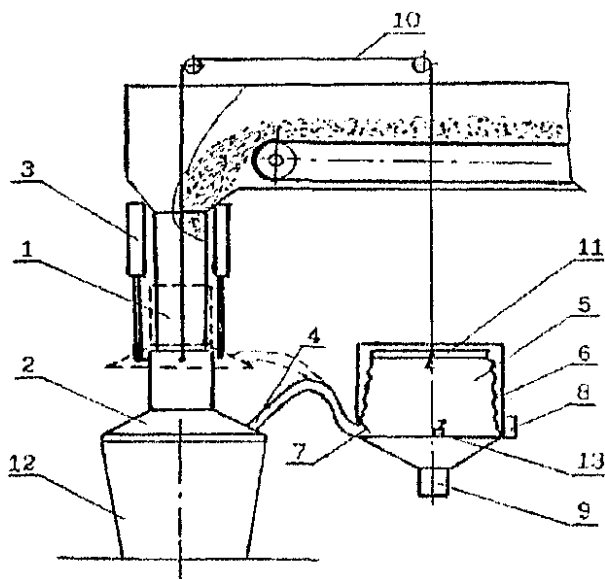


10.9-сурет. Гравитациялық түсіру

Гравитациялық түсіру тік орналасқан бірнеше буындардан тұратын жинақталатын ауадан 1, ауаның тік жазығын қозғалысқа келтіретін желіден 2, деңгейдің шектеушісінен 3, көлденең өс бойымен айналып тұратын және бір шетімен деңгейдің шектеушісімен байланысып тұратын, ал екінші шетіне танап шошағы 5 жалғанған, бекітпемен 6 әсерлесіп тұратын Т – түрінде жасалған тегікті серіппелі орнықтырғыштан 4 тұрады. Бекітпе өзара тығыз байланысқан бірінің үстінде бірі орналасқан конусты және цилиндрлік балдақтар. Балдақтың жоғарғы бөлігінде 8 фигуралы кесінді 9 жасалған, оның бір шеті реттеуіштің танап шошағымен байланысып тұруы үшін мұқалып тасталған. Ауаның төменгі есігі бекітпемен 10 тығындалған, ауаның қабырғасында балдақтың биіктігінен аспайтын терезелері 11 бар. Балдақтың үстінде желінің жұмысын басқаруға негізделген соңғы сөндіргіш 12 орнатылған.

Гравитациялық түспе келесі жолмен жұмыс атқарады. Бункердің немесе қабылдау шұңқырының материалы ауаға келіп түседі. Толуына қарай ауа материалдың айырлық күшінің әсерінен жылжи бастайды. Қабылдаушы беттік қабатқа жектен кезде бітеуіш ауаның төменгі бөлігінен жоғары қарай терезелер арқылы ауысып жылжиды, содан терезелерден ол ауадан шығарылады. Серіппелі орнықтырғыштың танап шошағы осы кезде бекітпенің фигуралы кесіндісімен әсерлесіп, жоғарғы жағдайда реттейді, ал бекітпенің өзі ақырғы сөндіргішке әсер етіп, ауаның көтеру желісін іске қосады. Ауаның көтеру жылдамдығы алдын ала реттеліп, ауаға түсетін және одан шығарылатын өнімнің теңдігін қамтамасыз етеді. Ауа қажетті биіктікке көтерілгеннен кейін деңгейді реттегіш серіппелі орнықтырғышпен әсерлесіп терезелерді бекітпемен бекітіп, материалдың шығысын тоқтатады. Мұнымен бір мезетте бекітпенің ақырғы сөндіргішпен әсерлесуі де тоқтап, ауаның тік қозғалысы да тоқтайды.

Құрылыс индустриясы мен ТКБК-ның байыту фабрикаларының өндірістік үрдістерінің соңғысының бірі болып – ұнтақталған материалдарды қаптау (конвейерлерге толтыру) саналады. Бұл үрдіс 28-кестеден көрініп тұрғандай шаңның қарқынды түрде бөлінуімен қоса жүреді және бұл шикізаттың бір бөлігінің жоғалымына алып соғады. Мұндай майда дисперсті өнімді қаптау үшін № 4927077 /СССР/, оң қорытындысымен қорғалған (10.10-сурет) сыйымдылықты ұнтақталған өніммен толтыру құрылғысы ұсынылған.



10.10-сурет. Сыйымдылықты ұнтақталған өніммен толтыру құрылғысы

Құрылғы ауадан 1, тік қозғалту желісі бар 3 шатырлы кен қонышынан 2, иілмелі шлангтан 4, сильфон түрінде жасалған қосымша сыйымдылықтан 5, қайтару клапаны бар 7 қаптамадан 6, тығыз сүзгілеу элементінен 8, шаң жинау сыйымдылығынан 9 және электромагнитті ілгешектен 13, арқанды блокты жүйеден 10 тұратын міндетті сүзгілеу механизмінен және төңкергіш контейнерден 12 тұрады.

Сыйымдылықты ұнтақталған өніммен толтыру құрылғысы келесі жолмен жұмыс істейді.

Толтырылатын контейнерді орнатқаннан кейін тік қозғалту ауасы шатырлы кен қонышты түсіріп, контейнердің беткі бөлігін сыртқы ортадан бөліп тастайды. Осы мезетте арқанды блокты жүйеден теңестіруші салмақтың көтерілуі болады да, сильфон электромагниттік ілгешектің көмегімен ұсталынып тұрады. Конвейер немесе басқа да дәнекерлеуші құрылғы іске қосылған кезде концентрат тік ауа арқылы толтырылатын контейнерге келіп түседі. Толтырылатын контейнер және шатырлы кен қоныш арқылы толтырылған өнім көлемінде артық қысым пайда болады, ол материал ағынынан және осы кезде эжекцияланатын ауадан пайда болған. Конвейер іске қосылған мезетте электромагниттік ілгешек іске қосылып, сильфон босайды да ашылады, осылайша өз көлемінде разрядталуды туғызады да, бұл жерге шаңды ауалы ағын ұмтылады. Солайша контейнер мен сильфондағы қысым реттеледі. Үрдіс аяқталғаннан кейін тік қозғалыс желісі шатырлы кен қонышты көтеріп, сол сәтте теңестіруші салмақ төмен түсіп, сильфонды қысады да одан тығыз сүзгі арқылы ауаны ығыстырып өткізеді. Шеткі жаққа жеткен кезде электромагниттік ілгешек сильфонды қысылған күйінде ұстап тұрады. Шаң – шаңжинағыштан үнемі алынып, келесі контейнерге ауыстырылып отырады.

12. БҰРҒЫЛАУ - АТТЫРУ ЖҰМЫСТАРЫ КЕЗІНДЕГІ ШАҢМЕН ЖӘНЕ ГАЗБЕН КҮРЕСУ

12.1. Аттыру 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 аттыру жұмыстары, ең бір басты технологиялық үрдістер болады, оларды жүргізу тау-кен жыныстарын бұзуға, одан ары қарай тиеу мен аршылған жынысты үйінділерге тасымалдауға, жиналған руданы қоймалауға және соңғы руданы байытуға қажет болады.

Аттыру 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 аттыру жұмыстарының қауіпсіздігін қамтамасыз ету. Аттыру жұмыстарының өзіндік құнын төмендету мен қауіпсіздік деңгейін арттыруда аммиакты-селитралы аттырғыш заттары кең қолданылады (АЗ).

Орал мен Орталық Ресейдің карьерлерінде жоғары жуықтау коэффициентімен қысқа баяулатылған схемасы қолданылады, олар ұсақтау сапасы өзгермеген жағдайда аттырғыш заттардың меншікті шығынын 5–8 %-ке қысқартады. Өз кезінде кейбір карьерлерде аттырғыш заттардың шығынын 8-10 %-ке төмендетуге мүмкіндік беретін, ауалы аралықпен аттырғыш заттардың ұңғымалық 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. Аттырғыш 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-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 АЗ детонация өнімдерінен еңбені шетке лақтырады және ұңғыманың ауызғы жағынан газдар шығып кетеді. Мұнда бірінші бұл 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.

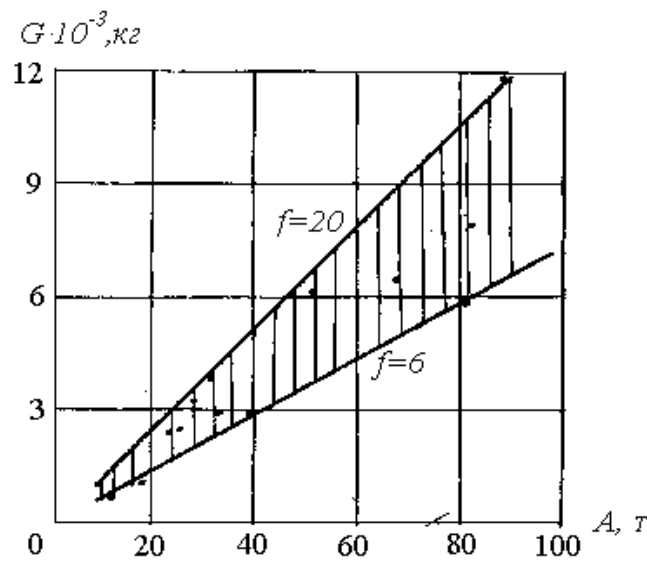
АЗ химиялық ыдырау өнімдерінің жоғары қысымды қирату әсерімен, тау-жыныстары босаған жағына қарай ауысады. Соның нәтижесінде ірі тау-кен жыныстарының кесектері ауыстырылады және ұсақталады, онда олар бір-бірімен үйкелісіп, шаңды туындатады. Алаңдағы соғылған тау-кен массасының құлауы кезінде, араластыру мен соққы салдарынан ұсақталған тау-кен жыныстары, екінші реттік шаңды газды бұлт түзе отырып, ұша бастайды.

Демек, карьердегі аттыру жұмыстары кезіндегі шаңның пайда болуы, «АЗ-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 АЗ көлемі, жыныстың қаттылығы, жарылатын тау-кен массасының ылғалдылығы және кемерлердің биіктігі жатады.

Мұндағы пайда болған шаңдардың көлемі, АЗ шығынына және тау-жыныстарының қаттылығына байланысты болатындығы зерттеулермен анықталған (12.1-сурет).



12.1-сурет. АЗ шығыны мен тау-кен жыныстарының қаттылығына байланысты шаң көлемінің өзгеруі

АЗ көлемінің артуымен және тау-жыныстарының қаттылығының көтерілуімен бөлінетін шаңдардың көлемі де артатындығы анықталған.

Бақылау нәтижелерін өңдеу, АЗ шығыны мен тау-кен жыныстарының қаттылығына байланысты бөлінетін шаңдардың көлемінің эмпирикалық тәуелділігі бекітілген

$$G = 24,3\sqrt{f} \cdot A, кг \quad (12.1)$$

Сондай-ақ шаңның пайда болуы – тау-кен массасының бірлік көлемінде АЗ меншікті шығынына байланысты екендігі зерттеулермен анықталған (12.1-сурет).

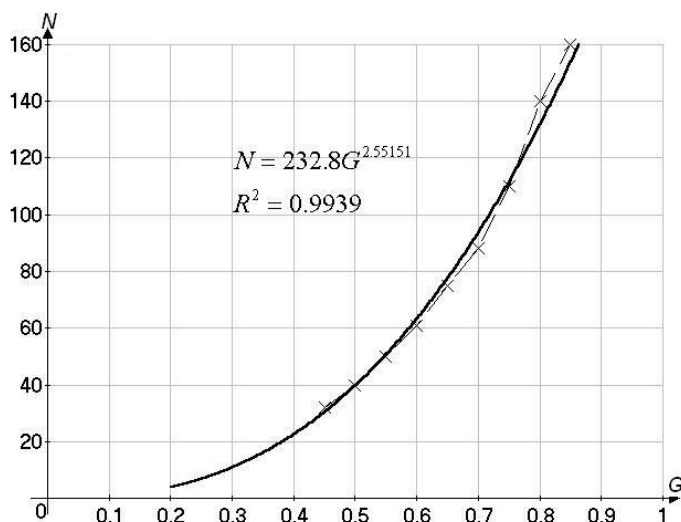
Карьер атмосферасының ластануының маңызды критерийі, ол қалыптасқан бұлттың биіктігіне байланысты шаңды газды бұлттың биіктігі мен карьер көлемі бойынша оның ауысуына әсер ететін желдің жылдамдығы. Шаңды газды бұлттардың қалыптасу үрдісі жарылыстан кейін 40-60 с аралығында жүреді.

12.2. Аттыру жұмыстары кезіндегі шаңның динамикалық бөлігін модельдеу

Кезенді ластанудың басты технологиялық үрдістері, ол қатты пайдалы қазбаларды өндіру кезіндегі жүргізілетін аттыру жұмыстары болып табылады.

Аттыру 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.

Аттыру жұмыстары кезіндегі кино немесе фото түсірудің көмегімен ұсақ бөлшектердің динамикасын зерттеу-шаңды газды бұлттардың таралу көрінісін толық көрсете алмайды.



12.2-сурет. АЗ меншікті шығыны мен тау-кен жыныстарының қаттылығына байланысты шаңның пайда болуының өзгеруі

Жарылыс нәтижесінде тасталынған, дене траекториясы теңдеуін қарастырамыз.

Динамиканың басты заңы мен күштер әрекеті тәуелсіздігі заңын қабылдаймыз $m\varpi = \bar{P} + \bar{R}$.

Ескере отырып, $\varpi = \bar{r}''$, $R = -km\bar{v} = -km\bar{r}'$, аламыз

$$m\bar{r}'' = P - km\bar{r}', \quad (12.2)$$

x және y өстерінде векторлық теңдеулерді жобалаймыз, m массасына қысқартқаннан кейін, координаттардың декатавалы өсінде дене қозғалысының дифференциалды теңдеуін аламыз:

$$x'' = -kx', \quad y'' = -g - ky', \quad (12.3)$$

$t = 0$, $y = 0$, $x' = v_0 \cos \alpha$ кезіндегі алғашқы шарттарды ескере отырып, бірінші теңдеуді (11.20) 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

$$x = \frac{v_0}{k} (1 - e^{-kt}) \cos \alpha, \quad (12.4)$$

$t = 0$, $y = 0$, $y' = v_0 \sin \alpha$ берілген алғашқы шарттарда екінші теңдеуді (12.4) интегралдауға көшеміз C_3 және C_4 табамыз және келесідей шешім аламыз

$$y = \frac{1}{k^2} (g + kv_0 \sin \alpha) (1 - e^{-kt}) - \frac{g}{k} t, \quad (12.5)$$

12.4 формуласынан t уақытты анықтап 12.5 теңдеуіне қойып, кішкене өзгерістерден кейін келесідей түрде теңдеу аламыз

$$y = \frac{1}{k^2} \frac{g + kv_0}{v_0 \cos \alpha} x + \frac{g}{k^2} \ln \left| 1 - \frac{k}{v_0 \cos \alpha} x \right|, \quad (12.6)$$

мұндағы k – кез келген кедергінің коэффициенті, $\frac{1}{c}$; g – еркін түсудің жылдамдауы, m/c ; v_0 – дененің 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

$$y_0 = \frac{1}{k} v_e \cos \beta, \quad (12.7)$$

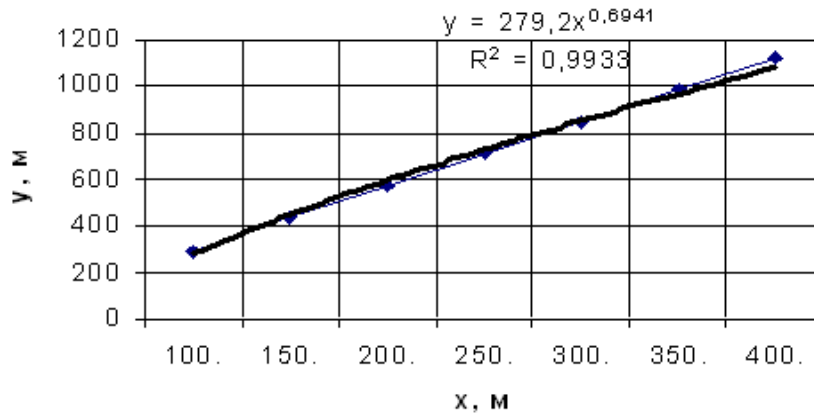
мұндағы v_e – желдің жылдамдығы, m/c ; β – желдің атқылау бұрышы, *град*.

Онда жылдамдық пен желдің бағытын ескере отырып, жарылыс энергиясымен тасталған, дене траекториясы теңдеуінің соңғы түрін келесідей қабылдайды

$$y = \frac{1}{k} \frac{g + kv_0}{v_0 \cos \alpha} x + \frac{g}{k^2} \ln \left| 1 - \frac{k}{v_0 \cos \alpha} x \right| + \frac{1}{k} v_e \cos \beta, \quad (12.8)$$

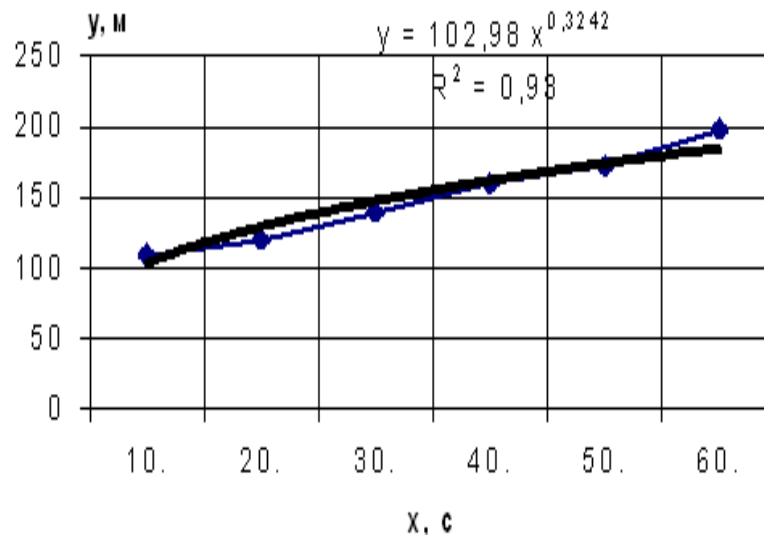
(12.8) теңдеуі, дененің ұшу траекториясын зерттеу бойынша сандық эксперимент үшін үлгі болады. Сандық экспериментті жүргізу үшін бағдарлама құрылған.

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 $v_e = 2$ м/с 12.3-суретте келтірілген.



12.3-сурет. Жарылыс орнына байланысты бөлшектердің көтерілу биіктігінің өзгеруі

Карьердегі жаппай жарылыс кезіндегі бұлттардың көтерілу биіктігін зерттеу бойынша түсірілген суреттердің нәтижелері 12.4-суретте келтірілген.



12.4-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.

12.3. Асимметриялық жағдайдағы карьердегі жарылыстың математикалық үлгісі

Шаңды газды бұлттың шөгуі мен пайда болу динамикасы эксперименталды түрде зерттелген. Эксперименталды жұмыстарды жүргізу объектіде – өте күрделі үрдіс. Көбінесе жарылыс жұмыстары кезінде, бұзылған тау-кен жыныстарының фракциялық құрамына байланысты шаңды газды бұлттың үстіңгі бетінде шөгу мен пайда болу үрдісі қызықтырады.

Осы үрдістерді зерттеу үшін асимметриялық жағдайдағы жарылыс кезіндегі бөлшектердің қозғалысының үрдіс (r, t) жазықтарында өтіп жатқандағы математикалық үлгісін құрамыз, мұндағы 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 $\frac{du}{dt} = -p(r, t)u$

$$\text{немесе } \frac{du}{dt} = \frac{\partial u}{\partial r} \frac{dr}{dt} + \frac{\partial u}{\partial t} = -p(r, t)u,$$

осыдан бірінші тәртіптегі жеке туындыдағы дифференциалды теңдеуі бар

$$g(t) \frac{\partial u}{\partial r} + \frac{\partial u}{\partial t} = -p(r, t)u \quad (12.9)$$

(12.9) теңдеуі Мак Кендирика-Фон Ферстера деп аталатын, популяция теориясының үлгілік теңдеуі сияқты кездеседі.

(12.9) 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 $u(r, t)$ (12.9) теңдеуінде, алғашқы шартты қанағаттандырады

$$u(r, 0) = \tau(r), \quad a \leq r \leq b, \quad (12.10)$$

мұндағы $\tau(r) \in C([a, b])$.

(12.10) теңдеуі үшін Коши шартының шешімі алгоритмін сипаттаймыз. Ол үшін жаңа тәуелсіз ауыспалыларды енгіземіз

$$\xi = r - \int_0^t g(\xi_1) d\xi_1, \quad \eta = r + \int_0^t g(\xi_1) d\xi, \quad (12.11)$$

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 (12.10) 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

$$\frac{\partial v}{\partial \eta} + \mu(\xi, \eta)v = 0, \quad (12.12)$$

мұндағы $\mu(\xi, \eta) = \frac{p(r, t)}{2g(t)}, \quad v(\xi, \eta) = u(r, t).$

(12.12) теңдеуін келесідей түрде жазуға болады

$$\frac{\partial}{\partial \eta} \left[\nu \exp \left(\int_{\xi}^{\eta} \mu(\xi, z) dz \right) \right] = 0, \quad \eta > \xi.$$

Демек,

$$\nu(\xi, \eta) = \nu(\xi, \xi) \exp \left(- \int_{\xi}^{\eta} \mu(\xi, z) dz \right), \quad (12.13)$$

(12.9) алғашқы шарттар, (12.10) алмастыруды ескере отырып, аламыз,

$$u(r, 0) = \nu(\xi, \xi) = \tau(r). \quad (12.14)$$

(12.13), (12.14)-ден аламыз

$$\nu(\xi, \eta) = \tau(\xi) \exp \left(- \int_{\xi}^{\eta} \mu(\xi, z) dz \right), \quad (12.15)$$

Демек, (12.14) функциясы Коши (12.12), (12.14) шартының шешімі болады. Егер ескі r, t, u ауыспалыларға өтетін болса, онда облыстағы Коши (12.9), (12.10) шартының шешім болады

$$D = \left\{ (r, t) : a < r - \int_0^t g(\xi) d\xi < b, \quad t > 0 \right\},$$

$p(r, t) = \text{const} = p, \quad g(t) = \text{const} = g,$ жағдайында бөлшектердің санының экспоненциалды артуы заңын ескеретін теңдеуі қарапайым түрде болады

$$\nu(\xi, \eta) = \tau(\xi) \exp \left(- p \frac{\eta - \xi}{2g} \right), \quad (12.16)$$

$$u(r, t) = \tau(r - gt) \exp(-2pt), \quad (12.17)$$

12.4. 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 бір 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:

$$q = 0.01 \frac{\rho_{cy}}{\rho_{шаң}} \cdot \frac{m}{(1-m)} [\varphi_0 - (W_m + W_e + 2\varphi)], \quad (12.18)$$

мұндағы ρ_{cy} – су немесе беттік белсенді заттардың судағы ерітіндісінің тығыздығы, кг/м³; $\rho_{шаң}$ – шаң бөлшектерінің тығыздығы, мг/м³; m – тау-кен сілемінің кеуектілігі, м³/м³; φ – 0-1 мм өлшемдегі бөлшектер мөлшері, %; W_m – сол өлшемдегі бөлшектердің максимальды молекулярлы ылғалсыйымдылығы, %; W_e – кендердің табиғи ылғалдылығы, %.

Қарастырылып отырған әдістің кемшіліктеріне бұл әдісті – тау-кен сілемін ылғалдау кезінде су немесе беттік белсенді заттардың судағы ерітіндісінің 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 ерітіндісінің 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 ерітіндісінің 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 ерітіндісін жіберетін ұңғыма көлемін білген жөн.

Осылайша сілемдегі су мөлшерін келесі теңдеу бойынша анықтауға болады:

$$V_{жс} = V_n + V_m + V_c, \quad (12.19)$$

мұндағы $V_{жс}$ – алдын ала ылғалдауға қажетті судың толық мөлшері, m^3 ; V_n – кеуекті кеңістік көлемі, m^3 ; V_T – тау-кен жынысы жарықшақтылығының көлемі, m^3 ; V_c – сумен толтырылатын ұңғыма көлемі, m^3 .

Егер (12.11) теңдеуін судың меншікті салмағына көбейтсек, келесі теңдеуді аламыз:

$$m_{cy} = \rho_{cy} V_{cy} = \rho_{cy} (V_n + V_m + V_c), \quad (12.20)$$

мұндағы ρ_{cy} – толтырылатын су тығыздығы, kg/m^3 ;

Алдын ала ылғалдауға қажетті су немесе беттік белсенді заттардың судағы ерітіндісінің меншікті шығыны болып, су

салмағының тау-кен жынысының салмағына қатынасымен анықталатын көрсеткіш саналады:

$$q = \frac{m_{\tilde{n}\tilde{o}}}{m_{\sigma\tilde{a}^{3/4}}}, \quad (12.21)$$

мұндағы q – меншікті су шығыны, m^3/m^3 ; m_{cy} – тау-кен сілеміндегі су салмағы, кг; $m_{\sigma\tilde{a}^{3/4}}$ – ылғалданатын қазба салмағы, кг. Тау-кен сілемінің салмағын оның тығыздығы арқылы өрнектейік:

$$m_{\sigma\tilde{a}^{3/4}} = \rho_{\sigma\tilde{a}^{3/4}} V_{\sigma\tilde{a}^{3/4}}, \quad (12.22)$$

(12.20) теңдеуге сәйкесінше (12.21) және (12.22) теңдеулерді қойып, келесіні аламыз:

$$q = \frac{\rho_{cy}(V_n + V_m + V_c)}{\rho_{\sigma} V_{\sigma}}, \quad (12.23)$$

Жақша ішіндегі көрсеткіштерді мүшелері V_{σ} көлеміне бөліп келесі теңдеуді аламыз:

$$q = \frac{\rho_{\tilde{n}\tilde{o}}}{\rho_{\sigma\tilde{a}^{3/4}}} \left(\frac{V_{\tilde{i}}}{V_{\tilde{a}}} + \frac{V_{\tilde{o}}}{V_{\tilde{a}}} + \frac{V_{\tilde{n}}}{V_{\tilde{a}}} \right), \quad (12.24)$$

мұндағы $\frac{V_n}{V_{\sigma}} = n_0$ – тау-кен қазбасының кеуектілігі, m^3/m^3 ; $\frac{V_m}{V_{\sigma}} = n_1$ –

тау-кен қазбасының жарықшақтылығы, m^3/m^3 ; $\frac{V_c}{V_{\sigma}} = n_2$ – ылғалдау үшін пайдаланылатын ұңғымалар немесе жасанды бос кеңістіктердің меншікті көлемі, m^3/m^3 .

Егер келтірілген мәндерді қолданатын болсақ, онда (12.24) теңдеуді келесі түрде жазуға болады:

$$q = \frac{\rho_{\tilde{n}\tilde{o}}}{\rho_{\sigma\tilde{a}^{3/4}}} (n_0 + n_1 + n_2), \quad (12.25)$$

мұндағы ρ_{cy} – толтырылатын су немесе беттік белсенді заттардың судағы ерітіндісінің тығыздығы, $кг/м^3$; $\rho_{\text{шаң}}$ – 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 ерітіндісінің 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 (12.26) теңдеуді 10^{-2} шамасына көбейте отырып, қорытынды нәтижеге ие бола аламыз:

$$q = 10^{-2} \frac{\rho_{\text{шаң}}}{\rho_{\text{шаң}}} (n_0 + n_1 + n_2), м^3/м^3, \quad (12.26)$$

Осылайша (12.26) теңдеу бойынша су немесе беттік белсенді заттардың судағы ерітіндісінің 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 ерітіндісінің 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 ерітіндісінің меншікті шығынын дәл анықтауға байланысты болады, ал ол өз кезегінде тау-кен сілемінің физика-механикалық қасиеттерін анықтауда эксперименталдық зерттеулерді нақты жүргізуге байланысты.

12.5. 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 ІІ бөлімнің (12.19) 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 ІІ бөлімнің (12.19) 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 жоғарғы жиегінен және төменгі жиегінен топырақ сынамалары алынған. Зерттеу барысында қақпағы бар бюксті өлшеп алынады (оның салмағын m_0 деп белгілейміз).

Шамамен 10 г болатын зерттелетін топырақтың сынамаларын алып, бюкске салып, қақпағын жабамыз. Сынамасы бар бюкстің салмағын өлшеп m_1 , кептіру шкафына қойып, біртіндеп (1-2 сағат аралығында) температураны $100-105^{\circ}\text{C}$ -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 $100-105^{\circ}\text{C}$ температурасында 2 сағат бойында ұстайды. Бұл үрдісті екі өлшеу мәндерінің айырмашылығы 0,02 г болғанға дейін қайталап жүргізіледі. Өлшеудің нәтижесі ретінде сынамасы бар m_2 бюкстің ең төменгі мәні алынды.

Барлық өлшеулерді 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 нәтижелерін 36-кестеге енгізілген.

36-кесте

Таразылық әдіспен өлшенген ылғалдылықты анықтау нәтижелері

№	Бюкс салмағы, г	Ылғалды топырағы бар бюкс салмағы, г	Кептірілген топырағы бар бюкс салмағы, г			Топырақ ылғалдылығы, % $\varphi = \frac{g_1 - g_2}{g_2 - g_0} \cdot 100\%$
			I	II	III	
	m_0	m_1	m_2^I	m_2^{II}	m_2^{III}	
1	2	3	4	5	6	7
1	85,11	93,56	92,1	92,10	92,10	20
2	86,12	94,46	93,01	93,00	93,00	21
3	85,12	93,55	92,00	91,99	91,99	21
4	85,14	93,59	92,14	92,12	92,12	20
5	85,13	93,58	92,13	92,11	92,11	20
6	85,11	93,59	92,14	92,12	92,12	21
7	85,12	93,55	92,00	91,98	91,98	21
8	85,14	93,58	92,13	92,00	92,00	20
9	85,12	93,57	92,12	92,00	92,00	20
1	85,12	93,57	92,12	92,00	92,00	20
	85,223	93,66	92,19	92,142	92,142	20,4

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.

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. Сәйкесінше, меншікті ылғалдылықты кеуекті кеңістіктегі су немесе беттік белсенді заттардың судағы ерітіндісінің салмағын тау-кен жынысының салмағына қатынасымен анықтауға болады, яғни:

$$\varphi_0 = \frac{P_{\text{нó}}}{P_{\text{өà}^{3/4}}} = \frac{m_{\text{нó}} g}{m_{\text{өà}^{3/4}} g} = \frac{m_{\text{нó}}}{m_{\text{өà}^{3/4}}}, \% \quad (12.27)$$

мұндағы φ_0 – тау-кен жыныстарының салыстырмалы ылғалдылығы, %; m_{cy} – су немесе беттік белсенді заттардың судағы ерітіндісінің салмағы, кг; $m_{\text{өà}^{3/4}}$ – тау-кен жыныстарының салмағы, кг.

Су немесе беттік белсенді заттардың судағы ерітіндісін 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:

$$m_{\text{өà}^{3/4}} = \rho_{\text{өà}^{3/4}} V_{\text{өà}^{3/4}}, \quad (12.28)$$

мұндағы V_0 – кеуекті кеңістік аймағының көлемі, м³; $V_{\text{өà}^{3/4}}$ – ылғалданатын тау-кен жыныстарының көлемі, м³.

(12.28) теңдеуге (12.29) теңдеуді қойып, мынаны аламыз:

$$\varphi_0 = \frac{\rho_{\text{нó}} V_0}{\rho_{\text{өà}^{3/4}} V}, \quad (12.29)$$

мұндағы $\frac{V_0}{V} = n_0$ тау-кен жыныстарының кеуектілігін көрсетеді, $\text{м}^3/\text{м}^3$.

Солайша, тау-кен жыныстарының меншікті ылғалдылығы келесі теңдеумен анықталады:

$$\varphi_0 = \frac{\rho_{\text{н}0}}{\rho_{\text{с}0^{3/4}}} n_0, \quad (12.30)$$

(12.30) теңдеуден кеуектілікті шығарайық:

$$n_0 = \frac{\rho_{\text{н}0}}{\rho_{\text{с}0^{3/4}}} \varphi_0, \quad (12.31)$$

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 (12.26) теңдеу бойынша анықталады. (12.26) теңдеуіне табиғи ылғалдылықты ескере отырып (12.32) теңдеуін қойып, нәтижесінде келесіні аламыз:

$$q = 10^{-2} \frac{\rho_{\text{ж}}}{\rho_{\text{с}}} \left(\frac{\rho_{\text{с}}}{\rho_{\text{ж}}} n_0 + n_1 + n_2 \right) = q = 10^{-2} \frac{\rho_{\text{с}}}{\rho_{\text{н}}} \left[\frac{\rho_{\text{н}}}{\rho_{\text{с}}} (\varphi_0 - \varphi_e) + n_1 + n_2 \right], \quad (12.32)$$

мұндағы φ_e – тау-кен сілемінің табиғи ылғалдылығы, %; φ_0 – тау-кен сілемінің салыстырмалы ылғалдылығы, %.

Жарықшақтардың салыстырмалы ылғалдылығы және бос кеңістіктердің көлемі (12.32) теңдеуде пайыз есебімен берілген. Онда (12.32) теңдеу бойынша судың меншікті шығыны СИ жүйесінде $\text{м}^3/\text{м}^3$ 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.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Чулаков П. Ч. Теория и практика обеспыливания атмосферы карьеров. – М.: Недра, 1973. – 159 с.
2. Ушаков К.З., Михайлов В.А. Аэрология карьеров. – М.: Недра, 1975. – 247 с.
3. Михайлов В.А., Бересневич М.В. и др. Борьба с пылью в рудных карьерах. – М.: Недра, 1971. – 262 с.
4. Бересневич П.В., Михайлов В.А. и др. Гидрообеспыливание при выемочно-погрузочных работах в карьере. Черметинформация, № 2. Серия 1, 1971. – 18 с.
5. А.с. 581308 СССР. Туманообразователь. / В.А. Хубутия. Оубл. В Б.И. 1977, № 43.
6. Френкельф Ф.З., Русаков Л.Н., Булавин Н.М. и др. Исследование оптимальных параметров орошения при погрузочных работах// Горный журнал, 1972. № 7. – С 76–78.
7. Стаханов А.Н. Биркинбаев С.Н. Автоматическая система гидрообеспыливания для подземных экскаваторов ЭП-1// Тр. ИГД АН КазССР, Т. 48, 1971. – С.27–30.
8. Давыдов Б.С., Архипов А.В. Самоходная установка для орошения экскаваторных забоев // Горный журнал, 1965, № 5.
9. Сосновский Б.А. Лабораторные исследования новых смачивателей пыли // Борьба с силикозом. Т.1. – М.: АН СССР, 1953. – С.69–75.
10. Шановская С.С. О применении смачивателей при борьбе с угольной пылью методом орошения. // Борьба с силикозом. Т.1. – М.: АН СССР, 1953. – С.126–133.
11. Шеина З.Г. Изучение и подбор комбинированных смачивателей для кварцевых песчаников Кизеловского каменноугольного бассейна. //Сб. работ по силикозу. Вып.1. – Свердловск, 1956. С.26–40.
12. Болотов А.М. Результаты исследований физико-химических свойств смачивателей и механизм их действия. //Оздоровление условий труда и техника безопасности на предприятиях цветной металлургии. Вып.18. – Свердловск.: ЦНИИПП, 1978. – С. 94–98.

13. Дьяков В.В. Обеспыливание горизонтов скреперирования. М.: Госгортехиздат, 1961. – 92 с.

14. Радченко Г.А., Ненашев Н.В., Уразбаев С.С. и др. Аэрация и обеспыливание карьеров Казахстана. Алма-Ата: Наука КазССР, 1975, 157 с.

15. Логинов Ф.А., Волков Н.П., Чижков Е.П. Определение параметров орошения в производственных условиях //Оздоровление условий труда на предприятиях цветной металлургии. Вып. 10. Свердловск, 1974. – С.46–49.

16. Рыжков Ф.Н., Ягнышева Л.М., Зиновьева Т.Я. Эффективность подавления пыли водными растворами в зависимости от их вязкости. // Тр. Центр, ни и проект. – конструкт. ин-та профилактики пневмокониозов и техн. безопасности. Вып. 5, 1971. – С.19–26.

17. Чижиков Е.Н., Волков Н.П., Тагарин Г.П. Условия определяющие эффективность применения поверхностно-активных веществ для пылеподавления. //Тр. Центр, ни и проектно-конструкт. Ин-та профилактики пневмокониозов и техн. безопасности. Вып 5, 1971. – С 27–31.

18. Bauer Hans-Dieter. Tranken mit Calciumchlorid zusatz. Ecine loglichkeit zur Verbesserung der Tranwikung/ «Bergfreiheit», 1970, 35, № 2, 26–33.

19. Воюцкий С.С. Курс коллоидной химии. М.: Химия, 1975, – 512 с.

20. Дерягин Б.В., Абрикосова И.И., Лившиц Е.М. Молекулярное притяжение конденсированных тел //Усп. Физ. Наук.64, 493. 1958, – С. 1151–155.

21. Лебедев А.Ф. Почвенные и фунтовые воды. МЛ. АН СССР, 1936, – 316 с.

22. Абрамазон А.А. Поверхностно-активные вещества. Свойства и применение. – П.: Химия, 1975, – 246 с.

23. Ас. №1474277/СССР/ Способ определения удельного расхода жидкости для обработки навала горной массы. М. Жараспаева, Т.К. Ахмеджанов, А. Жанбатыров и др. Оpubл. в Б.И. 1989. № 15, Е 21 F 5/00.

24. *Жараспаев М.* Определение удельного расхода растворов при обработке навал. //Охрана окружающей среды при разработке твердых полезных ископаемых. Алма-Ата: КазПТИ, 1989. – С. 9–15.

25. 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.

26. 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.

27. *Маскет М.* Течение однородных жидкостей и газов в пористой среде. М.-Л.: Гостоптехиздат. 1949, – 628 с.

28. *Лейбензон Л.С.* Движение природных жидкостей и газов в пористой среде. М.-Л.: Гостехиздат, 1947, – 247 с.

29. *Христианович С.А., Михлин С.Г., Девисон Б.Б.* Некоторые новые вопросы методики сплошной среды. М. – Л.: АН СССР, 1938, – 407 с.

30. *Полубаринова-Кочинова П.Я.* Теория движения грунтовых вод. – М: Наука, 1977, – 664 с.

31. *Аверьянов С.Ф.* Приближенная оценка роли фильтрации в зоне «капиллярной каймы». Докл. АН СССР. 1949, 69, № 3. – С. 309–312.

32. *Жараспаев М.* Теоретические аспекты орошения навала горной массы // Охрана окружающей среды при эксплуатации месторождений. – Алма-Ата: КазПТИ, 1986. – С. 52–57.

33. А.с. № 130014 СССР. Способ увлажнения навала горной массы. П.Ч, Чулаков, Т.К. Ахмеджанов, М.Жараспаев, А.А. Жанбатыров. Опубл. в Б.И. 1987. № 12, Е 21 F 5/00.

34. *Жараспаев М.Т.* Меры борьбы с пылегазовыделением при погрузке взорванной горной массы.//Охрана окружающей среды при эксплуатации рудных месторождений. – Алма-Ата: КазПТИ, 1988. – С. 64–72.

35. *Колмогоров А.Н.* О логарифмическом нормальном законе распределения частиц при дроблении. Докл. АН СССР, 1941, 31 № 2, – С. 99–101.

36. *Жараспаев М.Т., Ким Н.Х.* Оценка пористости навала взорванной горной массы для решения вопросов теории фильтрации

жидкости // Охрана окружающей среды при эксплуатации месторождений. – Алма-Ата: КазПТИ, 1986, – С. 57-62.

37. *Барон Л.М.* Кусковатость пород и методы ее измерения. – М.: Недра, 1960, –124 с.

38. *Ракишев Б.Р.* Прогнозирование технологических параметров.

39. *Хикс Ч.* Основные принципы планирования эксперимента. – М.: Мир, 1967, – 406 с.

40. А.с. №1507988 СССР. Способ увлажнения навала горной массы. Т.К. Ахметжанов, М.Т. Жараспаев, А.А. Жанбатыров и др. Оpubл. В Б.И. 1989, № 34, Е 21 5/00.

41. *Жараспаев М.Т., Ахметжанов Т.К.* Схема увлажнения навала для снижения пылевыведения при складировании окисляющихся руд. Тез. Докл. II рег. – науч.-техн. конф. Караганда, 1985. – С. 46–47.

42. А.с. № 1417540 СССР. Способ предупреждения самонагревания и пылевыведения полезного ископаемого. *П.Ч. Чулаков, А.А. Жанбатыров, М.Т. Жараспаев и др.* 1988. – 3 с.

43. *Чапский Е.Г.* Лабораторные работы по грунтоведению и механике фунтов. – М.: Недра, 1966, – 303 с.

44. *Жараспаев М.Т., Есекин Б.К.* Физические основы обеспыливания при выемочно-порузочных работах. Алматы: Казмеханообр, 1996, 126 с.

45. *Жараспаев М.Т., Есекин Б.К., Касенов К.* Средства и способы снижения интенсивности пылевыведения в узлах перегрузки дробленых материалов. – Алматы: Казмеханообр, 1997, –104 с.

46. А.с. № 1276833 СССР. Способ определения удельного расхода жидкости для обработки навалов горной массы /*П.Ч. Чулаков, М. Жараспаев, Т.К. Ахметжанов.* Оpubл. Б.И. 46.1986.

47. А.с. № 1377408 СССР. Способ определения удельного расхода жидкости для обработки навала горной массы /*М. Жараспаев* Оpubл. Б.И. № 8, 1989.

48. А.с. № 1498909 СССР. Способ переработки руд /*М. Жараспаев, Т.К. Ахметжанов, А.М. Ревенко и др.* Оpubл. Б.И. № 29, 1989.

49. *Жараспаев М., Есекин Б.К.* Физические основы обеспыливания при выемочно-погрузочных работах. – Алматы: Казмеханообр, 1996. – 126 с.

50. *Жараспаев М., Есекин Б.К., Касенов К.* Средства и способы снижения интенсивности пылевыведения в узлах перегрузки дробленых материалов: – Алматы: Казмеханообр, 1997. –104 с.

51. А.С. № 1276833 (СССР). Способ определения удельного расхода жидкости для обработки навалов горной массы //П.Ч. Чулаков, М. Жараспаев, Т.К. Ахметжанов. Оpubл. Бюл. 46. 1986.

52. А.С. № 1377408 СССР Способ определения удельного расхода жидкости для обработки навала горной массы //М. Жараспаев / Оpubл. Бюл. № 8, 1988.

53. А.С. №1498909 СССР. Способ переработки руд //М. Жараспаев, Т.К. Ахмеджанов, А.М. Ревенко и др. Оpubл. Бюл. № 29. 1989.

54. А.С. № 1732721. СССР Способ разрушения целиков //М.Жараспаев, Т.К. Ахмеджанов и др. Оpubл. Бюл. 17, 1992.

55. Патент РК №2142. Способ контроля полноты орошения отвала при выщелачивании //М. Жараспаев, Т.К. Ахмеджанов, А.М. Ревенко, и др. Оpubл. Бюл. № 2 (9). 1995.

56. Патент РК № 7354. Способ лабораторного моделирования навала горной массы //К.Н. Адилев, М. Жараспаев, Т.К. Ахмеджанов и др. Оpubл. Бюл. № 4, 1995.

57. Патент РК №14455 Способ определения удельного расхода жидкости для обработки рудной массы //М. Жараспаев, Л.А. Крутшик, Е.Б. Бахмагамбетов. Оpubл. Бюл. № 1,1997.

58. Патент РК №19389. Способ определения минимального удельного расхода жидкости при осаждении витающей пыли //Жараспаев М., Есекин Б.К. Оpubл. Бюл. № 8, 1998.

59. Патент РК №17942. Способ определения интенсивности пыле-выделения М. Жараспаев, Б.К. Есекин Оpubл. Бюл. № 2, 1998.

60. *Жараспаев М.* Некоторые вопросы обеспыливания самовозгорающих объемов руд и углей //Проблемы компл. разв. регионов Казахстана. /Материалы межд. научн-техн. конферен. - Алматы, 1996. – С. 200–204.

61. *Жараспаев М., Бахмагамбетов Е.Б.* Охрана недр и грунтовых вод от продуктов кучного выщелачивания. //Проблемы комплек. развития регионов Казахстана. //Материалы междунар. научно-технич конферен. часть III. – Алматы, 1996. – С. 204–208.

62. *Жараспаев М., Тохмадиев М.Ш., Ким Н.Х.* Выбор способа и средств предотвращения самовозгорания сульфидных руд //Кахак/Корейское научно-техническое общество. Вып. 1 – Алматы, 1998 – С. 136–139.

63. *Жараспаев М.Т., Маңғатаева Д.Ж., Жумадилова Ж.О.* Еңбек қорғаудағы кейбір техникалық терминдердің қазақ тіліндегі түсініктемесі. Безопасность жизнедеятельности (охрана труда, защита человека в ЧС, экономические, правовые и психологические аспекты БЖД, экология). Сборник научных трудов. – Алматы: КазНТУ им. К.И. Сатпаева. Вып. 3, 2007 г. бет. 83–95.

64. *Жараспаев М.Т., Серкин В.Т., Сыздыкова А.Н.* The investigation of the effectiveness of filtering the dust content air. Тр. междунар. науч.-практ. конф. "Актуальные проблемы безопасности жизнедеятельности", I т. – Алматы: 2005. С. 18–21.

65. *Жараспаев М.Т., Слямбаева А.К., Тлекбетова И.Д.* Тіршілік қауіпсіздігіндегі кейбір техникалық терминдер туралы ойлар. 117–121 бет.

66. *Қалыбеков Т., Ақбасова А.Ж., Қасенов Б.С.* Еңбекті қорғау және тіршілік қауіпсіздігі 1-бөлім. ҚБТУ. –Алматы: 2008, 152 бет.

67. *Хакімжанов Т.Е.* Еңбек қорғау. Жоғары оқу орындары үшін оқу құралы. «ЭВЕРО». Алматы: 2008. – 240 бет.

68. Қазақстан Республикасының Еңбек кодексі. «ЮРИСТ» – Алматы: 2010-108 бет.

69. *Жараспаев М.Т., Абикенова А.А.* Определение физико-технических характеристик пылеувлажняющих укрытий //Новости науки Казахстана. – Алматы 2010. - № 2. – С. 170–174 с.

70. *Жараспаев М.Т., Муратова С.К.* Разработка метода оценки загрязнения грунтов от разлива нефти на участках нефтепровода. Алматы, Вестник КазНТУ № 4 (80), 2010. С. 83–85.

71. *Жараспаев М.Т., Муратова С.К.* Воздействие нефтепровода Атасу-Алашанькоу на почвы, растительный покров и животный мир. – Алматы, Вестник КазНТУ №4 (80), 2010 С. 93–95.

МАЗМҰНЫ

КІРІСПЕ	3
1. ЕҢБЕК ҚОРҒАУДЫҢ ҰЙЫМДАСТЫРУШЫЛЫҚ ЖӘНЕ ҚҰҚЫҚТЫҚ НЕГІЗДЕРІ	6
1.1. Қазақстан Республикасы еңбек қорғаудың негізгі заңдық актілері.....	6
1.2. Нұсқаулықтар.....	11
1.3. Кәсіпорын жарақаттарын тексеру, тіркеу және ресімдеу.....	12
1.4. Жарақаттануды талдау әдістері	16
1.5. Еңбек заңдарының бұзылуын, қауіпсіздігін және еңбек қорғаудағы жауапкершілік	20
2. ШУДАН ЖӘНЕ ДІРІЛДЕН ҚОРҒАНУ	30
2.1. Шудың физикалық негіздері.....	30
2.2. Дыбыс күші деңгейінің шкаласы.....	36
2.3. Шуды нормалау.....	40
2.4. Шуды өлшеу	42
2.5. Шудың адам ағзасына әсері	49
2.6. Шудан қорғану.....	52
2.7. Ультрадыбыстан және инфрадыбыстан қорғану.....	55
2.8. Дірілден қорғану.....	61
3. ӨНДІРІСТІК ЖАРЫҚТАНДЫРУ	65
3.1. Жарық көздері және оның физикалық негіздері	65
3.2. Жарық қабылдағыштар	68
3.3. Негізгі энергетикалық және жарық шамалары	69
3.4. Өндірістік ғимараттарды жарықтандырудың тәсілдері....	73
3.5. Жарық талаптарын зерттеу әдісі.....	81
4. ЭЛЕКТР ТОГЫНАН ЗАҚЫМДАНУДАН ҚОРҒАНУ ...	83
4.1. Жерлендірудің физикалық негіздері	83
4.2. Электр қауіпсіздігінің жалпы мәселелері және адам ағзасына әсері.....	89
4.3. Электр тогымен зақымданудан қорғау шаралары	94
4.4. Жердің электрлік кедергісі.....	99
4.5. Топтық жерлендіргіштің токтың ағып таралуына кедергісі.....	102

5. РАДИАЦИЯЛЫҚ ҚАУІПСІЗДІК НЕГІЗДЕРІ	106
5.1. Радиациялық сәуленің физикалық негізі	106
5.2. Ядроның байланыс энергиясы.....	111
5.3. Ядролық күштер табиғаты.	114
5.4. Радиоактивтілік.....	120
5.5. Сәулелену түрлері.....	122
5.6. Ядролық және термоядролық реакциялар.....	128
5.7. Атомдық электростанциялардың жұмыс істеу принципі.....	133
5.8. Иондалу сәулелерінің биологиялық әсері және радиациялық сәулеленудің нормалау принципі.....	140
5.9. Радиациялық сәулеленудің нормалау принципі.....	149
5.10. Радиациялық жағдайды бақылау әдістері	157
5.11. Иондайтын сәулелердің көздерімен жұмыс істеу ұйымдары	163
5.12. Радиоактивті заттарды тасымалдаудың қауіпсіздік негіздері.....	173
5.13. Радиациялық қауіпсіздік қызметінің шарттары.....	177
6. КАРЬЕРАЛАРДАҒЫ МИКРОКЛИМАТ ЖӘНЕ АТМОСФЕРА	179
6.1. Карьерадағы микроклимат және орналасқан ауданның климаттық жағдайы.....	179
6.2. Карьера ауасының негізгі құрамдас бөлігі.....	183
6.3. Карьера ауасындағы улы, атылғыш және радиоактивті қоспалар.....	186
7. АШЫҚ КЕНОРНЫНДАҒЫ НЕГІЗГІ ЛАСТАУШЫ КӨЗДЕРІ ЖӘНЕ ЖҰМЫС АЙМАҒЫНЫҢ АУАСЫНЫҢ КҮЙІ	192
7.1. Ашық кенорнындағы негізгі технологиялық процестер және карьердегі зиянды факторлармен күресу	192
7.2. Шаңның шығу қарқындылығын анықтайтын әйгілі әдістер	197
7.3. Шаң көзінің маңында шаңның қозғалу механизмі.....	200
7.4. Шаңның шығу қарқындылығын аналитикалық негіздеу	201
7.5. Атмосфералық ауада зиянды заттардың таралуы	207

8. ТИЕУ. ТҮСІРУ ЖҰМЫСТАРЫН ГИДРОШАҢСЫЗДАНДЫРУ	211
8.1. Тау массаларын тиеу кезіндегі шаңды басу үшін қолданылатын әдістер мен тәсілдер.....	211
8.2. Шаңды басуға қажет судың меншікті шығынын анықтаудың қолданыстағы тәсілдерін талдау	215
8.3. Шаңбайланыстыру үшін сұйықтың меншікті шығынын негіздеу.....	224
8.4. Бұрғылау-аттыру кезіндегі шаңды басуға қажетті судың меншікті шығынын анықтаудың аналитикалық негізі.....	234
8.5. Шаңсыздандыратын ерітінділермен тау массаларын ылғалдандыру әдістерін жасау мен негіздеу.....	239
8.6. Үйіндінің параметрлерін анықтайтын зертханалық жұмыстарға фракцияларды таңдау принципі.....	243
8.7. Карьерлердің тау массасы үйіндісінің гранулометриялық құрамы.....	247
8.8. Уатылған тау массасы үйіндісінің физика-химиялық параметрлерін анықтаудың нәтижелері.....	250
9. КАРЬЕР ЖАҒДАЙЫНДА ТАУ ҮЙІНДІСІН ЫЛҒАЛДАНДЫРУ	256
9.1. Тау массасы үйіндісін ылғалдандыру параметрлерін тәжірибе жүзінде анықтау.....	256
9.2. Ұсынылған әдістің тиеу-тасымалдау жұмыстары кезіндегі шаңды басудағы тиімділігін бағалау.....	262
10. БАЙЫТУ ФАБРИКАСЫНЫҢ ҰНТАҚТАУ - СОРТТАУ КЕШЕНДЕРІНДЕ ШАҢМЕН КҮРЕСУ ШАРАЛАРЫН ҚҰРАСТЫРУ	265
10.1. Ұнтақталған заттардың қозғалу шарттарын олардың физикалық-механикалық сипаттамаларына сәйкес аналитикалық талдау.....	265
10.2. Ұнтақ материалдар ағынында майда дисперсті бөлшектердің бөлінуінің шаңдылық қарқындылығына әсері	268
10.3. Кептеліп қалу үрдісі мен ұнтақ материалды тасымалдау кезінде шаңның пайда болу қарқындылығын аналитикалық талдау.....	270

10.4. Ұнтақталған материалды тасымалдау түйінінің оңтайлы көрсеткіштерін белгілеудің теориялық негіздері.....	274
10.5. Зертханалық зерттеулер жүргізу үшін ұнтақталған тау-кен сілемін модельдеу әдісі	279
10.6. Ұнтақталған өнімнің гранулометриялық құрамы	283
10.7. Ұнтақталған өнімді тасымалдау кезінде шаңмен күресу шараларын ұйымдастыру.....	288
10.8. Ұнтақталған материалдарды жинау және қаптауға арналған қондырғыларды ұйымдастыру.....	293
11. КАРЬЕРЛЕР АТМОСФЕРАСЫН ЖЕЛДЕТУ ЖӘНЕ ТАБИҒИ АУА АЛМАСУ	297
11.1. Карьердегі табиғи ауа алмасу.....	297
11.2. Ауа алмасудың конвекциялық схемасы.....	300
11.3. Ауа алмасудың рециркуляциялық схемасы.....	304
11.4. Рециркуляциялық схема кезіндегі карьердегі ауа алмасуды жүзеге асырған ауа көлемі	313
11.5. Ауа алмасудың тура схемасы	319
11.6. Штильден кейінгі карьерді желдету ұзақтығы	326
12. БҰРҒЫЛАУ - АТТЫРУ ЖҰМЫСТАРЫ КЕЗІНДЕГІ ШАҢМЕН ЖӘНЕ ГАЗБЕН КҮРЕСУ	333
12.1. Аттыру жұмыстары– атмосфераның ластаушы көзі ...	333
12.2. Аттыру жұмыстары кезіндегі шаңның динамикалық бөлігін модельдеу	336
12.3. Асимметриялық жағдайдағы карьердегі жарылыстың математикалық үлгісі.....	340
12.4. Тау-кен сілемін алдын ала ылғалдау үшін қажетті су немесе беттік белсенді заттардың судағы ерітіндісінің меншікті шығынын анықтаудың аналитикалық негізі	342
12.5. Тау-кен сілемін алдын ала ылғалдауға қажетті су немесе беттік белсенді заттардың судағы ерітіндісінің меншікті шығынын анықтау	347
ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ.....	351

Оқулық басылым

Жараспаев Мырзағали

ЕҢБЕК ҚОРҒАУ ЖӘНЕ КАРЬЕРЛЕР АЭРОЛОГИЯСЫ

Оқу құралы

РБ бастығы
Редактор
Компьютерде қалыптаған

З.А. Ғубайдулина
А.И. Бейсебаева
А.Н. Оразалиева

Басуға қол қойылды 09.05.2012 ж.
Таралымы 300 дана. Пішімі 60x84 1/16. №1 баспаханалық қағаз.
Көлемі 22,6 есепті б.т. Шартты б.т. 21,0. Тапсырыс №

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық
университетінің басылымы,
Ақпараттық-баспа орталығы.
Алматы, Қ. Сәтбаев, 22

ISBN 978-601-228-336-5



9 786012 283365