

5 Өндірістік сәулеленуден қорғау

5.1 Иондаушы сәулелену және оның адам ағзасына әсері, гигиеналық нормалау

Иондаушы сәулелену деп ортаның иондануын тура немесе жанама тудыратын кез келген сәулелену аталады (зарядталған атомдар немесе молекула — иондардың пайда болуы). Иондаушы қасиеттерге ғарыштық сәулелер ие. Жердегі иондаушы сәулеленудің табиғи көздері ондағы радиоактивті заттардың табиғи таралуы болып табылады. Иондаушы сәулеленудің жасанды көздері ядролық реакторлар, зарядталған бөлшек күшейткіштері, рентгендік қондырғылар, жасанды радиоактивті изотоптар болып табылады.

Иондаушы сәулелену көздері халық шаруашылығының әр түрлі саласында кеңінен қолданылады, мысалы: металл дефектоскопиясы үшін, дәнекерленген қосылыстар сапасын бақылау, технологиялық операцияларды автоматты бақылау, тұйық көлемдегі агрессиялық ортаның деңгейін анықтау, статистикалық электрлікпен күресу және т.б. олар ауыл шаруашылығында, геологиялық барлауда, медицинада, атом энергетикасында және т.б. пайдаланылады.

Иондаушы сәулеленумен жанасу адамға үлкен қауіп төндіреді. Алайда белгілі бір техникалық және ұйымдастыру талаптарын сақтау кезінде радиоактивті заттарды қолдану қауіпсіз.

Адам ағзасына иондаушы сәулеленудің әсер ету нәтижесінде тіндерде күрделі физикалық, химиялық және биохимиялық процестер жүруі мүмкін. Қазіргі заманғы түсініктер бойынша иондаушы сәулеленудің әрекет етуінің негізгі механизмі жанды материяның атомдары мен молекулалардың, көбінесе органдар мен тіндердегі болатын су молекулаларының иондану процесімен байланысты. Бұл ретте биохимиялық процестердің қалыпты жүруі және ағзадағы заттардың алмасуы бұзылады.

Сәулеленудің жұтылған дозасына және ағзаның жеке ерекшеліктеріне байланысты туындаған өзгерістер кері және қайтарымсыз болуы мүмкін. Шағын доза кезінде зақымдалған тін өзінің функциялық қызметін қалпына келтіреді.

Шекті мүмкін дозадан асып түсетін дозаның ұзақ мерзімді әсер етуі жекелеген органдардың немесе барлық ағзаның қайтарымсыз зақымдалуын тудыруы мүмкін, сәулемен ауырудың созылмалы түрі пайда болуы мүмкін.

Ағзаға иондаушы сәулелену әсер етуі кезінде маңызды фактор сәулелену уақыты болып табылады. Доза қуатының ұлғаюымен сәулеленудің зақымдалушы әрекеті ұлғаяды.

Уақыт бойынша сәулелену дозасын фракциялау оның зақымдалу әрекетін азайтады.

Шекті мүмкін доза (ШМД) деп персоналдың жылдық сәулелену деңгейі саналады, сәулеленетін адамның өзін және оның ұрпағының 50 жыл ішіндегі дозаның бірқалыпты жинақталуы, денсаулық жағдайындағы қолайсыз өзгерістерді қазіргі заманғы әдістермен табады. «Радиациялық қауіпсіздік

нормалары» басқа мүмкін деңгейлердің тұтас кешенін белгілейді, оларды пайдалану радиациялық бақылауды жүргізу және радиациялық қорғау іс-шараларын әзірлеу кезінде қажет.

1

5.1.1 Иондаушы сәулелену әсерінен қорғау

Санитарлық қадағалау органдары кәсіпорындар мен зертханаларды жобалау, салу және пайдаланудың барлық кезеңдерінде радиациялық қауіпсіздік талаптарын сақтау үшін жүйелік бақылауды жүзеге асырады.

Радиоактивті заттармен және иондаушы сәулеленудің басқа көздерімен жұмыстардың негізгі санитарлық ережесі (НСЕ — 72/80) әзірленді, иондаушы сәулеленудің әсері кезінде жүргізілетін жұмыстың нақты түрлеріне қатысты радиациялық қауіпсіздік талаптары мен нормаларын қамтиды. Олар иондаушы сәулелену көздерімен жұмыстарға арналған мекемелерді, учаскелер мен қондырғыларды орналастыруды; жұмысты ұйымдастыруды; сәулелену көздерін алу, есепке алу, сақтау және тасымалдау тәртібі; ашық түрдегі радиоактивті заттармен және жабық сәулелену көздерімен жұмыс тәртібі; желдету, шаңнан тазалау, жылыту, сумен жабдықтау және канализацияны орнату; радиоактивті қалдықтарды жинауға, жоюға, сусыздандыруға, сондай-ақ жайлар және жабдықтарды дезактивациялау, жеке қорғаныс құралдары және жеке гигиена; радиациялық бақылау мәселелерін регламенттейді.

Жабық сәулелену көздерімен жұмыс кезінде пайда болатын сыртқы сәулеленуден қорғау кезінде негізгі күштер оператор мен көздер арасындағы ара қашықтықты ұлғайту арқылы персоналдың қайта сәулеленуін ескертуге бағытталған (арақашықтықта қорғау); сәулелену өрісінде жұмыстың ұзақтығын қысқарту (уақытпен қорғау); сәулелену көздерін экрандау (экранмен қорғау).

Иондаушы сәулелену көздері жабық сәулелену деп аталады, оларды орнату қоршаған ортаға радиоактивті заттардың түсуін жоққа шығарады. Реактордың белсенді аймағы, реактордан бөлінетін жылуды әкету жүйесі, пайдаланылған өзекшелерді сақтау мен шығару жайлары және басқа учаскелер сәулелену деңгейін қауіпсіз деңгейге дейін әлсірететін қорғаныш қабықшаларының жүйесін қоршайды. Зертханалық жағдайда технологиялық процестерді бақылау және ара қашықтықта радиоактивті заттармен (көшіруші және үйлестіруші манипуляторлар, бақылау жүйесі) операцияларды орындау мүмкіндігін беретін жабдықтардың жұмысын қашықтан басқаруды кеңінен қолданады. Жұмыстар үшін қажет құрал-саймандар кешені бар көшіруші манипуляторлар жиі қолданылады (қармап алу, қыспақтар және т.б.). Бұл манипуляторлар оператор қолының қозғалысын көшіруге мүмкіндік беретін бірқатар блоктар қатары бар механикалық құрылғыны білдіреді.

Ішкі сәулеленуден қорғау ашық түрдегі радиоактивті заттармен тікелей жанасуды және олардың жұмыс аймағына түсіп кетуін болдырмауды талап етеді.

Ішкі сәулелену деп ағзаның ішінде болатын радиоактивті заттардың иондаушы сәулесінің ағзаға әсері аталады.

Ашық көздері бар барлық жұмыстар үш класқа бөлінеді. Жұмыстар класы жайларды орналастыруға және салуға қойылатын талаптарды анықтайды, онда иондаушы сәулеленудің ашық көздерімен жұмыс жүргізіледі. Осындай жайлардың есіктерінде радиациялық қауіптілік белгісі және жұмыс класы көрсетілуі тиіс.

III класты жұмыстар сору шкафтарымен жабдықталған кәдімгі зертханаларда жүргізіледі. I класты жұмыстар жүргізілетін жайлардың жабдықтарын орналастыруға барынша күрделі талаптар қойылады. Бұл жайлар жеке ғимаратта немесе санитарлық өткізу арқылы жеке кіретін бөлігі бар ғимараттың оқшауланған бөлігі болуы тиіс және ол бөлік үш аймаққа бөлінуі тиіс.

Бірінші аймаққа радиоактивті ластанудың негізгі көздері болып табылатын камераларды, бокстарды, жабдықтарды, коммуникацияларды орналастырады. Екінші аймақта мерзімдік қызмет көрсетуді талап ететін объектілер мен жайларды орналастырады (мысалы, қалдықтарды уақытша сақтауға арналған жайлар). Үшінші аймақта тұрақты келетін адамдарға арналған жайлар орналасады (операторлық, басқару пульттері және т.б.).

Екінші аймақтан радиоактивті ластануларды үшінші аймақ жайларына ауыстыру үшін аймақтар арасында санитарлық шлюзді орнатады.

Радиоактивті заттармен жұмыс кезінде жеке қорғаныш құралдары (ЖҚҚ), жеке гигиена ережесі және дозиметрлік бақылауды ұйымдастырудың маңызы зор. Қолданылатын жеке қорғаныш құралдары жұмыстардың түрлеріне және класына байланысты.

I класты жұмыстар және II класты жеке жұмыстар кезінде жеке қорғаныш құралдарының жинағы арнайы киімнен (комбинезон немесе костюм), арнайы іш киімнен, шұлықтан, арнайы аяқ киімнен, қолғаптардан, әр түрлі тағайындаудағы қағаз орамалдардан және қол орамалдардан, сондай-ақ тыныс алу органдарын қорғау құралдарынан тұруы тиіс.

II класты жұмыстар және III класты жеке жұмыстар кезінде жұмыс істеушілерді халат, бас киім, қолғаптар, жеңіл аяқ киіммен және қажет болса тыныс алу органдарын қорғау құралдарымен қамтамасыз етеді.

Жайларды жинастырушы тұлғаларға, сондай-ақ радиоактивті ерітінділермен және ұнтақтармен жұмыс істейтін тұлғаларға арналған негізгі арнайы киім және арнайы аяқ киімдерден басқа қосымша жеке қорғаныс құралдарымен жабдыкталады, атап айтқанда: алжапқыштар, жең үстіндегі қорғаныш заттар немесе поливинилхлорид немесе полиэтиленнен жасалған жартылай халаттар, қосымша арнайы киімдер (резиналы немесе пластикатты) немесе резиналы етіктер.

Егер ауада радиоактивті аэрозольдердің түсуі мүмкін болса, онда тыныс алу органдарын қорғау үшін арнайы сүзгіленетін немесе оқшаулағыш құралдарды қолдану қажет.

Аварияларды жою, жөндеу жұмыстары кезінде және басқа қажетті жағдайда қысқа уақытқа пайдаланылатын жеке қорғаныс құралдары — оқшаулағыш шлангты костюмдер (пневмокостюмдер) немесе ауамен қоректенудің автономды көздері қолданылады.

Қосымша жеке қорғаныс құралдары көзілдіріктер, қалқандар, қолмен қармағыштар болып табылады. Барлық осы құралдарды пайдалану кезінде оларды сақтау, пайдалану және дезактивациясының арнайы ережесі орындалуы тиіс.

НСЕ - 72/80 ережесінде радиациялық бақылау, соның ішінде жеке бақылаудың қатаң тәртібі ескерілген. Жеке дозиметрлік бақылау сәулелену дозасы 0,3 жылдық ШМД асып кететін еңбек жағдайындағы тұлғалар үшін міндетті.

Радиациялық бақылаудың барлық түрлерінің нәтижесі 30 жыл ішінде тіркелуі және сақталуы тиіс. Жеке бақылау кезінде сәулеленудің жылдық дозасын, сондай-ақ кәсіптік жұмыстың барлық мерзімі ішінде қосынды дозаны есептеу жүргізіледі.

Қазіргі кезде дозиметрлік бақылаудың әр түрлі аспаптарының үлкен саны әзірленген, оның негізіне келесі әдістер алынған:

- иондаушы әдіс, ауаны иондандыруға қабілетті сәулеленуге негізделген;
- сцинтилляциялық әдіс, кейбір кристалдар, газдар мен ерітінділердің иондаушы сәулелену энергиясын жұту кезінде көрінетін жарықты тұтандыру қабілетіне негізделген;
- фотографиялық әдіс, фотографиялық эмульсияның иондаушы сәулелену әсері кезінде қарайтатын қабілетіне негізделген.

5.2 Электр-магниттік сәулелену және оның адам ағзасына әсері, гигиеналық нормалау мен қорғау принциптері

Энергияны өндіру, беру және пайдаланумен байланысты өнеркәсіп жүйесінде электр-магниттік тербелістерді қолдану (мысалы, әр түрлі материалдарды индукциялық және диэлектрлік термиялық өңдеу үшін, радиохабар тарату және телевидениеде), қоршаған ортада электр-магниттік өрістің пайда болуымен ілесе жүреді. Адамға электр-магниттік өрістің мүмкін әсерлер деңгейі жоғарылаған кезде кәсіптік аурулар пайда болуы мүмкін.

Электр-магниттік өрістің көздері, мысалы, индукциялық орауыш (индукциялық қыздыру қондырғыларында), жұмыс конденсаторы (диэлектрлік қыздыру қондырғыларында), байланыс және контур орауыштары, генератордың жеке элементтері, конденсаторлар, келтіруші желілер, трансформаторлар, антенналар және т.б. болып табылады. Өнеркәсіптік жиіліктегі электр-магниттік өрістің көздері электр берілісінің жоғары вольтті желісі (ЭБЖ), ашық бөлу құрылғылары, қорғау және автоматика құрылғылары және т.б. болып табылады. Тұрақты магнит өрістерінің көздері электр-магниттер, соленоидтар, құйылған немесе металл-керамикалық магниттер және т.б. болып табылады.

Электр-магнитті өріс (ЭМӨ) электр магниттік толқындар белгілі бір энергияға ие және электр магниттік толқындар түрінде кеңінен таралады. Электр магниттік тербелістердің негізгі параметрлері: толқын ұзындығы, тербелістер жиілігі және таралу жылдамдығы болып табылады. Тербелістер жиілігіне (толқын ұзындығына) байланысты электр-магниттік сәулелену бірқатар диапазондарға бөлінеді. Тербелістер жиілігі герцпен белгіленеді (Гц); 1

Гц — бір секундтағы бір толық тербеліс. Туынды бірліктер: килогерц ($1 \text{ кГц} = 10^3 \text{ Гц}$), мегагерц ($1 \text{ МГц} = 10^6 \text{ Гц}$); гигагерц ($1 \text{ ГГц} = 10^9 \text{ Гц}$).

Тұрақты магниттік өрістің (магнит-статикалық) (ТМӨ) негізгі сипаттамасы тогы бар өткізгішке арналған өрісте қолданылатын күштер бойынша анықталатын магниттік өрістің кернеулігі болып табылады, кернеу бірлігі метрде ампермен белгіленеді (А/м).

Тұрақты магниттік (электр-статикалық) өрістің (ЭСӨ) негізгі сипаттамасы электрлік зарядқа арналған өрісте қолданылатын күштер бойынша анықталатын оның кернеулігі болып табылады, метрде вольтпен белгіленеді (В/м).

Айнымалы электр магниттік өріс магниттік және электрлік өрістердің жиынтығын білдіреді, электр магниттік толқындар түрінде кеңістікте таралады. Сәулелену көздерінен электр-магниттік толқынның таралу аймағы шартты түрде үш аймаққа бөлінеді: жақын (индукция аймағы), аралық (интерференция аймағы) және алыс (толқынды немесе сәулелену аймағы). Осы аймақтағы ЭМӨ бағалау үшін әр түрлі принциптер пайдаланылады. Жақын және аралық аймақтарда электр магниттік әлі қалыптасқан жоқ. Сондықтан осы аймақтағы ЭМӨ қарқындылығы электрлік және магниттік құрамдас өрістердің жеке кернеулігімен бағаланады. Осы аймақта ВЧ көздерінің және УВЧ тербелістерінің қызмет көрсетуі бойынша жұмыс орындар болады.

СВЧ-аппаратурасының қызмет көрсетуі бойынша жұмыс орындары болатын алыс (толқынды) аймақта электр магниттік толқын қалыптасқан. Бұл жерде ЭМӨ кернеулік бойынша емес, өзінің таралу бағытында толқынмен тасымалданатын энергия (қуат) бойынша бағаланады. Бұл энергия энергия ағынының тығыздығымен (ЭАТ), яғни үстіңгі бет бірлігіне арналған уақыт бірлігіне келетін энергиямен бағаланады (Вт/м^2).

Өнеркәсіптік жиіліктегі электр энергетикалық қондырғылар қызмет көрсететін персонал (соның ішінде 50 Гц), сондай-ақ электр магниттік өрістердің әсеріне ұшырайды. Осы жағдайда электрлік және магниттік өрістердің әсерін жеке қарастыруға болады, электр өрісі негізгі қолайсыз әсер етеді.

Адам ағзасына электр магниттік сәулелену әсерінің дәрежесі жиіліктер диапазонына, тиісті факторларды әсер ету қарқындылығына, сәулелену ұзақтығына, сәулелену сипатына (үздіксіз немесе модульденген), сәулелену режиміне, дененің сәулеленетін үстіңгі бетіндегі өлшемге, ағзаның жеке ерекшеліктеріне байланысты.

Төменгі жиіліктегі электр өрісінің ұзақ әсері (ЭӨ) адамның орталық нервтік және жүрек-қан тамырлары жүйесінің функционалдық бұзылуын тудырады, сондай-ақ ЭӨ жоғары кернеу кезінде айрықша көрінетін қан құрамындағы кейбір өзгерістерді тудырады.

Неғұрлым жоғары жиіліктегі электр-магниттік өрістің (ЭМӨ) биологиялық әрекеті негізінен жылу және ритмикалық эффектімен байланыстырады. Жылу әсері дене температурасын арттыруға және тіндерді, органдарды жергілікті таңдамалы қыздыруға, электр-магниттік энергияның жылу энергияға ауысу салдарынан әкелуі мүмкін. ЭМӨ биологиялық белсенділігі тербелістер жиілігінің артуымен ұлғаяды және СВЧ саласында ең үлкені болып табылады.

Үлкен қарқындылықтағы ЭМӨ сәулелену тіндер мен органдардағы бұзылатын өзгерістерге әкелуі мүмкін. Ауыр зақымдаулар тек авариялық жағдайда пайда болады және сирек кездеседі. Шағын қарқындылықтағы ЭМӨ ұзақ мерзімді созылымды әсері (жылу эффектісін шақырмайды) әр түрлі нервті және жүрек-қан тамырларының бұзылыстарына әкеледі (бас ауруы, жылдам шаршау, ұйқының бұзылуы, жүрек маңайындағы аурулар және т.б.). Эндокриндік жүйенің жағынан және қан құрамы өзгерісі жағынан бұзылуы мүмкін. Денсаулық жағдайында бұзылудың ерте сатысында кері сипатта болады.

Электр-магниттік сәулелену гигиеналық нормалау негізіне жиіліктер диапазонына байланысты әр түрлі принциптер салынған. Өнеркәсіптік жиіліктің электр өрісінде болатын адам үшін қауіпсіздік критерийі осы өрістің кернеулігі қабылданған. Осы аймақта жүйелік түрде болатын персонал үшін гигиеналық нормалар «ЕҚСЖ. 400 кВ және одан артық кернеумен өнеркәсіптік жиіліктегі токтардың электрлік өрісі. Жалпы қауіпсіздік талаптары» белгіленген. Бұл нормалар адамның барлық тәулік мерзімі ішінде 5 кВ/м артық кернеумен ЭӨ өрісіне ұшырамайтын жағдай кезінде қауіпсіздікті қамтамасыз етеді, сондай-ақ адам ағзасына электрлік разрядтардың әсер ету мүмкіндігін болдырмайды.

60 кГц-300 МГц жиілік диапазонында ЭМӨ электрлік және магниттік құрамдас бөліктерінің кернеулігі нормаланады. Олар ЭМӨ әсеріне кәсіптік байланысқан персоналдар үшін «ЕҚСЖ. Радиожиіліктің электр-магниттік өрісі. Жалпы қауіпсіздік талаптары» белгіленген.

Жұмыс орнындағы персоналдардың болуы мүмкін жерлердегі ЭМӨ кернеулігі келесі шекті-мүмкін мәндерден аспауы тиіс:

1. Электрлік құрамдас бойынша, В/м:
 - 50 — 60 кГц-тен 3 МГц-ке дейінгі жиілік үшін;
 - 20 – 3 МГц-тен 30 МГц-ке дейінгі жиілік үшін;
 - 10 – 30 МГц-тен 50 МГц-ке дейінгі жиілік үшін;
 - 5 – 50 МГц-тен 300 МГц-ке дейінгі жиілік үшін.
2. Магниттік құрамдас бойынша, А/м:
 - 5 — 60 кГц-тен 1,5 МГц-ке дейінгі жиілік үшін;
 - 0,3 – 30 МГц-тен 50 МГц-ке дейінгі жиілік үшін.

300 жиіліктер диапазонында МГц-300 ГГц электр магниттік өріс энергиясы ағынының тығыздығымен (ЭАТ) нормаланады. Шекті мүмкін ЭАТ адам ағзасындағы энергетикалық жүктеменің мүмкін мәндеріне және сәулелену аймағына келу уақытына байланысты, бірақ барлық жағдайда, жұмыс жайларында ауаның рентгендік сәулелену немесе жоғары температура кезінде 10 Вт/м² аспауы тиіс (28 °С артық) - 1 Вт/м².

Тұрақты магниттік өріс үшін жұмыс орнындағы шекті мүмкін деңгейі кернеулік болып табылады, ол 8 кА/м аспауы тиіс.

ЭМӨ энергия ағынының тығыздығы және мүмкін кернеулігін арттыру кезінде персоналды қорғаудың келесі құралдары мен тәсілдерін қолдану қажет:

- қуатты жұтқыштар және келісілген жүктемені пайдалану арқылы ЭМӨ энергиясы ағынының тығыздығы мен кернеулігін азайту;
- жұмыс орнын экрандау;
- ЭМӨ көзінен жұмыс орнын жою;

- электр-магниттік энергиямен сәулеленетін жабдықтарды жұмыс жайына оңтайлы орналастыру;
- жабдықтардың және қызмет көрсетуші персоналдар жұмысының оңтайлы режимін бекіту;
- ескертуші сигнализацияны қолдану (жарық, дыбыс);
- жеке қорғаныс құралдарын қолдану.

Сол немесе басқа қорғау тәсілін таңдау жиіліктердің жұмыс диапазонына, орындалатын жұмыстардың сипатына, ЭМӨ энергия ағынының тығыздығы мен кернеулігіне, қажетті қорғау дәрежесіне байланысты.

Төменгі жиілікті және радиосәулелену көздерінен қорғауда барынша жиі қолданылатын және тиімді әдістердің бірі экрандау болып табылады. Экрандар үшін, негізінен, үлкен электрлік өткізгіші бар материалдар пайдаланылады (мыс, латунь, алюминий және оның қорытпалары, болат). Экранның негізгі сипаттамасы экрандау тиімділігі, яғни ЭМӨ әлсірету дәрежесі болып табылады. Экрандау тиімділігі электр магниттік сәулелену тербелістерінің ұлғаюымен артады, экранның тұтас металл табақтан немесе металл торынан жасалғанына қарамастан ешнәрсе өзгермейді. Экрандар жерлендірілген болуы тиіс.

ВЧ-, УВЧ-сәулелену көздері орнатылған жайларда ЭМӨ кернеуінің бөлінуі екінші реттік сәулелену есебінен күрделі болуы мүмкін, көршілес жайларда пайда болуы мүмкін. Радиожиілік энергиясының өткізгіштері бұл жағдайда жарық және телефон желісінің сымы болып табылуы мүмкін. Жарық, күштік, телефон желісі бойынша радиожиіліктер энергиясының таралуының алдын алу үшін және ВЧ-орнату экранынан сымдарды шығатын жерде конструкциясы әр түрлі сүзгілер қолданылады.

Жеке қорғаныс құралдары ретінде арнайы киім қолданылады, арнайы киім комбинезон, халат, алжапқыштар, капюшоны бар күртелер және қорғаныш көзілдіріктері түрінде металданған матадан жасалады. Көзілдіріктерді қысқа уақыттық жұмыстар кезінде міндетті түрде пайдалану қажет, онда сәулелену 10 Вт/см^2 артық қарқындылыққа ие болады. Мысалы, ОРЗ-5 типтес көзілдіріктер, осы көзілдіріктердің шынысы қалайының жартылай өткізгіш оксид қабатымен жабылған, 0,8-150 см толқын диапазонында 1000 есе қуатты әлсіретеді. Жартылай маска пішінінде болатын, диаметрі 0,07-0,14 мм болатын сым кезінде 1 см^2 арналған ұяшықтар саны 186-560 бар торлы көзілдіріктер пайдаланылады.

Металданған матадан тігілген арнайы киімді пайдалану кезінде электр қауіпсіздігінің талаптарын қатаң сақтау қажет.

5.3 Лазерлік сәулелену және оның адам ағзасына әрекеті, гигиеналық нормалау

Халық шаруашылығы, ғылым және медицина саласында оптикалық кванттық генераторлар (ОКГ) немесе лазерлер жиі пайдаланылады. Лазер деп мәжбүрлі сәулеленуді пайдалануға негізделген оптикалық диапазонның электр магниттік сәулелену генераторын атайды.

Өнеркәсіпте лазерді қолдану аймағы жыл сайын кеңейіп келеді. Бұл материалдарды өңдеу – металды, аса қатты материалдарды, кристалдардың

тесіктерін кесу, дәнекерлеу, пісіру, бұрғылау болып табылады. Лазерлер материалдар дефектоскопиясы, құрылыста, радиоэлектрондық өнеркәсіпте және т.б. кезінде қолданылады.

Лазердің әрекет ету принципі атомның қасиеттеріне негізделген (күрделі кванттық жүйе) қозу жағдайынан негізгі жағдайға ауысу кезінде фотондар сәулеленеді (негізгі энергиядан). Қалыпты жағдай кезінде қозу күйіндегі заттарда болатын атомдар саны энергияның негізгі деңгейінде болатын атомдар санынан аз. Арнайы тәсілдер және жұмыс денесіне (сұйықтық, кристалл, газ) берілу арқылы лазерде энергияны айдау (жарық, ВЧ-электр магниттік өріс және т.б.) қозу күйінде болатын атомдардың саны энергияның негізгі деңгейінде болатын атомдар санынан елеулі түрде артық. Қозу жағдайынан негізгі жағдайға қысқа уақыт ішінде атомдардың көшкін тәріздес ауысуы лазерлік сәулеленудің пайда болуына әкеледі.

Лазерлік сәулеленудің негізгі ерекшелігі оның өткір бағыты болып табылады (сәулелену шоғырының аз шығыны), ал бұл салыстырмалы шағын ауданда энергия тығыздығының үлкен мәндерін алуға мүмкіндік береді.

Лазер сәулеленуді өндіру сипаты бойынша импульстық (сәулелену ұзақтығы 0,25 с) және үздіксіз әрекеттегі лазерлер (сәулелену ұзақтығы 0,25 с және одан артық) деп бөлінеді.

Лазерлерді толқын ұзындығы 0,2-ден 1000 мкм электр-магниттік сәулелену өндіреді. Бұл диапазон биологиялық әрекет ету тұрғысынан төрт аймаққа бөлінеді: ультракүлгін (0,2-ден 0,4 мкм-ге дейінгі); көрінетін (0,4-ден 0,75 мкм-ге дейінгі); жақын инфрақызыл (0,75-ден 1,4 мкм-ге дейінгі); алыс инфрақызыл (1,4 мкм жоғары).

Лазердің энергетикалық параметрлері олардың түріне байланысты. Үздіксіз сәулелену генераторлары ватпен (Вт) белгіленетін шығыс қуатымен сипатталады. Импульстық лазерлер джоуль (Дж) өрнектелетін энергиямен сипатталады. Лазерлік сәулеленудің нормаланатын шамалары үстіңгі беттің ауданына ($\text{Вт}/\text{см}^2$) немесе үстіңгі беттің бірлігіндегі энергия тығыздығына қуаттың қатынасы ($\text{Дж}/\text{см}^2$) болып табылады.

Лазерлік сәулеленудің адам ағзасына әсері күрделі сипатта болады және сәулеленетін тіндерге лазерлік сәулеленудің тікелей әрекетіне, сәулелену нәтижесінде пайда болатын әр түрлі өзгерістерде берілетін екінші реттік құбылыстарға байланысты.

Лазерлік сәулеленудің термиялық және термиялық емес әрекеті деп ажыратады. Зақымдаушы әрекет сәулелену қуатына (немесе энергия тығыздығына), сәулелену толқынының ұзындығына, импульс ұзақтығына, импульсты қайталау жиілігіне, әсер ету уақытына, сәулеленетін органдар мен тіндердің биологиялық және физикалық-химиялық ерекшеліктеріне байланысты. Ультракүлгін сәулелену барынша биологиялық жағынан белсенді, биологиялық ортада фотохимиялық реакциялар туғызады.

Үздіксіз әрекеттегі лазерден сәулеленудің термиялық әсері кәдімгі қыздырумен жалпы ұқсастығы бар. Теріде күйік пайда болады, ал 100 Дж жоғары энергия кезінде биотіннің бұзылуы мен булануы салдарынан некроздың

кратер тәріздес учаскесі түзіледі. Лазерлік күйіктің сипатты ерекшелігі зақымдалған аймақты күрт шектеу болып табылады.

Импульстық сәулелену әсері тым күрделі. Сәуленетін тінде 1Cg^3 кем емес импульс ұзақтығы кезінде сәулелену энергиясы жылуға жылдам түрленеді, ал бұл тіндердің механикалық бұзылуын тудыратын бір сәттік плазма және будың түзілуіне әкеледі.

Лазерлік сәулеленудің термиялық емес әсері электр магниттік энергияның тіндерін таңдамалы жұту нәтижесінде пайда болатын процестерге, сондай-ақ электрлік және фотоэлектрлік эффектiлерге байланысты. Лазермен ұзақ мерзім жұмыс жасайтын тұлғалар кейде жоғары түрдегі шаршағыштық, бас ауруына, жоғарғы қозғыштыққа, ұйқының бұзылуына және т.б. әкеледі.

Лазерлік сәулелену әсеріне адамның көзі сезімтал. Көздің зақымдануы лазердің тікелей және шағылысқан сәуленің түсуінен пайда болады, тіпті егер шағылысқан үстіңгі бет айналы болып табылмаса да әсер етеді. Зақымдалу сипаты толқынның ұзындығына байланысты.

Ультракүлгін аймақта мүйізді қабыршақтың және шырышты қабыршақ белогының бұзылуы пайда болады. Энергияның үлкен тығыздығы кезінде бұл толық соқырлыққа әкеледі.

Сәулелену көрінетін аймақта, негізінен, торқабықтың аса сезімтал клеткасына әсер етеді, уақытша соқырлықты тудырады, күйік көру кеңістігінің аталған аймағына, әсер етеді, көз көрмей қалады. Энергияның үлкен тығыздығы кезінде жақын орташа инфрақызыл аймақта көз қарашының күңгірттенуі салдарынан соқырлыққа алып келуі мүмкін.

Лазерлік сәулеленуден басқа (тікелей, шашыраған, шағылысқан) жұмыскерлерге лазер конструкциясына және оны пайдалану жағдайына байланысты лазер жұмысымен байланысты басқа қауіпті және зиянды өндірістік факторлар әсер етуі мүмкін:

- «айдау» импульстық лампаларынан жарықпен сәулелену, нысана материалдары бар лазерлік сәулелену өзара әрекеттесу аймағы;
 - айдау лампаларынан немесе кварцты газ-разрядты түтіктерден ультракүлгін сәулелену;
 - лазермен жұмыс кезінде пайда болатын шу мен діріл;
 - иондаушы сәулелену: электрлік тізбектегі жоғары кернеу; айдау шамдарын немесе газды разрядты қоректендіру;
 - айдау генераторынан ВЧ- және СВЧ-диапазондарының электр-магниттік өрісі;
 - жабдықтардан және қыздырылған беттерден инфрақызыл сәулелену және жылу бөліну;
 - өнімдердің жұмыс аймағындағы ауаның шаңдануы мен газдануы;
 - нысанасы бар лазерлік сәуленің және ауа радиолизінің өзара әрекеттесуі;
- лазер конструкциясында пайдаланатын агрессивті және улы заттар.

Нормалар лазерлік сәулелену АШД орнатады, сәуленетін тіндердің энергетикалық экспозициясын қабылдайды. Энергетикалық экспозиция деп осы учаскенің ауданына және үстіңгі бетіне түсетін сәулелену энергиясының қатынасы деп атайды. Өлшеу бірлігі $\text{Дж}/\text{см}^2$ болып табылады.

Энергетикалық экспозиция көздің торқабықтары және терінің қабыршақтары үшін жеке нормаланады. Толқын ұзындығының әр түрлі диапазоны кезінде нормаларды лазерлік сәулелену АШД импульс ұзақтығына, импульстардың қайталау жиілігіне және әсер ету ұзақтығына, сәуленің бұрыштық өлшеміне немесе торқабықтағы жарық түсіру дағының диаметріне, жұмыс істеушілердің бетін фондық жарықтандыруға байланысты белгілейді.

5.3.1 Лазерлік қауіпсіздікті қамтамасыз ету

Лазерді пайдалану кезінде персоналдың қауіпсіз еңбек жағдайын қамтамасыз ететін техникалық, санитарлық-гигиеналық және ұйымдастырушылық іс-шаралар жиынтығы лазерлік қауіпсіздік деп аталады.

Лазер қауіптілігінің класын дайындаушы кәсіпорын белгілейді.

Барлық лазерлер лазерлік қауіптілік белгісімен таңбалануы тиіс.

Лазерді орналастыруға арнайы жабдықталған жайларда ғана рұқсат етіледі. II, III, IV класты лазер болатын жайлардың есігінде лазерлік қауіптілік белгісі салынуы тиіс. IV класты лазерді жеке арнайы жайларда орналастыру керек. Жайлардың ішкі әрлеуі маңызды орын алады. Қабырғалар мен төбелері тегіс күңгірт түсте болуы тиіс. Арнайы аппаратурадан басқа барлық заттардың айналы беттері болмауы тиіс.

Жабдықтарды жеткілікті түрде кең орналастыру керек. II, III және IV класты лазер үшін басқару панельдері мен пульттердің беткі жағынан лазерді бір қатардан орналастыру кезінде ені 1,5 м бос кеңістік, ал лазерді екі қатардан орналастыру кезінде ені 2,0 м кем емес бос кеңістік қалдыру қажет. Лазердің артқы және бүйір жақтарынан ашылатын есіктер, алмалы-салмалы панельдер және басқа құрылғылар болған кезде оларға қатынау үшін кем дегенде 1 м ара қашықтық қалдыру керек.

IV класты лазерді қашықтан басқару керек, ал жайлардың есіктері бұғатталған болуы тиіс.

II және III класты лазерді пайдалану кезінде жұмыс орнында сәулеленуге түсу мүмкіндігін алдын алу қажет. Лазерлік-қауіпті аймақты қоршау немесе сәулелену шоғыры арқылы экрандау қарастырылуы тиіс.

Экран және қоршау үшін лазерді өндірудегі толқын ұзындығына шағылысудың ең аз коэффициенті бар отқа төзімді материалдарды таңдау керек. Бұл материалдар оған лазерлік сәулелену әсер ету кезінде улы заттарды бөліп шығармауы тиіс.

Мерзімдік дозиметрлік бақылау (жылына бір реттен кем емес) II, III, IV класты лазерді пайдалану кезінде, сондай-ақ II-IV класты жаңа лазерді пайдалануға қабылдау кезінде қосымша жағдайда, қорғаныш құралдарының конструкциясы өзгерген кезде: жаңа жұмыс орындарын ұйымдастыру кезінде.

Лазерлік сәулеленудің дозиметрлік бақылау әдістері мен аппаратурасы «ЕҚСЖ. Лазерлер. Лазерлік сәулеленудің дозиметрлік бақылау әдістерінде» баяндалған.

Стандарт бақылаудың берілген нүктесінде белгісіз параметрлермен, бақылаудың берілген нүктесінде белгілі спектрлі, уақытша, жиілікті және

кеңістікті параметрлермен сәулелену үшін үздіксіз, импульстық және импульстық-модульденген лазерлік сәулеленуді 0,25-0,4; 0,4-1,4 және 1,4-20 мкм толқын ұзындығында дозиметрлік бақылау әдістерін бекітеді.

Лазерлік қауіпсіздік ұжымдық жеке қорғаныш құралдарымен қамтамасыз етпеген жағдайда жеке қорғаныш құралдарын — көзілдіріктерді және маскаларды пайдалану керек (соңғысы — IV класты лазермен жұмыс кезінде).

Лазерлік сәулеленуде толқын ұзындығына байланысты лазерге қарсы көзілдіріктерде қызғылт-сары, көк-жасыл немесе түссіз шынысы бар көзілдіріктер пайдаланылады.

5.4 Ультракүлгінді сәулелену

Ультракүлгінді сәулелену (УКС) 200-400 нм диапазонда толқын ұзындығы болатын және көрінетін жарыққа қысқ толқындар тарапынан жанасатын оптикалық аймақта электр-магниттік сәулелену деп аталады.

УКС табиғи көзі Күн болып табылады. УКС жасанды көздері жарықтың газ-разрядты көздері, электр доғасы, лазер және т.б. болып табылады. УКС энергетикалық сипаттамасы берілетін қуат ағынының тығыздығы болып табылады, Вт/м².

УКС адамға әсері эритемді әрекетпен сандық түрде бағаланады, яғни терінің қызаруымен (негізінен, 48 сағат өткен соң) әрі қарай тері пигментациясына (күйікке) әкеледі. Биологиялық мақсаттар үшін УКС қуаты эритемді ағынмен бағаланады. Ағынды өлшеу бірлігі эр болып табылады. Бір эр – эритемді ағын, толқын ұзындығы 297 нм және қуаты 1 Вт сәулелену ағынына сәйкес келеді. Эритемдік жарықтандыру (эритемдік сәулелену) эр/м², ал эритемдік доза (эритемдік экспозиция) — эр·ч белгіленеді.

Ультракүлгін сәулелену адамның қалыпты тіршілік әрекеті үшін қажет. УКС ұзақ мерзім болмаған кезде ағзада «жарық аштығы» немесе «ультракүлгін жеткіліксіздігі» деп аталатын қолайсыз құбылыстар дамиды. Сол кезде УКС үлкен дозасының ұзақ әсері көз бен терінің ауыр зақымдалуына әкелуі мүмкін. Көздің өткір зақымдалуы әдетте кератит (көздің мүйізгек қабығының қабынуы) және көз жанары күңгірттенеді. Фотокератит 30 минуттан 24 сағатқа дейін жабық мерзімде болады. УКС үлкен дозасының ұзақ әсері тері обырының дамуына әкелуі мүмкін.

УКС тапшылығы тудырған қолайсыз зардаптардың алдын алу үшін күн сәулеленуі (жайлардың инсоляциясы, солярый құрылғысы) УКС жасанды көздерін қолдану пайдаланылады. Жасанды сәулелену қолданыстағы «Ультракүлгін жетіспеушілігінің алдын алу бойынша ұсыныстарға» сәйкес жүргізіледі.

УК-тапшылығының дәрежесі және халық контингентіне байланысты эритемдік дозаның (10-60 (мэр·ч/м²) шегінде 0,125-0,75 доза ұсынылады.

Өнеркәсіптік кәсіпорындарда УКС мүмкін қарқындылығын регламенттейтін құжат «Өнеркәсіптік кәсіпорындарда жасанды ультракүлгін сәулелену қондырғыларын жобалау және пайдалану бойынша нұсқаулықтар» болып табылады, соған сәйкес максимум сәулелену 7,5 (мэр·ч)/м² асып кетпеуі

тиіс, ал максимум тәуліктік доза — $60 \text{ (мэр}\cdot\text{ч)/м}^2$ УКС үшін толқын ұзындығы 280 нм артық болмауы тиіс.

Бұйымдардың сапасын люминесцентті бақылаумен байланысты персоналдар үшін сәулеленудің мүмкін деңгейі мен дозасы «Өнеркәсіптік бұйымдардың сапасын люминесценттік бақылау үшін ультракүлгін сәулеленудің жасанды көздері бар қондырғыларды құрылымдауға және пайдалануға қойылатын гигиеналық талаптарда» көрсетілген.

Артық УКС қорғау үшін күнге қарсы экрандар пайдаланылады, олар химиялық (УКС жұтатын ингредиенттерді қамтитын химиялық заттар және жабын жақпалары) және физикалық (әр түрлі кедергілер, шағылысатын, жұтатын немесе сейілтетін сәулелер). Жақсы қорғаныш құралы УКС өткізетін маталардан жасалған арнайы киімдер болып табылады (мысалы, поплиннен). Өндірістік жағдайда көзді қорғау шін қорғаныш шынысы бар көзілдіріктер пайдаланылады. Барлық толқыннан УКС толықтай қорғау үшін қалыңдығы 2 мм флинтглас (қорғасын тотығы бар шыны) қамтамасыз етіледі.

Жайлардың жеке орналастыру кезінде УКС үшін әр түрлі әрлеу материалдарының шағылысушы қабілеті көрінетін жарыққа қарағанда басқаша. Жылтыратылған алюминий және бормен ақтау жақсы шағылысады, ал мырыш пен титан тотығы ретінде уақытта майлы негіздегі бояулар — нашар шағылысады.

Бақылау сұрақтары

1. Иондаушы сәулеленуге анықтама беріңіз.
2. Өндірістік жағдайдағы иондаушы сәулелену көздерін атаңыз.
3. Адам ағзасына иондаушы сәулелену қалай әсер етеді?
4. Иондаушы сәулелену қалай нормаланады?
5. Жұмыс істеушілерді иондаушы сәулеленуден қорғау әдістерін атаңыз.
6. Иондаушы сәулеленуден жеке қорғану құралдарын атаңыз.
7. Дозиметрлік бақылаудың негізгі әдістерін атаңыз.
8. Өндірістік жағдайда электр-магниттік сәулелену көздерін атаңыз.
9. Электр-магниттік сәулелену қандай физикалық параметрлермен сипатталады?
10. Адам ағзасына электр-магниттік сәулелену қалай әсер етеді?
11. Электр-магниттік сәулелену қалай нормаланады?
12. Электр-магниттік сәулеленуден жұмыс істеушілерді қорғаудың негізгі әдістерін атап көрсетіңіз және сипаттаңыз.
13. Лазер дегеніміз не?
14. Қандай жұмыс түрлерінде лазер қолданылады?
15. Лазердің әрекет ету принципін сипаттаңыз.
16. Лазер адам ағзасына қалай әсер етеді?
17. Лазерлік сәулелену қалай нормаланады?
18. Лазерлік сәулеленуден жұмыс істеушілерді қорғаудың жеке қорғаныш құралдарын атаңыз.
19. Лазерлік сәулеленуден жұмыс істеушілерді қорғаудың негізгі әдістерін атап көрсетіңіз және сипаттаңыз.

20. Ультракүлгін сәулеленуге анықтама беріңіз.
21. Ультракүлгін сәулелену көздерін атаңыз.
22. Ультракүлгін сәулелену адам ағзасына қалай әсер етеді?
23. Ультракүлгін сәулелену қалай нормаланады.
24. Ультракүлгін сәулеленуден жұмыс істеушілерді қорғау әдістері мен жеке қорғаныш құралдарын атаңыз.