ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы
Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ж. Е. Егінбаев

ЖАРЫҚТЕХНИКА НЕГІЗДЕРІ

Университеттің ғылыми-әдістемелік кеңесімен оқу құралы
ретінде ұсынылды

Алматы 2016

ӘОЖ 628.9 (075.8)
КБЖ 31.294 я73
Е 27

Пікір жазғандар:

Т. К. Жұмаділов, Ә. Б. Бектұров атындағы Химия институты физикалық химия зертханасының меңгерушісі, хим. ғыл. док., проф.;
И. И. Тураев, AZ PRINT CENTRE ЖШС бас директоры;
Н. Т. Сұрашев, техн. ғыл. док., проф. Қ. И. Сәтбаев атындағы ҚазҰТЗУ

Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігінің 2016 жылғы басылым жоспары бойынша басылды.

Егінбаев Ж. Е.

Е 27 Жарықтехника негіздері: Оқу құралы./ *Ж. Е Егінбаев.* – Алматы: ҚазҰТЗУ, 2016. – 212 б. Сурет 72, Кесте 4.– Библиогр.: (26 атау).

ISBN 978–601–228–948–0

Оқу құралында жарықтехника негіздерінің негізгі түсініктері, даму тарихы, сонымен қатар оның әдістері, аспаптары және олардың іс жүзінде пайдалануы жайлы мәліметтер ұсынылған.

Бұл еңбек жарықтехника облысындағы және онымен байланысты ғылыми-техникалық пәндер мамандарына, сондай-ақ соларға сай келетін мамандықтардың оқытушыларына және 5В072200 «Полиграфия» мамандығы бойынша оқып жүрген студенттерге арналған.

Сондай-ақ жарықтехника жүйелерін және сызбанұсқаларын пайдаланып және жобалап жүрген инженер-техникалық қызыметкерлерге пайдасын тигізуі әбден мүмкін.

Ә ОЖ 628.9 (075.8)
КБЖ 31.294 я73

ISBN 978–601–228–948–0

© Егінбаев Ж. Е., 2016
© ҚазҰТЗУ, 2016

КІРІСПЕ

Жарықтехника – ғылым мен техника облысы, мұның мәні мынада: өндірудің, кеңістіктік қайта таратудың қағидаларын және тәсілдерін жасауды зерттеу, оптикалық нұрландырудың сипаттамаларын өлшеу және жарық энергиясын басқа түрлеріне түрлендіру. Жарықтехника сондай-ақ жарық көздерінің, жарықтандыратын, сәуле түсіретін және жарықдабылдық аспаптардың, құрылғылардың конструкторлық және технологиялық зерттеулерін, жарықтехникалық қондырғылардың мөлшерін, жобалануын, құрылысы мен іске асырылуы мәселелерін қамтиды. Бұдан басқа, жарықтехника зат пен тірі ағзаларға табиғи және жасанды жарықтың ықпалын оқып білумен де байланысты. Жарықтехника атауы қазіргі кең түсінікте ғылыми және техникалық әдебиетте XX ғасырдың 20-шы жылдарынан бастап қолданыла бастады.

«Жарықтехника негіздері» бағдары өлшеулердің әдістері және тәсілдерімен, физикалық, геометриялық оптика, фотометрия, фотографиялық метрология, құрылымөлшеу, көріп қабылдаудың физиологиясы мен психологиясы, өлшеулерді стандарттау, психофизика сияқты пәндерге негізделген полиграфиялық өнімдер сапасын бағалаумен таныстырылады.

Полиграфия – қатты тасығыштарда (қағаз және буып-түйетін материалда) бейнелік ақпараттарды жазу және көбейтумен айналысатындықтан, сәулетехникамен өте тығыз байланысқан, өйткені іс жүзінде кез келген қайта өндіру технологиясында, полиграфиялық өндірісте пайдаланылатын бейне жазу оптикалық сәулелендіру (жарық) көмегімен жүргізіледі.

Жарықтехника оптикалық сәулелерді алу, түрлендіру және тіркеудің теориялық зерттеулерімен, сондай-ақ жарықпен байланысқан түрлі мәселелерді шешумен айналысады. Сонымен қатар, оларға әртүрлі тұрпаттағы сәуле шығару көздері, сәулеленулерді түрлендіруге арналған құралдары және

аспаптарды жасау жатады. Жарықтехника сондай-ақ сәулелену сипаттамаларын өлшеуге, не суретке түсірумен оларды тіркеуге арналған сәулелену қабылдағыштарымен айналысады. Заманауи жарықтехникасында, түстер синтезі, өлшеу және тіркеумен байланысты мәселелер үлкен орын алады.

Полиграфиялық технология мамандары, әсіресе ақпаратты оптикалық тіркеу – фотопішіндер, басу пішіндерімен, сандық баспамен айналасатындар үшін жарықтехника негіздерімен танысу маңызды. Олар оптикалық жазу сапасын анықтауға себеп болатын шарттарды, оңтайлы режімдерді қалай есептеуді, нақты өндірістік үдеріске арналған сәуле сезгіш материалдар қасиеттері қандай екенін білуі тиіс, ал бұл үшін олар түрлендіру негізіне жататын физикалық пен физика-химиялық заңдылықтар және оптикалық ақпаратты жазу жайлы ұғымды білуі тиіс.

Қазіргі уақытта бейнелердің компьютерлік өңделуі жаппай енгізілуіне байланысты, бұрын қол жетпеген түстік бейнелерге, оларды түзетуге, редакциялауға жету мүмкін бола бастады. Нәтижелерді теледидарлар экрандарында және басқа да бейнетехникаларда көруге болады. Полиграфиядан сондай-ақ жоғары сапалы түрлі-түсті өнімдер талап етіледі. Алайда қатты тасығыштарда (қағазда, орам материалдарында) жазу кезінде түстердің дәл берілуі арнайы пәндерде қарастырылатын қосымша мәселелермен байланысқан. Осы мәселелерді табысты шешу үшін түстер синтезінің заңдарын, олардың көру қабылдауын білу керек. Сондай-ақ түстерді өлшеудің колориметрлік әдістерімен, түстер дәлдігіне әсер ететін себепкерлік шарттармен, түстілік бейнелеулердің сапасын бағалау тәсілдерімен танысу да маңызды.

1. ЖАРЫҚТЕХНИКА НЕГІЗДЕРІ

Сәулелер шығарудың табиғаты мен қасиеттері. Адам көре алатын сәулелену *жарық* (*сәуле*) деп аталады. «Жарық» түсінігі осы бағдардың негізінде жатыр, бұл оқу құралының аталымына енгізілген. Физика бағдарында баяндалатын қазіргі ұстанымдарға сәйкес, электрмагниттік сәулелену – толқындық және корпускулалық қасиеттермен сипатталатын күрделі құбылыс.

Д. К. Максвелл теориясы бойынша, электрмагниттік толқын түрінде кеңістікте таралатын сәулелену өзімен электрлік пен магниттік өрістер кернеуліктерінің оқтын-оқтын тербелістерін көрсетеді. Өрістердің салыстырмалы кернеуліктерін өрнектейтін электрлік векторы E мен магниттік векторы H өзара перпендикулярлы жазықтықтарда болады және екеуі де толқын таралуы бағытына перпендикулярлы.

Кванттық теорияда барлық электрмагниттік сәулелену *фотондар* деп аталатын – бөлшектер ағыны ретінде қарастырылады. Фотон (электрмагниттік өрістің кванты, нөлдік массалы және спині 1 бейтарап элементар бөлшек) тек қозғалыста ғана өмір сүре алады және энергияға, массаға және толқындық қасиеттерге ие, бұлар жиілікпен $\nu_ф$ немесе толқын ұзындығымен $\lambda_ф$ сипатталады. Жарықтехникада негізінен «толқын ұзындығы» түсінігі қолданылады.

Фотон энергиясын (сәуле шығару энергиясының кванты – ε) анықтауға болатын формуланы Планк ұсынды

$$\varepsilon = h\nu_ф = \frac{hc}{\lambda} \text{ немесе } \varepsilon = \hbar\omega, \qquad (1.1)$$

мұндағы h – Планк тұрақтысы (әсер кванты, кванттық теорияның негізгі тұрақтысы, Макс Планк (1858–1947) құрметіне аталған (неміс физигі, кванттық теорияның негізін қалаушы) ($h = 6{,}626 \cdot 10^{-34}$ Дж·с. Жиі қолданылатын шама $\hbar = h/2\pi = 1{,}0546 \cdot 10^{-34}$ Дж·с, бұл да Планк тұрақтысы деп аталады) ($h = 6{,}626 \cdot 10^{-34}$ Дж·с); с – вакуумдегі жарық жылдамдығы; $\nu_ф$ – сәулелену жиілігі, ω – электрмагниттік сәулеленуге сәйкес келетін шеңберлік жиілік.

Фотон массасын

$$m_ф = h\nu_ф/c^2, \quad (1.2)$$

формуласымен анықтауға болады, мұндағы *c* – сәуле шығару таралуының жылдамдығы.

Заттың 1 молі бұл Эйнштейн (фотохимияда қабылданған энергияның арнайы бірлігі). Альберт Эйнштейн (1879–1955, физик-теоретик, қазіргі физиканы негіздеушінің бірі) құрметіне аталған. Кванттың бір молінің (бір эйнштейннің) энергиясы Э = εN = hνN = hcN/λ, Авогадро саны N = $6{,}0225\cdot10^{23}$ молекула/моль.

Фотон қозғалысы толқындық үдеріспен бірге жүреді; толқын ұзындығы

$$\lambda_Ф = c/\nu_ф, \quad (1.3)$$

формуласымен табылады.

Табиғатта бар электрмагниттік тербелістердің толқын ұзындықтарының диапазоны жеткілікті кең және Ангстрем үлесінен километрге дейін созылып жатады (1.1-кесте).

1.1-кесте

Сәуле шығару	Сәуле шығару спектрінің диапазоны, мкм
Гамма-сәулелер	0,0001 ден кіші
Рентгендік сәулелер	0,01 ...0,0001
Ультракүлгіндік сәулелер	0,3...0,01
Көрінерлік сәуле	0,78...038
Инфрақызылдық сәулелер	1000...0,78
Радиотолқындар	1000 нан үлкен

Жарықтехника үшін спектрдің ең маңызды бөлігі болатын оптикалық спектрдің оптикалық облысына толқын ұзындығы λ_{min} = 0,01 мкм-ден λ_{max} = 1000 мкм-ге дейінгі аралығы бар электрмагниттік сәуле шығару бөлігі ғана жатады. Спектрдің бұл аралығында үш: ультракүлгіндік (УК), көрінерлік және инфрақызылдық (ИҚ) облысты бөліп алуға болады.

Спектрдің оптикалық облысында 0,01...0,38 мкм (400–10 нм) аралығын алатын *ультракүлгіндік сәуле шығару* (УСШ), көзге көрінбейтін электрмагниттік сәуле шығару, күшті

фотохимиялық әрекеттесуге ие бөлшектер ағыны – қуатты фотондармен сипатталады. УСШ жақынырақ – 400–200 нм және алысырақ, немесе вакуумдық, – 200–10 нм болып ажыратылады. λ сіңірілу коэффициентінің азаюымен көптеген мөлдір денелердің УСШ-ы өседі және λ < 105 нм кезіндегі мөлдір денелерде іс жүзінде жоқ, осы уақытта материалдардың шағылу коэффициенті сияқты құлдырайды. Көздері – жоғарытемпературалық плазма, үдеткіш электрондар, кейбір лазерлер, Күн, жұлдыздар және басқалар. УСШ қабылдағыштары – фотоматериалдар, иондаушы сәуле шығарулардың түрлі детекторлары. УСШ-ның биологиялық әсері оларды сіңіретін тірі жасушалардың молекулаларының химиялық өзгерістерімен, басым түрде нуклеин қышқылдарымен (дезоксирибонуклеин қышқылы – ДНҚ және рибонуклеин қышқылы – РНҚ) және ақуыздармен қалыптасады, және мутациялар (жаңа белгінің немесе жаңа қасиеттің пайда болулары) пайда болуының бөлінулері бұзылғанда және жасушалар өлуінде өрнектеледі. УСШ-ның кіші мөлшерлері адамға және жануарларға игілікті әсер етеді.

Ғарыштық ультракүлгіндік сәуле шығару (ҒУСШ), 400-ден 10 нм-ге дейінгі λ толқын ұзындығы диапазонындағы ғарыш денелерінің электрмагнитік сәуле шығаруы, бұл жер атмосферасында толығымен сіңіріледі және тек жер серіктерінен және зымырандардан ғана оны бақылауға қол жеткізуге болады. ҒУСШ-ға басым түрде үлес беретін жанатын жұлдыздар О мен В кластарының спектрі. λ < 912 Å-ы бар ҒУСШ жұлдызаралық орта сутегісінің атомдарымен тиімді жұтылады және оны Күн жүйесінен тікелей бақылауға болмайды.

Күннің ультракүлгіндік сәуле шығаруы (КУСШ), қысқатолқындық электрмагниттік сәуле шығаруы (400–10 нм), мұның үлесіне Күннің сәуле шығаруының барлық энергиясының шамамен 9 %-ы келеді. КУСШ жер атмосферасының жоғарғы қабаттарының газдарын иондайды, бұл ионосфера түзілуін келтіреді.

Адам үшін ең маңызды болатын 0,38…0,78 мкм **(**380...780 нм) көрінерлік жарықтың сәуле шығаруы. Өзінің жеткілікті тар облысына қарамастан, осы диапазондағы сәуле шығаруда адам

көзі ақпарат қабылдайды. Осы сәуле шығару едәуір фотофизикалық пен фотохимиялық әсер етеді, бірақ та бұл ультракүлгіндіктен кішірек болады.

Инфрақызыл сәуле (ИС), 1 – 2 мм ден 0,74 мкм-ге дейінгі аралықтағы толқын ұзындығы λ, көзге көрінбейтін электрмагниттік сәуле. ИС-дағы заттардың оптикалық қасиеттері көрінерлік сәуле шығарудағы олардың қасиеттерінен едәуір ерекшеленеді. Мысалы, бірнеше сантиметр су қабаты λ > 1 мкм ИС үшін мөлдір емес. ИС қыздыру шамдарының, газразрядтық шамдардың сәуле шығаруының әжептеуір үлесін, Күн сәуле шығаруының шамамен 50 %-ның үлесін құрайды; ИС-ны кейбір лазерлер шығарады. Оны тіркеу үшін жылулық және фотоэлектрлік қабылдағыштарды, сондай-ақ арнайы фотоматериалдарды пайдаланады.

Ғарыштық инфрақызылдық сәуле шығару (ҒИСШ), ғарыш денелері қатарында тіркелетін, инфрақызылдық сәуле шығару. ҒИСШ-ның галактикалық көздеріне суық қызыл тырбықтар (температурасы Т ~ 1000 – 1500 К жұлдыздар), планетарлық тұмандықтар қатары, шаңды бұлттар, қайта сәуле шығаратын ультракүлгіндік пен көрінетін сәуле шығару олардың ішінде болатын жанатын жұлдыздар, галактикалықтан тыс көздерге – галактикалар (мұның саны ішінде біздікі де бар) ядролары және квазарлар жатады.

Инфрақызылдық сәуле шығарудың фотондары ең кіші энергияға ие **(**0,78...1000 мкм), бұл жылулық әсердің үлкен дәрежесінде сипатталады.

Негізінен спектрдің көрінерлік диапазоны және оның адам сезінуіне әсері зерттеледі. Айта кететін нәрсе сол, полиграфия үшін, сондай-ақ УК-мен ИҚ-диапазондар да өте маңызды.

Бақылау сұрақтары

1. «Жарықтехника» аталымына анықтама. «Жарықтехника негіздері» пәні нені оқытады?
2. Полиграфия және полиграфиялық технология.
3. Сәуле шығарудың табиғаты мен қасиеттері.
4. Фотон және квант дегеніміз не?
5. Табиғатта бар электрмагниттік тербелістердің толқын ұзындықтарының диапазоны жайлы айтыңыз.

2. ФОТОҚАБЫЛДАҒЫШТАР МЕН ОПТИКАЛЫҚ СӘУЛЕЛЕНУДІҢ СӘУЛЕСЕЗГІШ МАТЕРИАЛДАРМЕН ӘРЕКЕТТЕСУІ

2.1. Фотоқабылдағыштардың сәулеленумен әрекеттестігі

Жалпы мәліметтер. Сіңірген энергиясын оптикалық сәулеленуге түрлендіретін денені *сәулелендіру қабылдағышы* немесе *фотоқабылдағыш* деп атайды. Оптикалық сәулеленудің фотоқабылдағышпен әрекеттестігі сәулелену түсетін ортаның қасиеттері өзгеруін, сондай-ақ энергия түрленуілерімен байланысқан құбылыстарды келтіреді. Мысалы, люксметрдің өлшейтін басы жарық ағынын электр тогына түрлендіреді. Бұл құбылыстарды және сәйкес келетін фотоқабылдағыштарды фотобиологиялық, фотофизикалық және фотохимиялық ретінде жіктеуге болады. Фотоқабылдағыштардың үш түрі де полиграфияда қолданыс тапты.

Табиғи және фотобиологиялық қабылдағыш ретінде көздерімен полиграфист алынатын өнім сапасын бағалауды жүргізіп, өндірістік үдерісті шолып бақылап отырады.

Көру және көріп қабылдау субъективті болатындықтан, өндірісте көзбен шолып бағалауды фотофизикалық қабылдағыштары бар аспаптармен ауыстыруға тырысады. Фотофизикалық құбылыстар – көптеген өлшеу аспаптарының және құрылғыларының негізі. Фотофизикалық құбылыстардың тұрпаты бойынша фотоқабылдағыштарды мынадай түрлерге бөлуге болады:

а) фотондық – жарық әсерінен фотоқабылдағышта электр қозғаушы күші (ЭҚК) пайда болады, бұл кейін қайсы бір тәсілмен тіркеледі;

ә) жылулық – фотоқабылдағыштарда сіңірілген жарық алдымен өлшеуші элементті қыздырады, сосын ЭҚК пайда болады (термаэлектрлік эффект), мұнда өлшеуші элементтің (болометрдің) кедергісі, элементтегі газ көлемі (оптоакустикалық қабылдағыш) өгереді немесе электрлік зарядтар (пироэлектрлік қабылдағыштар) пайда болады.

Фотофизикалық қабылдағыштар бірнеше рет жұмыс істейді, фотохимиялық қабылдағыштар әдетте бір реттік ғана болады. Фотохимиялық қабылдағыштар полиграфия үшін өте маңызды. Сәулелену энергиясы химиялық энергияға өтеді. Затқа сіңген жарықтың фотохимиялық түрленуі жүреді. Мұндай түрлену көптеген сәуле сезгіш материалдарда және фотополимерленетін көшендерде, бояуларда, лактарда өтеді.

Барлық фотоқабылдағыштарды түрлі параметрлер бойынша бағалауға болады. Қабылдағыштардың бізге маңызды қасиеттерін санаймыз:

а) жалпы сезгіштік;

ә) спектрлік сезгіштік;

б) қабылдағыштың түскен сәулеленуге реакциясының түрі;

в) қабылдағыш реакциясының сызықтылығы немесе сызықсыздығы;

г) қабылдағыш реакциясының диапазоны.

2.2. Сәулесезгіштік

Оптикалық сәулелену әсерінен қабылдағышта, берілген түрмен қабылдағыштың қасиеттерін өзгертетін, фотобиологиялық, фотофизикалық немесе фотохимиялық түрленулер өтеді. Бұл өзгерісті фотоқабылдағыштың *пайдалы реакциясы* деп атайды. Фотоқабылдағыштың реакциясын фотоқабылдағыштың затымен сіңірілетін фотондар ғана келтіре алатынына назар аударған жөн.

Түскен сәулеленудің барлық энергиясы пайдалы реакцияға шығындалмайды. Энергияның бөлігі қабылдағышпен сіңірілмейді, сондықтан реакция келтіре алмайды. Сіңірілген энергияның өзі де толығымен қабылдағышпен түрленбейді. Мысалы, ол қыздыруға шығындалуы мүмкін. Іс жүзінде энергияның пайдаланылған бөлігі *пайдалы* деп аталады. Егер $Ф_0$ сәулелену ағынының қуаты қарастырылса, онда іс жүзінде ағынның пайдаланылған бөлігі *тиімді ағын* $Р_{тиім}$ деп аталады.

$Р_{тиім}$ тиімді ағынның қабылдағышқа түскен $Ф_0$ сәулелену ағынына қатынасы *қабылдағыштың сәулесезгіштігі* деп аталады. Оның физикалық мағынасын ашатын сәулесезгіштік

$$S = C\frac{P_{тиім}}{\Phi_0}, \qquad (2.1)$$

формуласымен анықталады, мұндағы, $P_{тиім}$ пен Φ_0-дің ауқымдықтары бірдей, мысалы Вт; С – пропорционалдық коэффициент, бұл 1,0-ге тең бола алады және басқа да мәнді иеленеді.

Сәулеленудің қуаты мен тиімділігі толқын ұзындығына тәуелді, сондықтан әдеттегі фотоқабылдағыштың спектрлік сезгіштігі

$$S = C\frac{P_{\lambda тиім}}{\Phi_\lambda}, \qquad (2.2)$$

формуласы көмегімен табады, мұндағы, S_λ – монохроматтық спектрлік сезгіштік; Φ_λ – сәулеленудің монохроматтық ағыны; $P_{\lambda тиім}$ – монохроматтық тиімді ағын.

Барлық фотоқабылдағыштар спектрлік сезгіштігі бойынша шартты түрде *сұрыпталмайтын* (таңдалмаған) және *сұрыпталатын* болып бөлінеді. Сұрыпталмайтын қабылдағыштар сәулеленудің толқын ұзындығы өзгеруімен спектрлік сезгіштік шамаларын өзгертпейді. Бұл әдетте жылулық қабылдағыштар. Жылулық қабылдағыштардың сұрыпталмайтындығы қабылдау бетінің қарауы сапасына ғана тәуелді.

Сұрыпталатын қабылдағыштардың спектрлік сезгіштігі түсетін сәулеленудің толқын ұзындығына тәуелділікте өзгереді және спектрдің нақтылы аймағында болады. Әдетте салыстырмалы спектрлік сезгіштікпен анықталады. Максимум сезгіштікке 100 % үшін қабылданылады, қалған мәндер пропорционал түрде азаяды. Сондықтан мұндай қабылдағыштар қойылған мақсатқа байланысты таңдалынады.

Фотоқабылдағыштың интегралдық сезгіштігін әдетте нақты әдістемелер бойынша іс жүзінде анықтайды. Мысалы, жарық ағынын өлшеу үшін фотоқабылдағыштар сезгіштігінің критерийі болатын түскен жарық ағынының 1 люменіне фотоқабылдағышпен өндірілетін микроампер саны. Селенді фотоэлементтер үшін бұл 200...600 мкА/лм. Сәулелену ағыны үшін интегралдық сезгіштік [А/Вт]-пен анықталады.

2.3. Тиімді ағындар түрлері

(2.2) формуласынан спектр бойынша, S_λ мен Φ_λ таралымын біле отырып, берілген қабылдағышқа қатысы бойынша, интегралдық тиімді ағын шамасын:

$$P_э = k\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \Phi(\lambda)S(\lambda)d\lambda \qquad (2.3)$$

есептеуге болады.

Жарықтехникада және полиграфияда қолданылатын қабылдағыштардың үлкен бөлігі спектрлік сезгіштіктің шектелген облысына ие. Мысалы, адам көзі спектрдің көрінерлік аймағына (380-нен 780 нм-ге дейін, жиі бұл аймақты 400...700 нм-ге дейін қысқарады) сезімтал; фототехникалық қабыршақтар спектрдің жақын ультракүлгін және көрінерлік аймақтарына сезімтал; көшірмелік қабаттар спектрдің ультракүлгін мен көк аймақтарында сезімтал. Полиграфияда тиімді ағындардың екі түрі қолданылады: сәулелік *F* және фотоактинийлік *A*. Өлшеу аспаптарының сәулесезгіштік материалдары мен фотоқабалдағыштары үшін *фотоактинийлік ағын* А қолданылады. Берілген фотоқабылдағышқа қатынасы бойынша бұл ағын тиімді. Фотоактинийлік ағын анықталатын толқын ұзындықтарының аралығы әдетте фотоқабылдағыштың сәулесезгіштігімен немесе жарық көзі сәулеленуі диапазонымен шектеледі. Мысалы, егер фотоқабылдағыш пен жарық көзі арасында шыны табақша болса, онда қысқа толқындардың сәулеленуі 400 нм-мен шектеледі, егер кроншыны немесе кварцтық болса – онда 190 нм (бұл вакуумдық УК-сәулеленуінің шекарасы деп аталады).

Фотоактинийлік ағын

$$A = K\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \Phi(\lambda)S(\lambda)d\lambda \qquad (2.4)$$

формуласы көмегімен анықталады, мұндағы, $\Phi(\lambda)$ – спектр бойынша сәулелену қуатының таралуы, $S(\lambda)$ – фотоқабылдағыштың салыстырмалы спектрлік сезгіштігінің

қисығы, К – пропорционалдық коэффициент. Бұл жағдайда фотоактинийлік ағын Ваттпен [Вт] өлшенеді.

Жарықталатын беттегі фотоактинийлік ағынның беттік тығыздығы сәулеленудің *актинийлігі* деп аталады да:

$$a = \frac{dA}{dQ} \tag{2.5}$$

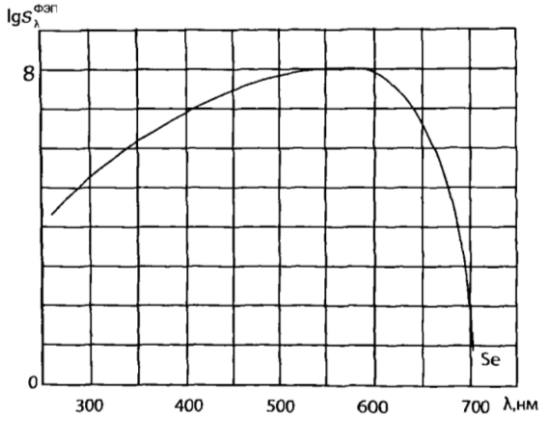
формуласымен анықталады.

Біздің жағдайда актинийлік – жарықтандыру аналогы және өлшем бірлігі [Вт/м^2]. Сәулеленудің актинийлігі неғұрлым үлкен болған сайын, соғұрлым сәулелену энергиясы тиімді қолданылады және басқа да тең жағдайларда сәулелену қабылдағышының пайдалы реакциясы болады. Ең үлкен актинийлікке жету үшін, сәулеленудің ең үлкен қуаты мен ең үлкен сезгіштігі спектрдің сол бір аймағына ғана келгені дұрыс. Сәулесезгіш материалдың нақты түрінде бейнелерді алу үшін жарық көзін таңдауда осы пайым жетекшілікке алынады. Осы пайымдар фотополимерленетін лактарға және бояуларға арналған сәулелену көзін таңдауға жанасады.

2.4. Фотофизикалық қабылдағыштар

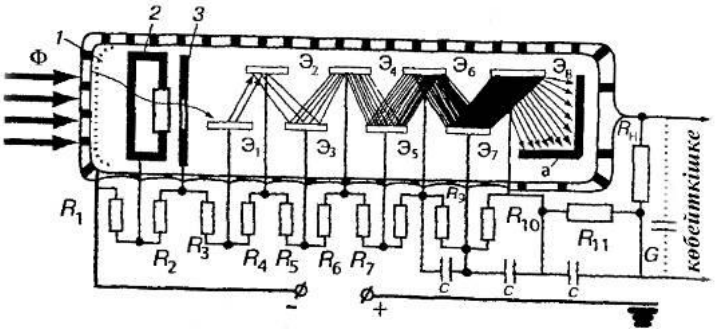
Фотофизикалық қабылдағыштар көптеген онжылдықтарда полиграфияда қолданылуда. Негізінен бұл фотондық қабылдағыштар, бұлардың әсерінің қағидасы сыртқы немесе сыртқы фотоэффектіге негізделген. Сыртқы фотоэффект жарық фотондары фотосезгіш қабат бетінен электрондарды (ЭҚК түзетін) жұлып алған кезде пайда болады және *фотоэмиссия* деп аталады.

Мұндай тұрпаттың ең кеңінен тараған қабылдағыштары болған шалаөткізгіштік селенді фотоэлементтер. Олардың таралуы бірінші кезекте спектрлік сипаттамалармен байланысқан, бұл жарыққа бейімделген көз көруі қисығымен жеткілікті жақсы сәйкес келеді. Қазір люксметрлер – жарықтандыруды өлшейтін аспаптар – негізінен селенді фотоэлементтермен қамтылған (2.1-сурет).



2.1-сурет. Селендік фотоэлементтің спектрлік сезгіштігі

Басқа таралған фотоқабылдағыш – фотоэлектрондық көбейткіш (ФЭК). Бұл күрделі оптоэлектрондық аспап, бұл каскадты түрде жарық шоғырынан дабылды күшейтеді *(2.2-сурет)*.



2.2-сурет. Фотоэлектрлік көбейткіштің құрылысы:
1 – терезеден кейінгі металл тор; 2 – шалаөткізгіштік катод, қуыс металл цилиндрге қойылған; 3 – анод; Э – екінші катодтар (эмиттерлер), дабылды күшейткіштер; R – резисторлар, эмиттерлердегі кернеуді реттеуіш; С – конденсаторлар

XX ғасырда ол өлшеу аспаптары – денситометрлерде қолданылса, ал бүгін негізінен барабандық сканерлерде қолданылады. Аспап кемшілігі – 300-ден 2000 В-қа дейінгі

аралықта тұрақталған қоректендірудің қажеттігі. ФЭК-тің артықшылығы болатын үлкен жарық ағындарын өлшеу мүмкіндігі; қабылдағыш сондай-ақ үлкен динамикалық диапазонға ие.

Ішкі фотоэффект кезінде жарық фотондары сәуле сезгіш затпен сіңіріледі және еркін электрондар қатты дене ішінде пайда болады. Фотоқабылдағыштарда ішкі фотоэффектінің екі түрі қолданылады: а) фотоөткізгіштік эффект және ә) фотогальваникалық эффект.

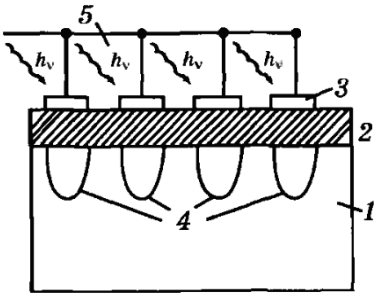
Фотоөткізгіштік эффект шалаөткізгіште фототасығыштар концентрациясы өзгеруінің нәтижесі болатын шалаөткізгіш өткізгіштігінің артуынан болады.

Мұндай эффект фоторезисторлар мен фоторецепторлар жасау кезінде қолданылады. Фоторезисторлар түрлі өлшеуші және басқаратын аспаптарда, фоторецепторлар – электрографияда қолданылады.

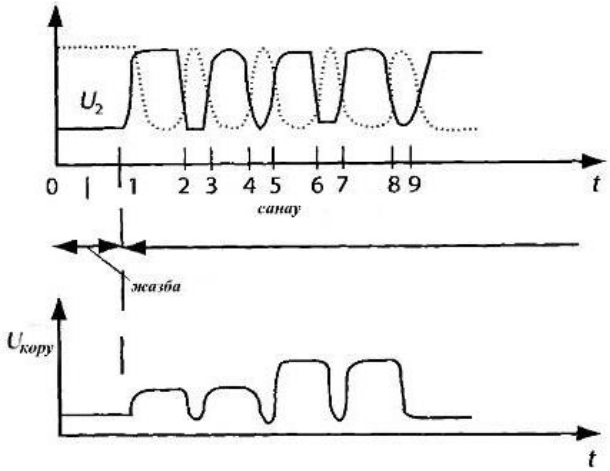
Фотогальваникалық эффект ішкі потенциалдық бөгеуі (*p* – *n*-ауысумен, «металл–шалаөткізгіш» ауысумен, гетероауысумен) бар шалаөткізгіштерде пайда болады. Сәулеленудің бұл қабылдағыштарында ауысудың ішкі электр өрісі, оптикалық сәулелену әсерінен пайда болатын фототасығыштарды бөледі. Кеңістіктік түрде бөлінген түрлі таңбалы фототасызғыштар (тесіктер немесе кемтіктер және электрондар) фотоЭҚК жасайды. Осы эффектіде фотодиодтар, фототранзисторлар, фототеристорлар, зарядтық байланысы бар аспаптар жұмыс істейді.

Соңғы уақытта зарядтық байланысы бар фотоқабылдағыштар кеңінен пайдалануда. Бұлардың ең танымал аталуы – зарядтық байланысы бар аспап (ЗБА) (латындық аббревиатура CCD – Charge Coupled Device). Сканерлерде оларды элементтер сызғыштары түрінде, ал ықшам спектрофотометрлерде спектрді тіркеу үшін сызғыштар түрінде пайдалануда. ЗБА сандық фотоаппараттарда және бейнекамераларда таралған. Бұл құрылғыларда ЗБА матрица деп аталатын түрде қолданылады.

Матрица – бұл микросызбанұсқа, бұған ЗБА элементтері қатарлар мен бағаналардан тұратын реттелген құрылым түрінде беріледі. ЗБА элементі – бұл 2.3-суретте келтірілген құрылым «металл–диэлектрик–шалаөткізгіш» (МДШ).



2.3-сурет. Зарядтық байланысты аспап:
1 – шалаөткізгішті материал; 2 – SiO_2 қабаты; 3 – мөлдір электродтар; 4 – потенциалдық шұңқырлар; 5 – түсірілген кернеу



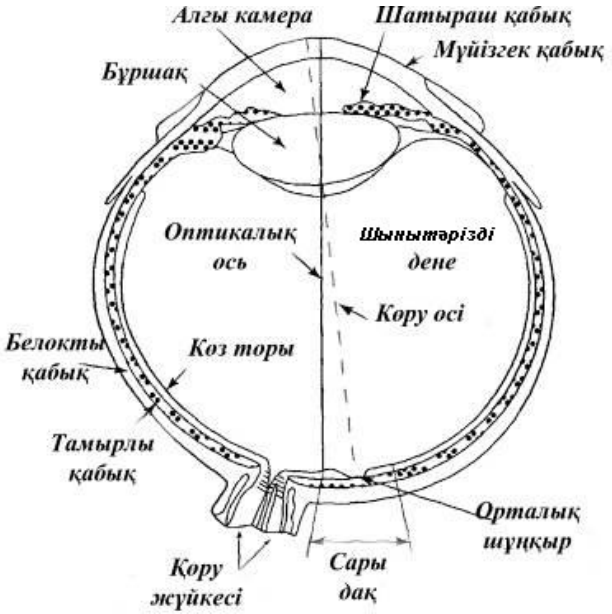
2.4-сурет. Басқаратын кернеу мен бейнедабыл диаграммасы

Матрица бетіне объектив суретке түсірілген зерзаттың оптикалық бейнесін жасайды. Жарық әсерінен элементке деңгейі экспозицияға пропорционал электр потенциалы жиналады. Сосын матрицаның әрбір нүктесінің потенциалы тіркеледі. Бұл үшін потенциалдар тізбектеліп матрица жолынан, деңгей бойынша потенциалдардың периодты тербелісі түрінде, жадыға ұстайтын құрылғыға жылжиды (2.4-сурет).

2.5. Көз – сәулеленудің фотобиологиялық қабылдағышы

Көз құрылысы. Сәулеленудің негізгі қабылдағышы және бәрінің өлшеуіші болатыны – адам көзі. Көру бейнелерін қабылдаудың көптеген қасиеттері көз құрылысына және миға байланысты. Төменде көз құрылысын және оның жарқын (светлота) қабылдануымен байланысқан кейбір қызметін қарастырамыз.

Көз фотокамераға ұқсас жұмыс істейді. Адам көзі құрылысының сызбанұсқасы 2.5-суретте көрсетілген. Сәуле көзге тесік арқылы мөлдір сыртқы қабығы – қарашыққа түседі.



2.5-сурет. Көз құрылысының сызбанұсқасы (вертикаль қимасы)

Қарашық өзінің диаметрін, көзге түсетін жарықты шамамен 30 есе әлсірете отырып, қоршаған жарық ашықтығына тәуелділікте, 1,5-тен 8 мм-ге дейін өзгерте алады. Көздің шатыраш қабығы реңделінген (пигменттелінген), сондықтан көз түсі жекеленген. Көздің мүйізгек қабығы (роговица) мен

бұршағы *(хрусталик)* фотокамераның объективі ретінде сәулесезгіш элементтерден тұратын көз шілтерінде (торында) біз көретінді тоғыстырады (фокустейді).

Жарық бұршақ арқылы өте отырып, көздің мүйізгек қабығынан, алғы камерадан, қарашықтан, бұршақттан және шыны тәрізді денеден тұратын көздің оптикалық жүйесінде тоғыстырылды. Көздің әрбір элементін толық қарастырамыз.

Көздің мүйізгек қабығы – көз алмасының алдыңғы сыртқы мөлдір беті, сол арқылы жарық өтеді, бейнені қалыптастыратын негізгі элемент болады. Оның бүгілген беті ауамен тікелей түйісуде болады да, көздік оптикалық орталарының сыну көрсеткішінен $n \approx 1{,}0$-ге (ауа) баяу ауысуды қамтамасыз етеді. Мүйізгек қабық қисығының өзгерісі алыстан көрмеушілікке, алыстан көргіштікке немесе астигматизмге (қарашыққа сәуле жарығының бірдей таралмауынан көру сезімінің нашарлауына) келтіреді. Мүйізгек қабақтың ерекшелігі сол, мұнда қан тапмырлары болмайды, сондықтан қоректі қоршаған ұлпалардан және сұйықтардан алады.

Бұршақ өзімен біркелкі емес сыну көрсеткіші бар қатпарлы икемді құрылымды көрсетеді: орталығында – ең көп және шеттерінде – ең аз. Бұршақтың мұндай құрылысы қарапайым оптикалық жүйелерге тән аберрация (бұрмалау) ықтималдығын төмендетеді. Фокустеу (тоғыстыру), Бұршақ қисығын өзгертетін кірпікті көздік бұлшық ет жұмысының есебінен іске асады, сонысымен көз түбінің бетіне қарастырылушы нәрсе бейнесінің фокусына кедергі жасайды. Бұршақтың мұндай жұмысы *аккомодация* деп аталады. Яғни жақын орналасқан зерзаттарға қарасақ, бұршақтың қисығы едәуір үлкейеді, ал егер де алыстағыға қарасақ – едәуір кішірейеді.

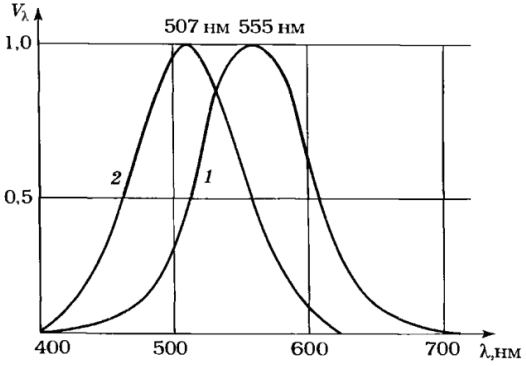
Қартайған кезде бұршақтың ішкі құрылымы өзгереді, оның иілімділігі азаятын болады, бақылаушыда алыстан көргіштік пайда болады. Иілімділікті жоғалтудан басқа көз жанарының оптикалық тығыздығы артады, әсіресе спектрдің көк аймағында – ол сарғаяды. Көк пен күлгін сәулелер күштірек сіңірілетіндіктен, егде бақылаушыларға қарақошқыл түс, жас бақылаушыларға қарағанда, қызылырақ болып көрінеді. Мұндай әсерлер, егер жас бақылаушылар ересектермен бірге

бағалаудың бір тобында болса, онда түсті ұжымдық бағалаудың нәтижесіне ықпал ете алады.

Мүйізгек қабық пен бұршақ арасындағы кеңістік физиологиялық сулы ерітіндімен толтырылған, ал бұршақ пен көз шілтері арасы, желатина тұтқырлығына ұқсас, үлкен тұтқырлығы бар сұйық болатын шыны тәрізді денемен толтырылады. Қос сұйықтың қысымы атмосфералықтан оңай асып түседі, сөйтіп көздік алманың тұрақты түрін және бейне дірілі болмауын қамтамасыз етеді. Бұдан басқа, көздік алманың серпімділігі механикалық бүлінулерге қарсыласуды арттырады.

Көздік түптің ішкі беті көз шілтері деп аталады. *Көз шілтері* – бұл көздік алманың артқы ішкі бетіндегі жасушалардың қабаты. Ол бір-біріне жабысып тұратын екі (таяқшалар мен құтылар) түрдегі өте майда сәулесезгіш жасушалардың алып санынан (10^6...10^8) түзілген. Жасушалар ішінде фотопигменттердің төрт түрі болады: біреуі – таяқшада және үшеуі – құтыда. Таяқшалар пигменті аз жарықтандырған кезде 380...760 нм диапазонында «көруге» мүмкіндік береді. Құтылар бола алады үш түрде: көк-, жасыл- және қызылсезгіштік; Біріккен жұмыс кезінде олар таяқшалар диапазонында көреді.

Құтылар шамамен бірдей қозған кезде, ахроматтық түстерді сезіну, немесе, басқаша, – жарқын пайда болады.



2.6-сурет. Салыстырмалы спектрлік сәулелік тиімділік қисықтары:
1 – көз үшін, күндізгі жарықтылыққа бейімделген;
2 – көз үшін, түнгі жарықтылыққа бейімделген

Қалған жағдайларда жарқынды сезіну түстілікті сезінумен бірмезгілде пайда болады. Құтылардың және таяқшалардың салыстырмалы спектрлік сезгіштігінің қисықтары 2.6-суретте келтірілген. Көз шілтерін бас миының шеттік бөлігі ретінде қарастыруға болады.

Көз шілтерінің артында болатын *пигменттік эпителий* – күңгірт пигменттік қабат, бұл көз шілтірі арқылы өткен, яғни фоторецепторлармен сіңірілмеген жарықты сіңіруді қамтамасыз етеді. Көздің оптикалық жүйесінде жарықтың шашырауы мен шағылуы болмауы осымен түсіндіріледі.

Көз шілтерінің ең маңызды түзілімдерінің бірі – оның *орталық шұңқыры*. Бұл көз шілтерінің телімі, мұнда майда тетіктерді және түстерді қарастыру шарттарының – ең жақсылары. Қарастырылушы тетіктің ең үлкен бұрыштық ауқымы шамамен 2°-қа тең.

Орталық шұңқыр сары сүзгішпен – *көздің сары дағымен* (*макуламен – сары дақпен)* қорғалған, бұл шұңқырды қарқынды қысқатолқындық сәуле шығарудың әсерінен сақтайды. Құтылар негізінен көз шілтері орталығына –«сары дақ» деп аталатын жасушаға орналасқан.

Сәулесезгіш жасушалардың құрылысы мен қасиеттері жарқын мен түсті көру түрінде қабылдауға мүмкіндік береді. Айқын жарықтандыру кезінде құтылар майда тетіктерді көру мүмкіндігімен қамтамасыз етеді. Таяқшалар ала көлеңкеде көруге мүмкіндік беретін, өте жоғары сезгіштікке ие, бірақ майда тетіктерді ажыратуға мүмкіндік бермейді.

Көздің сәулелік сезгіштігі. Қабылдағыштың сезгіштігін оған түскен сәулеленуге оның әсер ету қасиеті түсіндіріледі. Бұл қасиеттің өлшемі (яғни сезгіштіктің сандық өрнегі) сіңірілген энергияға қабылдағыштың пайдалы реакциясымен байланысқан. Көз жағдайында – бұл тиімді түрде сіңірілген сәулелік энергия. Көздің абсолюттік сезгіштігі

$$S = \frac{1}{P_E} \qquad (2.5)$$

формуласымен анықталады, мұндағы, P_E – тиімді түрде сіңірілген сәулелік энергия, Вт.

Абсолюттік сезгіштіктің шамасы көптеген себепкерлік шарттарға: көрудің жеке қасиеттеріне, сәулелік немесе күңгірт беймдеудің ұзақтығына, көңіл ауанының күйіне және тағы басқаларға тәуелді. Абсолюттік сезгіштіктің үлестерімен өрнектелетін салыстырмалы сезгіштік жиі пайдаланылады. Жалпы алғанда, көру жүйесінің сәуле шығару реакциясы әртүрлі болуы мүмкін. Көз сезгіштігінің бірнеше тұрпаттары: сәулелік, спектрлік (бейімделудің – күңгірттік немесе сәулелік түрлеріне тәуелділікте), спектрлік, қарсыластылық, түстілік реңге және қаныққандыққа сезгіштік ажыратылады.

Сәулелік сезгіштік жайлы мыналарды айтуға болады. Көздің сәуле шығаруының мүмкін болатын кіші ағынына әсер ету қабілеттілігі сәулелік сезгіштік деп аталады. Ол $B_П$ жарықтылықтың басталу шекарасына кері шама ретінде өлшенеді. Басталу шекарасы деп, зерзаттың ең кіші жарықтылығы аталады, мұнда ол жеткілікті ықтималдықпен абсолютты қара реңде айқындала алады (әдетте бұл – сәулелік дақ). Айқындау ықтималдығы зерзаттың бұрыштық ауқымына, яғни зерзат қарастырылатын көру бұрышына тәуелді. Бұрыштық ауқым өсуімен айқындауға қатысатын рецепторлар саны өседі, сондықтан сезгіштік өседі. Бұл өсу 50° бұрыштық ауқымға дейін жалғасады, сонан кейін сезгіштіктің өзгеруі тоқталады. Сондықтан сәулелік сезгіштік $S_П$, $\alpha \geq 500$ көру бұрышы кезіндегі $B_П$ жарықтылықтың басталу шекарасына кері шама ретінде:

$$S_П = \left(\frac{1}{B_П} \right) \qquad (2.6)$$

анықталады

Сәулелік сезгіштік өте үлкен. Физиолог Н. И. Пинегин зерттеулеріне сай, жекеленген бақылаушылар үшін көру эффектісі пайда болуына қажет энергияның ең кішісі 3...4 квантты құрайды, яғни бақылаудың оңтайлы жағдайларындағы таяқшалық сәулелік сезгіштік шектілікке жақын. Іс жүзінде мұны абсолютты қараңғыда ұзақ уақыт адам болған кезде, мысалы, жарық түсірілмеген терең үңгірде байқауға болады.

Түстілік сезінуді қамтамасыздандыратын құтылық сәулелік сезгіштік таяқшалықтан әлдеқайда төмен. Н. И. Пинегин айтуынша, түстілік құтылық көруді қоздыру үшін, бір құтыға

шамамен 100 квант келуі тиіс, ал сары дақтағы құтылар саны 1 мм^2-қа 50 мың шамасында болуы тиіс.

Көру үдерісінің механизмдері. Адапция. Инерция. Біз қарастырған көру жүйесі сезгіштіктерінің барлық түрі тұрақсыз. Олардың деңгейі мен арақатынасы себепкерлік шарттар қатарына тәуелді, олардың ең маңыздыларының бірі – жарықтылық дәрежесі.

2.1-кестеде табиғатта кездесетін жарық түсірудің шарттары мен деңгейіне мысалдар келтірілген.

Келтірілген мысалдардан шығатыны сол, жарықтандырудың жеткілікті елеулі өзгерісі (шамамен 600 мың рет) кезінде көру құрылғысы жеткілікті жақсы бағытталуға мүмкіндік береді. Сәулелік сезінуді алуға мүмкіндік беретін жарықтандырулардың мұндай үлкен диапазоны, көздің жарықтылықты орташа деңгейіне икемдей отырып, оның түрлі деңгейлеріне бейімделуімен түсіндіріледі. Көздің жарықтандыру жағдайларының өзгеруіне бейімделуі үдерісін адапциялау (латын сөзі adapto – бейімдеймін) деп атайды.

2.1-кесте

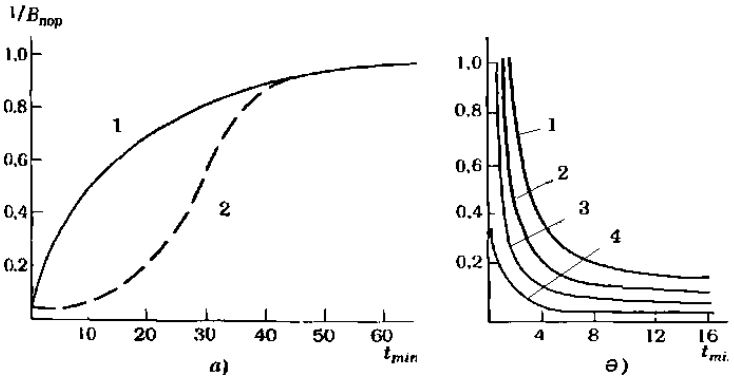
Жарық түсіру шарттары	Жарық түсірудің орташа мәні, лк
Толған Айлы түндегі жер бетінде	0,2
Сол, ала көлеңкеде	1...500
Сол, жазғы күнгі көлеңкеде	6 000...15 000
Сол, жаз күнінде Күн жарығында	50 000... 150 000
Сол, жазғы күні, бұлтты күнде	5 000...25 000
Көшенің жаяу адам жүретін жолында көше шамдары жарығында	1...6
Бөлме еденінде, 3 м қашықтықтағы 100 Вт қыздыру шамының жарығында	20...30
Үстелде, 100 Вт үстелдік шам жарығында	80... 100

Адапция механизмдері бірінің мағынасы мынада, жарықтандыру деңгейіне тәуелділікте көз фото-рецепторларының сезгішітігі өзгереді де, жарқын жарықта да, ала көлеңкеде де көруге мүмкіндік береді. Жарқын жарыққа немесе қараңғыға бейімделу уақыты әртүрлі. Мысалы, дәрісханадан жарқын жарыққа (3000 лк-тен үлкенірек) шыға

сала, алдымен ештеңені ажырата алмайсыз. Біршама уақыттан соң, сізге қалыпты көру оралады. Көшеден нашар жарықталған (0,1 лк-тен кіші) ғимаратқа кірсеңіз, сіз мұнда да бағытты жоғалтасыз, сонан кейін бейімделесіз. Бірінші жағдайда құтылар, екіншісінде – таяқшалар бейімделеді. Құтылық көру күндізгілік, таяқшалық – түнділік немесе ала көлеңкелік аталады (2.6-сурет).

0,1 лк-тен үлкен, бірақ 500 лк-тен кіші жарықтандыру кезінде көру үдерістері орнықпаған – таяқшалар да, құтылар да жұмыс істейді. Спектрлік қисықтың түрі таяқшалар мен құтылар сезгіштіктерінің арақатынасына тәуелділікте болады.

Орташа жарықтандыру немесе жарықтылық өзгерісіне бейімделу *жарықтылық адапция* деп аталады. Жарықтылық адапция кинетикасы (уақыт өтуімен көз сезгіштігінің өзгерісі) 2.7-суретте көрсетілген. Жарықтылықтың үлкенінен кішісіне өтуі кезіндегі сезгіштіктің өсуі үдерісі *күңгірттік адапция* аталады (2.7, а-сурет). Үлкен жарықтылыққа көздің бейімделуі *сәулелік адапция* аталады (2.7, ә-сурет). Графиктер бойынша пікір айтсақ, көз сезгіштігінің артуы жеткілікті ұзақ уақыт өтеді,



2.7-сурет. Жарықтылық адапция кинетикасы:

а – күңгірттік адапция (1 – үлкен болып өтетін жарықтылық, 2 – кіші адапция алдындағы жарықтылық); ә – сәулелік адапция (1...4 – деңгейі бойынша әртүрлі адапция алдындағы жарықтылықтар, кд/м^2)

күңгірттік адапция үшін 40-тан 60 минутқа дейінгі аралықта болады. Сәулелік адапция жылдамдығы, яғни сезгіштіктің кішіреюі, едәуір тез, – 4...8 минутта өтеді. Және де көз адапцияланатын жарықтылық неғұрлым үлкен болса, соғұрлым адапциялау жылдамдығы жоғары болады.Бейімдеу – жеткілікті күрделі үдеріс, бұған көру мүшесінің барлық кешенді жұмысын жасаушы механизмдердің көптеген саны қатысады. А. В. Луизов белгілеген, көру мүшесі сезгіштігінің өзгеруіне әсер ететін, негізгі үдерістер тұтасымен мынадай:

– қарашық диаметрі ауқымның 2 мм ең кішісінен 8 мм ең үлкеніне дейін өзгереді;

– көрудің құтылықтан таяқшалыққа немесе керісінше өтуі;

– рецепторлар инерттілігінің ұлғаюы немесе кішіреюі;

– рецептивтік өрістер ауданы бейімделуі үдерісіндегі ұлғаю мен кішірею, бұл көздің анықтаушы қабілеттілігін және сәйкес келетін оның сезгіштігін өзгертеді;

– көз шілтері өрістері қатысуының үлестерінің өзгеруі салдарынан сезгіштіктің ұлғаюы немесе кішіреюі;

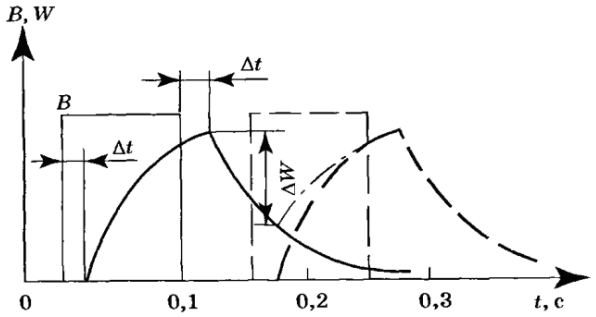
– рецепторлардағы фотореагенттер (пигменттер) концентрациясының өзгерісі.

Адапция үдерістері кезіндегі өзгеретін сезгіштік жағдайларындағы көру үдерісі *орнықпаған* деп аталады. Адапция үдерістері бітетін мезетте көз сезгіштігі тұрақты етіледі, мұндай көру үдерісі *орныққан* деп аталады. Әрі қарай жарқын немесе түстілік қабылдауымен байланысқан барлық мәселелер тек орныққан үдеріске ғана жатады.

Көру сезінуіне үлкен ықпал көрсететіні – сондай-ақ, осы сезінудің инерттілігі. Көру жүйесінің қасиеті тыныштық күйді немесе басталудан кейінгі біршама уақыт ағымындағы жарықтық немесе сәулелік әсер тоқталуын сақтауды *көру инерциясы* деп атайды.

2.8-суретте сәулелік дабылдың – *ынталандырудың* (ынталандыру дегеніміз – түрлі сипатты сәуле шығару, бұлар көру мүшесіне ықпал етеді және реакцияларды – көру сезінулерін білдіреді) (жұқа П-тәрізді сызық) және олармен жасалған жарқынмен өрнектелген (майлы аратәрізді сызық) сәулелік сезінудің жарқындылық бойынша тұрақтылары

арасындағы байланыс көрсетілген. Суреттен жарқын сезінуі дабыл басталуына қатысты Δt-ға кешігуі және осындай шамаға құлдыру басталуы ығысқаны көрінеді.



2.8-сурет. Жарқындық дабыл мен сәулелік сезіну арақатынасы: жұқа сызық – жарқындық дабыл; қалың сызық – сәулелік сезіну; үзікті жіңішке сызықтар – аз уақыттық аралық жарқындық дабылдар қосындысы

Көру инерциясы салдарынан болатын сәулелік дабылдар топтамасының (олардың жеткілікті үлкен жиілігі кезіндегі) біріктірілген сезінуі, бұл 2.8-суретте бейнеленген: үзіктелген сызықпен, уақыттың жеткілікті аз аралығы арқылы біріншінің ізімен іле шала жүретін екінші дабыл көрсетілген. Жарқын сезінуі нөлдік мәннен емес, біршама орташа шамадан бастап пайда болады. Егер жылтылдау жиілігі таңдалып алынса, онда дабылдың үзіксіз сезінуіне жетуге болады. Бұл жиілік *жылтылдаудың дағдарыстық жиілігі* деп аталады.

Көру инерциясы салдарынан тітіренткіш (ынталандыру) әсері тоқталғанынан кейін біршама уақыт санада көру бейнесі сақталады. Бұл бейне *жүйелілік* деп аталады. Оның пайда болуы көру пигментінің фотоыдырауы өнімдерінің ынталандыру әсері тоқталғанынан кейін бірден емес қалыптасуымен байланысқан.

Көру инерциясына кинематография, телекөрсетілім, компьютер мониторларының әсері, колориметрия мен жарықтехникадағы көзбен шолып өлшеулер негізделген. Осы жағдайлардың бәрінде бейненің (кадрлардың) жылтылдау

жиілігі тең немесе жылтылдаудың дағдарыстық жиілігін арттырады. Кадрлар әрбірінің тізбектелген бейнелері тірі қозғалыстың тұтас әсеріне құйылады. Көру инерциясы жарқынның ғана емес, сондай-ақ, түстің де қабылдауымен байланысқан.

Қабылдаудың психофизикасы. Вебер – Фехнер заңы. Психофизика физикалық түрде өлшенілетін ынталандырулар мен сезінулер арасындағы осы ынталандырулармен шақырылатын арақатынастарды оқып біледі. Сезімдердің барлық мүшелеріне қатысы бойынша ынталандыру дегеніміз – реакцияны шақыратын сезімдер мүшелеріне физикалық әсер. Біздің жағдайда бұл – сәулелік әсер, ал реакция болатын жарқынның сезінуі.

Сонымен, психофизика әдістерімен өлшенген: оптикалық тығыздықтармен, сәулелік коэффициенттермен, жарықтылықтармен физикалық шамалармен көріп шолу қабылдауының арақатынасы анықталды. Психофизикалық амалдар сезінумен (біздің жағдайда көрулік) байланысқан сандық өлшеулерді орындау үшін қолданылады, ал сезіну белгілі нәрсе – субъективті болады. Полиграфиялық өнім тапсырыс берушімен физикалық параметрлермен ғана емес, өлшенуі жеткілікті күрделі сезінулермен де қабылданылады. Мысалы, «сұлу – сұлу емес», «сіз менің қалағанымдай жасаған жоқсыз» дегендер физикалық түрде анықталады. Сондықтан психофизиканың мақсаты – жеке адамға тәуелсіз критерийлерді және физикалық өлшеу әдістерін табу болып есептеледі.

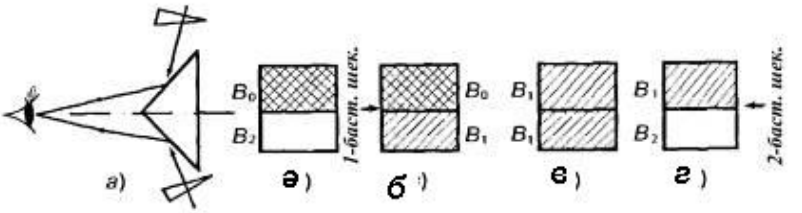
Қандай да бір заңдылықтарды жасау үшін, ғалымдар жүзжылдықтармен эксперимент түрінде сезінулердің ынталандырумен байланысын табуға тырысқанымен, психофизиканың ғылым ретінде қабылдануына шамамен 150 жыл. Э. Г. Вебер, Г. Т. Фехнер және С. С. Стивенс жұмыстарының заманалық маңызы бар.

XIX ғасырдың басында Э. Г. Вебер массаның өсімінен сезінуді зерттеді. Ол массаның ең кіші өсімінен сезінуді өрнектейтін формуланы, бір массаны басқасынан ажыратуға мүмкіндік беретін басталу шекарасын табуға тырысты. Вебер ұсынған формула, жалпы алғанда, барлық сезінулер үшін дұрыс. Егер бастапқы масса L-мен, ал оның басталу

шекарасына жету үшін қажет оның өзгерісі ΔL-мен белгіленсе, онда Вебер заңы небір тұрақты коэффициент Ψ = ΔL/L ретінде көрінеді.

Бұрынырақ айтылғандай, жарқынның сезінуі жарықтылық сияқты физикалық шамамен байланысқан.

Егер массамен ұқсастық бойынша екі фотометрлік өріс қарастырылса (2.9-сурет), жарықтылығын (В) олардың реттей отырып, светлота бойынша әрең ғана ажыратуға жететін болсақ, онда жарықтылықтардың жеткілікті үлкен дәрежесінде ΔВ/В = Ψ – шамасы да тұрақты және бастапқы жарықтылықтан ғана тәуелді болады.



2.9-сурет. Басталу шекаралары санын анықтайтын сызбанұсқа:
а – ақ призмадан және ағындардың екі ретттелетін сыналарынан тұратын қондырғы;
б – түрлі жарықтылықтарға ие призманың екі өрісі (жоғарыдан түрі); в – B_2 өрісінің жарықтылығы, B_0-мен бір басталу шекарасын құрайтындай етіліп кіширейтілген; г – B_0 өрісінің жарықтылығы B_1 өрісімен теңестірілген; д – B_1 өрісінің жарықтылығы B_2 өрісімен бір уақытта басталу шекарасын құрайды

Сәл кейінірек Г. Т. Фехнер басқа жақындауды ұсынды. Біріншіден, ол әртүрлі қабылдау түрлерімен Вебер тәжірибелерін қайталады және оның дұрыстығын бекітті. Екіншіден, Фехнер *әрең байқалатын айырмашылықты* (ӘБА) қабылдаудың бірлігі деп санауды ұсынды. Және бастысы – сезімнің өзін өлшеуге талпынбау, алайда қабылдау өсімін қабылдауды шақыратын физикалық шаманың өсімімен салыстыру. Г. Фехнер дифференциалдық тәуелділіктерді пайдалана отырып, жарқынның және жарықтылықтың өсімдері

арасындағы сызықтық тәуелділікті алуға тырысты. Түрлендірулер қатарынан кейін бұл логарифмдік теңдеу:

$$W = klgB + c \qquad (2.7)$$

түрін алды, мұндағы, W – басталу шекарасымен өрнектелген жарқын; *k* мен *c* – сызықтық коэффициенттер, lg – ондық логарифм; B – жарықтылық. Бұл теңдеу Вебер – Фехнер заңы деп аталады.

Тағы 100 жыл түрлі зерттеушілер, әсіресе көру қабылдауы облысында жұмыс істеді, осы заңның сақталмайтынына әртүрлі жағдайларды тапты, әзірге С.С. Стивенс 1961 жылы логарифмдік тәуелділікті дәрежелікпен ауыстыруды ұсынғанды. Осы қағида бойынша Г. Вышецкий 1964 жылы құрастырған жарқынға арналған:

$$W = 25\ B^{1/3} - 17 \qquad (2.8)$$

формуласын ұсынды.

2.6. Сәулесезгіш материалдардың түрлері

Сәулесезгіш материалдар бейнені оптикалық түрде жазу үшін қолданылады. Бұл бейне соңғы өнім немесе аралық болуы мүмкін. Соңғы жағдайда бейне басқа материалға беріледі және оны алу қайта өндіру үдерісінің кезеңдерінің бірі болады. Мұндай тектегі материалға мысал ретінде – басу формаларын даярлау үшін қолданылатын көшірмелік қабат болады.

Сәулесезгіш материалдар, әдетте, төсенішке салынған жұқа сәулесезгіш қабыршақтан тұрады. Төсеніш өзінде сәулесезгіш қабатты және оптикалық жазу нәтижесінде алынған бейнені ұстайды.

Ережедегідей, сәулесезгіш материалда бейне алу үдерісі қажетті екі кезеңнен құрылады:

– меншікті түрде оптикалық жазу (экспозициялау), мұның нәтижесінде материалда алынатын бейнеге сай келтіріліп, фотохимиялық немесе фотофизикалық түрлендіру өтеді. Бұл түрлендірулер көзге көрінбеуі мүмкін, сондықтан алынған бейне *жасырынған* деп аталады;

– бейнені айқындау, осыдан соң бейне өте айқын көрінетін болады;

– әрі қарай, бейнеге соңғы түр беретін, яғни оны дайын өнімге (фото баспа таңба, негатив, көшірме) айналдыратын, қорытындылаушы жәрдем (немесе бірнеше жәрдемдер) жүргізілуі мүмкін. Мұндай жәрдемдерге жатқызылатындар: тіркеу, шаю, жылумен өңдеу және басқалар. Қорытындылайтын жәрдемнің сипаты сәулесезгіш материалдың тұрпатына және бейненің тағайындалуына тәуелді. Ол қажеттігі болмаса, қатыспауы да мүмкін.

Фототүрлендіру сипаты және алынатын бейне тұрпаты бойынша сәуле сезгіш материалдарды үш топқа бөлуге болады:

1. Көрінетін бейнені алуға арналған материалдар. Бұларда экспозициялау мен айқындау әсерінен, оптикалық тығыздыққа немесе сәуле әсер етпейтіндей реңнен айрықшаланған түске ие, жаңа химиялық қосылыстар түзіледі. Қара-ақ немесе түрлі-түсті бейне алынады. Бұл топтың тұрпатты өкілі болатын галогендікүміс фотографиялық материалдар.

2. Қабыршақтық бейнені алуға арналған материалдар, бұлардың ақ жерлерінде сәулесезгіш материал төсенішке дейін айқындағышпен шайылады. Көшірмелік қабаттар осындай. Оларды сәйкес келетін төсенішке, мысалы форма негізіне (басу формаларын жасауға арналған) салады. Экспозиция (бейнені жазу) кезінде оптикалық сәулелену көшірмелік қабатта, қабат ерігіштігін келтіретін, химиялық реакцияны жүргізеді.

3. Көп бояулы бейнені алуға арналған материалдар. Бұларда жарық әсерінен кері сипатқа ие, физикалық түрлендірулер өтеді.

2.7. Оптикалық сәуле шығарудың фотографтық әсері

Бейнені оптикалық түрде жазу кезіндегі фототүрлендірудің сипаты сәулесезгіш материалдың табиғатына тәуелді болады. Алайда, сәулесезгіш материалдардың барлығына ортақ, сәуле шығарудың фотографиялық әсердің заңдылықтары бар.

– Бәрінен бұрын, барлық сәулесезгіш материалдарда пайдалы реакция, мысалы оптикалық тығыздық ауданы Q материалдың экспозиция теліміне түскен W сәуле шығару

энергиясы мөлшеріне тәуелді. *W* мен *Q* орнына экспозиция $H = W/Q$ аталатын энергияның беттік тығыздығын пайдалану ыңғайлырақ. *H* жарқыраулық экспозиция, жай «*экспозиция*» немесе «*жарықтау мөлшері*» аталады. Жарықыраулық экспозиция өлшем бірлігінің түсінікті болуының формуласы $H = E \cdot t$, мұндағы *E* – жарықталыну, люкс, *t* – экспозиция уақыты, секунда. Осыдан өлшем бірлігі – люкс·секунда (лк·с).

– Пайдалы реакция, мысалы, оптикалық тығыздық, ережедегідей, екі сатылы «экспозиция-айқындау» үдерісінде қалыптасады, сондықтан айқындағышқа және айқындау шартына тәуелді.

– Берілген материал үшін экспозиция тиімділігі, *интегралдық сәуле сезгіштік* деп аталған, сәулеленуге материалдың *S* сезгіштігіне тәуелді. Ол барлық материалдар үшін $S = k/H_{\text{дағ}}$ формуласымен анықталады, мұндағы, k – пропорционалдық коэффициент; $H_{\text{дағ}}$ – критерийлік экспозиция – критерий ретінде қабылданған, сәулесезгіш материалда пайдалы реакция шамасын алу үшін экспозиция қажет.

Егер экспозиция энергетикалық болса, онда Дж/м^2-мен өрнектеледі, сонда *S* м^2/Дж-мен өрнектеледі.

2.8. Сәулесезгіш материалдардың сипаттамалық қисықтары

Мұражай және көрмелерде нақтылы жүйеде (хронологиялық, типологиялық және соған ұқсастар) экспонаттарды орналастырудағы пайдалы реакция шамасының экспозициядан (латын сөзі *expositio* – көрсетуге қойылған, баяндау) тәуелділігі *сипаттамалық қисық* деп аталады. Атап өтілетіні, пайдалы реакция айқындалғанынан соң бағалады және сипаттамалық қисық тұрғызу кезінде экспозициялар логарифмдері пайдаланылады.

Материалдың сәулесезгіштігін анықтау үшін қайсыбір критерий – бейненің оптикалық тығыздығымен беріледі. Ережедегідей, материалдардың әрбір тегі үшін критерий мөлшерленеді және стандартталады.

Фотоактинийлік экспозиция. Экспозиция $E_э$ уақыттың көбетіндісіне тең болғандықтан, мынадай түрдегі

$$H_A = t \cdot \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} E_э(\lambda) S(\lambda) d\lambda = t \cdot a,$$

формуламен жазылады, мұндағы, a – сәулеленудің актинийлігі; λ_1 және λ_2 – толқын ұзындығы, қолданылатын сәулеленудің спектрлік диапазонын шектейді.

Спектрлік сезгіштік интегралдық сияқты, $S_\lambda = 1/H_{э\lambda дағ}$ формуласы бойынша анықталады. Айырмашылығы мынада, интегралдық сезгіштік үшін энергетикалық та, жарқыраулық та экспозиция, ал спектрлік үшін – тек қана энергетикалық пайдаланылады.

Өлшем бірлігі λ – м^2/Дж, ал өлшем бірлігі $H_{э\lambda}$ – Дж/м^2, сондықтан фотоактинийлік экспозиция – өлшем бірліксіз шама, ал актинийлік сәулесезгіш материалдар үшін, тең $a = H_a/t$, өлшем бірлігі с$^{-1}$.

Критерийлік пайдалы реакция ($D_{дағ}$) алынуы үшін, талап етілетін фотоактинийлік экспозиция 1,0 деп қабылданады. Критерийлікке тең емес басқа оптикалық тығыздықтар үшін оның 1,0-ден өзгеретіні түсінікті.

ГАЛОГЕНКҮМІСТІ ФОТОМАТЕРИАЛДАР МЕТРОЛОГИЯСЫ

2.9. Жалпы мәліметтер

Өлшеулер – теорияны адамның тәжірибелік қызметімен біріктіретін жолдардың бірі. Ағылшын метрологиясының негізін қалаушы У. Томсон айтқан болатын: «Әрбір зат қаншалықты өлшеніле алуына байланысты сондай дәрежеде ғана танымал». Метрологияның негізгі мақсаты: түрлі орындарда және түрлі өлшеу құралдары көмегімен алынған бірдей шамалардың өлшеулер нәтижелерін талап етілген деңгейде салыстыру.

Фотоматериалдарға қолданылатын және метрологиялық қамтамасыздандыруға ие сынаулар әдістерін қарастырамыз.

Фотографиялық галогенкүмісті материал екі маңызды қасиетке: ол жарық әсерінен өзінің оптикалық тығыздығын өзгертеді және осы эффектіні миллион есе химия-фотографиялық өңдеу реакциялары есебінен күшейту мүмкіндігіне ие. Өз қасиеттерінің бірегейлігінен фотоматериалдар тұрмысқа және ғылым мен техниканың көптеген саласына мықтап кірді.

Фотоматериалдың қасиеттері қандай және осы қасиеттерді қандай әдістермен анықтауға болады? Осы әдістерді оқып білетін ғылым фотографиялық метрология деп аталады. Жиі қолданылатын аталым «сенситометрия». Бұл ғылымның негізін 1890 жылы Хертер мен Дриффельд қалаған. Олар фотоматериалдың сәулесезгіштігін сынау үшін бірінші аспапты – сенситометрді – және сәулесезгіштікті анықтаудың ғылыми жүйесін ұсынды.

Галогенкүмісті материалдардың метрологиясы ең үлкен жетілдірілген деңгейге жетті. Бұл, бейнелер алудың сандық әдістері өркендеуіне дейін фотоматериалдардың полиграфияда және ғылым мен техниканың басқа салаларында өте маңызды рөл атқарғанымен түсіндіріледі. Метрологиялық ғылыммен жасалған фотографиялық материалдардың қағидалары, әдістері және сынауларының жүйелері басқа сәулесезгіш материалдар мен жүйелер метрологиясынң негізіне жатады. Сондықтан метрологияны оқып білу фотографиялық материалдар мысалында ұтымды жүргізіледі. Мұнда фотографиялық метрологияның негізгі ұстанымдары мен әдістері қарастырылды, сондай-ақ полиграфияда қолданылатын қара-ақ фотографиялық материалдар сыналуындағы стандарттар қарастырылады.

Фотографиялық метрология үш бөлімге бөлінеді: интегралдық сенситометрия, спектрлік сенситометрия және құрылымметрия (микросенситометрия).

Интегралдық сенситометрия материалдардың фотографиялық қасиеттерімен және олардың интегралдық (ақ түстік) сәулеленудің фотоматериалға ықпалы кезінде байқалатын сипаттамаларының өлшеу әдістерімен айналысады. Сәулелену көздері ретінде түстілік температурасы 3200 және 5500 К жарықтың сенситометрлік көздері қолданылады. Интегралдық сенситометрия әдісімен анықталатын, негізгі

сипаттамаларға фотоматериалдың сипаттамалық қисығы бойынша есептелетін, атап айтқанда: градиент (g), контрасттылық коэффициенті (γ); сәулесезгіштік (S); кеңдік (L) сенситометрлік параметрлер жатады.

Спектрлік сенситометрия сәулесезгіш фотоматериалдардың спектрлік сипаттамаларын зерттеумен айналысады. Негізінен бұл спектрлік сезгіштік және қарсыластылықтың (контрасттылықтың) спектрлік коэффициенті. Бұл шамаларды анықтау үшін алдымен монохроматты сипаттамалық қисықтарды алады, осылар бойынша осы сипаттамаларды анықтайды. Сынау нәтижесі болатын спектрлік сезгіштіктің түскен сәулеленудің толқын ұзындығынан тәуелділігінің қисығы. Спектрлік сенситометрияға сондай-ақ түстілік сынаулар да жатады, бұлардың мағынасы – сынау нәтижелеріне әрі қарай талдау беруі бар аймақтық жарықсүзгіштерінен кейін сипаттамалық қисықтарды алу.

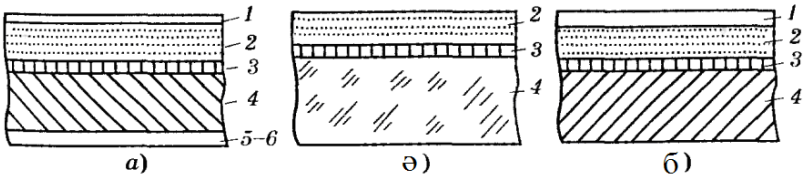
Құрылымметрия бейненің майда тетіктерін бөліктеп, қайта өндіретін фотоматериалдың қабілеттілігін оқытады. Негізгі құрылымметрлік сипаттамаларға айқындайтын қабілеттілік, түйіршіктілік, құйқылжу берілуінің қызметі жатады.

2.10. Қара-ала фотографиялық материалдың құрылысы

Жарықсезгіш галогенкүмісті фотографиялық материал деп, өзінде көрінер фотографиялық бейнені алуға болатын материалды айтады. Кез келген қара-ала фотоматериал құрамында, төсеніш деп аталатын табанға үйілген жұқа полимерлік қабаттар қатары болады. Төсеніш фотографиялық материалдың тегін анықтайды. Төсеніш түріне тәуелділікте фотографиялық пластинкалар, фотографиялық қағаз немесе фотографиялық қабыршақ ажыратылады.

Қара-ала фотографиялық материал құрылысының жалпы сызбанұсқасы 2.10-суретте келтірілген. Өзімен желатинамен жақсы иленілген қабыршақты көрсететін (*1)* қорғаушы қабат, (*2)* эмульсиялық қабатты механикалық бүлінулерден сақтайды, сондай-ақ фотографиялық қағазға құйылуы кезінде

эмульсияның төсенішке енуіне кедергі жасайды. Эмульсиялық қабат – бұл да желатин қабыршағы, мұнда ауқымы бойынша кіші күміс галогенидінің (*AgHal; Hal-Br, Cl, I*) сәуле сезгіш микрокристалдары бытырап таралған. Эмульсиялық қабатта жарық әсерінің нәтижесінде және әрі қарай химиялық өңдеуде фотографиялық бейне түзіледі.



2.10-сурет. Қара-ала фотоматериалдардың құрылысы:
а – фотографиялық қабыршақ; ә – фотографиялық пластинка; б – фотографиялық қағаз;
1 – қорғаушы қабат; 2 – эмульсиялық; 3 – адгезиялық ішкі қабат;
4 – төсеніш; 5,6 – қарсықабат және қарсыореолдық қабат

Ішкі қабат (3) ішіне малма (илеуге керекті зат) қосылған желатиналық қабыршақ кіреді. Ол эмульсиялық қабаты қабыршақта немесе пластинкада берік ұстауға арналған, сондай-ақ құйылуы кезінде эмульсияның төсенішке өтуіне кедергі жасайды.

Мөлдір төсеніш (4)-ке, эмульсиялық қабаттың қарсы жағынан қарсықабат (5) қойылады, бұл фотоқабыршақтың бұралуына кедергі жасайды. Егер бұл қарсықабат сәйкес келетін бояғыштармен боялса, онда ол сондай-ақ шағылу ореолдарының түзілуіне кедергі жасайтын (*6)* қарсыореолдық қабат қызметін орындайды.

2.11. Фотографиялық эмульсия

Бейнені тіркеу үшін сәулесезгіш субстанция қызметін фотографиялық эмульсия атқарады. «Эмульсия» – бұл тарихи аталым. Бұл аталымның дұрыстығы мүлтіксіз емес, өйткені сұйық фазадағы қатты бөлшектердің дисперсиясы суспензия деп аталады. Жалпы жағдайда, ішкі қабатпен қапталған төсенішке үйілген фотографиялық эмульсия өзімен полярлы полимерлік матрицадағы (желатина ішіндегі) байланыстырушы

күміс галогениді микрокристалдарының жүзгінін көрсетеді. Байланыстырушы бейне тасығышы және күміс галогениді түйіршіктерінің керек дисперстілігін сақтап қорғаушы коллоид ғана емес, сондай-ақ барлық фотографиялық үдерістің тиімділігіне әсер етеді.

AgHal микрокристалдарының түрі көп (2.11-сурет). Бұл үшбұрыштар, алтыбұрыштар және тағы басқалар. Ережегідей, желатинада олар табанға қатарлас жазықтықпен бағытталады.



2.11-сурет. Эмульсиялық микрокристалдардың типтік түрі

Күміс галогениді микрокристалдарының сәулесезгіштегі (S) галогенид табиғатымен және AgHal дисперстілігі дәрежесімен байланысқан.

Айқындалған өрнек

$$S_{AgBr} > S_{AgCl} > S_{AgI} \qquad (2.9)$$

мына түрде болады.

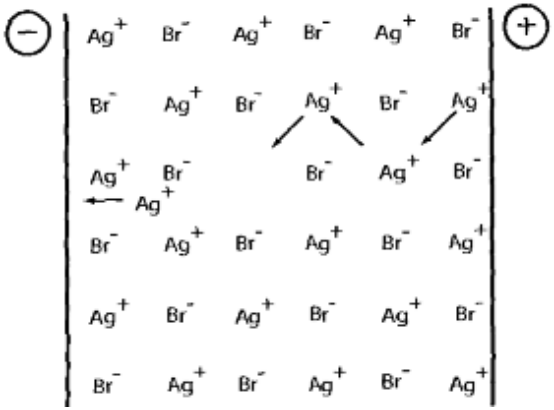
Кесе-көлденең ендегі AgHal микрокристалдарының ауқымы 0,03-тен 3 мкм-ге дейін тербеледі. Микрокристалдар ауқымы эмульсияның сәулесезгіштігіне ықпал етеді. Ауқымдар ұлғаюымен фотографиялық эмульсияның сәулесезгіштігі артады.

Фотографиялық эмульсияны даярлау – сәулесезгіштік композиция алуды келтіретін бірнеше кезеңдерден тұратын, жеткілікті күрделі физика-химиялық үдеріс. Нақтылы қасиеттерге жету үшін фотографиялық эмульсияны даярлау

үдерісінде оның құрамына қоспалар қатары енгізіледі. Солай, фотографиялық эмульсия құрамына енгізілетіндер: антисептиктер – эмульсия бүлінуіне кедергі жасайтын заттар; материалдың фотографиялық қасиеттері нашарлауын болдырмайтын стабилизаторлар; эмульсиялық қабаттың физика-механикалық қасиеттерін жақсартатын малмалар; құйылудың біркелкілігін жақсартатын жібіткіштер немесе дымқылдағыштар. Эмульсиялық қабат құрамындағы маңызды қоспа болатын спектрлік сенсибилизаторлар – фотоматериалдың спектрлік сезгіштігі аймағының кеңеюін қамтамасыз ететін органикалық бояғыштар. Қара-ақ фотоматериалдар даярлау кезінде эмульсия құрамына барлығы шамамен 40 түрлі заттар мен қосылыстар кіреді.

2.12. Жасырын бейне түзілуі

Фотографиялық эмульсиялардың AgHal микрокристалдары ауқымдары бойынша күшті ажыратылады, сондай-ақ әртүрлі түрлерді иеленеді. Осылардың бәріне иондық тұрпаттағы шаршылық тор ортақ болады. Идеал құрылымдағы кристалда сәулесезгіштік болмайды (2.12-сурет).



2.12-сурет. Кристалдық тор кемтігінің сызбанұсқасы

AgHal микрокристалдарына сәулесезгіштікті тор ішіндегі иондар орналасуындағы тізбектіліктің бұзылуы береді. Бұл

орындарда тор энергиясы кристалдың басқа телімдерімен салыстырғанда төмен болады. Мұндай орындарды тор кемістері деп атайды. Кемістер бола алатындар: жарықшалар, Ag немесе Ag_2S (күміс сульфиді) теңбілдер, эмульсия синтезі кезінде түзілетін жер-жерге орналасулар. Тор құрылысының бұл кемістері сәулесезгіштіктің орталықтары болады. Тура осымен AgHal микрокристалдары жарыққа сезімтал болады.

Жасырын бейне түзілуі үдерісін сызбанұсқамен екі кезең түрінде көрсетуге болады. Бірінші кезеңде жарық кванты (hν) күміс галогениді ионымен сіңіріледі. Мұнда галогенидтің кристалдық торының анионынан үзіледі ($Hal + h\nu \rightarrow Hal + \bar{e}\,l$). Электрон және оның «қақпаны» болатын сәулесезгіштік орталығына түскенінше, кристалдық тор ішінде қозғалады. Екінші кезеңде электрон, күмістің оң зарядталған ионымен ($Ag^+ + \bar{e}\,Ag°$) бейтарапталынатын, теріс зарядты орталыққа береді. Сәулесезгіштік орталығында, кристалдың осы телімінің жетілдірілмеген дәрежесін өсіретін, күміс атомы түзіледі. Сондықтан келесі жарық квантын кристалмен сіңіру кезінде қақпанмен электронды қармау ықтималдығы артады. Бұл үдеріс, айқындауға қабілетті жасырын бейненің жеткілікті тұрақты орталығы түзілгенінше, жалғаса береді. Қоздыратын жарық кванты AgHal кристалы ішінде тек бір ғана электрон түзеді, сондықтан жасырын бейне түзілуі үдерісі көпсатылы болады.

Жоғарыда сипатталған қос кезең де уақыт бойынша да, кеңістікте де бөлектелінген. Жарық квантын (hν) сіңіру кристалл бетінде де, оның ішінде де жүреді. Екінші кезең сәулесезгіштік орталықтарында негізінен кристалл бетінде өтеді.

AgHal негізіндегі сәулесезгіш қабаттар спектрдің УК-сәулеленуі мен қысқатолқынды көрінер аймағының (500 нм-ге дейінгі) әсеріне сезгіштікке ие болады. Осыған байланысты бұл қабаттарды қара-ақ зерзаттарды суретке түсіру үшін ғана қолдануға болады.

Фотографиялық материалдың спектрлік сезгіштігі аймағын кеңейту үшін оның спектрлік сенсибилизациясы жүргізіледі. Бұл үдерістің маңыз-мәні фотографиялық эмульсияға

даярлануы кезінде, AgHal де сіңіріле отырып, материалға спектрдің берілген сәулелену бояғышты сіңіретін облысына қосымша сезгіштікті беретін, нақты бояғыштарды енгізуден тұрады. Мұндай бояғыштар спектрлік (немесе оптикалық) сенсибилизаторлар, ал эмульсияны мұндай бояғыштармен сезіндіру үдерісінің өзі – спектрлік сенсибилизация деп аталды.

Спектрлік сенсибилизация мағынасы мынада: эмульсияның микрокристалы бетіне сіңірілген бояғыш-сенсибилизатор ($К_с$), сәулелік энергия квантын сіңіреді де, қозған күйге (K_c^*) өтеді. Бояғыштың қозу энергиясы микрокристалға беріледі, мұнда осының есебінен күміс галогенидінің (AgHal) фотолизі жүреді де, сәулесезгіштіктің орталығына тұнатын атомарлық күмісті (Ag°) бөліп шығарады, ал бұл жасырын бейне орталығына айналады. Сызбанұсқада мұны: екі кезең түрінде көрсетуге болады:

$$K_c + h\nu = K_c^*, \qquad (2.10)$$

$$K_c^* + AgHal = K_c + Ag + Hal. \qquad (2.11)$$

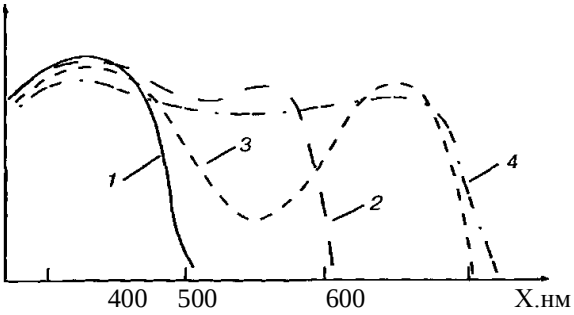
екі кезең түрінде көрсетуге болады.

Сызбанұсқадан көрінетіні, сенсибилизатор үдеріс бітуі бойынша әуелгі күйде қалады және сенсибилизация үдерісінде қайтадан қатыса алады. Іс жүзінде түсінікті болғаны, сенсибилизатордың бір молекуласы, экспонизация уақыты кезінде, үдеріске 40...50 рет қатыса алатыны.

Бояғыштың құрылысына және оның физика-химиялық қасиеттеріне тәуелділікте болып, ол сәулесезгіш қабатты спектрдің түрлі телімдеріне сенсибилизациялай алады.

Спектрдің ультракүлгін және көк аймақтарына сезімтал *AgHal* негізіндегі фотографиялық қабаттар сенсибилизаияланбаған деп аталады. Спектрдің жасыл аймағына қосымша сезімталданылған фотоқабаттар ортохроматтық, ал спектрдің барлық көрінер аймағына сезімталданылғандар – панхроматтық (изопанхроматтық) деп атанады.

2.13-суретте сенсибилденуі бойынша ерекшеленетін фотоматериалдар сезгіштігінің спектрлік қисықтары келтірілген.



2.13-сурет. Галогенкүмісті фотоматериалдардың спектрлік сезгіштігінің қисықтары:
1 – сенсибилизацияланбаған; 2 – ортохроматтық; 3 – панхроматтық; 4 – изопанхроматтық

2.13. Галогенкүмісті материалдарды химия-фотографиялық өңдеу

Жарықтың фотографиялық материалға әсері оның ішінде көзге көрінбейтін жасырын бейне түзілуін келтіреді. Жасырын бейнені көзбен шолу күміс галогенидін негізге алған сәулесезгіш материалдарды химия-фотографиялық өңдеу нәтижесінде жүреді. Химия-фотографиялық өңдеудің негізгі үдерістеріне айқындауды және айқындалған бейнені тіркеу жатқызылады.

Айқындау – бұл, бүркемелі бейнені көрінерлікке келтіретін фотоматериалдың эмульсиялық қабатында AgHal-нің экспонизацияланған микрокристалдарының таңдамалы тотықсыздануының үдерісі. Айқындау үдерісі өзімен күміс иондарының (Ag^+) атомарлыққа ($Ag°$) дейін тотықсыздануын көрсетеді. Жасырын бейне орталықтарында күміс тотықсыздануы екі тәсілмен іске асырылады.

Бірінші тәсілде құрамында күміс иондары немесе өзінің құрамында күміс галогенидінің иондары бар ерітінді қолданылады. Мұндай айқындау *физикалық* деп аталады. Мұның негізіне Ag^+-тен $Ag°$-ті тотықсыздандыратын реакциялар жатады. Түзілген күміс атомдары ($Ag°$) ерітіндіден жасырын бейне орталықтарына тұнады және оны көрінерлік етеді.

Екінші тәсілде күміс иондарының тотықсыздануы жарық әсеріне ұшыраған AgHal микрокристалдарынан жүреді. Мұндай айқындау *химиялық* деп аталады. Полиграфияда ол негізгі делінеді. Айқындау үдерісінің реакциясын жалпы мына түрде көрсетуге болады:

$$nAgHal + mHRed \rightarrow nAg° + mOx + пHal^{-} + mH^{+}, \qquad (2.12)$$

мұндағы *Hal* – *Cl,* Br, I; Red – айқындаушы зат; *Ox* – заттың тотыққан түрі.

Алайда кез келген тотықсыздандырғыш айқындаушы зат бола алмайды. Бұл заттарға негізгі талап мынадай: олар экспозицияланған AgHal микрокристалдарының күмісін экспозицияламағаннан гөрі едәуір үлкен жылдамдықпен тотықсыздандыруы керек. Мұндай айқындау *таңдамалылық* деп аталады. Таңдамалылық, айқындаушы затпен, өзінде жасырын бейненің орталығы бар микрокристалдар ғана тотықсыздандыратын қабілетпен тұжырымдалады.

Іс жүзінде қолданылатын айқындағыштыр өзімен айқындайтын, үдететін, консервациялайтын және торлауға қарсы заттардан тұратын сулы ерітінділерді көрсетеді.

Айқындайтын заттар – химиялық қосылыс, электронды оңай береді және күміс иондарын күміс металдыққа дейін таңдамалы түрде тотықсыздандырады:

$$AgHal + \bar{e} \rightarrow Ag° + Hal\text{-}. \qquad (2.13)$$

Айқындаушы заттар ретінде бәрінен жиі құрамында екіден аз емес окси- немесе аминтоптар, немесе олардың үйлестірілуі: метол, гидрохинон, парааминофенол және тағы басқалары бар ароматты қатардың органикалық қосылыстары қолданылады.

Үдететін заттар – айқындау үдерісін тездететін заттар. Мұндай заттар ретінде сілтілер (NaOH, KOH), сондай-ақ гидролизі нәтижесінде сілтілік реакцияны жасайтын әлсіз және күшті негіздер тұздары (Na_2C0_3, K_2C0_3) қолданылады. Нақты үдететін заттарды таңдау айқындағыштың тұрпатына тәуелді.

Консервациялық зат – қосылыс, ауамен тез тотығудан қорғайтын айқындағыш. Әдетте консервациялайтын зат ретінде

айқындағыштың құрамына натрий сульфиті (Na_2S0_3) енгізіледі. Бұл затты енгізу барлық органикалық заттар күшті тотықсыздандырғыш болатынымен және айқындау үдерісінде ғана емес, сондай-ақ ауа оттегісімен оңай тотығатынымен анықталады.

Торлауға қарсы заттар. Айқындайтын заттардың жоғары таңдамалылығына қарамастан, жарық әсеріне ұшырамаған телімдердегі фотоматериалдың химия-фотографиялық өңделуі үдерісінде, біркелкі қараю – тор түзіле алады. Оның түзілуі эмульсияны даярлау үдерісінде немесе фотоматериалды сақтауда сәулесезгіштік орталықтың дағдарыстық ауқымдарға дейін ұлғаюымен және тор орталығына айналуымен байланысқан. Тор орталығы өз бетімен айқындауға қабілетті, яғни жарық әсерінсіз AgHal микрокристалдарын тотықсыздандыра алады.

Тор бейненің фотографиялық құрылымметрлік қасиеттеріне теріс әсер етеді. Оның өсуін тежеу үшін айқындағышқа торлануға қарсы зат: бромды калий (КВг) немесе органикалық зат, мысалы, бензотриазол енгізіледі.

Жоғарысапалы және тұрақты фотографиялық бейне алу үшін, сақтау кезінде өзгермейтін, айқындалған фотоматериалды айқындаудан кейін шаяды және тіркеуге алады. Тіркеу өзімен айқындау кезінде фотоматериалда тотықсызданбай қалып қойған күміс галогенидінің еру үдерісін және әрі қарай шаю жолымен күмістің түзілген еритін кешендік тұздарын кетіруді көрсетеді. Тіркеу үшін ең жиі қолданылатын күкірттіқышқылдық натрий (натрий тиосульфаты) – $Na_2S_20_3$ ерітіндісі. Натрий тиосульфатының ерітуші әсерінің мағынасы мынада, кешендік ионмен байланыстыру жолымен ерітіндідегі күміс иондарының концентрациясын төмендету болады.

Тіркеу реакциясы, ережедегідей, екі кезеңмен өтеді. Бірінші кезеңде нашар еритін кешендік тұз $Na[Ag(S_20_3)]$, және сонан соң – жақсы еритін кешендік тұз $Na_3[Ag(S_20_3)]$ түзіледі:

$$AgBr + Na_2S_20_3 \rightarrow NaBr + Na[Ag(S_20_3)],$$
$$Na[Ag(S_20_3)l + Na_2S_20_3 \rightarrow Na_3[Ag(S_20_3)] \qquad (2.14)$$

немесе қосынды түрде

$$AgBr + 2Na_2S_20_3 \rightarrow NaBr + Na_3[Ag(S_20_3)].$$

Тұтасымен алғанда тіркеу үдерісі мынадай мәселелерді орындауға мүмкіндік береді:

а) айқындау үдерісін тоқтату, сондықтан айқындағыштардан ерекшеленіп полиграфиядағы фиксаждар (фиксаж – фотопластинкаға түсірілген суретті сақтау үшін қолданылатын химиялық ерітінді) әдетте қышқыл (pH = 4,7 – 6);

ә) айқындауға қатыспаған күміс галогенидін мөлдір етіп жасау – оны кешендік қосылысқа ауыстыру;

б) мөлдір кешендік қосылысты қабаттан кетіру.

Айқындаумен және тіркеумен қатар маңызды кезең болатын шаю және оны жүргізетін жағдайлар болады. Мысалы, фотобейнені ұзақ сақтау кезінде қоңыр дақтар пайда болуын болдырмау үшін, тіркеуден соң фотоматериалды ағын суда жақсы шайған жөн.

Бақылау сұрақтары

1. Фотоқабылдағыштың қандай тұрпаттарын сіз білесіз? Олардың сәулеленумен әрекеттестігінің маңызы, мәні неде?
2. Сәулесезгіштік дегеніміз не?
3. Спектрлік сәулесезгіштік дегеніміз не?
4. Тиімді ағындардың қандай түрлерін сіз білесіз?
5. Көз құрылысы жайлы айтыңыз.
6. Көру адаптациясының қандай түрлерін сіз білесіз?
7. «Психофизика» дегеніміз не?
8. Вебер–Фехнер заңын өрнектейтін формуланы жазыңыз.
9. Сәулесезгіш материалдардың қандай тұрпаттарын сіз білесіз?
10. Сипаттамалық қисықтар дегеніміз не?
11. Фотоактинийлік экспозиция дегеніміз не?
12. Қара-ала галогенкүмісті материалдардың құрылысы қандай?
13. Спектрлік сенсибилизация дегеніміз не?
14. Жасырын фотографиялық бейне түзілуі қалай жүреді?
15. Айқындау, тіркеу, айқындау кинетикасы дегеніміз не?

3. КӨРУ ТАЛДАҒЫШЫ (ЖАЛПЫ ҰҒЫМ)

Техниканың түрлі салаларында (кино, телекөрсетілім, полиграфия және басқалар) түсті кеңінен енгізу және түсті қайта өндіру сапасын техникалық бақылау қажеттігі, физиологиялық оптика (бөліктікте, көру талдағышы) негіздерін зерттеуге жарықтехниктердің назарын аударуға мәжбүр етеді.

Бізді қоршаған әлем туралы білімдер көзі ретінде, сыртқы әлем материясының біздің сезім мүшелерімізге әсері нәтижесінде пайда болатын сезінулер болады.

Сезінудің материалистік рефлекторлық теориясын орыс ғалымдары И. М. Сеченов (1829–1905) және И. П. Павлов (1849–1936) жасады.

Сезінулердің мазмұны бойынша ең көп тараған жіктеуі: көру, есту, тату, иіс сезу, сезетін, температуралық, сондай-ақ, ішкі ағзалар үдерістері (аштық, шөлдеу және б.) нәтижесінде пайда болатын сезінулер.

Олардың түрлерінің бірте-бірте жетілуі үдерісінде пайда болған сезудің арнайы мүшелері және *рецепторлар* деп аталған ағзаның арнайы сезімтал жасушаларының қасиеттері өте жоғары сезгіштікке ие болады. Солай, мысалы, көру мүшесі қолайлырақ жағдайларда көз қарашығына түскен көрінетін сәулеленудің бірнеше ондаған фотондарына ықпал етуге қабілетті, бұл 10–12 *км* қашықтықтағы жарық күші бір *шам*ға (шам, шырақ, шырағдан) тең жарық көзін түнгі уақытта көру мүмкіндігіне сай келеді.

Сезудің күрделі арнайы мүшесі сырттан түскен дабылдардың сандық деңгейін бағалауды ғана емес, сондай-ақ осы дабылдардың сапасын анықтауға қабілетті. Солай, мысалы, көру мүшесі көру сезінуінің деңгейі – *жарық ашықтығы (жарқынды)* анықтап қана қоя салмай, сондай-ақ олардың спектрлік құрамымен анықталатын, сәулеленудің түстік реңдерін жіктеу мүмкіндігімен қамтамасыз етеді.

Сезу мүшелерімен сырттан қабылданатын дабылдар *тітіркендіргіштер* немесе *қоздырғыштар*, ал олардың ықпалы – *тітіркену* немесе *қоздыру* деген атау қабылданған. Сезудің кез келген мүшесін тітіркендіру жүргізетін материяның рецепторға әсеріне қатысы бойынша сыртқымен, мысалы, көру мүшесінің тітіркендіруін келтіретін жарқыраулық сәулеленумен беріледі.

Сырттан түсетін тітіркендіргіштердің сапалық бағасын қамтамасыз ету үшін сезу мүшесі рецептордың сапалық талдауын қамтамасыз етуге қабілетті болуы керек. Сезу мүшелерінің сырттан түскен тітіркенуді талдауға қабілеттілігі И. П. Павловқа оларға *талдағыштар* деген аталуын беруге мүмкіндік берді. Талдағыш ішінде тітіренткіштің энергиясы, сезіну пайда болуын анықтайтын, жоғары жүйкелік қызметінің биологиялық үдерістерінің энергиясына түрлендіргіш мүше болады. Рецепторлардан талдағыштың орталық буынына түсетін дабылдарды ғана талдап қоя салмай, сондай-ақ, бұл дабылдарды сезінуге, ал жекеленген сезінулерді қабылдауға синтездеуі керек. Сонымен, әрбір талдағыштың қызметі, соның санында көруліктігі де бар өзімен сырттан түсетін тітіркенудің талдауы мен синтезі бірлігін көрсетеді.

Сондай-ақ кез келген, көру талдағышында бар үш үзбе: шалғай, өткізгіш және орталық. Көру талдағышының шалғай үзбесі ретінде, оптикалық пен сәуле қабылдағыштық жүйелердің жиынтығын білдіретін көз болады. Көздің оптикалық жүйесі торлық қауызда сыртқы кеңістік бейнесін жасауға арналған оптикадан, сондай-ақ көз қозғалысын басқаратын бұлшық еттерден, бейнені тоғыстырудан және оның жарықтылығын реттеуіштен тұрады. Көздің сәуле қабылдағыштық жүйесі ретінде, сәуле қабылдағыштық жасушалармен – *көру рецепторларымен* толтырылған, оның торлық қауызы болады. Өткізгіштік үзбе қызметін көру талдағышының орталық үзбесі болатын бас миы терісінің желкелік бөлігінің жасушаларымен рецепторлардың жекеленген талшықтарын жалғайтын көру жүйкесі атқарады.

Жарқырауық сезгіштік есту немесе иіс сезу талдағышы күшті тітіркенген кезде өзгереді. Бұл әрекеттестік тірі ағза мен оның бөліктерінің тұтастығын көрсетеді, мұны барлық талдағыштар арасында бар орталық индуктивтік байланыстар болуымен түсіндіруге болады. Осы жағдай *парапарлық тітіркену* жайлы түсінікті енгізуге мәжбүр етеді, бұл зерттелуші сезу мүшесі мамандандырылатын сыртқы әлем дабылы болып саналады. Солай, мысалы, көру талдағышы үшін көрінетін сәулелену парапарлық тітіркену болады.

Жақын орналасқан нәрселердің айқын бейнесін торлық қауызда қамтамасыз ету үшін, көз оптикасының сындырушы күштерін арттыруды, *аккомодация* деген атау қабылданылған. Негізгілер арасындағы, сондай-ақ көздің күрделі жүйелерінің түйіндік нүктелері қашықтықтары өте шамалы ғана болуы салдарынан, бейне есептеулері кезінде, сыртқы кеңістікті шынытәріздес денеден бөлетін бір сындырушы жазықтықпен ауыстыра отырып, көз оптикасын сызбанұсқалау қабылданған. Мұндай көз *редукцияланған* деп атанып, көздің мөлдір қабығының арт жағынан 7 *мм*-ге орналасқан бір түйінді нүктеге, қасаң қабақ қауызының ішкі бетінен 2 *мм* қашықтықтағы көздің алдыңғы камерасының шамамен ортасына орналасқан бір негізде жатады.

Көз аккомодациясының шекаралары айқын көрудің жақын және алыс нүктелерімен анықталады. *Айқын көрудің жақын нүктесі* бақылаушының көзінен ең үлкен аккомодация кезінде анық ажыратылатын нәрсеге дейінгі ең кіші қашықтықпен сипатталады. *Айқын көрудің алыс нүктесі* көзден аккомодациялық бұлшық еттердің толық тыныштығы кезінде анық көрінетін байқалушы нәрсеге дейінгі қашықтықпен сипатталады. Айқын көрудің жақын және алыс нүктелері арасындағы, көз үшін оптикалық күш бірліктерімен өрнектелген қашықтық *аккомодация тереңдігі (ұзындығы)* деп *аталады*:

$$A = \frac{1}{l_{ж}} - \frac{1}{l_{а}},$$

мұндағы А – көз аккомодациясының тереңдігі – диоптрия, *дптр*;

$l_{ж}$ – көзден жақын нүкте арақашықтығы, *м*;

$l_{а}$ – көзден алыс нүкте арақашықтығы, *м*.

Қалыпты рефракциясы бар көз үшін – айқын көрудің алыс нүктесі шексіздікте $l_{а} = \infty$ орналасқан, яғни аккомодация тереңдігі: $A = \frac{1}{l_{б}}$ формуласымен анықталады.

Ұзақтық аккомодация жақын нүктеде бұлдырауды келтіреді. Қалыпты көз 0,25–0,3 *м* қашықтықта болатын нәрселерді байқай алады. Бұл қашықтықты оңтайлы қашықтық деген атау қабылданған.

Конвергенция және дивергенция деп аталатын екі көздің осьтерінің кездесуін және ажыратылуын қамтамасыз ететін қозғалыстар үлкен қызығуды тудырады. Конвергенция мен дивергенция, түрлі қашықтықтарға алыстаған нәрселерді байқау кезінде, оң және сол көз жұмыстарын үйлестіруді қамтамасыздандыру үшін қажет.

Бинокларлық бақылау кезінде, *көздің бұлшық еттік теңгерімі* деп аталған, аккомодация мен конвергенция күйлерінің сәйкестелуі міндеттеледі, өйткені теңгерім бұзылуы қос көру сезінуін келтіреді. Көздің бұлшық еттік теңгерімінің динамикасын оқып білу, кернеулі көз жұмысы нәтижесінде пайда болатын ағза қажуын бақылауға мүмкіндік береді.

Көру өрісі жарықтылығының ұлғаю мөлшері бойынша торлық қауызының тым артық тітіркенуін болдырмау үшін, көз қарашығы диаметрінің кішіреюі болады. Адам еркі қатысуынсыз өтетін бұл реакцияны *қарашықтық рефлекс* деген атау қабылданған.

Қарашық ауданының тиімді мәндері өрнегіне ие бола отырып, жарықтықтың қарашық ауданының тиімді мәніне көбейтіндісі ретінде, торлық қауыздағы жарықталудың тиімді мәнін анықтауға болады. Осы көбейтіндіні Ле Гран *жарқыраулық деңгей* (*niveau lumineux*) деген атауды ұсынды. Ол мына формуламен $\varepsilon_{с.э.} = Bq_э$ табылады.

Көздің оптикалық ақаулары. Линзаның орталық және шалғайлық аймақтарына түсетін қатарлас сәулелердің бірдей сынбауы нәтижесінде, олар бір нүктеде тоғыстырылмайды. Бұл құбылыс *сфералық абберация* аталады. Сынатын беттердің сфералық кескіннен ауытқуы кезінде, сондай-ақ, бірнеше қисаю радиустарымен және түрлі сыну көрсеткіштермен қиыстырылған кезде, орталық сәулелер жақынырақ нүктеде қиылысқан кезде, *теріс сфералық абберация* («ережеге қарсы» сфералық абберация) пайда болуы мүмкін. Қатарлас сәулелер шоғырының бойлық қимасы ол сынғанынан соң оптикалық жүйенің *каустиктері* деп аталады.

Сфералық абберация өлшемі қызметін, сондай-ақ оптиканың жекеленген аймақтарының фокустары арасындағы оптикалық ось бойынша арақашықтардың үлкенірек айырымы атқара алады. Бір-бірінен көбірек алыстатылған фокустар

арасындағы бұл арақашықтық *бойлық абберация* аталып, фокустық қашықтықтардың байқалатын айырмашылықтарын түзетуді қамтамасыз ететін линзаның оптикалық күшімен өлшенілуі қабылданған.

Көздің торлық қауызындағы оптикалық бейнелердің жетілмеуінің екінші себебі көздік орталарда жарық дисперсиямен анықталатын *хроматтық абберация* болады.

Жеткіліктісіз оптикалық бейненің үшінші себебі болатын *қарашықтағы дифракция* болады.

Пигменттік эпителий қабатының құрамында күңгірт пигмент – бейне аймағында тор жарықталуы өсуі мөлшері бойынша сәулесезгіш жасушаларға бағытталып ығысатын фусцин бар. Фусцин, сәулесезгіш жасушалар арасындағы кеңістікті толтыра отырып, торға түсетін ағын бөлігін сіңіреді, сонысымен таяқшаларды және құтыларды үлкен жарықтылықпен сәулелендіретін тым артық қоздырудан сақтайды.

Көру жүйкесінің бір талшығымен қызмет етілетін, жалпы жағдайда құрамында бірнеше сәулесезгіш жасушалары бар торлар телімдері *рецепторлық өріс* деп аталады. Рецепторлық өрістердің ауқымдары торлық қауыздың ортаңғы бөлімінде шағынырақ және оның шалғайына қарай өседі.

Шектерінде, бақылаушы көрудің тіркелген осі кезінде көре алатын, кеңістікті *көру өрісі* деген атау қабылданған.

Күңгірт реңде жарқыл нәрселер ауқымдарының көрулік ұлғаюы және жарқыраулық реңде күңгірт нәрселер ауқымдарының кішіреюі құбылыстарын *иррадиация* деген атау қабылданған.

Биотоктар. Тірі ағза жасушалары тобында электрлік үдерістердің пайда болуын бірінші болып байқаған, жануарлар ағзаларындағы электр құбылыстарын зерттеген итальяндық ғалым Л. Гальвани (1737–1798) болды. Гальвани тәжірибелері тірі ағза жасушалары тобында, бұлшық еттік пен жүйкелік талшықтар реакциясын анықтайтын, потенциалдар айырымы болатынын көрсетті.

Орыс физиологы В. Ю. Чаговц (1873–1941), американдық физиолог Д. Лёбба (1864–1924) және неміс физигі В. Нернст (1864–1941) жұмыстары биоэлектрлік потенциалдар пайда

болуының себебі, тірі ағзадағы заттар алмасуы үдерістерімен қалыптасатын иондар шоғыры екенін анықтады. Қоздырудың иондық теориясын, сезу мүшелерінде, бөліктікте көру үдерістерін талдауда өтетін үдерістерде алғаш қолданған академик П. П. Лазеров (1878–1942) жұмыстарында қорытындыланды.

Бақылаушы жарқ етуді алғаш (нақтылы ықтималдықпен) байқай алатын кездегі токтың басталу шекарасына кері шама *электрлік фосфен* деп аталып, *көру анализаторының электрлік сезгіштігін* анықтайды. Күңгірттік және жарқыраулық адаптация жағдайларында электрлік фосфенді зерттеу электрлік сезгіштің күңгірттікте төмендеуін және жарық кезінде артуын көрсетеді.

Бақылау сұрақтары

1. Аккомодация дегеніміз не?
2. Редукцияланған көз атауына анықтама беріңіз.
3. Айқын көрудің жақын нүктесі қалай анықталады?
4. Айқын көрудің алыс нүктесі қалай анықталады?
5. Аккомодация тереңдігі (ұзындығы) анықталатын формуланы анықтаңыз.
6. Оптималдық арақашықтық шамасы неге тең болады?
7. Конвергенция не үшін қажет?
8. Дивергенция не үшін қажет?
9. Бұлшық еттік теңгерімқандай қызмет атқарады?
10. Қарашықтық рефлекс пайда болуы жағдайы қандай?
11. Жарық деңгейі қандай шамада болады?
12. Абберация (сфералық, бойлық және хроматтық) қалай пайда болады?
13. Каустиктер қандай сәулелерде болады?
14. Фусциннің атқаратын қызметі қандай?
15. Рецепторлық өріс дегеніміз не?
16. Көру өрісінің шама мөлшері қандай?
17. Иррадиация деп қандай құбылыстарды айтады?
18. Биотоктар жарық әсерінен пайда бола ма?
19. Электрлік фосфен деген қандай шама?

4. ОРНЫҚҚАН ЖӘНЕ ОРНЫҚПАҒАН КӨРУ ҮДЕРІСТЕРІ

4.1. Көру үдерісінің сипаттамалары

Көру талдағышының сезгіштігі. Көрінетін сәулеленудің көру талдағышына әсері нәтижесінде адамда пайда болатын көру сезінулері, сәулеленудің жарықтылығы мен түстілігі жайлы, жарықты шығаратын және шағылтатын денелер пішімі жайлы, олардың қозғалысы мен өзара орналасуы жайлы сөз етуге мүмкіндік береді. Көру талдағышы қызметтерінің үлкен мөлшері оның жұмысына әртүрлі көзқараспен жақындауға мәжбүр етеді. Түрлі спектрлік құрамды сәлеленуді көрудегі адам қабілетін сөз ету үшін, көру талдағышының түрлі толқын ұзындықтарының біртекті сәулеленулеріне сезгіштігін бағалау қажет. Кез келген қабылдағыштың спектрлік сезгіштігі соның санында адамның күрделі көру талдағышы бар, біртекті ағындардың: тиімді және сәулелік қатынасымен анықталады. Бұл қатынастың шамасы тиімді ағын бірлігін таңдауға тәуелді. МЕСТ 7932-56 стандартына үйлестіріліп жарық ағанының бірлігі ретінде люмен (*лм*) қабылдай отырып, толқын ұзындығы λ=0,555 *мк* біртекті сәулелену үшін, 683 *лм·вт*$^{-1}$-ке тең спектрлік сезгіштікті аламыз. Көру талдағышының спектрлік сезгіштіктің бұл шартты мәні ең үлкен болады, өйткені теңқарқындылықты сәулелену спектрінің телімі λ=0,555 *мк* толқын ұзындығы аймағында ең үлкен жарқынды иеленеді.

g_λ=0,555 сандық мәнінің шарттылығы салдарынан ең үлкен қызығуды көру анализаторының салыстырмалы спектрлік сезгіштігі береді, бұл бірдей жарқынды қамтамасыз ететін, екі біртекті сәулеленудің сәулелік жарықтылықтарының қатынасымен:

$$K(\lambda) = \frac{B_{\lambda=0,555}}{B_\lambda}, \qquad (4.1)$$

анықталады.

(4.1) формуласымен анықталатын бұл шарт, көру талдағышының спектрлік сезгіштігін өлшейтін барлық әдістердің негізіне жатады.

Жарықтылықтың басталу шекарасын (жарқыраулық басталу шекарасын), жарықтылығы іс жүзінде нөлге тең реңде жеткілікті ықтималдықпен алғаш рет байқалуы мүмкіндігін қамтамасыздандыратын жарқыраулық дақтың ең аз жарқылдығы деп санау қабылданған. Көру талдағышының абсолютті жарқыраулық сезгіштігін өлшеу, *абсолюттік жарқыраулық басталу шекарасы* деп аталған, бұрыштық ауқымы $\alpha \geq 50^0$ дақтың басталу шекарасы жарықтылығын өлшеуді келтіреді. Бұрыштық ауқымы $\alpha \leq 15'$ нүктелік сәуле шығарғыштың жарқыраулық басталуы шекарасын *қарашықтық басталу шекаралық жарықталуы* деп атау қабылданған, бұл, жарықтылығы нөлге жақын реңде жеткілікті ықтималдықпен алғаш рет байқалатын нүктелік жарық көзімен жасалады. Бақылаушы қарашығының басталу шекарасының жарықталуын жарықтың нүктелік көзінің *басталу шекарасының жарқылы* деген атау қабылданған.

Көру талдағышының қабілеттілігін сипаттау үшін, жарықтылық бойынша көру өрісінің екі телімін ажыратуға, бақылаушының көру өрісінің екі араласқан телімдері жарықтылықтарының ең аз айырымымен анықталатын, жеткілікті (берілген) ықтималдығы бар жарықтылықтар теңсіздігін байқауды оптикалық түйісуі жағдайларында қамтамасыз ететін, *жарықтылық айырымының басталу шекарасы* деген түсінігі енгізіледі. Жарықтылық айырымының басталуы шекарасының рең жарықтылығын қатынасын, байқаудың реңі бар зерзат *жарықтылығының басталу шекарасы қарсыластығы* деп атайды.

Бұрыштық ауқымы 50^0 дақтың басталу шекарасының қарсыластығын сандық түрде тең, жарықтылықтың ең аз басталу шекарасының қарсыластығына кері шаманы, *қарсыластылық сезгіштігі* деген атау қабылданған. Көру анализаторының жарықтылықтың аз айырмашылығын байқауға қабілеттілігін сипаттайтын қарсыластылық сезгіштігі $S_к = \frac{1}{\xi}$ формуласымен анықталады, мұндағы, ξ – берілген жарықтылық үшін қарсыластықтың ең кіші басталу шекарасы.

Нәрсенің және оның тетіктерінің пішімін көру талдағышының ажырату қабілеттілігі *ажырату өткірлігі* деп аталады.

Басталу шекаралары жағдайларында түстілікті көріп танып айыру қабілеттілігін *түсті сезіну басталу шекарасымен* сипаттау қабылданылған.

Көру өрісінің екі араласқан телімдерінің түстік реңдерін көріп ажыратудың қабілеттілігі, *түсті ажырату шекарасына (түстілік басталу шекарасына)* кері шамамен анықталатын, көру талдағышының *түсті ажыратулық сезгіштігімен* сипатталады.

Бинокулярлы түрде байқалатын, тең қашықтатылған екі нәрсенің дәл көру байқауын сипаттау үшін, *тереңдік (стереоскоптық) көру басталуы шекарасы* түсінігі пайдаланылады.

Көру талдағышы реакциясы жылдамдығын анықтау үшін, нәрсе мен оның тетіктері пішіндерін ажыратудың ең аз уақытына кері шамамен анықталатын *ажыратылу тездігі* жайлы түсінік енгізілді.

Барлық саналған сипаттамалар көру талдағышы әрекетінің негізгі қызметін бағалауға арналған, осы себептен оларды жиі *көрудің негізгі функциялары* деп атайды.

Сәулелену сезінуге түрлендіретін элементарлық актілердің соңғы ұзақтығын *көру талдағышының екпін күші* анықтайды. Сәулелеу әсері басталуынан көру сезінуінің пайда болуы мезетіне дейінгі уақыт аралығының ұзақтығы – *латенттік периоды* – көру талдағышының қоздыру деңгейіне, яғни, көзге әсер ететін сәулелену жарықтылығына тәуелді.

Көру талдағышының шалғайында және орталығында сезгіштікті өзгерту, оның қоздырудың бір деңгейінен басқасына өтуі үдерісі *адаптация* деген атау қабылданған.

B_a жарықтығының бірмәнділікпен сәйкестелуімен және онымен келтірілген S_a жарқынымен анықталатын, қоздыру мен сезіну деңгейлері арасындағы тұрақты арақатынас, көру үдерісі тұрақталған соң қалыптасады. Бұдан шығатыны, B_a адаптация жарықтығының сәйкестелуімен және онымен келтірілген S_a жарқынымен сипатталатын, *орнықталған көру үдерісі*, өтпелі

үдерістердің барлық үш әртүрліліктерінің толық аяқталуымен анықталады.

Көру басталуы шекараларын өлшеу әдістері. Өлшенетін параметрдің дискреттік түрі, басталу шекараны *анықтаудың статистикалық әдістерін* пайдаланған кезде ғана бола алады. *Тест-зерзаттарды* байқау немесе ажырату ықтималдығын анықтайтын, көру басталу шекарасын өлшеудің статистикалық әдістерінен басқа, тікелей өлшеу әдістерінің тобы бар.

Көру байқауының немесе ажыратуының ықтималдығын сандық сипаттау деп санау қабылданған, бұл бақылаушыға ұсынылатын тест-зерзатты немесе оның пішімін ажырату мүмкіндігі дәрежесін анықтайды. Ықтималдық *p, n* – зерзатты байқау немесе ажырату жағдайлары санының *N* – бақылаушыға ұсынылатын зерзатты ажырату немесе байқау әрекеттерінің жалпы санына қатынасына $p = \frac{n}{N}$ тең болады.

4.2. Спектрлік сезгіштік

Көру талдағышының спектрлік сезгіштігін өлшеу. (4.1) формуласымен үйлестіріліп, спектрлік сезгіштік жарқынымен салыстырумен анықталады. Құтылық құрылғының (күндізгі көру) спектрлік сезгіштігін өлшеу байқау адаптациясының жеткілікті жоғары жарықтылығы жағдайларында В≥10 *нт* және 2^0-тан аспайтын көру өрісі ауқымында жүргізіледі.

Таяқшалық құрылғының (түнгі көру) спектрлік сезгіштігін өлшеуді күңгірт адаптация жағдайларында В≤10 *нт* және көру өрісінің үлкен ауқымында $\alpha=30^0$, немесе тест-зерзаттың шалғайлық орналасуында жүргізген жөн. Бақылаушының көру өрісінің екі араласқан телімдері жарқынының мәндерін тікелей салыстыру (салыстыру өрістері) келесі үш:

а) Жарықтылық пен салыстырудың екі өрісінің бірінің тұрақтылы жағдайларында іске асырылатын *салыстырудың тұрақты өрісі тәсілімен*;

ә) *Кіші баспалдақтар тәсілімен* (мұнда салыстырушы біртекті сәулеленулердің толқын ұзындықтары бір-бірімен жеткілікті жақын етіліп іріктеледі);

б) *Жылтылдау тәсілімен* жүргізілуі мүмкін, мұнда бақылаушы жарқыны бойынша екі салыстратын салыстыру өрісін көреді.

Спектрлік сезгіштікті салыстыру үшін екі сәулеленудің жарқынын тікелей салыстыру тәсілінен басқа жанама тәсілдер де пайдаланылады. спектрлік сезгіштікті өлшеудің осындай жанама тәсілдері санына:

а) сәулелік басталу шекарасы әдісі;

ә) көру функциялары әдісі жататындар.

Құтылық және таяқшалық спектрлік сезгіштік. Құтылық спектрлік сезгіштіктің салыстырмалы мәндері, *біртекті сәулеленудің салыстырмалы көрінуі* аталып, 1924 жылы Жарықталу бойынша халықаралық комиссиямен (ЖБХК) қабылданды.

Таяқшалық пен құтылық сәулеқабылдаушы құралғылардың біріккен жұмыстары жағдайларында көру талдағышының спектрлік сезгіштігі (0,01 ≤

В ≤ 10 нт) әрбір құралғының сезгіштіктері жиынтығымен анықталады, яғни, таяқшалардың және құтылардың көру үдерісіндегі қатысуы үлестеріне тәуелді болады.

4.3. Абсолюттік сәулесезгіштік

Көру талдағышының жарқыраулық сезгіштігі оны қоздырудың деңгейіне тәуелді. *Абсолюттік* аталған ең үлкен жарқыраулық сезгіштікті, күңгірттікте ұзағырақ болғанынан кейінгі көру талдағышы иелінеді. Жақырауда болуы уақытында сезгіштік, басым түрде торлардың сәулесезгіштік жасушаларындағы фотореагенттер молекулары шоғырлануының төмендеуі нәтижесінде, көз қарашығы кішірейгенде, құрамында пигменттік эпителий жасушалары бар фусцин молекуларымен фотондар сіңірілуі артқанда азаяды, және де мұнымен көру үдерісінің бірінші фазасының кванттық өнімі төмендеуі байланысады.

Басталу шекарасы жарықтылығын өлшеу. Басталу шекарасы жарықтылығын, жарық дағының жарықтылығын және

бұрыштық ауқымын кең шектерде нұсқалауға мүмкіндік беретін, аспап – *адаптометр* көмегімен өлшеуге болады.

Сәулесезгіштікті анықтау, ережедегідей, тікелей басталу шекарасы пайда болуын өлшеумен іске асырылады. Бақылаушы, диафрагма верньерін баяу біркелкі айналдыра отырып, пішімі анықталмағын жарқыраулықтағы алғаш рет байқалатын көру өрісінің шалғайына байқау мезетінде дабыл береді. Сондай-ақ жоғалатын жарықтылықтың басталу шекарасын да өлшеуге болады. Жоғалу басталу шекарасы, әдетте, айқындау басталу шекарасынан біршама төмен. Статистикалық әдіс кезінде жарықтылықтың басталу шекарасын өлшеу, бақылаушыға ұсынылған басталу шекарасынан үлкен немесе кіші жарықтылығы бар дақтарды дүркін-дүркін көрсетеді. Бақылаушы оны көре ме, көрмей ме соған жауап берсе болғаны.

4.4. Қарсыластылықтық сезгіштік

Дақ (зерзат) пен рең жарықтылықтары айырымының рең жарықтылығына қатынасын *жарықтылықтық қарсыластылық* деп атау қабылданылған:

$$k = \frac{B_з - B_р}{B} = \frac{\Delta B}{B_р}, \qquad (4.2)$$

мұндағы $B_з$ және $B_р$ – зерзат пен рең жарықтылықтары;
ΔB – зерзат пен рең жарықтылықтарының айырымы.

(4.2) формуласынан шығатыны, оң қарсыластылықты реңнен жарқылдау зерзаттар иеленеді, ал терісті – реңнен күңгірттер. Реңмен бірдей түстегі зерзаттарды байқау шартын, келесі:

$$\Delta B \geq \Delta B_{б.ш.} \text{ немесе } k_{б.ш.} \geq k$$

теңсіздікпен жазуға болады, мұндағы $\Delta B_{б.ш.}$ және $k_{б.ш.}$ – жарықтылық пен жарықтылықтық қарсыластылық айырымының басталу шекарасының мәндері.

$\Delta B_{б.ш.}$ өлшеу әдістемесі. Өлшеуде үлкен қателіктер болмауы үшін ΔB шамасын өлшеу жанама әдістермен іске асырылады. Біршама шама өлшенетіндіктен, бәрінен жиі, салыстыру

өрістерінің (тест-зерзаттың) бірінің айнымалы жарықтылығын бірмәнді анықтайтын механикалық шама өлшеніледі.

Тест-зерзат жарықтылығын өрістелген тәсілмен өзгерту, екісындыратын призма мен поляроид арқылы байқау кезінде, оны реңмен оптикалық үйлестіруге негізделген.

Тест-зерзаттың реңмен қарсыластығын тест-зерзаттың орташа жарықтылығы реттелуі әдісімен өзгерту әдетте айналатын диск көмегімен іске асырылады, мұның жазықтығында дискінікінен гөрі басқаша шағылту коэффициентке ие сектор бар.

Басталу шекарасының өсімшелері әдісінде тікелей өлшеуге көнбейтін, кез келген қабылдағыш сәулеленуінің реакциясын, нөлден берілген оның мәніне дейінгі тиімді шамамен өлшенетін басталу шекарасы өсімшелері санымен бағалау қабылданған. Осы әдіске сай жарқын тиімді жарықтылықпен анықталады. Екі түрлі жарқылды сәулеленудің жарқындарын тікелей салыстыруға негізделген Р. Гопкинсон әдісі де бар.

4.5. Пішіндік және арақашықтық ажыратылу

Ажырату өткірлігі және оны өлшеу. Нәрсені көріп танып білу кезінде бақылаушы нәрсені реңге қатысты ғана көріп қоя салмай, сондай-ақ оның пішінін де ажыратады. Зерзат пішімін анықтау оның тетіктерін ажыратумен байланысқан. Көру анализаторының майда тетіктерді ажырату қабілеттілігі шешілетін бұрышпен және осы бұрышқа кері шама – *ажырату өткірлігімен* сипатталады. Көру талдағышы өткірірек ажыратуға тордың орталық ойығында ие болады.

Бинокуляр көз (екі көзбен бірдей көру қабілеті), басқаша айтқанда, *стереоскоптық көз*, байқалушы нәрсенің контуры бойынша ғана емес, сондай-ақ, оның тетіктерінің бедері жайлы да сөз етуге мүмкіндік береді, сөйтіп толығырақ, оны қабылдауды қамтамасыз етеді. Нәрсе пішінін контуры бойынша ғана емес, сондай-ақ оның тетіктері бойынша да ажыратын қабілеттілік стереоскоптық көрудің сипаттық қасиеті болады. Стереоскоптық көру байқау зерзаттарының арақашықтығын және ауқымдарын бағалауды жүргізуге мүмкіндік береді, яғни ол үшөлшемді болады.

4.6. Түстілік сезгіштік

Түстілік көрудің үшқұрауыштық теориясына сәйкестендіріліп, көру талдағышының жарыққабылдаушы құралғысының құтыларында үш әртүрлі: қызылсезінушілік (қ-рецепторлар), жасылсезінушілік (ж-рецепторлар) және көксезінушілік (к-рецепторлар) бар.

Көру жүйкесінің қжк-талшықтарындағы импульстер жиіліктерінің түрлі арақатынастары нәтижесінде пайда болатын сезінулерді *түстілік сезінулері* деп атаймыз. Көру түрінде бағалатын сәулелену жарықтылығының күндізгі көріну жағдайларында бірмәнді анықталатын жарқын – көру сезінуінің сандық деңгейі барлық үш *қжк*-рецептордың әсері токтарының жиіліктері қосындысымен сипатталады. Көру анализаторының жалпы деңгейін қоздырумен анықталатын көру сезінуінің кешенін және үш оның *қжк*-рецепторлардың қоздыру деңгейлері арақатынасын *түсті сезіну* деген атау қабылданған. Түсті сезінуді шартты түрде екі құрастырушыға сандыққа – жарққынға және сапалыққа – түстілік сезінуге бөлуге болады. Спектрлік құрам ажыратылуы нәтижесінде пайда болатын, орташа көздің үш қабылдағышының реакция деңгейлері арақатынасы ажыратылуымен анықталатын, сәулеленудің сандық сипаттамасын *түстілік* деген атау қабылданған.

Қазіргі *колориметрия* – түстердің сандық өрнектеу және олардың өлшеулері жайлы ғылым негізіне түсті сезінудің сапалық пен сандық құраушыларына бөлінеді.

4.7. Көру адаптациясы

Адаптациялық үдеріс. Жарқыраулық сезгіштіктің көру талдағыш деңгейінен тәуелділігі оның қоздыру деңгейін немесе оның *қжк*-рецепторларының қоздыру деңгейлері арақатынасын өзгерткен кезде өтпелі адаптаулық үдерістер пайда болуын келтіреді.

Көру адаптациясы деп қабылданған адам ағзасының жарықтылықтың түрлі деңгейлеріне немесе көру өрісінің түрлі-түстілігіне бейімделуін айтады.

Көру адапциясы түсінігін, жарқын мен жарықтылық арасында, сондай-ақ түстіліктің сезінуі мен оның колориметрлік мәні арасында қалыптасқан сәйкестілік жағдайларындағы көру талдағышының күйі жайлы сөз ете отырып, адаптациялық үдерістің қорытындылаушы фазасына жатқызады. Адаптацияның осы түсінігінде жарқынның толық нақтылы қалыптасқан мәніне сәйкес келетін *адаптация жарықтылығы* жайлы, сондай-ақ көру өрісінің түстілігі сезінуінің қалыптасқан мәндерін бірмәнді анықтайтын *адаптация түстілігі* жайлы айту қабылданған. Адаптацияны бақылаушы көзі өрісінің жарықтылығы немесе түстілігі өзгеруімен келтірілген үдеріс ретінде қарастыра отырып, оны көру талдағышының сезгіштігімен анықталатын сезінудің сапалық критерийінің, немесе түстілік қанығуымен немесе үндестілігімен анықталатын сезінудің сапалық критерийінің уақыт ішінде өзгеруі функциясымен сипаттау қабылданған.

Көру талдағышының қоздырылуы жағдайлары өзгеруінің сипаттамаларына тәуелділікте оның адаптациясы жарықтылықтық немесе түстілік бола алады.

Жарықтылықтық адаптация көру өрісі жарықтылығының, және де бейне аймағындағы тор жарықталуының лезде өзгеруі нәтижесінде пайда болады. Жарықтылықтық адаптациясының бөліктік жағдайлары болатындар мыналар:

а) *күңгірттік адаптация, адаптация алдындағы жарықтылық* аталатын біршама мәннен $B_{\text{а.а.}}$-дан, адапция жарықтылығының нөлдік мәні $B_{\text{а}}$ = 0-ға дейін, көру өрісі жарықтылығының лездік кішіреюі кезінде пайда болады.

б) *жарқыраулық адапциялау* – $B_{\text{а.а.}}$ = 0-ден біршама соңғы мәнге дейін $B_{\text{а}}$ ұлғайған кезде пайда болады.

Түстілік адапция жарықтылығы өзгермеген кезде көру өрісінің түстілігі өзгеруі нәтижесінде пайда болады. Сол уақытта жарықтылық жарқын мен жарықтылық сәйкестелмеуімен сипатталады, түстілік адаптация үшін түстілік сезінуі мен оның колориметрлік мәні арасында сәйкессіздік сипат алады. Ақ түске алдындағы адаптациясынан соң, кез келген түстік реңнің қаныққан түстеріне түстілік адаптация, сезінудің түстік қанығуының біртіндеп төмендеуін келтіреді.

Күңгірттік адаптация көру талдағышының шалғайлық та, орталықтық та үзбелері сияқты сезгіштігі өзгеруі нәтижесінде пайда болатын үдеріс. Көру талдағышының абсолюттік жарқыраулық сезгіштігі іс жүзінде қалыптасуына сәйкес келетін, күңгірттік адаптация үдерісінің бітуі, 1,5–2 *сағат* аралығында болады.

Жарқыраулық адаптация қараңғыда ұзақ болғанынан соң, B_a берілген жарықтылыққа бейімделу үдерісіндегі көру талдағышының жарқыраулық сезгіштігі өзгеруімен сипатталады. Күңгірттік адаптацияға қарама-қарсы жарқыраулық фотореагенттер молекулаларының шоғырлануы төмендеуі, қарашық диаметрі кішіреюі және фусцин молекулаларымен сіңірілген сәлелену үлесі артуы нәтижесінде жарқыраулық сезгіштік төмендеуімен сипатталады.

4.8. Көру инерциясы

Көру талдағышының екпін күші. Кез келген жүйенің өзі болатын жағдайдағы күйін сақтау қасиетін инерция деп санау қабылданған, яғни, сыртқы ортамен біршама кешігуімен әсерлесетін қасиет. Осымен сәйкестеліпп *көру инерциясы* көру талдағышының зерттелетін уақыт мезетінде әсерлесетін сәлеленудің ғана емес, сондай-ақ, алдыңғысының да реакциясымен анықталады. Көру инерциясы адаптациядан ерекшеленіп көру үдерісінің барлық кезеңдерінің соңғы ұзақтығы нәтижесінде тұрақты жарықтылық сәулеленуі жарқылының біртіндеп өсуімен, сондай-ақ, алдыңғы қоздыру ыдырауы иондары әерінің кейінгісмен анықталады. Иондар ыдырауын біртіндеп пайдалану, сәулелену әсері тоқтағанынан соң, жарқынның біртіндеп азаюын келтіреді.

Көру талдағышына сәулелену әсері тоқтаған соң, уақытпен жарқынның сөну жүрісін *көру инерциясының функциясы* деп, ал сөну үдерісінің ұзақтығын – *көру инерциясының уақыты* деген атау қабылданған. Көру талдағышында биологиялық тұрғыдан екпін күші болуы орынды, өйткені, ол көзге әсер ететін сәулелену тербелісі бәсеңделуін қабілеттендіреді және осымен көру үдерісінің тұрақтылығын қамтамасыздандырады.

Тиімді жарықтықтық орнықталмаған көру үдерісінің қайсыбір фазасы жарқынының лездік мәнін бірмәнді анықтай отырып, жарқынмен ерекшеленеді.

Нүктелік сәуле шығарғыштың тиімді жалтырағы Q_τ және *байқау зерзатының реңмен тиімді қарсыластығы* W_τ деген түсініктері енгізілген. Бұл шамалар, орнықтамаған көру үдерісінің жағдайларындағы тиімді жарықтылық сияқты, лездік болады. Көз қарашығының уақыт бойынша айнымалы жарықталуы бар нүктелік сәуле шығарғыштың тиімді жалтырағын, зерттелуші сезінудің лездің мәнімен тепе-тең көру сезінуімен жасалған, қарашықтағы уақыт бойынша тұрақты жарықталу деп, әрбір зерттелуші уақыт мезетінде, санау қабылданған. Тиімді жалтырақ түсінігі, сондай-ақ, қысқа уақыттық жарқ етуді бағалауға да қолайлы. Берілген жағдайда бұл түсініктің қолайлылығы жарқ етудің аз ұзақтығы τ көру сезінуінің толық қалыптасуын қамтамасыз ете алмайды, өйткені $Q_\tau < Q_\infty$.

Байқау зерзатының реңмен тиімді қарсыластығын, байқау зерзаты мен орнықтамаған көру үдерісінің әрбір берілген мезеттегі реңнің тиімді жарықтылықтарының қатынасы ретінде:

$$W(\tau) = \frac{N_з(\tau) - N_p(\tau)}{N_p(\tau)}$$ анықтауға болады,

мұндағы $W(\tau)$ – тиімді қарсыластықтың функциясы;

$N_з(\tau)$ мен $N_p(\tau)$ – байқау зерзатының және реңнің тиімді жарықтылықтарының функциялары.

Берілген уақыт аралығымен оқтын-оқтын қайталанатын уақытша жарқ етулер – *жарқылдар* немесе *жарқылдық оттар* деп аталады. Жылтыл қарқындылығы нүктелік оттар үшін жалтырақпен және соңғы ауқымдар оттары үшін жарықтылықпен анықталады. Қарапайым жағдайда бақылаушы қарашығында, әсердің τ толық уақыты ағымында жасалған жарықталу тұрақты болады. Іс жүзіндегі жағдайларда жылтыл қарқындығы уақытпен өзгере алады. Жылтылдың толық периодының уақыты τ жарқ ету мен t қараю ұзақтықтарының

қосындысымен анықталады. Жарқ ету жиілігі жылтылдың толық периоды уақытының кері шамасымен анықталады. Қараю ұзақтығының толық периоды уақытына қатынасы *жылтылдар ұңғымалығы* аталады.

Алғаш рет жеткілікті сенімділікпен тұтасып қабылдануын қамтамасыздандыратын жылтылдардың ең кіші жиілігі, *жылтылдау дағдарысының жиілігі* деп қабылданылған. Яғни, жылтылдау дағдарысының жиілігі жылтылдардың бөлектелген мен тұтасқан қабылдауы арасындағы шекаралық жиілік болады.

Берілген үш қалған параметр кезінде байқаудың немесе ажыратудың қажет ықтималдығын қамтамасыз ететін, байқау уақытына кері шаманы байқау тездігі немесе ажырату тездігі деген атау қабылданған.

4.9. Көру индукциясы

Индуктивтік көру үдерістері. Көру талдағышының қандай да бір телімін қоздыру, сәулешығарғышқа әсер ететін бейне тікелей кескінделетін (тікелей әсер) тордың қозған теліміне ғана емес, сондай-ақ, солармен араласқан телімдерге де (жанама әсер) реакцияны келтіреді. Көру мүшесіне сәулеленудің мұнда жанама әсерін *көру инерциясы* деген атау қабылданған.

Көру индукциясын келтіретін сәулелену *индукциялаушы*, ал көру сезінуі индукция әсерінен өзгеретін тест-зерзат сәулеленуі – *реттеуші* деп аталады. Эксперименттер нәтижелерінің көрсететіні, индукциялаушы сәулелену көру сезінуін әлсірете де, күшейте де алады. Бірінші жағдайда көру индукциясын – *оң*, екіншісінде – *теріс* деп санау қабылданған.

Жарқырайтын денелердің көрінуі қалыптасқан деңгейін, өздерімен бақылаушы қарашығында жасататын өте артық жарықталуы, немесе олардың адаптация жарықтылығымен салыстырғанда ерекше жарықтылы нәтижесінде өзгерту қасиетін *жалтырақтық* деген атау қабылданған.

Жарқылдықтың теріс индуктивті әсері нәтижесінде көру анализаторы сезгіштігінің төмендеуін *соқырлық* деген атау қабылданылған. Жалтырақтықтың индуктивтік әсерін сандық бағалау, бақылаушының көру өрісінде жалтырақтық көзінің қатысуы немесе қатыспауы кезіндегі, жарықтылық

айырымдарының басталу шекараларының қатынастарымен анықтау қабылданған. Бұл қатынас, бірге тең немесе одан үлкен болып, *соқырлық коэффициенті* деп аталады: $S = \frac{\Delta B_S}{\Delta B}$.

Көру өрісінде жалтырақтық көзі пайда болған кезде зерзаттардың көрінуі мынадай нәтижелерде төмендейді:

а) бақылаушы көзі қарашығының диаметрі кішіреюі, осыдан көру өрісінің өзгермеген жарықтылығы кезінде тор жарықталуы азаяды;

ә) көз орталарында жалтырақ шығуы көзінің жарық ағынының шашырауы, осыдан, зерзаттың реңмен қарсыластығының тиімді мәнін төмендететін, боямалайтын жарқылаулық жамылғы пайда болады;

б) тест-зерзат әсері және жалтырақ шығу көзі әсері аймағында жүйке жасушалары қоздыруы деңгейлерінің шапшаң ажыратылуы нәтижесінде пайда болатын көру анализаторының орталықтық және шалғайлық үзбелерінің индуктивтік әсерлесуі.

ЖХК тоғызыншы сессиясы 1935 жылы *баламалық боямалайтын жарықтылықты* ескеруге негізделген, соқырлайтын әсерді сандық бағалау әдісін ұсынды. Л. Холлэдей ұсынған бұл әдіс, жалтырақтықтың зерттелуші көзінің соқырлайтын әсері есебінен тест-зерзаттың басталу шекаралық қарсыластығы артуын, реңге және байқау зерзатына біркелкі тарайтын боямалайтын жамылғының жарықтылығымен тест-зерзаттың қарсыластығын азайтуын эквиваленттік салыстыруға негізделген. Л. Холлэдей эквиваленттік боямалайтын жарықтылық деп реңге және байқау зерзатына біркелкі салынған, зерзаттың реңмен басталу шекаралық қарсыластығын жалтырақтықтың көру өрісінде пайда болатындай рет ұлғайтатын жарықтылық деп санауды ұсынды.

Жарықтың индуктивтік әсерлері тобына қара реңде сұр тест-зерзаттың жарықтануы және сол зерзаттың айқын ақ реңде қараюы құбылыстарын да жатқызуға болады. Араласқан өрістердің жарқын ажыратылуының осындай индуктивтік ұлғаюын *индуктивтік жарқындық қарсыластылық* деп атау қабылданған.

Көру өрісінің араласқан телімдері түрлі-түсті болған жағдайларда, олардың түстілігінің өзара индуктивтік өзгеруі жүреді. Араласқан өрістер сезінуінің индуктивтік өзгеруі құбылысын *индуктивтік түстілік қарсыластылық* деп атау қабылданған.

4.10. Көру жабдықталмауы және шаршауы

Ыңғайсыз және кернеулік сезімдермен сипатталатын ұнамсыз сезінулерді *көру жабдықталмауы* деген атау қабылданған. Басым түрде жарықталушы кеңістікте жарықтылықтың шапшаң ажыратылуы болуы нәтижесінде пайда болатын көру жабдықталмауы назар аударып қадағалауды азайтады, сөйтіп жарықталудың жабдықталмаған жағдайларында адам ұзақ болған кезде шаршау артуын келтіреді. Көру жұмысымен байланысқан, адамның өндірістік қызметі нәтижесінде пайда болатын шартты *түрде көру шаршауы* деген атау қабылданған.

Белсенділіктер: тор қауызындағы, көз бұлшық еттеріндегі және көру анализаторының орталық үзбесіндегі төмендеуі нәтижесінде көру жабдықталмауы пайда бола алады. Көру жабдықталмауы, шаршау жағдайларындағы көру жұмыстарын орындауға қажет, ағза кернеулігін арттыру ретінде де бола алады.

Бақылау сұрақтары

1. Көру үдерісінің сипаттамаларын атап көрсетіңіз.
2. Басталу шекарасындағы жарықтылық (жарықтың басталу шекарасы) қалай анықталады?
3. Абсолюттік жарық басталу шекарасы дегеніміз не?
4. Қарашықтың басталу шекарасының жарықталынуы неге байланысты?
5. Басталу шекарасы жарқылын қалай анықтайды?
6. Жарықтылықтың басталу шекарасының айырымына анықтама беріңіз.
7. Жарықтылықтың басталу шекарасының қарсыластылығын формуланы жазыңыз.

8. Ажыратылу өткірлігі дегеніміз не?

9. Түстік сезіну басталуы шекарасын қалай табады?

10. Түстік ажыратылуға (түстілік басталуы шекарасына) түстік ажыратулық сезгіштік дегеніміз не?

11. Терең (стереоскоптық) көрудің басталуы шекарасы деп нені айтады?

12. Латенттік периодқа анықтама беріңіз.

13. Спектрлік сезгіштік дегеніміз не?

14. Абсолюттік жарық сезгіштікті қалай анықтайды?

15. Қарсыластылықтық сезгіштік дегеніміз не?

16. Жарықтылықтық қарсыластылық дегеніміз не?

17. Пішіндік және арақашықтық ажыратылуларға анықтама беріңіз.

18. Бинокуляр көз, басқаша айтқанда, стереоскоптық көруді сипаттаңыз.

19. Түстілік сезгіштікті қалай анықтайды?

20. Түстілікті және түсті сезіну дегеніміз не?

21. Көру адаптациясының (жарықтылықтық және түстілік) пайда болу себептері қандай?

22. Жарықтылықтық адаптациясы (күңгірттік және сәулелік) неге байланысты?

23. Көру инерциясы неге байланысты?

24. Көрулік инерцияның функциясы және уақытын айқындайтын формуланы жазыңыз.

25. Тиімді жарықтылық не үшін керек?

26. Тиімді жалтырақ не үшін керек?

27. Реңді байқау зерзатының тиімді қарсыластылығы дегеніміз не?

28. Жылтылдар немесе жалтылдау оттары дегеніміз не?

29. Жалтылдар тығыз еместігінің себептерін түсіндіріңіз;

30. Жылтылдаудың дағдарыстық жиілігін қалай табамыз?

31. Байқау тезділігі немесе ажырату тезділігі дегеніміз не?

32. Индукцияланатын және әсерлесетін сәулелену дегеніміз не?

33. Теріс және оң индукция дегендерді қалай анықтаймыз?

34. Жалтырақтық формуласын жазыңыз.

35. Соқырлық дегеніміз не?

36. Соқырлық коэффициентін анықтайтын формула қандай?

37. Индуктивтік жарқындық қарсыластылық қандай жағдайда болады?

38. Индуктивтік түстілік қарсыластылық қандай жағдайда болады?

39. Көру жабдықталмауы дегеніміз не?

40. Көру қажуы қандай жағдайда болады?

5. ЖАРЫҚ АҒЫНЫНЫҢ ТАРАЛУЫ, БЕТТІК ҚАБАТЫНЫҢ ТЫҒЫЗДЫҒЫ ЖӘНЕ ҚАЗІРГІ ЭЛЕКТРЛІК ШАМДАР

5.1. Жарық ағынының кеңістікік таралуы. Жарық күші

Сәулеленудің шынайы көзінің жарық ағынының қоршаған кеңістікте таралуы біркелкі емес. Сондықтан қоршаған кеңістікте түрлі бағыттар бойынша сәулелену таралуы бірмезгілде анықталмаған жағдайда, жарық ағыны жарық көзінің жеткілікті сипаттамасы бола алмайды.

Сәулелену көздерінің жарық ағынының таралуын сипаттау үшін жарық көзін қоршаған кеңістіктің түрлі бағыттарындағы жарық ағынының кеңістіктік тығыздығы түсінігі қолданылады. Біркелкі таралған жарық ағынының кеңістіктік тығыздығын *жарық күші* деген атау қабылданған. Жарық күші жарық ағынының $d\Phi$ денелік бұрышқа dω қатынасымен анықталады. Берілген бағыттағы *энергетикалық жарық күші* деп, бір стерадианға (денелік бұрыш бірлігі) келетін сәулелену ағыны түсіріледі. Жарық күші энергетикалық бірлікте:

$$\mathrm{I}_э = \frac{d\Phi}{d\omega}. \qquad (5.1)$$

Денелік бұрыштың ω үлкен немесе кіші шегінде біркелкі таралған жарық ағынын Φ_ω іс жүзінде көп жағдайда *орташа жарық күші* дейді, яғни сәулелік бірлікте

$$\mathrm{I} = \frac{\Phi_\omega}{\omega}. \qquad (5.2)$$

Денелік бұрыш ω сфера бетінен қиылған S ауданының осы сферадағы *r* радиус шаршысына қатынасымен өлшенеді:

$$\omega = \frac{S}{r^2}. \qquad (5.3)$$

Энергетикалық бірлік ваттпен өлшенген жарық күшінің стерадианға қатынасымен өрнектеледі [Вт/ср]. Денелік бұрыш

бірлігі *стерадиан* (ср). 1967 жылы 13-і шешуші конференциядағы шаралармен жарық күшінің бірлігі *кандела* деп қабылданылған (1 кд = 1 $лм \cdot ср^{-1}$). Кандела платина қатаюы кезінде ауданы 1 : 600 000 $м^2$ қара дене бетінің элементімен тік бағыттта шығарылатын жарық күші ретінде анықталады.

Жарық күшінің жарық көзі немесе шамдал түрінде кеңістікке таралуы кесте немесе график түрінде беріледі. Тек жеке жағдайларда ғана жарық күшінің таралуы математикалық теңдеумен беріледі.

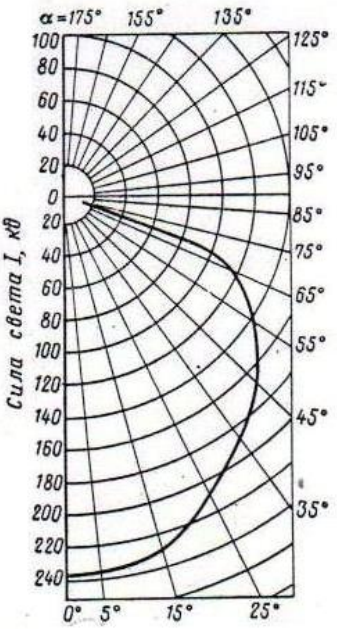
Радиус-векторлар шеттеріне геометриялық орын ұсынатын тұйықталған бетпен шектелген кеңістік бөлігі сәуле шығарушының *фотометрлік денесі* деп аталады.

Әдетте фотометрлік дене жарық көзі осіне қатысты симметриялы, сонан да айналу дене ретінде қабылданыла алады. *Симметриялық сәуле шығарғыштар* аталынған мұндай сәулешығарғыштар үшін, жарық күші таралуын, фотометрлік денені сәулешығарғыш осі арқылы өтетін кез келген жазықтықтың қиып өтуі нәтижесінде алынған, *жарық күші таралуының бойлық қисығымен* көрсетуге болады.

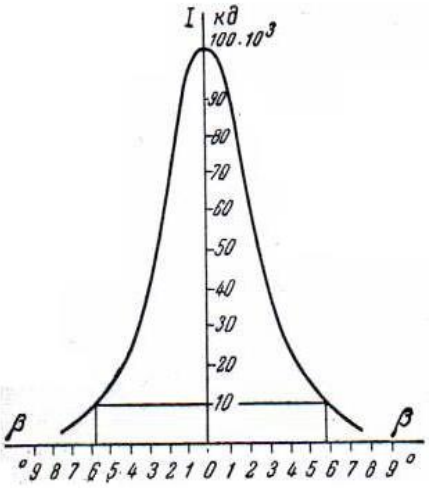
Жарық күштерінің таралуын көрсететін бойлық қисықтар полярлық жүйе координатасында тұрғызылады. Тор аралары 10^0-тан болатын тік түзулерден құралады (5, 15 және әрі қарай 175°-ке дейінгі бұрыштармен, *5.1-сурет*). Жарық күштерінің мәндері масштаб түрінде әр түзуге түсіріліп, содан пайда болған нүктелерді жатық қисық арқылы қосады. Мұндай қисықтарды қолдану үшін жарық күштерінің масштабымен таңдалған концентрлі шеңберден тор құрайды.

Сәулешығарғыштың фотометрлік денесінде симметрия осі болмаған жағдайда, оны жарық көзінің осі арқылы жазықтықтармен қималау жарық күші таралуының түрлі бойлық қисықтарын беретін болады. Яғни, мұндай симметриялы емес сәулешығарғыштар деп аталатын сәулешығарғыштардың жарық күшінің таралуын сипаттау үшін, бір-бірінен нақтылы φ бұрышқа салыстырмалы түрде ығысқан жазықтықтар үшін жарық күші таралуының бойлық қисықтарының сыбайластығын тұрғызу қажет.

Егер сәуле шығарушының жарық ағыны денелік бұрышының аз денелік бұрыш шегінде шоғырланса (прожекторлар, сәуледабылы аспаптары), онда жарық күшінің қисығын тіктөртбұрышты координата жүйесінде тұрғызған ыңғайлы. Ордината осіне аспаптың оптикалық осінің бағыты қабылданады және оған канделамен өлшенген жарық күшінің мәндері қойылады; аспаптың оптикалық осі мен жарық күшін өлшеу бағытының арасындағы α бұрышы абсцисса осіне сәйкес мәндерімен қойылады (*5.2-сурет*).



5.1-сурет. Симметриялық сәулешығарушының жарық күшін үйлестіруші бойлық қисығы



5.2-сурет. Жарық күшінің төртбұрышты координаталарда үйлестірілген қисығы

Жарық беретін техника тәжірибесінде жарық күшінің берілген таралуы бойынша сәулешығарғыштың жарық ағынын есептеу мәселесінің пайда болуы сирек емес. Жарық күші таралуы осіне қатысты бойлық қисық берілген болсын.

Кеңістіктің түрлі бағыттары бойынша симметрия осімен α бұрышын құрайтын жарық күшін I_α арқылы белгілейміз.

Шегінде жарық күшін өзгермейді деп қарастыратын элементарлық dω денелік бұрышты табамыз. Осы мақсатта координат бастауынан радиусы r шеңбер жүргізіледі. Элементарлық жазық бұрыш dα осы шеңберде доғаны ойып алады.

$$dl = rd\alpha.$$

Шеңберді dα симметриясы осінің айналасында айналдырған кезде кеңстікте, координат бастауында төбесі бар жұқа қабырғалы құйғыны еске түсіретін түр бойынша, dω денелік бұрышты ойып алады. Денелік бұрыштың шамасы өзі сүйенетін шарлық белдеу ауданының радиустың квадратына қатынасына тең

$$d\omega = \frac{2\pi r' dl}{r^2} = \frac{2\pi r \sin\alpha r d\alpha}{r^2} = 2\pi \sin\alpha d\alpha.$$

dα элементарлық бұрышының шектерінде жарық күші тұрақты және I_α-ға тең делініп, dω денелік бұрышының шектерінде тарайтын dФ жарық ағынын жазамыз, ол тең:

$$d\Phi = I_\alpha d\omega = 2\pi I_\alpha \sin\alpha d\alpha\,.$$

Осы өрнек α = 0 ден α = π ға дейін интегралданып қосынды жарық ағыны анықталады

$$\Phi = 2\pi \int_0^\pi I_\alpha \sin\alpha d\alpha. \qquad (5.4)$$

Әдетте $I_\alpha = f(\alpha)$ функциясын математикалық теңдеу түрінде өрнектеу мүмкін емес, және сондықтан да, интегралдауды шеткі аймақтарда тарайтын жарық ағындарын қосындылаумен айырбастағуға тура келеді.

Жалпы жарық ағыны Ф аймақтық ағындардың қосындысына тең. Әдетте, симметриялы шырақтардың жарық ағынын есептеу кезінде, шырақты қоршаған барлық кеңістікті

18 аймаққа бөледі, олардың шекараларының шырақ симметриясы осімен түзетін бұрыштары 0, 10, 20^0 және тағы басқалар. Жарық күші аймақтардың әрбірінің ортасы үшін алынады, яғни сәйкестелген бағыттар үшін 5, 15, 25^0 және басқалар.

Аймақтық жарық ағындарын анықтауды жеңілдету үшін ондықты градустық аймақтар үшін алдын ала есептелген денелік бұрыштар қолданылады.

Егер жарық күші ондықты градустық аймақ шегінде тұрақты болып санала алмаса, онда жарық көзінің жарық ағыны есептелген кезде кіші ауқымдар (мысалы, 5 арқылы немесе $2{,}5^0$ арқылы) аймақтарын алған жөн және олар үшін (5.4) теңдеуі бойынша денелік бұрыштар мәндері есептеледі. Мұның қажеттілігі, мысалы айналы шырақтардың немесе прожекторлардың жарық ағындарын есептеуде кездеседі.

Егер жарық көзі оське қатысты жарық күшінің симметриялы емес таралуына ие болса, онда әр аймақтың жарық ағынын анықтау үшін, түрлі бойлық жазықтықтардағы жарық күшінің мәндерінен арифметикалық орташаны алған жөн және ол сәйкес келетін денелік бұрыш шамасына көбейтіледі.

ЖАРЫҚ АҒЫНЫНЫҢ БЕТТІК ҚАБАТЫНЫҢ ТЫҒЫЗДЫҒЫ

5.2. Жарықталу және жарқырау

Қандай да бір беттің жарықтандыру мөлшерін бағалау үшін, *жарықталу* түсінігін қолданады, яғни бетке түсетін жарық ағынының осы беттің ауданына қатынасы.

Жарықталу түсінігі нақты беттерге (үстелдің жазығы, өңделетін бөлшектің беті), және де басқа бір шартты бетке қатысты болып келеді. Мысалы, тәжірибеде жарықталуды есептегенде, еденнен 0,8 м биіктіктегі көлденең жазықтықтың жарықталу түсінігін пайдаланады (шартты жұмыс беті).

Берілген нүктедегі элементтің беттік элементінің жарықталуы қарастырылатын бетке түсетін $d\Phi$ жарық ағынының берілген нүктесі бар, беттің элемент ауданына

dS қатынасымен анықталады, бұл энергетикалық жарықталу, Вт/м^2:

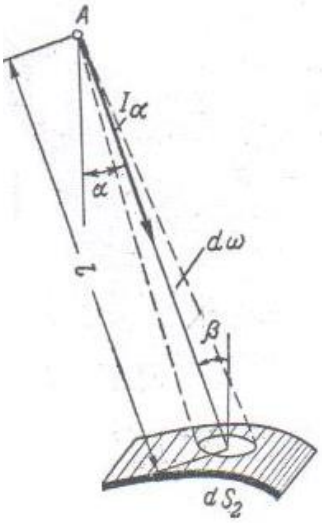
$$E_э = d\Phi / dS_2 . \qquad (5.5)$$

Шектік өлшем беттер үшін

$$E = \Phi / S_2 \qquad (5.6)$$

қатынасы *беттің орташа* немесе *сәулелік жарықталуын* сипаттайды.

Жарықталудың өлшем бірлігі люкс (лк) (латын сөзі Lux – күн жарығы, жарықталу). Люкс 1 лм (1 лк =1 $лм \cdot м^{-2}$) жарық ағыны ауданы 1 м^2 бетіне бірдей таратылып жарықталуына тең. Фот (грек сөзі phos, ілік септікте photos – сәуле), жарықталудың өлшем бірлігі, белгіленуі ф. 1 ф = 10^4 люкс.



5.3-сурет. Жарықталу мен жарық күшінің арасындағы қатынасты анықтау

1 люкстегі жарықталу қоршаудағы жағдайда тек бейімделуге ғана мүмкіндік береді, бірақ майда тетіктерді ажыратуды талап ететін жұмысты орындауға мүмкіндік

бермейді. Әкімшілік-кеңселік бөлмелерде жұмыстың қажет жағдайларын жасау үшін, мысалы, 300 лк жарықталу керек.

Жарықталу мен жарық күші бетіне дейінгі қашықтыққа қатысты нүкте деп есептеуге болады көздің жарық күшін қарастырайық.

Жарықталатын бетке дейінгі қашықтықтыққа қатысы бойынша нүктелік ретінде қарастырылатын жарық көзінің жарық күші мен жарықталу арасы қалай байланысатынын қарастырамыз.

А көзімен жарықталатын беттің dS_2 элементін қарастырайық (*5.3-сурет*).

I_α арқылы беттің dS_2 элементіне бағытталатын А көзінің жарық күшін белгілейік. l – олардың арасындағы қашықтық; β – нормаль мен беттің элементі және жарық күші бағыты арасындағы бұрыш; $d\omega$ – элемент dS_2-ге тірелетін, төбесі А нүктесі болып келетін денелік бұрыш.

$d\omega$ элементарлық денелік бұрыштың өлшемі мынаған тең:

$$d\omega = \frac{dS_2 \cos\beta}{l^2}. \qquad (5.7)$$

Яғни, беттің dS_2 элементіне түсетін жарық ағыны:

$$d\Phi = \mathrm{I}d\omega = \frac{\mathrm{I}dS_2 \cos\beta}{l^2}.$$

Бет элементінің берілген А нүктесіндегі жарықталу

$$\mathrm{E} = \frac{d\Phi}{dS_2} = \frac{\mathrm{I}\cos\beta}{l^2}. \qquad (5.8)$$

Алынған қатынастан екі қорытынды шығады:

1) нүктелік көзден пайда болған бет элементінің жарықталуы қарастырылатын нүктеге қатысты жарық күшіне пропорционал және жарық көзінен осы нүктеге дейінгі қашықтықтың квадратына кері пропорционал;

2) жарықталу жарықталатын бетіне түсетін жарықтың бұрыш косинусына жарықталу пропорционал.

Егер жарық күші канделамен, ал қашықтық метрмен өлшенсе, онда жарықталудың сандық мәні люкспен белгіленеді.

Бет арқылы өтетін немесе шағылатын жарық ағыны бет элементінің жарық ағын сәулесінің осы элементтің ауданына dS_1 қатынасымен сипатталады. Бұл өлшем энергетикалық жарқырау деп аталады және М әрпімен белгіленеді:

$$M = \frac{d\Phi}{dS}. \tag{5.9}$$

Бетке түсетін жарық ағынының беттік тығыздығын сипаттайтын жарықталуға қарағанда жарқырау жарқырайтын беттің сәулеленетін жарық ағынының тығыздығын анықтайды.

Шектік өлшеу беттер үшін

$$M = \frac{\Phi}{S} \tag{5.10}$$

қатынасы беттің орташа немесе сәулелік жарқырауын сипаттайды.

Сәулелік жарқыраудың өлшем бірлігі ретінде жарқырайтын беттің метр квадратына люмен ($лм \cdot м^{-2}$), яғни 1м^2 ауданы бар жазық беттің бір қалыпты (бір бағытта) 1 лм жарық ағыны сәулеленеді; энергетикалық жарқырау – Вт/м^2.

Егер толығымен шағылатын немесе жарық ағынын өткізетін беттер болса, онда жарқырау жарықталуға тең болатын еді. Тәжірибеде барлық беттер оларға түсетін жарық ағынының бір бөлігін ғана шағылтады немесе өткізеді. Егер шағылатын ағынды ρ әрпімен белгілесек (шағылу коэффициентін), онда

$$M = \rho E. \tag{5.11}$$

Дене арқылы өтетін жарық ағыны үлесін τ әрпімен (өткізу коэффициентін) белгілеп, ұқсас өрнек аламыз

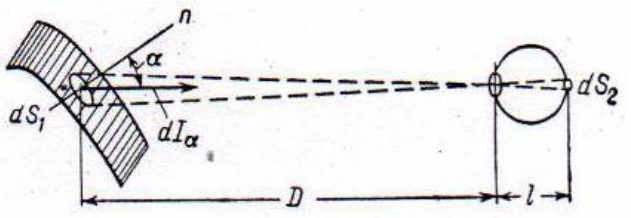
$$M = \tau E. \tag{5.12}$$

5.3. Жарықтылық

Жоғарыдай жарықты сезілу деңгейі жарық ағынының тығыздығына тәуелді (жарықталу), (5.10) теңдеуден (сәулелік жарықтылық)

$$\mathrm{E}_c = \tau \frac{d\Phi_{зр}}{dS_2} \qquad (5.13)$$

мұндағы, $d\Phi_{зр}$ – көзге түсетін бет элементінің жарық ағыны; dS_2 – көзге түсетін dS_1 бетінің бейне элементінің ауданы (*5.4-сурет*); τ – көзде жарық ағынының сіңірілуін есептегендегі коэффициент.



5.4-сурет. Беттің жарықтылығын анықтау

dS_1 элемент бетінен көзге түсетін жарық ағыны $d\mathrm{E}_{зр}$ жарықталу және оның ауданы $S_{зр}$ арқылы белгіленеді:

$$d\Phi_{зр} = d\mathrm{E}_{зр} S_{зр}\,.$$

Сонымен қатар (5.12) теңдеуден жарықталу жарқырайтын беттің $d\mathrm{E}_{зр}$ нормаліне α бұрышымен түсетін жарық күшімен және dS_1 беттен көзге дейінгі қашықтықпен өрнектеулі мүмкін.

Онда көзге түсетін жарық ағынының теңдеуі:

$$d\Phi_{зр} = \frac{d\mathrm{I}_\alpha}{D^2} S_{зр}\,,$$

(5.13) теңдеуге қойсақ:

$$\mathrm{E}_c = \frac{\tau d\mathrm{I}_\alpha S_{зр}}{D^2 dS_2}, \qquad (5.14)$$

әрі қарай қарастырсақ $\frac{dS_1 \cos\alpha}{dS_2} = \frac{D^2}{l^2}$, мұндағы $\boldsymbol{l}$ – көзден жарықталатын элементтің бейнесіне дейінгі қашықтық:

$$\mathrm{E}_c = \frac{\tau\ S_{зр}}{l^2} \frac{d\mathrm{I}_\alpha}{dS_1 \cos\alpha} = c \frac{d\mathrm{I}_\alpha}{dS_1 \cos_\alpha}, \qquad (5.15)$$

мұндағы $c = \frac{\tau\ S_{зр}}{l^2}$ – тұрақты шама (көздің өзгермейтін ауданы).

Сонымен жарықты сезіну деңгейін анықтайтын көздің жарықталуы

$$L_\alpha = \frac{d\mathrm{I}_\alpha}{dS_1 \cos_\alpha}. \qquad (5.16)$$

Бұл шаманы жарық күшінің бір бағытта dS_1 элемент бетінің сәуле шығаратын $d\mathrm{I}_\alpha$ жарық күшінің $dS_1 \cos\alpha$ сол бағытта тік келетін жазықтыққа түсетін беттің кескін ауданына қатынасын айтады. Оны S_1 бетінің А нүктесіндегі жарықтылық дейді.

Жарқырайтын шектік өлшем беттер үшін *орташа жарықтылық* ұғымын енгізуге болады:

$$L_\alpha = \frac{\mathrm{I}_\alpha}{S_1 \cos_\alpha}, \qquad (5.17)$$

мұндағы I_α – жарық күші, берілген бағыт бойынша S_1 бетінен сәуле шығарады.

Жарықтылық өлшем бірлігі канделаның шаршы метрге қатынасы $(кд \cdot м^{-2})$, энергетикалық бірлікте Вт/ср·м$^{-2}$.

5.4. Денелердің сәулелік қасиеттері

Денеге түсетін жарық ағынының бір бөлігі сіңіріледі, бір бөлігі шағылады. Мөлдір денеде сіңірілу мен шағылу қатар өткізулері де бар. Жарық ағынының сіңіру, шағылу, өткізу мөлшеріне сәйкес коэффициентпен есептеледі.

ρ *шағылу коэффициенті* денеден шағылған Φ_ρ жарық ағынының, оған түскен Φ жарық ағынына қатынасына тең:

$$\rho = \frac{\Phi_\rho}{\Phi}.$$

α *сіңірілу коэффициенті* денеге сіңірілген Φ_α жарық ағынының, оған түскен Ф жарық ағынына қатынасына тең:

$$\alpha = \frac{\Phi_\alpha}{\Phi}.$$

τ *өткізу коэффициенті* денеден өткен Φ_τ жарық ағынының, оған түскен Ф жарық ағынына қатынасына тең:

$$\tau = \frac{\Phi_\tau}{\Phi}.$$

Энергия сақталуы заңы бойынша:

$$\Phi = \Phi_\rho + \Phi_\alpha + \Phi_\tau.$$

Осы теңдеудің барлық мүшелерін Ф-ке бөлсек алатынымыз:

$$\rho + \tau + \alpha = 1.$$

Көптеген беттерде жарық ағыны әртүрлі шағылады, яғни шағылу коэффициенті әрбір толқындарға бірдей емес.

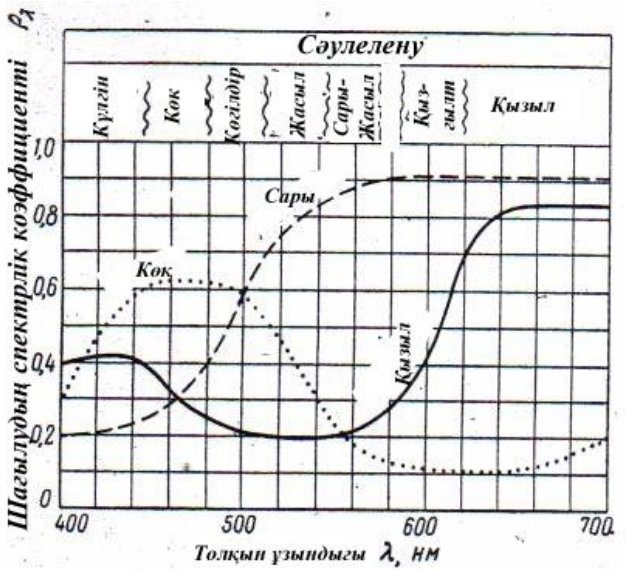
Толқынның берілген ұзындығы кезінде беттің шағылу коэффициентін сипаттау үшін шағылудың спектрлік коэффициенті ұғымын қолданамыз. Шағылудың спектрлік

коэффициенті ρ_λ денеден шағылған монохроматты жарық ағынның $(\Phi_\lambda)_\rho$, оған түскен Φ_λ монохромдық ағынға қатынасына тең:

$$\rho_\lambda = (\Phi_\lambda)_\rho / \Phi_\lambda . \qquad (5.18)$$

Мұндай беттерден шағылуы кезінде жарық ағынының спектрлік құрамы өзгереді. Сондықтан мұндай беттердің түсі оған түсетін жарық ағынының спектрлік құрамына және де ρ(λ) функциямен сипатталатын, ұзындығы әртүрлі толқындар үшін шағылу қасиетіне тәуелді.

5.5-суретте кейбір түстер үшін шағылудың спектрлік коэффициентінің қисықтары ρ (λ) келтірілген. Көретініміз, осы түсті беттердің бәрінде спектрдің түсі бойынша сай келетін облысында шағылудың ең үлкен спектрлік коэффициентіне ие.



5.5-сурет. Кейбір түстер толқын ұзындығы үшін шағылудың спектрлік коэффициенттері

Түсетін жарықтың спектрлік құрамы мен шағылудың спектрлік коэффициентінің толқын ұзындығынан тәуелділігін біле отырып, жарық ағынының шағылғанының түсетініне қатынасы деп қарастырылатын, таңдамалы түрде шағылтатын бетінің *шағылуының интегралдық коэффициентін* есептеуге болады:

$$\rho = \frac{\Phi_\rho}{\Phi} = \frac{\int_0^\infty \varphi_\lambda V(\lambda)\rho_\lambda d\lambda}{\int_0^\infty \varphi_\lambda V(\lambda) d\lambda}. \qquad (5.19)$$

Іс жүзінде шағылудың интегралдық коэффициенті, шағылған және түсетін жарық ағындарының спектрлік құрамын сипаттайтын қисықтар үшін, 10 немесе 20 нм арқылы алынған ординаталар қосындыларының қатынасы есептеледі.

Жарықтанатын денелер, сондай-ақ, көптеген жағдайда сәулені таңдамалы түрде өткізеді. Жарықтанатын материалдардың спектрлік сипаттамасы қызметін *өткізудің спектрлік коэффициенті* τ_λ атқарады, бұл өзімен дене арқылы өтетін монохроматтық жарық ағынының (Φ_λ), оған түсетін монохроматтыққа ағынға Φ_λ қатынасын көрсетеді:

$$\tau_\lambda = \frac{(\Phi_\lambda)_\tau}{\Phi_\lambda}. \qquad (5.20)$$

Таңдамалы түрде сәулеленуді өткізетін, жарықтанатын материалдардың шағылуының интегралдық коэффициенті, денеден өтетін қосынды жарық ағынының түсетін жарық ағынына қатынасы ретінде анықталады:

$$\tau = \frac{\Phi_\lambda}{\Phi} = \frac{\int_0^\infty \varphi_\lambda V(\lambda)\tau_\lambda d\lambda}{\int_0^\infty \varphi_\lambda V(\lambda) d\lambda}. \qquad (5.21)$$

(5.20) және (5.21) теңдеулерінен шығатыны, шағылу мен өткізу коэффициенттері денеден шағылатын және дене арқылы өтетін жарық ағынының үлесін тек сандық түрде ғана анықтайды, бірақ мұнда бұл ағындардың кеңістікте таралуы сипатталмайды.

Кеңістікте шағылған немесе өткізілген жарық ағынының сипаты бойынша келесіні ажыратуға болады:

1) шағылудың немесе өткізудің бағытын;

2) шағылудың немесе өткізудің қашықтығын (диффузиялық);

3) шағылудың немесе өткізудің бағыты шашыраңқы.

Жазық беттен бағытты (айналы түрде) шағылу кезінде денелік бұрыштың өлшемі өзгермейді (*5.6, а-сурет*). Бағытталған (немесе айналық) шағылу белгілі физикалық заңдарға бағынады:

1. Шағылған сәуле түскен сәулемен бір жазықтықта орналасады және түскен нүктеде шағылу бетіне тік.

2. Шағылу бұрышы түсу бұрышына тең.

Біркелкіліксіз ауқымдары түсетін сәулеленудің толқын ұзындығымен салыстырғанда кіші болатын тегіс беттерден бағытталған немесе айналық шағылу байқалады (жылтыратылған металл, шыны айнасы). Мұндай беттер тек шағылған сәуле бағытында ғана жарықтылыққа ие болады, қалған бағыттардың барлығында беттің жарықтылығы нөлге тең.

Сондай-ақ, *бағытталған өткізу* кезінде, өз шегінде өткен жарық ағыны таралатын денелік бұрыштың шамасы да өзгермей қала береді. Бағытталған өткізуге ие денелер мөлдір деп аталады. Мөлдір дене (мөлдір шыны) арқылы біз оның арғы жағындағы нәрселердің келбетін көре аламыз.

Жазық беттен *шашыраған (диффузиялық) шағылу* мен *өткізу* жағдайында, өз шегінде таралатын денемен шағылған немесе өткізілген жарық ағыны таралатын денелік бұрыш 2π-ге тең. Жартысфера шектерінде жарық біркелкі таралады, нәтижесінде беттің жарықтылығы барлық бағытта бірдей (*5.6, ә-сурет).*

Барлық бағытта бірдей жарқырайтын жазық бет үшін дұрыс арақатынас:

$$L_\alpha = \frac{I_\alpha}{S_1 \cos\alpha} = \frac{I_0}{S_1} = const,$$

осыдан

$$I_\alpha = I_0 \cos\alpha. \qquad (5.22)$$

Сонан да, барлық бағытта бірдей жарқырайтын жазық бет, қоршаған кеңістікте сәулені *косинус заңы* бойынша таратады.

Косинус заңы бойынша сәуле таратын беттің фотометрлік денесі өзімен осы бетке жанама шарды көрсетеді. Яғни, бетпен таралатын жарық ағыны

$\Phi = 2\pi \int_0^\pi I_\alpha \sin\alpha d\alpha$ өрнегіне сай келетін теңдеумен өрнектеле алады:

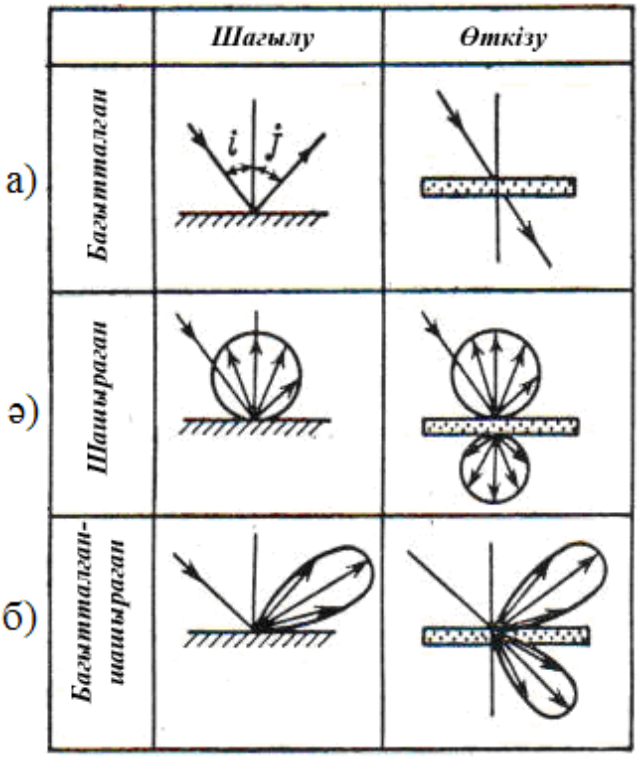
$$\Phi = 2\pi I_0 \int_0^{\pi/2} \cos\alpha \sin\alpha d\alpha = \pi I_0, \qquad (5.23)$$

мұндағы I_0 – бетке нормаль бойынша жарық күші.

Біркелкіліксіз ауқымдары түсетін сәулеленудің толқын ұзындығынан әлдеқайда асып кететін беттер шашыраған немесе диффузиялық шағылуды иеленеді (гипс, желімдік бояу). Жарықты диффузиялы түрде өткізетін материалдарға, құрамында көлемдік шашырайтын жарықты жасайтын басқаша сыну көрсеткіші бар зат бөлшектері болатын сүт шынылары жатады.

Табиғатта өте жақсы айналы түрде немесе диффузиялы түрде жарықты шағылтатын (өткізетін) материалдар жоқ. Шынайы материалдарда шағылудың немесе өткізудің екі әртүрлілігінің де бірмезгілде болуы байқалады (*5.6, б-сурет*).

Бағытталған-шашыраулық шағылу кезінде (желінген металл беттері) жарық ағыны басым түрде айналық шағылу бағытына жанасатын бағыттарда шағылады; *бағытталған-шашыраулық өткізу* жағдайында (күңгірттелген шынылар) және арқылы өткен жарық ағыны басым түрде түсетін сәуле бағытына жақын бағыттарда тарайды.



5.6-сурет. Жарық ағынының әртүрлі шағылуы мен өткізуі

Шағылу немесе өткізу кезінде түрлі бағыттарда бет жарықтығының (жарықтылық) таралуын сипаттау үшін, берілген бағыттағы жарықтылықтың L_α бірге тең шағылу коэффициентіне ие онымен бірдей жарықталған диффузиялық беттің L_0 жарықтылығына қатынасы шамасын пайдалану қабылданған. Бұл шама *жарықтылық коэффициенті* деп аталады және β_α әрпімен белгіленеді:

$$\beta_\alpha = \frac{L_\alpha}{L_0}. \qquad (5.24)$$

L_0-ді S бетке нормаль бойынша жарық күшімен ауыстырып, (5.24) теңдеуін мына түрде қайта жазуға болады:

$$L_\alpha = \beta_\alpha L_0 = \beta_\alpha \frac{I_0}{S}.$$

(5.23) теңдеуі негізінде, соңғы алатынымыз:

$$L_\alpha = \beta_\alpha \frac{\Phi}{\pi S} = \frac{\beta_\alpha E}{\pi}. \qquad (5.25)$$

Айқындылығы сол, диффузиялы түрде шағылтатын беттер үшін $\beta = \rho$, ал диффузиялы түрде өткізетін беттер үшін $\beta = \tau$ және де, яғни (5.7) және (5.8) теңдеулерімен үйлескенде

$$L = M / \pi, \qquad (5.26)$$

мұндағы M – диффузиялы түрде шағылатын (өткізетін) беттің жарқырауы, лм/м^2.

5.5. Жылулық сәулелену теориясы

Сәуле шығаратын дене молекулаларының (толқындық немесе айналымдық) және атомдарының жылулық қозғалысы нәтижесінде пайда болатын, барлық сәулеленуді *жылулық сәулелену* деген түсінік қабылданған. Мұндағы сәуле шығаратын денеде жылулық күйдің өзгеруінен басқа ешқандай өзгеріс болмайды, ал шығарылатын энергияның мөлшері берілетін жылу мөлшеріне сай өзгереді.

Сәуле шығаратын дененің температурасы артқан сайын зарядталған бөлшектердің қозғалуы энергиясы ұлғаяды, бұған себеп болатын сәуле шығаратын дененің сәулелік ағынының өсуі. Дене температурасының артуы, сондай-ақ, кванттың орташа шамасы өсуімен, яғни сәулеленудің спектрлік құрамы өзгеруімен бірге жүреді.

Көрінетін сәулеленулер қозғалушы бөлшектердің кинетикалық энергиясының тек үлкен мәндерінде ғана, яғни сәуле шығаратын дененің жоғары температурасында ғана пайда болады.

Жылулық сәулелену заңдары толқын ұзындығына тәуелсіз өзіне түсетін барлық сәулеленуді сіңіретін қабілеттілікке ие *толық сәулешығарғышқа* (қара денеге) қолдануда тереңірек зерттелген.

Сәулеленудің Кирхгоф (Кирхгоф Густав Роберт, неміс физигі,) *заңы –жылулық сәулелену* заңдарының бірі; кез келген дененің шығарушы және сіңіруші қабілеттіліктерінің қатынасы сондай температура кезіндегі абсолютті қара дененің шығарушы қабілеттілігіне тең; В. А. Михельсон (совет физигі және геофизик, актинометрия негізін қалаушылардың бірі), В. Вин (неміс физигі, өз есімімен аталған сәулелену мен ығысу заңдарын 1893 жылы қорытып шығарды; 1911 жылғы Нобель сыйлығының лауреаты) және М. Планк жасаған көптеген жылулық сәулелену үдерісінің зерттеулері, соңғысы квант энергиясы ұғымын енгізіп эксперименталды берілгенімен энергетикалық жарықтығының спектрлік тығыздығы, толқын ұзындығы мен толық сәулеленудің абсолютті температурасы арасындағы қатынаспен үйлестіріледі:

$$m_e(\lambda,T)_{n.u} = \frac{c_1}{\lambda^5}\frac{1}{e^{c_2/\lambda T}-1}, \qquad (5.27)$$

мұндағы $m_e(\lambda,T)_{n.u}$ – энергетикалық сәулелендірудің спектрлік тығыздығы, Вт$\cdot м^{-2}\cdot мкм^{-1}$; λ – толқын ұзындығы, мкм; Т – абсолюттік температура, К; е – натурал логарифмнің негізі.

Планк теңдеуіндегі (5.27) c_1 және c_2 тұрақтыларының мәндері:

$$c_1 = 2\pi hc = 3{,}74\cdot 10^8\, Вт\cdot м^{-2}\cdot мкм^4;$$

$$c_2 = \frac{hc}{k} = 1{,}43\cdot 10^4\, мкм\cdot К,$$

мұндағы h – Планк тұрақтысы; c – жарық жылдамдығы; k – Больцман тұрақтысы.

Толық сәулеленудің энергетикалық жарықтылықтың спектрлік тығыздығының қисығы әртүрлі абсолюттік температура мәні үшін Планк теңдеуі бойынша 5.7-суретте көрсетілген.



5.7-сурет. Әртүрлі температура үшін толық сәулеленудің энергетикалық жарықтылықтың спектрлік тығыздығының қисығы

Қисықтардан байқалатыны, толық сәулешығарғыш қыздыруының төменгі температураларында оның сәулеленуі толығымен инфрақызыл бөлікте жатады, температура артуының мөлшері бойынша сәулелену максимумы біртіндеп көрінетін сәулеленулер облысы жағына қарай ығысады.

Энергетикалық жарықтылықтың спектрлік тығыздығы қисығының ең үлкен болып орналасуын, теңдеуді λ бойынша дифференциалдап, бірінші туындыны нөлге теңестіру керек. Мұндай математикалық түрлену нәтижесінде алатынымыз:

$$\lambda_{макс} T = 2896 мкм \cdot К, \qquad (5.28)$$

мұндағы $\lambda_{макс}$ – сәуле ағынының спектрлік қарқындылығы қисығының ең үлкеніне сәйкес келетін толқын ұзындығы, *мкм*;

Т – абсолюттік температура, К.

Алынған теңдеу Виннің ығысу заңы деп аталады. Бұл кез келген абсолюттік температура үшін энергетикалық жарықтылықтың спектрлік тығыздығы қисығының ең үлкен болып орналасуын есептеуге мүмкіндік береді.

Толық сәулеленетін беттің сәуле ағынының сәулелену бірлігін анықтау үшін, 0-ден ∞ шектерінде (5.27) теңдеуін интегралдап, энергетикалық жарықтылықтың теңдеуін аламыз:

$$(M_e)_{n.u} = \int_0^\infty m_e(\lambda, T)d\lambda = c_1 \int_0^\infty \frac{\lambda^{-5}}{e^{\frac{c_2}{\lambda T}} - 1} d\lambda = \sigma T^4 , \qquad (5.29)$$

мұндағы $(M_e)_{n.u}$ – энергетикалық жарықтылық (толық сәулеленудің 1 м^2 бетінің сәуле ағыны), Вт·м$^{-2}$;

$$\sigma = 5{,}672 \cdot 10^{-8}\ \text{Вт} \cdot м^2 \cdot К^{-4} .$$

Бұл тәуелділік экспериментті түрде Стефан (Й. Стефан австрия физигі, заңды 1879 жылы ашты), теориясын Больцман (Л. Больцман австрия физигі, 1884 жылы заңның теориясын негіздеді) жасаған, сонан да Стефан – Больцман заңдылығы деп аталады.

Жоғарыдағы теңдеулер талдауынан келесі негізгі тұжырымдарға келеміз:

1. Толық сәулешығарушымен шығарылған сәулелік ағын, абсолюттік температура өскен сайын тез артады.

2. Толық сәулелендірудің температурасы артқан кезде энергетикалық жарықтаудың спектрлік тығыздығы қисығының ең үлкен мәні спектрдің қысқа толқындық бөлігі жағына қарай ығысады.

3. 4 700-ден 10 000 К аралығында абсолюттік температура өзгерген кезде энергетикалық жарқыраудың спектрлік тығыздығы қисығының ең үлкен мәні көрінерлік сәулеленулер аймағында жатады.

Жылулық сәулелену бағалау үшін, олармен туындайтын жарық сезінуі тұрғысынан қарағанда, сәулеленудің жалпы ағынында жарық ағынының үлесін анықтайтын *сәулелік*

тиімділік түсінігін пайдаланады. Сәулелік тиімділіктің математикалық өрнегін (5.29) және (5.30) теңдеулері негізінде төмендегідей күйде келтіреміз:

$$K = \frac{\Phi}{\Phi_e} = \frac{\int_0^\infty \varphi\lambda V(\lambda)d\lambda}{\int_0^\infty \varphi\lambda d\lambda} 100\%, \qquad (5.30)$$

мұндағы φ_λ – сәулелік ағынның спектрлік тығыздығы Вт/мкм; $V(\lambda)$ – салыстырмалы спектрлік сәулелік тиімділік.

Толық сәулешығарғыштың сәулелік тиімділігі температураға тәуелді. Зерттеу көрсеткендей, температураны арттырған кезде алдымен сәулелік тиімділіктің өсуі жүреді, бұл сәулелік ағынының спектрлік тығыздығы қисығы максимумының сәулеленудің көрінетін облысы жағына ығысуымен түсіндіріледі. Сәулелік тиімділіктің ең үлкен мәніне толық сәулеленудің шамамен 6 500 К температурасы кезінде жетеді; және де оның шамасы 14,5 %-ды құрайды. Әрі қарай температураны арттырғанда максимум спектрдің қысқа толқындық бөлігі жағына қарай ығысуын жалғайды және сәулелік тиімділік мәні азая бастайды.

Қазіргі шамдар қыздырылуы денесін жасауда қолданылатын шынайы сәулешығарғыштар 3600 К балқу температурасына ие (вольфрам), бұл сан мәндері 2–3 %-дан аспайтын олардың сәулелік тиімділігін шектейді.

Металдар сәулеленуін бағалау үшін *сәулеленудің спектрлік коэффициенті* түсінігі пайдаланылады, мұнымен дененің (металдың) энергетикалық жарқырауының спектрлік тығыздығының сондай температура мен толқын ұзындығы кезіндегі толық сәулеленудің энергетикалық жарқырауының спектрлік тығыздығына қатынасы түсіндіріледі:

$$\varepsilon(\lambda,T) = \frac{m_e(\lambda,T)}{m_e(\lambda,T)n.u.}, \qquad (5.31)$$

мұндағы $m_e(\lambda, T)$ – берілген металдың энергетикалық жарқырауының спектрлік тығыздығы.

Зерттеулердің көрсеткені, көптеген металдар сәулеленудің талғамдық қабілеттілігіне ие, яғни олардың сәулеленуінің спектрлік коэффициенті бірден кіші, толқын ұзындығының және температураның функциясы болады.

Барлық металдарға температура өсуімен сәулеленудің спектрлік коэффициентінің өсуі және сәулелену талғамдығының кемуі тән. Температураның өте жоғары (балқу температурасына да жақын) мәндерінде сәулелену спектр бойынша толық сәулешығарғыштың сәулеленуіне жақындайды.

Вольфрам сәулеленуінің спектрлік коэффициентінің сәулеленудің толқын ұзындығынан тәуелділігінің қисықтары 300, 2 000 және 3 000 К температуралары үшін алынады. Барлық температуралар үшін сәулеленудің спектрлік коэффициенті сәулеленудің толқын ұзындығы ұзаруымен кішірейеді. Температура артуы мөлшері бойынша вольфрам сәулеленуінің талғамдығы төмендейді, бұл қисықтар жүрісінің жайпағырақтығымен сипатталады, ал сәулеленудің өзі толық сәулешығарғыштың сәулеленуіне жақындайды.

Шынайы денемен шығарылатын жарық ағынын анықтау үшін, *сәулеленудің толық коэффициенті* түсінігі енгізіледі, бұл температурасы бірдей берілген дене мен толық сәулешығарғыштың энергетикалық жарқырауларының қатынасымен анықталады:

$$\varepsilon(T) = \frac{M_e}{(M_e)_{п.и.}}, \qquad (5.32)$$

мұндағы M_e – сәуле шығарушы дененің энергетикалық жарқырауы (ауданы 1 м^2 сәуле шығарушы дененің бетінен шығатын сәулелік ағын), Вт·м$^{-2}$.

Металдар үшін сәулелену коэффициентінің мәнін анықтайтын эмпирикалық теңдеу

$$\varepsilon(T) = (1 - e^{-\beta T}), \quad (5.33)$$

мұндағы T – температура, К.

(5.33) теңдеуіндегі коэффициент β металл тегіне тәуелді. Мысалы, коэффициент β вольфрам үшін $1{,}47 \cdot 10^{-4}$-ке, тантал үшін $1{,}31 \cdot 10^{-4}$-ке, молибден үшін $1{,}18 \cdot 10^{-4}$ К$^{-1}$-ге тең.

Сәулеленудің спектрлік пен толық коэффициенттерінің түсініктері, (5.31) мен (5.33) теңдеулерін пайдалана отырып, сәулелік ағынның спектрлік тығыздығын және кез келген жылулық сәулешығарғышпен шығарылатын толық сәулелік ағынды есептеуге мүмкіндік береді.

Жарық көздері қыздыруы денесін жасауға жарайтын металдардың арасынан ең үлкен қызуды көрсететін вольфрам – ең баяу балқитын металл балқу температурасы 3 660 К, бұдан созу жолымен жіптің кез келген қажет диаметрін алуға болады.

Толық сәулешығарғыштың және T = 2 450 К температурасы үшін вольфрамдық жібі бар қыздыру шамының энергетикалық жарқырауларының спектрлік тығыздықтарының қисықтары алынған. Алынған қисықтардан көрінетіні, берілген температура кезіндегі вольфрам сәулеленуі толық сәулешығарғыштың сәулеленуінен кіші екендігі, бірақ оның сәулеленуі қисығының максимумы көрінетін сәулеленулер облысы жағына қарай ығысқан, бұл сәулеленудің спектрлік коэффициенті қисығының $\varepsilon(\lambda,T)$ спектрдің көрінетін бөлігінде өсуін қалыптастырады. Бұл ерекшелік вольфрамның ерекше құнды қасиеті болады, осы себептен оның сәулелік тиімділігі балқу температурасы кіші барлық температуралар үшін, толық сәулешығарғыштың сәулелік тиімділігінен жоғары.

5.6. Қазіргі қыздыру шамдарының құрылысы

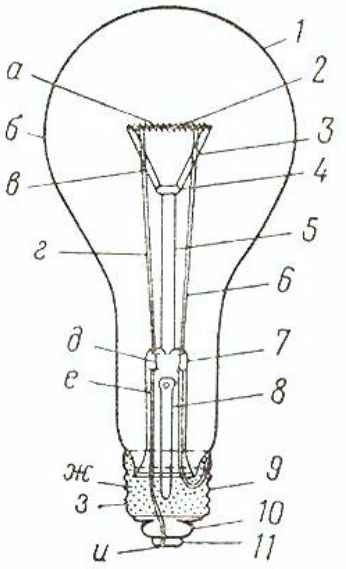
Жарық беретін техниканың түрлі облыстарында электрлік қыздыру шамдары кең қолданылады. Қыздыру шамдары – өндірістің жаппай көпшілік бұйымдарының бірі, бұлар кернеу, қуат және орындалуы бойынша ажыратылады.

Қазіргі таңда ең көп тараған жалпы тағайындаудағы қыздырудың электрлік шамдары, олар ғимаратты, және оның сыртқы айналасын жарықтандыруға арналады (МЕСТ 2239-85).

Бұл шамның сыртқы пішіні *5.8-суретте* көрсетілген. Шамның шыны құтысы (1), диаметрі оның шамның қуатымен анықталады, электр желісіне шамды қосу үшін белгіленген жерге, арнайы тұғырға (9) мастикамен бекітіледі. Құтының ішінде шамның аяқшалары орналасқан, олар шыны штабиктен (5) тұрады, ол штабик төмен жағында (7) қалыңдалынып құтыға бекітіледі.

Штабиктің жоғарғы бөлігінде ілмек (3) дәнекерленген онда спираль (2) түріндегі қыздыру шамына орнатылады. Қыздырылатын тұғырға дейін электродтар (6) жүреді, ол қыздырылатын денеге токты өткізуге арналады, жарықтандырушы шамның тұғырында орама тәрізді ойықтар болады, ол шамды патронға бекітуге арналады.

Шамның қыздыру денесі ретінде сым тәрізді вольфрам қолданылады. Қыздыру денесінің концентрлі болуы үшін, қатысты шығындауды азайту үшін вольфрам сымын шиыршық тәрізді тұйықталмаған күйінде шам осіне тік орнатады. Әрі қарай қыздыру шамының тиімділігін арттыру үшін екі шиыршықты (қосшиыршықты шам) қолданады.



5.8-сурет. Қыздыру шамының қалыпты жарықтану құрылысы

1 – құты; 2 – шиыршық; 3 – ілмектер; 4 – линза; 5 – штабик; 6 – электродтар; 7 – қалақша; 8 – штенгель; 9 – тұғыр; 10 – оқшаулауыш; 11 – төменгі түйісу.

Материалдар: а – вольфрам; ә – шыны; б – молибден; в – никель; г – мыс, болат, е – никель; – мыс; ж – тұғырлы бекіткіш; з – жез немесе болат; и – қорғасын, қалайы

T = 2 780 К және сымның диаметрі 0,1 мм аргонның азотпен қоспасын толтырып, шамдағы газ қысымынан вольфрамның салыстырмалы тозаңының тәуелділігі қарастырылған, бұл шамдағы газ қысымын арттырғанда вольфрам тозаңының едәуір азаятынын көрсетеді. Қалыпты түрде шамдардағы газ қысымы 0,1 МПа (760 мм сын. бағ.) аспайды, өйткені әрі қарай қысымды арттыру технологиялық қиындықтарды келтіреді.

Газдық ортаның болуы жылуөткізгіштікке және конвекцияға қосымша жылу жоғалуын келтіреді, сондықтан шамды толтыру үшін ауыр инертті газдарды немесе олардың қоспасын, мысалы азот қосылған аргонды (14–16 %) пайдалану қажет. Толтырылатын қоспадағы азот құрамының пайызын арттыру конвекцияға жоғалтудың артуын келтіреді.

5.1-кесте

Энергия таралуы	Шам типі			
	Вакуумдық	Газ толтырылған шиыршықты жіпті	Бишиыршықты газ толтырылған	Бишиыршықты криптондық қоспасы бар
Спектрдің көрінерлік бөлігіндегі жарықтану	7	10	12	163
Көрінбейтін жарық	86	68	74	76
Жылуөткізгіштікке жоғалтулар	7	3	2	2
Газ арқылы конвекцияға жоғалтулар	–	19	12	9

Соңғы жылдары қыздыру шамы құтысын толтыру үшін, жылулық жоғалтуларды төмендететін криптонның азотпен қоспасын қолдану барынша кең таралуда. Алайда, ауадағы криптонның пайыздық құрамының төмендігі және оны көп

мөлшерде алудың қиындығы, криптондық толтыруды, өзінде мұндай толтырудың ең үлкен әсер беретін, тек қуаты аз шамдарда ғана қолдануға мүмкіндік береді.

Қыздыру шамы жұмысы уақытында оның құтысының температурасы едәуір шамаға жетеді, бұл шыны жұмсаруы пайда болмайтындай есеппен құты ауқымын таңдауға қиындық жасайды.

Қыздыру шамына жеткізілетін электр энергиясы шығынын сипаттау үшін, 5.1-кестеде келтірілген, қуаты 100 Вт қыздыру шамындағы энергия теңгерімін қарастырамыз.

Ең үлкен сәулелік әсер биспиральді жіпті шам құтысын криптондық қоспаман толтырған кезде алынады, бұл жылу жоғалуының ең аздығын қамтамасыз етеді.

Қуаты 150 Вт-қа дейінгі шамдар *вакуумдықтармен* (шартты түрдегі белгіленуде В әрпі құрамына кіреді) шығарылады; ерекшелікті құрайтын биспиральді шамдар қуаттары 40, 60 және 100 Вт (127 мен 220 В кернеулеріне) және де сондай-ақ криптондық толтырулармен (К) шығарылатындар. Шартты белгілеудегі *газ толтырылған* шамдардың құрамында Г әрпі, биспиральді жіпті шамдардың құрамында Б әрпі болады.

Мөлдір құтыдағы шамдармен қатар өндіріспен күңгірленген мен сүт сияқты құтылардағы шамдар, сондай-ақ тұғырдағы шам құтысының бөлігін толтыратын айналық немесе диффузиялық шағылтатын қабаты бар шамдар шығарылады. Жарық ағынының төмендеуі күңгірленген құтылы шамда 3 %-дан, сүт сияқты құтылы шамда – 20 %-дан аспауы керек.

5.7. Қыздыру шамдарының сәулелік және электрлік сипаттамалары

Қыздыру денесінің және шам құрылысының берілген ауқымдарындағы қыздыру шамының сәулелік сипаттамаларын анықтайтын негізгі параметр ретінде қыздыру денесінің температурасы болады.

Қыздыру денесінің шектік температурасы ретінде өзі жасалынатын металдың балқу температурасы болады. Қазіргі шамдардағы қыздыру денесінің температурасы шам жануының берілген ұзақтығын қамтамасыз ету мақсатымен таңдалынады.

Вакуумдық шамдардың қыздыру денесінің температурасы, әдетте, 2 400 К-дан аспайды, ал газ толтырылған шамдарда 2 900 К-ға дейін жетеді.

Қыздыру шамдарының негізгі сипаттамалары:

1) номиналды кернеу;
2) электрлік қуат;
3) жарық ағыны;
4) сәулелік қайту;
5) сәулелену түстілігі;
6) жанудың орташа ұзақтығы.

Номиналды кернеу – желінің кернеуі Вольтпен алынады, бұл кернеумен шам жұмыс істейді. Жалпы тағайындаудың қыздыру шамдары 127 және 220 В-дағы жарық түсіру желілеріндегі кернеудің стандартты жүйелеріне сай келетіндей етіп шығарылады. Шам бөлігі 127-ден 135 В-қа дейін және 220-дан 235 В-қа дейін шығарылады; кернеулері 127 мен 220 В-тан аса алатын жарық түсіру желілерінде пайдалануға арналады.

Шамның электрлік қуаты мен жарық ағыны, әдетте, өзіне шам есептелген номиналды кернеу үшін орташа шамалар ретінде көрсетіледі.

Жалпы қолданудағы электрлік қыздыруға әсер ететін стандартты жарық ағыны мен қуаттың номиналды мәнінің 5–10 % шегінде ауытқуына болады.

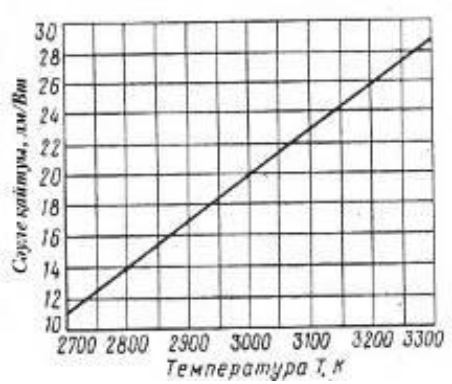
Қыздыру шамының жарық ағыны шамның электрлік қуатына және қыздыру денесінің температурасына тікелей тәуелділікте болады. Шамның жану үдерісінде вольфрамның біртіндеп тозаңдануы жүреді, бұл жіп диаметрінің кішіреюін және оның кедергісінің артуын, яғни қуат пен жарық ағынының азаюын келтіреді. Жану үдерісіндегі жарық ағынының азаюы, сондай-ақ, қабырғаларына тозаңдаған вольфрамның тұнуы нәтижесінде құтының күңгірттенуінен пайда болады. Сондықтан өзінің қызметінің номиналды мерзімінің 75 %-ы жанған шам үшін стандартты жарық ағынының бастапқы мәнінен 15–20 %-ның кішіреюіне рұқсат етіледі.

Сәулелік қайту бұл сипаттама қыздыру шамының үнемділігін анықтайды, сандық түрде шаммен шығарылатын жарық ағынының оның электрлік қуатына қатынасына тең:

$$H = \frac{\Phi}{P},$$

мұндағы Ф – жарық ағыны, лм; Р – шам қуаты, Вт.

Сәулелік қайту шамның қыздыру денесінің температурасына тікелей тәуелділікте болады. Осындай тәуелділік қыздырудың газ толтырылған шамы үшін *5.9-суретте* көрсетілген.



5.9-сурет. Қыздырудың газға толтырылған шамының сәулелік қайтуының жіп температурасына тәуелділігі

Келтірілген қисықтардан мынаны көреміз. Қуаты үлкен қыздыру шамдары, сондай-ақ төменгі кернеулі жарық көзі қыздырудың жоғары температурасына мүмкіндік беретін қыздыру денесімен қуаты аз жарық көзімен және жоғарырақ номиналды кернеуі бар көздермен салыстырғанда жақсы жарық береді.

Қыздыру шамы сәулеленуінің түстілігі, толық жарықшығарғыш сәулеленуінің түстілігіне ұқсас, қыздыру денесінің температурасына тәуелді. Температура ұлғаюы мөлшері бойынша қыздыру шамдарының жарықтану түстілігі қара дененің түстілігіне жақындайды.

Спектрдегі номиналды кернеу кезінде қыздырудың қалыпты жарық түсіруші шамдарының сәулеленуі, табиғи күндізгі жарықпен салыстырғанда, спектрдің сары мен қызыл

бөлігінде, оның көк пен күлгін бөліктерде, көрінетін сәулеленуді басымырақ иеленеді. Сондықтан қыздыру шамының сәулеленуі күндізгі жарықтан едәуір айрықшаланады, бұл рең берілісін бұрмалайды да, түстердің дәл танылуы қажеттігімен байланысқан жарық түсіруі жұмысы үшін қыздыру шамын тиімді пайдалануға мүмкіндік бермейді.

Шам жануының орташа ұзақтығы бірінші кезекте, жоғары температура әсерінен пайда болатын қыздыру денесінен вольфрам шашырауымен анықталады.

Технологиялық себептер қатарына байланысты қызметі мерзімі бірдей шамдарды жасау мүмкін емес.

Желідегі кернеу азаюы 100 % пайыз үшін қабылданған номиналды мәнмен салыстырғанда шаммен шығарылатын жарық ағыны, сондай-ақ оның қуаты азаюын келтіреді. Жарық ағынының азаюы қуаттыкінен гөрі тезірек жүреді, бұл кернеуді азайту кезіндегі шамның сәуле қайтуы азаюын анықтайды. Желідегі кернеудің номиналдықтан аз ғана ауытқулары кезінде ±1 %-ға кернеу өзгергенде шамның жарық ағыны ±2,7 %-ға, ал жанудың орташа ұзақтығы ±13 %-ға өзгереді.

Жарық түсіретін қондырғыларды пайдалану үдерісінде желідегі шынайы кернеу номиналдықтан шамалы ғана өзгеруіне ұмтылу қажет, өйткені желі кернеуінің артуы кезінде шамдар жануының орташа ұзақтығы кішірейеді, ал кернеуді азайтқанда сәуле қайтуы, яғни шамның үнемділігі төмендейді.

Шағылтатын қабаты бар қыздыру шамдары. Жарық ағынын қайта тарату және қыздыру шамының осі бағытында (α = 0) жарығы күшін арттыру мақсатында, өндіріспен айналық және құтының ішкі жағынан (тұғыры жағынан) жоғарғы бөлігіне үстемеленген диффузиялық қабаты бар шамдар жасап шығарылады.

Жарықтың осьтік күшінің ең үлкен ұлғаюына айналық шағылтатын қабаты бар шамдармен жетуге болады. Айналық шағылтатын қабаты бар қыздыру шамдары ортаның ауыр жағдайлары бар өндірістік ғимараттарды жарықтандыру үшін кең қолданылады. Шырағы жоқ айналық шамдарды қондыру кезінде механикалық зақымдардан, сондай-ақ ылғал түсуінен шамның сынғыш шыны құтысын қорғау шараларын қарастыру қажет.

Йодтық циклі бар қыздыру шамдары. Қыздыру шамының жануы үдерісінде қызған жіптен вольфрам буланып жүреді, бұл оның диаметрінің біртіндеп кішіреюін және ең соңында күюін келтіреді. Вольфрамның тозаңданған бөлшектері шам құтысының ішкі бетіне тұна отырып, оған күңгірт жұқа қатпар түзеді, бұл шамның жарық ағыны төмендеуі себептерінің бірі болады.

Қыздыру шамдары тиімділігін арттыруға ұмтылу вольфрамды-йодтық циклі бар шамдарды (қыздырудың галогендік шамдарын) жасауға және игеруге алып келеді. В*ольфрам-йодтық цикл* мағынасы мынада:

- шам құтысына енгізілген йод молекулаларының диссоциациялануы, йодты вольфрамның (WJ_2) түзілуі және оның әрі қарай ыдырауы.

Бұл үдеріс былай жүреді: жіпке жанасатын аймақта жоғары температуралар ($t \geq 1\,600\ ^0$C) есебінен йод булары шам құтысының қабырғаларына қарай жылжиды және жіп тозаңдануы кезінде құтыға тұнған вольфрам бөлшектерімен *йодты вольфрам* түзеді.

Егер құты температурасы 250^0 С-дан асып түссе, онда йодты вольфрам бутәрізді күйде қала береді және біртіндеп шамның жібіне енеді. Жоғары температура ($t \approx 1\,200\ ^0$C) аймағында йодты вольфрамның ыдырау үдерісі басталады, вольфрам бөлшектері шам жібіне тұнады, ал йод атомдары қайтадан құты қабырғаларына оралады. Сонымен, үзіксіз тұйық жасалады, осының нәтижесінде вольфрамдық жіптің *жаңғыртуы* жүреді және шамдардың жану ұзақтығы ұлғаяды.

Құрылма түрінде йодтық циклі бар қыздыру шамдары өзімен жылуға төзімді шынылағы (құты қабырғаларының 250^0 С-дан кіші температурасы кезінде йодты вольфрам бутәрізді фазадан шығады және вольфрамды-йодтық цикл бұзылады), мысалы, кварцтағы диаметрі шағын (7–12 мм) цилиндрді көрсетеді. Шам жібі қатаң түрде цилиндр осі бойынша орналасады. Құты инертті газбен – аргонмен, ксенонмен немесе йодтың мөлшері қосылған криптонмен толтырылады.

Қуаты 1, 1,5 және 2 кВт КИ типіндегі йодтық циклі бар қыздыру шамдары өндірісте шығарылады. Қуаты 5, 10 және 20 кВт шамдар жасалады.

5.8. Газдардағы және металдар буларындағы электрлік разряд үдерісі

Шамдарды үнемдеу тұрғысынан тиімді ету, жылулық сәулеленудің әрі дамуы қиын болғандықтан, басқа жарық көздері іздестіріліп келеді; бұл мәселе люминесценция құбылысын пайдалануға әкеледі. Бұл дегеніміз белгілі бір заттың молекулалар мен атомдарын белгілі бір энергиямен қоздырғанда сәулеленуі. Люминесценцияны академик С. И. Вавилов жылулық сәулеленумен салыстырғанда сәулелену артықшылығын айтты және оның жұмыс істеуі 10^{-10} с.

Қазіргі уақыттағы разрядты шамдарда газ бен металл буында электр разрядтарының сәулеленуі қолданылады (электрлюминесценция).

Газдық разряд жылулық сәулеленумен салыстырғанда едәуір жоғарырақ сәулелік тиімділікке ие бола алады. Үзіксіз спектрге ие қатты денелердің жылулық сәулеленуінен өзгешеленіп, газдық разряд газ тегіне немесе шамды толтыратын металл буларына тәуелді сызықтық спектрді береді.

Газдар мен металл буындағы электр разряды үдерісін қарастырайық. Егер екі жағы дәнекерленген шыны түтіктің ішін инертті газбен немесе металл буы мен сынап және шыны шеттеріне электрод орналасса, оларға белгілі бір потенциал айырмасын тигіссе, онда электрод арасындағы электр өрісіне газда болатын бос электрондар мен иондар әсер етеді. Осының әсерінен электрондар анодқа, иондар катодқа ығысып, электр тогы пайда болады.

Электродтардағы кернеу ұлғаюы мөлшері бойынша бөлшектердің жылжу жылдамдығы артады, жолында кездесетін газ атомдарын иондау үшін электрондар жеткілікті кинетикалық энергия алады. Электрондардың газ атомдарымен соқтығысуында пайда болатын иондау нәтижесінде, жаңа электрондар мен иондар пайда болады, үдеріс өседі және құбырдағы электр тогы артады.

Иондар тасымалының салыстырмалы түрде аз жылдамдығы салдарынан иондар көлемдік оң заряд түзілдіре отырып, катодқа топталады, ал сол уақытта қозғалмалығы артығырақ электрондар анодқа тез тасылады. Нәтижесінде құбыр бойымен

катодта потенциалдың үлкен градиентімен және анодта аз шамада потенциалдың біркелкі емес таралуы пайда болады.

Катодта пайда болатын потенциалдардың үлкен айрымы әсерінен иондар әлдеқайда үлкен үдеу алады және катодқа соқтығысып, оның бетінен жаңа электрондарды босатады, бұлар өз кезегімен иондау көзі болады. Сонымен, сыртқы иондағыштарға тәуелді емес жарқыраумен бірге жүретін үдеріс қалыптасады. Мұндай разряд *солғын (тлеющий) разряд* аталынады.

Электр разрядын қоздыру үшін шамға түсірілетін кернеуді *тұтандыру кернеуі* деген атау қабылданған. Тұтандыру кернеуінің шамасы себептер қатарына тәуелді, солардың негізгісі болатын: катодтың материалы мен қасиеттері, шамды толтыратын газдың тегі, газ қысымы, құты диаметрі және электродтар арасындағы арақашықтық.

Тұтандыру кернеуін сілтілік сирекжер металдарының қабыршағымен катод бетін қаптамалау жолымен төмендетуге болады; бұл электрондар шығуы жұмысын, сондай-ақ газдың алдын ала иондалуын азайтады. Солай, сынап буларымен толтырылған темірлі-никельдік катодтары бар шам үшін тұтандыру кернеуі 380–520 В құрайды, шамды неонмен толтырған кезде ол 150–245 В-қа дейін төмендейді.

Солғын разрядтың сәулелік жарықтанушының негізгі көзі ретінде шекарасы газ қысымы өсуімен катодқа жақындайтын, оң жарқырау облысы болады. Оң жарқырау облысы жарнамалық жарқырату мақсаты үшін жоғарывольттық газдысәулелік құбырларда қолданылады.

Теріс жарқырау, дабылдық шамдар мен индикаторлар ретінде пайдаланылатын, катодтық жарқыраудың неондық шамдарында қолданылады. Жарықтандыру мақсатында мұндай көздер сәулелік тиімділіктің төмендігінен жарамсыз.

Катодтағы ток тығыздығының аз (10^{-5}–10^{-1} А/см^2) және шамды толтыратын газдың немесе булардың (мыңдаған Паскаль – сынап бағанасының ондаған миллиметр) кезіндегі төменгі қысымдарында солғын разряд байқалады. Катодтағы потенциалдың түсуі солғын разряд кезінде 100-ден 300 В-қа дейінгі шаманы құрайды.

Шам тізбегіндегі токты әрі қарай арттырған кезде катодты иондармен бомбылау үдерісі күшейеді. Қарқынды бомбылау әсерінен катод қызады және термоэлектрондық эмиссия пайда болады.

Электрондар эмиссиясын жеңілдету үшін беті барий тотығымен қапталған вольфрамдық катодтар қолданылады. Термоэлектрондық эмиссия пайда болған кезде катодтық түсу кенет азаяды және потенциалдың шамамен 10 В аз катодтық түсуімен сипатталатын доғалық разряд пайда болады.

Төменгі қысымның доғалық разряды металдардың газдары мен буларында шамның барлық ұзындығы бойынша біркелкі жарқырауымен бірге жүреді.

Газ қысымы артуымен соқтығысу саны, сонымен бірге бейтарап газдың температурасы өседі. Осы жағдайларда пайда болатын разряд осінен температураның үлкен құлауы құбырдың қабырғаларына қарай жарқыраған сымға разряд тартылады.

Доғалық разрядтың жоғары үнемділігі мен жарықтылығы шамдағы салыстырмалы түрде төменгі кернеулер кезінде жарықтың түрлі разрядтық көздерінде оның пайдаланылуының кең мүмкіндіктерін қамтамасыз етеді.

Иондану үдерісінің өсуге тұрақты беталысына ие тұрақсыз үдеріс болатынынан, шам іші ортасының өткізгіштігі, яғни, шамдағы тұрақты кернеу кезіндегі ток өне бойы өсетін (түсетін вольт-амперлік сипаттама) болады, осыған байланысты шам жануының режимі тұрақсыз болады. Разрядтық көздерде токты тұрақтандыру үшін, шаммен тізбектеліп қосылатын, балластық құрылғы қолданылады, мұндағы кернеу түсуі разрядтық құбырдағы өткізгіштік ұлғаюының орнын толтырады.

Айнымалы токтағы жұмыс кезінде тұрақтандыратын құрылғы ретінде, разрядтық шаммен тізбектеліп қосылатын, индуктивтік кедергілер – дроссельдер (реакторлар) қолданылады. Резисторлармен (омдық кедергілермен) салыстырғанда дроссельдердің артықшылығы: болатын электр энергиясы жоғалуының аздығы (шам қуаты 10-нан 30 %-ға дейін) және шамды қайталап тұтатуды жеңілдететін, кернеу мен ток арасындағы фаза жылжуының пайда болуы. Дроссельдердің кемшілігіне салыстырмалы түрдегі үлкен массасын және көрер

көзге үлкен болып көрінуін, сондай-ақ желі қуаты коэффициентінің 0,5–0,6-ға дейін төмендеуін жатқызған жөн.

Айнымалы токтағы разрядтық шам жұмысы кезіндегі тұрақтандыратын құрылғы ретінде резисторларды пайдалану, электр энергиясының үлкен жоғалуынан басқа, шамдар қызметі мерзіміне де қолайсыз әсер етеді.

Сыйымдылық балласттар да сирек қолданылады, өйткені, мұндай сызбанұсқаларда шамдарды қайталап тұтандырған кезде ұзақ күңгірт үзілістер және ток түрткілері пайда болады.

5.9. Жарық сәулеленулерінің пайда болу механизмі

Бәрімізге белгілі атомда оң зарядталған ядро болады және оның сыртында белгілі орбитада электрондар айналады. Электрондар ядро зарядына теңестіріліп отыратындықтан, атом бейтарап жағдайда болады.

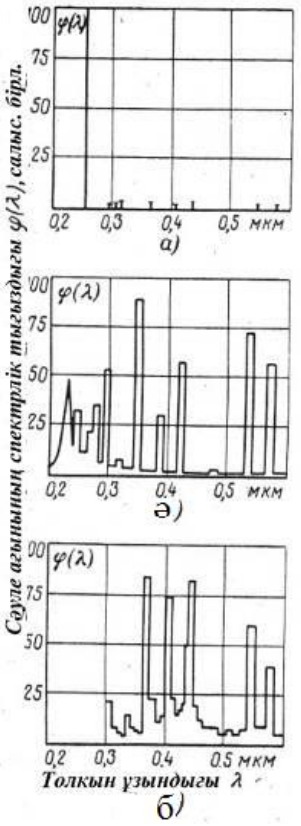
Бос электрондар өз жолымен бейтарап атомның анодына соқтығысып өзінің соңғы кинетикалық энергиясын береді. Атомдар мен электрондарының соғысуының үш: серпімді соққы, атомның қозуы немесе иондану түрі бар. Атомдар мен электрондардың соқтығысу кезіндегі энергиясы кинетикалық энергия шамасына тең.

Егер электронның энергиясы аз болса, онда атоммен соқтығысқанда серпімді соққы болады, одан атомның жылдамдығы жоғарылап үдеріс болып жатқан газ немесе металл буынның температурасы жоғарылайды. Сонымен, серпімді соққы жылу шығынының көзі болып табылады. Бұл шығын газдың қысымы жоғарылаған сайын өседі. Жылулық жоғалулар көздері болатын серпімді соққылар ғана емес, және де қарама-қарсы бөлшектердің соқтығысуы (қайта топтасуы) кезіндегі бейтараптау, сондай-ақ екінші тектегі соққылар қозған атомның бейтарап атомдармен және молекулалармен соқтығысуы болады.

Егер электрон энергиясы жеткілікті жоғары болса, онда атоммен соқтығысқан кезде оның қоздырылуы немесе атом иондауы мүмкін.

Атом жоғары деңгейде көп тұрақтамайды (орташа 10^{-8} с) ол қайтадан базис деңгейіне түсіп, сәулелі энергия шығарады.

Атом қоза алатын энергетикалық деңгей әсерінен атомның базис деңгейіне ғана қайта алатын деңгей бар. Осы деңгейлерді резонансты деп атайды. Ол деңгейден базистегі атомның өтуін – резонансты сәулелену деп атайды. Резонансты сәулелену төменгі қысымды шамдарға сай, олар сәулелену шапшаң электрондардың бейтарап газ атомдарымен соқтығысуынан пайда болады.



5.10-сурет. Сынап буы қысымының разрядты шамдар сәулеленінің спектрлік құрамына ықпалы

Яғни, газдың төмен қысымы мен токтың аз тығыздығы кезінде шамның сәулелену разряды сызықты болады. Газдың

қысымы мен ток тығыздығы жоғарыласа, сатылы қозу үдерісі жүреді, ионданады, кейін қозған электрондар мен соқтығысқан атом жоғарырақ деңгейге шығады.

Атомның бейтарап күйге түсуі сатылы жүреді, фотон энергиясы азаяды оған сәйкес сәулелену толқыны ұзарады. Және де сәулелену сызықтары кеңейіп, олардың қарқындылығы жоғарылайды және тұтас сәулелену реңі пайда болады.

Сонымен, молекулалық газ қысымын және ток тығыздығын жоғарылатқанда ұзын толқынды сәулеленудің меншікті салмағы жоғарылайды және үзіксіз реңнің қарқындылығы өседі. Жоғарыда айтылғандар 5.10-суретте келтірілген қисықтармен көрнекі түрде сипатталады. Жоғарыда баяндалғандар

5.10-суреттің графигінде келтірілген қисықтармен көрнекі түрде сипатталады. Шамамен, 1 Па (10^{-2} мм сын. бағ.) төменгі қысымдар және аз (1 $см^2$-қа ондаған миллиАмпер) ток тығыздықтары кезінде сынап шамының сәулелелендіру спектрінде сызықтық сипат болады (*5.10, а-сурет*). Газ қысымы шамамен 0,1 МПа (760 мм сын. бағ.) және температурасы артқан кезде сызықтардың кеңеюі болады және сәулеленудің тұтас фоны пайда болады (*5.10, ә-сурет*). Қысымды 5 МПа-дан (50 ат) жоғары арттырған кезде энергияның үлкен бөлігінің спектрдің ұзынтолқындық бөлігіне ығысуы байқалады (*5.10, б-сурет*).

Қысым мен ток тығыздығы өзгеруімен электр энергиясының сәулеленуге түрленуінің тиімділігі де өзгереді.

5.10. Кең қолданыстағы разрядты шамдар

Люминесценттік шамдар. Бүгінгі таңда іс-тәжірибеде техникада төменгі қысымды люминесценттік сынапты шамдар және жоғарғы қысымды доғалық түзілген түсті сынап шамдары кең қолданыс тапқан.

Төмен қысымды люминесценттік шамдар шамамен 1–1,5 Па ($6\cdot10^{-3}$–$1\cdot10^{2}$ мм сын. бағ.) өзімен, ішкі беті жіңішке қатты кристалды ұнтақтәрізді заттар люминефорының жұқа қабатымен жағылған цилиндрлік шыны түтікті (құтыны) (1) (*5.11-сурет*) көрсетеді. Түтіктің екі ұшына биспираль немесе үшспиральді түріндегі вольфрамды электродтар (2) жалғанған, ұштары бар тұғырға (3) шығарылған.



5.11-сурет. Люминесценттік шамның жалпы түрі

Сорып алғаннан кейін, шамның құтысы сынап пен инертті газ мөлшерімен, әдетте, аргонмен толтырылады, көп жағдайда 400 Па (3 мм сын. бағ. бойынша) қысымы бар. Оның негізгі мақсаты жұмыс үдерісінде электродтар сейілуін кеміту және шамды жағуды жеңілдету болады.

Люминесценттік шамдарда электрлік энергияны жарыққа түрлендірудің екі фазасы бар. Шамдар электродтары арасынан өтетін электр тогы люминесценттік шамды толтыратын сынап буларында сәулеленуі қатар жүретін электр разрядын тудырады (электрлюминесценция). Осы кезде туатын сәулелік энергия шам құтысының қабырғаларына жағылады және жарық сәулеленуге түрлендіріледі (фотолюминесценция).

Люминесценттік шамның сәулеленуі, өзіне шамның толық сәулеленуінің шамамен 10 %-ын құрайтын сынап сәулеленуінің жекеленген сызықтарын салатын, люминофор жарқырауының үзіксіз жолақтарынан тұрады.

Төменгі қысымның люминесценттік шамдарында, төменгі қысымның сынаптық разрядымен сәулелендірілген энергияның 60 %-дан астамы келетін, толқын ұзындықтары 254 пен 185 нм сынаптың резонанстық сәулеленуі облысындағы спектрлік сезгіштің максимумы бар люминофорлар қолданылады. Люминесценттік шамдарға арналған люминофорлар сәулеленуі көрінетін сәулеленудің барлық аймағын қамтуы және жоғары кванттық өніммен сипатталуы тиіс. Жалпы қолданудың люминесценттік шамдарында лиминофор ретінде сүрмемен және марганецпен белсендірілген кальций галофосфаты қолданылады.

Қазіргі люминесценттік шамдағы (қуаты 40 Вт) тұтынушы энергияның шамамен 63,5 %-ы ультракүлгін сәулеленуге (сызықтары 254 пен 185 нм) айналады, энергияның 34,5 %-ы жылулық жоғалуға шығындалады және энергияның шамамен 2 %-ы тікелей көрінетін сәулеленуге айналады.

Ультракүлгін сәулелену люминофорлармен көрінетін сәулеленуге (жылулық жоғалуларды ескермегенде) жартылай түрленеді. Осыны ескеріп энергияның екінші реттегі түрленуін, көрінетін сәулеленулердің үлесіне шамға жеткізілетін энергияның шамамен 20–21 %-ы келеді деп санауға болады.

Бұл жағдайда ақ люминесценттік шамдардың ең үлкен сәулелік қайтуын 60–70 лм/Вт құрайды, бұл қыздыру шамының сәулелік қайтуынан әлдеқайда асып түседі.

5.2-кесте

Люминесценттік шамның негізгі өлшемдері

Шам қуаты, Вт…	15	20	30	40	65	80
Шам ұзындығы (штырьсыз), мм	437,4	589,8	894,6	1199,4	1500	1500
Диаметр, мм	27	40	27	40	40	40

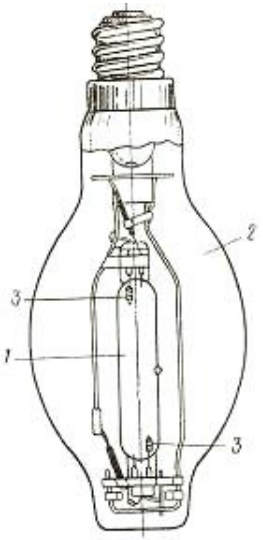
Қазіргі кезде өндірістерде люминесценттік шамның бес түрі бар, бір-бірінен түс бойынша ажыратылады: жақсартылған спектрлік құрам шамдары (ЖСҚШ), күндізгі шамдар (КШ), ақ шамдар (АШ), суық ақ шамдар (САШ) және жылы ақ шамдар (ЖАШ).

Люминесценттік шамның әрбір түрі 15, 20, 30, 40, 65 және 80 Вт қуатымен шығарылады. Шамның қуатына сәйкес оның ұзындығы мен диаметрі өзгереді. 5.2-кестеде біздің өндірістерде шығарылатын люминесценттік шамдардың негізгі өлшемдері келтірілген.

Түсі бар жоғары қысымдық сынап шамдары (ДСШ – доғалық сынаптық шамдар).

Жоғары қысымды 0,3–1,5 МПа (3–15 ат) сынап шамдарды жарықтау үшін қолдану тиімді. Өйткені мұндай шамдардың жарық беру қасиеті жоғары (50–60 лм/Вт), жану уақыты ұзақ (10–16 мың сағ), әртүрлі қуаттар үшін шығаруға болады.

Сонымен қатар, жоғары қысымды сынап шамдардың артықшылығы: көрінетін сәулелердің жоқтығы (сынап разряды), ал қызыл мен қызғылт сары реңдерінің түс берілуін бұрмайды.



5.12-сурет. Жоғары қысымды сынап шамы ДСШ

ДСШ шамдары шыны құтының (2) ішінде орналасқан (*5.12-сурет*) кварцты разрядты түтіктен (1) тұрады 1. Разрядты түтіктің ішіне мөлшерленген сынап пен аргон құйылады, ол жануын және электродтардың 3 жұмыс істеу жағдайларын жақсартады.

3-кесте

ДСШ шамдардың негізгі өлшемдері

Шам типі	Қуаты, Вт	Өлшемдері	
		Толық ұзындығы, мм	Диаметрі, мм
ДСШ 80	80	81	165
ДСШ 125	125	91	184
ДСШ 250	250	91	227
ДСШ 400	400	122	292
ДСШ 700	700	152	368
ДСШ 1000	1000	181	410

Алмұрт тәрізді шыны құты разрядты түтікті қоршаған ортадан оқшаулау үшін қолданылады. Құтының ішкі жағына люминофор жағылған, сынап разрядын жарыққа түрлендіреді.

Біздің өндірісте ДРЛ шамдарының алты типтері бар, қуаттары 80, 125, 250, 400, 700 және 1000 Вт. ДРЛ шамдарының негізгі өлшемдері 5.3-кестеде келтірілген.

ДРЛ шамдарының сәулелік сипаттамалары 5.4-кестеде келтірілген. ДСШ шамдарының сәулелік қайтуы, қыздыру шамдарының сәулелік қайтуынан едәуір жоғары болатыны көрінеді. ДСШ шамдары жануының орташа ұзақтығы 7 500 сағаттан кіші болмауы керек, 2 250 сағатқа дейін шамдардың 70 %-дан кем емесі жанып бітуі тиіс. Әрбір шамның жану ұзақтығы 2 000 сағаттан кем болмауы керек.

5.4-кесте

ДРЛ шамдарының негізгі электрлік және сәулелік сипаттамалары

Шам типі	Қуаты, Вт	Жарық ағыны, лм				
		100 сағ жанудан кейін		2 000 сағ жанудан кейін		Орташа 5 250 сағ жанудан кейін
		Номи-нальдік	Шектік	Орташа	Әр шамның	
ДРЛ 80	80	3 200	2 880	2 560	2 300	2 240
ДРЛ 125	125	5 600	5 040	4 480	4 030	3 920
ДРЛ 250	250	12 500	11 250	10 000	9 000	8 750
ДРЛ 400	400	22 000	19 800	17 600	15 840	15 400
ДРЛ 700	700	38 500	34 650	30 800	27 720	26 950
ДРЛ 1000	1000	55 000	49 500	44 000	39 600	38 500

Е с к е р т у. Мағлұматтар 1/І үшін берілген, 1974 жыл. Қазіргі уақытта шамдардың жарық ағындары орташа алғанда 15 %-ға төмен.

Шам жұмысының тұрақты режимі және номиналды жарық ағыны шам қосылғаннан соң, 5–7 минут өткенде қалыптасады. Сөнген шамның қайта жануы суығанынан соң, яғни 10–15 минут өткенде ғана, мүмкін болады.

Спектрдің қызыл бөлігінде ДСШ шамдары сәулелену кемшіліктерінің орнын толтырғанына қарамастан люминофордың болуы, осы шамдармен жарықтандыру кезіндегі түстің берілуін қанағаттандыруды мойындата алмайды, әсіресе, қызғылт сары мен қызыл түстерді ажырату кезінде.

Соңғы жылдары ДСШ шамдары сипаттамаларын, натрий, таллий және индий йодидтері түріндегі сынап буларына сәуле шығарушы галогенидтік қоспаларды қолдану есебінен, елеулі жақсарту жолдары байқалды.

Металдыгалоидтық шамдар аталымын алған, мұндай шамдар, ДСШ шамдарынан құрылымы жағынан ажыратылмайды. Разрядтық түтікте орналасқан галогенидтық қоспалар, натрийдің сары сызығымен, таллийдің жасыл сызығымен және индийдің көк сызықтарымен сынап сәулеленуінің спектрін қосады, бұл сәулелік қайтуды 1,5–2 рет арттырып қоя салмай, сондай-ақ, ДСШ шамдарымен салыстырғанда түс (рең) берілісін едәуір жақсартады.

Қуаты 250, 500 және 700 Вт, сәулелік қайтуы 65–75 лм/Вт және қызметінің мерзімі 1–3 мың сағат металдыгалоидтық шамдар (МГШ) жасалып келеді. ДРИ шамдарын әрі қарай жетілдіру, олардың қызметі мерзімін ұлғайту бағытында жүргізілуде, бұл МГШ шамдарының ДСШ шамдарымен салыстырғандағы бәсекеге қабілеттілігін арттырады.

5.11. Арнайы разрядтық шамдар

Жаппай қолданылатын люминесценттік шамдармен қатар соңғы жылдары шағылтатын қабаты бар арнайы люминесценттік шамдар, сондай-ақ, түрлі-түсті люминесценттік шамдар да пайда бола басталды.

Шағылтатын қабаты бар шамдарға рефлекторлық пен саңылаулық шамдар жатады. *Рефлекторлық шамдарда* шыны құтының ішкі цилиндрлік бетінің бөлігі, шағылдырғыш рөлін орындайтын, титан тотығының ақ ұнтақ тәрізді қабатымен қапталады.

Мұндай шамдар-шамдалдар тозаң панажайларды жарықтандыру үшін тиімді қолданыла алады, бұларда шаң әдеттегі люминесценттік шамдар бетіне тұна отырып, онымен сәулелендіретін жарық ағынының елеулі түрде төмендеуін келтіреді.

Рефлекторлық және, әсіресе, саңылаулық шамдарда, әдеттігі люминесценттік шамдармен салыстыру бойынша нақтылы бағыттарда, жарық жарықтылығы мен күшінің едәуір артуын алудың қисыны келеді. Мұндай шамдардың жарық

ағыны әдеттегі люминесценттік шамдардың ағынынан кіші, шағылдырушы қасиеттерге және шағылыстырушы қабатпен құтының қармау бұрышына тәуелді.

Сәндік сәуле түсіру үшін түрлі-түсті люминесценттік шамдар қолданылады. Құрылысы мен ауқымдары бойынша түрлі-түсті люминесценттік шамдардың әдеттегі люминесценттік шамдардан айырмашылығы болмайды.

Бактерицидтік және эритемдік шамдар. Төменгі қысымның сынаптық разрядында энергияның шамамен 55 %-ы 254 нм ұзындығына келеді. Бұл сәулелену күшті бактерицидтік әсермен сипатталады және сондықтан түрлі сәулелеу қондырғыларында ауаны, суды, тағам өнімдерін және басқаларды залалсыздандыру үшін кеңінен қолданылады.

Бактерицидтік шамдар екі: ДБ30-1 және ДБ60 қуаты 30 және 60 Вт түрде шығарылады.

Эритемдік шамдар өзімен 350–370 нм облысында сәулелендіретін төменгі қысымның люминесценттік сынаптық шамды көрсетеді. Құрылыстық жағынан эритемдік шамдар әдеттегі люминесценттік шамдардан ажыратылмайды және 30 Вт қуатпен жасалынады. Эритемдік шамдарда люминофор ретінде құрамында мырыштың үлкен емес пайыздық құрамы бар таллиймен белсендендірілген кальций фосфаты қолданылады. Шамдарды жасау үшін таяу ультракүлгін сәулелендуді өткізетін арнайы шыны қолданылады.

Сынапты-қыздыру шамдары (араласқан жарық шамдары). Осыған ұқсас шамдар тікелей дроссельсіз, кернеуі 220 В желіге қосылады, бұл кәдеге асыру тұрғысынан өте оңтайлы. Осыған байланысты, бұл сынапты-қыздыру шамындағы қуаттың едәуір бөлігі вольфрамдық шиырмаға түседі, оның сәулелік қайтуы жоғары қысымның сынаптық шамынікінен елеулі түрде төмен және құрайтыны – 18–20 лм/Вт.

Сынапты-қыздыру шамдарының сәулелік қайтуын арттыру және түс (рең) берілісін жақсарту үшін шыны құтының ішкі бетіне, спектрдің басым түрде қызыл бөлігінде сәулелендіретін люминофор жеткізіледі. Сынапты-қыздыру шамдарының сәулелік қайтуының құрайтыны – 27–33 лм/Вт, қызметі мерзімі – 3–5 мың сағат. Шамдар 150-ден 1 000 Вт және онан да жоғарыға дейінгі қуатпен шығарылады.

Натрийлік шамдар. Қазіргі натрийлік шамдарда төменгі қысым 0,5–1,2 Па (0,004–0,009 мм сын. бағ.) кезіндегі натрий буларының резонанстық сәулеленуі қолданылады.

Натрийлік шамдардың сәулеленуі 589,0 және 589,6 нм толқын ұзындығына келеді; сонымен бұл шамдар іс жүзінде монохроматтық сары түсті сәулелендіреді, бұл оларды ерекше жағдайлардағы мақсаттарда ғана, мысалы, автокөлік қатынасына арнайы жабдықталған кең тас жолда, сәндік сәуле түсірулерде және басқаларда пайдалануға мүмкіндік береді.

Натрийлік шамдар тұтануы үшін жоғары кернеуді талап етеді және бірмезгілде қатаң өрнектелген беретін вольт-амперлік сипаттаманы иеленеді. Сенімді тұтануы және разрядты тұрақтандыру үшін шамды электр желісіне сейілдіруімен жоғарылатушы автотрансформатор арқылы қосады. Шамдардың жану уақыты 4-тен 15 минутқа дейінгіні құрайды. Қазіргі натрийлік шамдардың жану ұзақтығы 3 тен 5 мың сағатқа дейінгіні құрайды.

ДНА-140 шамдарында өздігінен қызатын үшшиырмалы вольфрамдық электродтар қолданылады. Шамдардың қуаты – 140 Вт, сәулелік қайтуы – 95–110 лм/Вт.

Ксенондық шамдар. Инертті газдардағы (аргондағы, криптондағы, ксенондағы) разрядтың маңызды ерекшелігі сәулеленудің үзіксіз спектрі болады. Спектрдің көрінетін бөлігіндігі ксенондық шамның сәулелендіруі күн сәулелендіруіне өте жақын және температура 6 050–6 300 К кезіндігі қара дененің сәулелендіруіне сай келеді, бұл жарықтандырылатын заттардың жақсы түс (рең) тасымалын қамтамасыз етеді. Ксенондық шамдардың өсуші вольт-амперлік сипаттамасы сынаптық доғалық разрядтың сипаттамаларынан ерекшелініп, разрядты қарапайым балласттармен тұрақтандыруға мүмкіндік береді немесе олар мүлдем балластсыз жұмыс істей алады.

Ауалық салқындатуы бар ксенондық шам өзімен кварцтық қалың қабырғалы шыныдан жасалған тік түтікті болады. Түтіктің екі ұшына да торийленілген вольфрамнан жасалған электродтар құрастырылады. Түтік диаметрі 22–27 мм құрайды, ұзындығы шам қуатына тәуелді.

ТКсШ (түтікті ксенондық шамдардың) негізгі сипаттамалары 5.5-кестеде келтірілген.

Түтікті ксенондық шамдардың тұтану кернеуі қоректендіретін жүйе кернеуінен едәуір асып түседі, сондықтан шам тұтануы, жоғары жиілікті жоғары кернеудің импульсін шамның қысқаштарына беретін, ұшқындық генератор көмегімен іске асырылады.

5.5-кесте

Ауалық салқындатылуы бар ТКсШ шамдардың негізгі сипаттамалары

Шам типтері	Қуат, Вт	Желі кернеуі, В	Сәулелік қайту, лм/Вт
ТКсШ -5000	5 000	110	17,6
ТКсШ -10000	10 000	220	22
ТКсШ -20000	20 000	380	27,5

Шамның жану периоды іс жүзінде болмайды. Шамды қайталап тұтандыру 5–10 мин өткеннен соң ғана, яғни толығымен ол суығынынан кейін мүмкін болады. Шамдардың жану ұзақтығы 500 -ден 2 000 сағатқа дейінгі құрайды.

Бақылау сұрақтары

1. Жарық күшінің формуласын жазып, оған сипаттама беріңіз.
2. Жарық күші мен денелік бұрыш дегеніміз не? Өлшем бірлігі қандай?
3. Бір кандела неге тең?
4. Жарық күшінің формуласын жазыңыз.
5. Жарық күші немен өлшенеді?
6. Жарық күші қисықтарын қалай тұрғызуға болады?
7. Берілген нүктеде беттің сәулелік элементін қалай анықтайды?
8. Жарықталу мен жарқырау немен өлшенеді?
9. Төменгі қысымды люминесценттік шам қандай негізгі бөліктерден тұрады?

10. Электрэнергиясының жарық сәулеленуге түрлендірілуі қалай жүреді?

11. Люминесценттік шамдардың типтері қандай?

12. Өндірісте шамдар қандай қуатта шығарылады?

13. ДРЛ шамдарының негізгі элементтері қандай?

14. Жылулық сәулелену ретінде не қарастырылады?

18. Энергетикалық жарқыраудың спектрлік тығыздығының формуласын жазыңыз.

19. Стефан–Больцман заңдылығының формуласын жазыңыз.

20. Вин ығысу заңын түсіндіріңіз.

21. Сәулелік тиімділіктің математикалық теңдеуін жазыңыз.

22. Спектрлік тығыздық формуласын жазыңыз.

23. Ығысудағы Вин заңының атқаратын қызметі қандай?

24. Қыздырудың электрлік шамдары неге арналады?

25. Қыздыру шамдарының негізгі сипаттамаларын атаңыз.

26. Электр разряды үдерісінің физикалық маңызын түсіндіріңіз.

6. ЖАРЫҚ ӨЛШЕУЛЕРІ ЖӘНЕ КОЛОРИМЕТРЛІК ЖҮЙЕЛЕР ТҮСТІ ҚАРАСТЫРУ ЖӘНЕ ӨЛШЕУ ШАРТТАРЫ

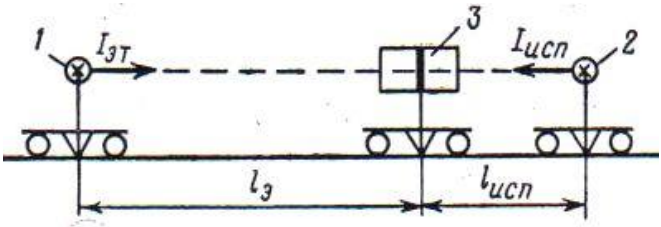
6.1. Жалпы жайлар

Жарық көздері мен жарықталу құралдарының сәулелік сипаттамаларын өлшеу, сондай-ақ ғимараттар мен ашық жерлердің жарықталу жағдайларын сипаттау көру немесе физикалық әдістермен жүзеге асырылады.

Бірінші жағдайда адамның көзі индикатор болып келеді, екіншіден – әртүрлі тектегі физикалық аспаптар: фотоэлементтер, фотоэлектрондық көбейткіштер, болометрлер және басқалар боп келеді.

Көрулік (субъективті) фотометрия, жеткілікті жоғары дәлдікпен екі оптикалық араласқан жарықтылықтары тең және түстілігі бойынша жақын салыстыру өрістері бар көздің қабілеттілгімен жарықты бағалауға негізделген.

Көз фотометриясына арналған аспаптар *6.1-суретте* көрсетілген. Егер (1) мен (2) екі жарық көзінің арасына диффузиялы түрде шашырататын материалдан жасалған үшжақты призма (3) (мысалы, гипс) призма (3)-ке қойылса, онда призманың қабырғасында оның екі жағы көрінеді. Жақтардың жарықтылығы жарық көздерінің жарық күшіне және призмаға дейінгі қашықтыққа тәуелді.



6.1- сурет. Сызықты фотометрдің сызбанұсқасы
1 – зерттелетін жарық көзі; 2 – эталондық жарық көзі; 3 – призма (фотометрлік бас тиек)

Екі жарық көздері арасында призманың жарық көзінен шығатын сәулеге қатысты жақтарын өзгертпей, призманың екі

жағының бірдей жарқырауын алуға болады. Біртекті диффузиялық түрде шашыратын материалдан жасалған призма жақтарының бірдей жарқырауы жарықтандыру теңдігіне сәйкес келеді. Егер басқа эталон көзінің жарық күші белгілі болса, онда бір жарық көзінің жарық күшін анықтауға болады.

Көз фотометриясы өлшеуінің жоғары дәлдігі белгілі бір тараптарды орындау шартымен жүзеге асады. Солардың негізгісі – бақылаушы көзінің спектрлік сезімталдығының сәулеленудің спектрлік тиімділігінің мөлшерленген қызметіне сай келуі.

Күндізгі көру жағдайларында көз жұмысын қамтамасыз ететін, салыстыру өрістерінің жеткілікті жарқырқылдығын талап ету керек. Іс жүзінде салыстыру өрістерінің жарықтылығы 5–10 кд·м$^{-2}$-ден кем болмауы керек, сондай-ақ, 30–50 кд·м$^{-2}$-тан артық болмауы керек, өйткені салыстыру өрістері жарықтылығының үлкен мәндерінде және қоршаған реңнің төменгі жарықтылығында, әдетте, сәулелік өлшеулер жүргізіледі, көз артық тітіренуге ұшырайды.

Көру фотометриясы кезінде тек құтылық құрылғыны пайдалануға ұмтылу керек және негізінен шетке орналасқан торлық қауыздың таяқтығын шығарып тастау керек, мұндай аспаптардың көру өрісінің бұрыштық ауқымын 3–5^0 шектерімен шектеуге апарады.

Көрулік сәулелік өлшеулердің дәлдігі салыстырылатын сәулеленулердің түстілігі әртүрлі болғанда да, едәуір төмендейтінін ескерген жөн. Ұқсас жағдайларда өлшеулер дәлдігін арттыру үшін өлшеулердің арнайы амалдарына сүйенуге тура келеді.

Саналған талаптарды қатаң орындаудың қажеттігі, өлшеулер нәтижелерінің бақылаушының жеке ерекшеліктерінен, тәуелділігі, оның ағзасының күйінен (физикалық күйі, шаршауы) және қоршаған жағдайлардан тәуелділігі, сондай-ақ өлшеу үдерісінің ұзақтығы тәжірибелік жағдайларда көзді физикалық аспаптардың индикаторы ретінде, яғни көру фотометриясын физикалық (объективтік) фотометрияға ауыстыруды келтірді.

Сәулелік энергияның физикалық қабылдағыштарының көзбен салыстырғандағы негізгі артықшылығы: олардың өлшенетін шамаларды тікелей сандық бағалауға қабілеттілігінде

болады. Сәулелік шамаларды өлшеуге қолдануға бұл оңтайлы сапа, алайда, спектрлік сезгіштігінің қисығы салыстырмалы спектрлік сәулелік тиімділіктің қисығына өте жақын физикалық қабылдағыштарға ғана тән.

Қазіргі кезде физикалық фотометрия әдістерінің кеңінен дамуы спектрдің тек қана көрінетін бөлігінде ғана емес, сондай-ақ, оған жанасып жататын ультракүлгін мен инфрақызыл сәулеленулерді де өлшеуді іске асыруға мүмкіндік беретін физикалық қабылдағыштармен анықталады.

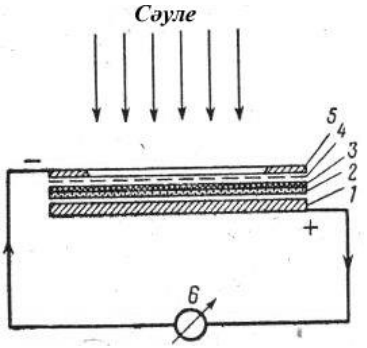
Физикалық фотометрия әдісінің ерекше артықшылығы тездігі мен өлшеу нәтижелерін қайта өндіру, бұл жарықталу құралдарының (жарық көздерінің, жарықтайтын аспаптардың) сәулелік сипаттамаларын немесе жарықтау жағдайларының сипаттамаларын массалық түрде өлшеу қажеттілігі кезінде өте маңызды.

Физикалық фотометрияның қондырғыларында сәулелік энергия қабылдағыштары ретінде барынша кең тарағандар: вентильдік фотоэлементтер (жабылатын қабаты бар фотоэлементтер) және сыртқы фотоэффектісі бар фотоэлементтер.

Вентильдік фотоэлемент ретінде шалаөткізгіштік аспап қолданылады, мұнда сәулелік энергия әсерінен э. қ. к. пайда болады. Сыртқы кернеу қосылмағанда фотоэлемент тізбегінде фотоэлементке түсетін сәулелік ағынға тәуелді электр тогы пайда болады. Сонымен, вентильдік фотоэлементтер сәулелік энергияны электрлікке тікелей түрлендірушілер болады.

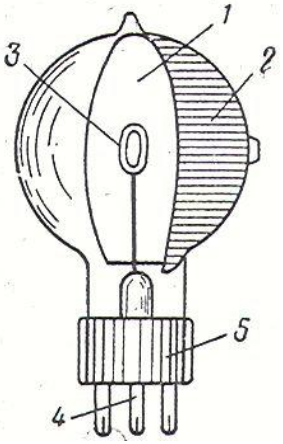
Жарық өлшеуде қолданылатын вентильдік фотоэлементтер саны ішінен селенді фотоэлементтер ең көп таралған, олардың спектрлік сезімталдығы салыстырмалы спектрлік жарық тиімділігінің мөлшерленген қисығымен жақынырақ сәйкес келеді.

Селенді фотоэлементтің негізгі сілемді болаттан жасалған пластина (1) болып келеді, оған жарық сәулесіне көрінетін селен (2) жағылған (*6.2-сурет*). Селеннің үсті өте жұқа (шамамен 5 нм) көрінбейтін (4) алтын немесе платина жағылған. Осы кезде алтын мен селен арасындағы жабылатын қабат (3) пайда болады, бір бағытты селеннен алтынға өткізгіштігі бар. Алтын қабатқа металл (5) сақина кигізіледі, ол фотоэлементтің теріс қыспағымен қосылады, оң қыспақ болат табақшамен қосылады.

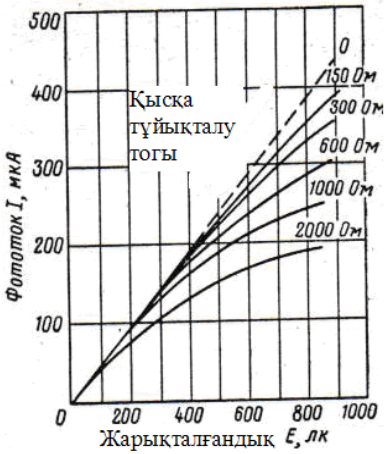


6.2-сурет. Селенді фотоэлементтің құрылғысы

Столетов көрсеткендей, ток фотоэлемент бетіне түсетін жарық ағынына, яғни фотоэлемент жазықтығындағы жарықтандыруға пропорционал. Бұл пропорционалдық қысқаша тұйықтау (сыртқы тізбектің кедергісі нөлге тең кезінде) режимінде орын алады. Фотоэлементті гальванометр тізбегіне қосқан кезде пропорционалдық бұзылады, және де осы бұзылу жарықтандыру артқан сайын өседі, бұл селенді фотоэлементтің ішкі кедергісі азаюын келтіреді (*6.3-сурет*).



6.3-сурет. Селенді фотоэлемент фототогының сыртқы тізбектің әр түрлі кедергісі кезіндегі фотоэлемент



6.4-сурет. Сыртқы фотоэффектілі жарықтандырудан тәуелділігі

Фотоэлементтердің басқа түрлерімен салыстырғандағы селенді фотоэлементтің елеулі артықшылығы селенді фотоэлементтің спектрлік сезгіштігі қисығының салыстырмалы спектрлік сәулелік тиімділігінің мөлшерленген қисығына жақын орналасуында. Іс жүзінде селенді фотоэлементтің спектрлік сезгіштігі қисығының максимумы салыстырмалы спектрлік сәулелік тиімділігінің мөлшерленген қисығына толығымен үйлесуіне мөлдір *түзеткі сүзгіштерді* қолданып жетуге болады.

Селенді фотоэлементтердің интегралдық сезгіштігі 300-ден 750 мкА·лм$^{-1}$-ге дейінгі шекте жатады және селен қабатын жабатын сыртқы электродтың материалына тәуелді. Селенді фотоэлементтер инерциялы, яғни жүктеменің түрлі кедергілеріндегі номиналдық ток, жарықтандыру басталған соң 10^{-2}–10^{-3} с ішінде қалыптасады. Селенді фотоэлемент тогы қоршаған ортаның температурасына тәуелді, түрлі фотоэлементтер үшін температуралық коэффициент жеткілікті кең шектерде өзгереді.

Сыртқы фотоэффектілі электрвакуумдық фотоэлементтер өзімен сфералық немесе цилиндрлік түрдегі шыны баллондағы екіэлектродты аспаптарда болады. Фотоэлемент аноды жұқа никельдік сымнан сақина түрінде жасалып, құты орталығына орналасады. Фотоэлемент катоды қызметін шыны құтының ішкі бетіне немесе жартылай цилиндр түріндегі иілген табақшаға салынған сәулесезгіш қабат атқарады, бұл катодқа түсетін жарық ағынын пайдалануды арттырады.

Сыртқы фотоэффектілі фотоэлемент *6.4-суретте* бейнеленген. Шыны құтының (1) ішкі бетіне фотоэлементтің катоды (2) болып табылатын жарық сезгіш қабаты тозаңдалған. Катодтың қасында сымды анод (3) орналасқан. Катод және анод герметикалық дәнекерленген өткізгіштер көмегімен тұғырға (5) фотоэлементпен бекітілген, түйіспелік істікшемен (4) байланысқан.

Сыртқы фотоэффектілі фотоэлементтер вакуумдыққа (электрондыққа) (мұнда құтыдан ауа сорылған) және газға толтырылғандыққа (иондыққа) бөлінеді, құты ауасы сорылғанынан кейін инертті газбен толтырылады.

Сыртқы эффектілі фотоэлементтің жұмыс қағидасының мағынасы фотондардың фотоэлементтің сәуле сезгіш қабатына

түсе отырып, олардан электр өрісі әсерінен, анод пен катод арасында фотоэлемент тізбегінде электр тогын түзе отырып, анодқа ұшатын, электрондарды шығаратынында.

Вакуумдық фотоэлементтердің интегралдық сезгіштігі бекітіп тастайтын қабаты бар фотоэлементтердікінен төмен болады, және 80–120 мкА/лм-ден аспайды.

Газбен толтырылған фотоэлементтерде катодтан жұлынған электрондар анодқа барар жолында фотоэлемент құтысын толтыратын газ атомдарын иондайды да, жаңа электрондарды босатады. Иондау нәтижесінде фотоэлемент тізбегіндегі фототок, жарықтандырудың осындай деңгейлері кезінде осыған ұқсас вакуумдық фотоэлемент тогымен салыстырғанда, 6–10 есеге дейін өседі.

Газбен толтырылған және вакуумдық фотоэлементтердің вольт-амперлік сипаттамалары. Вакуумдық фотоэлементте анодтық кернеудің нақтылы мәндерінде, катодқа түсетін жарық ағынының тығыздығына тәуелді, қанығудың тұрақты тогы қалыптасады. Газбен толтырылған фотоэлементте анодтық кернеу өсуімен фототоктың үзіксіз өсуі байқалады, сондықтан басқа разрядтың пайда болуын болдырмау үшін газбен толтырылған фотоэлемент тізбегіне анодтық кернеуді шектейтін үлкен кедергі енгізу керек.

Вакуумдық фотоэлементтермен салыстырғанда жоғырақ интегралдық сезгіштіккке ие болғанымен, газбен толтырылған фотоэлементтерде елеулі кемшіліктер қатары бар. Олардың ішінен негізгісі: фототок пен катодқа түсетін жарық ағынының тығыздығы арасында пропорционалдықтың қатыспауы, температуралық тұрақтылықтың аздығы және вакуумдық фотоэлементтермен салыстырғанда үлкен қараңғылық токтың болуы.

Сыртқы кедергінің болуы мен қатыспауы (R = 0) кезіндегі газбен толтырылған және вакуумдық фотоэлементтердің сәулелік сипаттамалары. Вакуумдық фотоэлементте сыртқы кедергіні қосқан кезде фототок пен жарық ағыны арасындағы пропорционалдық іс жүзінде бұзылмайды. Сыртқы кедергіні қосқан кездегі осы пропорционалдықтың елеулі бұзылуы газбен толтырылған фотоэлементке тән.

Вакуумдық фотоэлементтердің спектрлік сипаттамалары негізінде катодтың сәуле сезгіш қабатының материалымен және оны өңдейтін тәсілмен анықталады.

Сәулелік және жарық ағындарының кіші тығыздықтарын өлшеу кезінде фототокты күшейту үшін әртүрлі электронды күшейткіштер, сонымен қатар электрондардың екінші эмиссиясы көмегімен жеткізілетін фототокты күшейтетін фотоэлектронды көбейткіштер қолданылады.

6.2. Жарықталуды өлшеу

Жарықталуды өлшеудің қажеттілігі өндірісте (жұмыс орындарының жарықталуын жеткілікті бағалау үшін), қоғамдық ғимараттар бөлмелерінде, ашық кеңістікте, сонымен қатар, зертханалық жағдайларда туындайды.

Жарықталуды өлшеу үшін *люксметрлер* деп аталатын, арнайы фотометрлік құрылғылар қолданылады. Қарапайым *фотоэлектрлік (объективті) люксметр* өзімен тізбегіне бағытбағдарлы гальванометрді қосып алған селенді фотоэлементті көрсетеді.

Түстілік температурасы T = 2 854 K стандарттық көз бойынша тікелей люкстарда гальванометр шкаласы градусталады. Сәулеленуінің спектрлік құрамы қуаты орташа (200–300 Вт) қыздыру шамының спектрлік құрамына жақындайды.

Жарықталудың аз мәндерін (шамамен 1 лк) өлшеу мүмкіндігіне сезгіштігі 10^{-6} А/дел ретіндегі гальванометрлерді қолдануымен жетуге болады. Үлкен жарықталуды өлшеу үшін аспап шунттармен және бейтарап сүзгіштер кигізілген фотоэлементтермен жабдықталады.

Жарықталудың үлкен деңгейлерін өлшеу үшін фотоэлементке арасына жұқа металл тор орналасқан екі шыныдан тұратын тікбұрышты түрдегі сүзгіш кигізіледі. Сүзгіш өлшеу шектерін шамамен 100 есе арттырады, бұл сәйкестелініп, 2 500, 10 000 және 50 000 лк-ке дейінгі жарықталуларды өлшеуге мүмкіндік береді. Гальванометр, фотоэлемент және сүзгіш қынға салынады, бұл тасымал кезінде қолайлылықты қамтамасыз етеді.

Фотоэлектрлік люксметрмен жарықталуды өлшеу кезінде келесіні еске алған жөн:

1. Жарықталуды люминесцентік шамдардан немесе басқа разрядтық жарық көздерінен, А эталондық жарық көзінен градусталған түзеткі сүзгішсіз люксметрмен өлшегенде, аспап көрсеткішіне жарық көзі сәулелендіруінің спектрлік құрамына тәуелді түзетулерді енгізу қажет.

2. Фотоэлемент жазықтығына аз бұрышпен орналасқан (30°-тан кіші) жарық көздерінен (немесе шырақтардан) жарықталуды өлшеген кезде, елеулі қателіктер пайда болуы мүмкін. Бұл, фотоэлемент нормалінен (нормаль – жанама түзуді немесе жазықтықты қиып өтетін перпендикуляр) саналатын жарық түсуі бұрышы ұлғайған кезде, люксметр көрсеткіштері нүктелік көзден шығатын жарықтандырудың өзгеру заңына (косинус заңына) тек 0-ден 60^0-қа дейінгі шекте ғана сай келуімен анықталады. Сондықтан, мысалы, көлденең жазықтықтағы жарықтандыруды өлшеу кезінде, төмен орналасқан алыстатылған көзден, жарық көзінің сәуле күшінің бағытына перпендикуляр жазықтықтағы жарықтандыруды өлшеген жөн, сонан кейін алынған жарықтандырудың сан мәнін көлденең жазықтыққа нормаль мен жарық көзінің бағыты арасындағы бұрыш косинусына көбейту керек.

3. Уақыт өткен сайын фотоэлементтің тозуы мен интегралдық сезгіштігінің азаюы көрінеді. Сондықтан жарықталудың сенімді өлшеу нәтижелерін алу үшін фотоэлектрлік люксметрді оқтын-оқтын түрде градустау қажет (жылына 1–2 рет).

4. Селенді фотоэлементтің ішкі кедергісі оның ауданына және өлшенетін жарықталуы мөлшеріне тәуелді. Фотоэлементтің әртүрлі құрылыстары үшін ішкі кедергі 300-ден 2 000 Ом-ға дейінгіні құрайды. Жарықтандыруды ұлғайтқан кезде селенді фотоэлементтердің ішкі кедергісі түседі, бұл жарықтандыру мен ток арасындағы пропорционалдықты бұзады да, неғұрлым күштірек болған сайын, сыртқы тізбектің кедергісі үлкенірек болады (*9.3-сурет*). Жеткілікті кең шекте жарықтандыру мен фотоэлемент тогының арасындағы пропорциоаналдықты сақтау үшін және люксметрдің үлкенірек

сезгіштігін қамтамасыз ету үшін кедергісі фотоэлементтің ішкі кедергісінен едәуір кіші гальванометрді пайдаланған жөн.

5. Аспап градусталған жағдайдан қатты ерекше температуралық жағдайларда жарықталу өлшеулеріне түзету енгізу қажет, өйткені, селенді фотоэлементтердің кейбір түрлерінде температуралық коэффициент жеткілікті жоғары.

6.3. Жарық күшін өлшеу

Жарық көздері мен жарықтандыратын аспаптардың сипаттамаларын анықтау және тұрғызу үшін жарық күшін өлшеуді және оның қоршаған кеңістікте таралуын іске асыру қажет. Осы мақсатта сызықтық және таратушы фотометрлер деп аталатын фотометрлік аспаптар қызмет атқарады.

Сызықтық фотометр. Фотометр негізі қызметін қажет биіктікке қондырылған, арнайы төсеніштерге қатаң бекітілген, екі металл түтіктен тұратын *фотометрлік орындық* атқарады.

Фотометрлік орындық шеттеріндегі қозғалмайтын кареткаларға эталондық пен сыналушы жарық көздері орнатылады. Қозғалмалы кареткадағы жарық көздері арасына *фотометрлік бастиек* орнатылады. Жарық көздері мен фотометрлік бастиек арасына, бөлменің қабырғалары мен төбесінен шағылатын жарық ағындарының фотометрлік бастиекке түсуіне кедергі жасайтын тесіктері бар қара экрандар орналасады.

Өлшеулер уақытында жарық көздерінде тұрақты кернеуді ұстауға қажет қоректендіру көздері, сондай-ақ электрөлшегіш құралғылар және реостаттар, бірмезгілде фотометрлік орындықты орнатуға қызмет ететін үстелдерге орналасады.

Жарық күшін өлшеу кезінде сыналушы жарық көзі мен эталон қозғалмайтын түрде бекітіледі, ал фотометрлік бастиек *кареткада* фотометрлік орындық бағыттаушысының бойымен, гипстік экранның екі жағының жарықтылығы теңескенше және салыстыру өрісін бөлектеуші шекара жоғалғанша жылжиды.

Салыстырудың екі өрісі жарықтықтарының теңесуін субъективті сезіну, сыналушы мен эталондық жарық көзімен жасалған гипстік экранның қарама-қарсы жақтарындағы

жарықтандырулар мәндерінің теңдігіне сай келеді. Мұндай жағдайда келесі арақатынасты жазуға болады:

$$E_{эт} = E_{сын}. \qquad (6.1)$$

Фотометрлік орындықтың шеттеріне орналасқан эталондық пен сыналушы жарық көздерінің жарық күштері гипстік пластинкадағы нормаль бойынша қатаң өлшенелінетінін ескеріп жазуға болады:

$$\frac{I_{эт}}{l_{эт}^2} = \frac{I_{исп}}{l_{сын}^2}; \qquad (6.1а)$$

бұл формулалардағы, $E_{эт}$, $E_{сын}$ – эталондық пен сыналушы жарық көздерімен жасалатын гипстік экранның қарама-қарсы жақтарының жарықтандырулары;

$I_{эт}$, $I_{сын}$ – эталондық пен сыналушы көздердің фотометрлік бастиек бағытына қарай жарық күштерінің мәндері; $l_{эт}$, $l_{сын}$ – эталондық пен сыналушы көздердің фотометрлік бастиекке дейінгі арақашықтары.

(6.1а) теңдеуінен жарық күшін таба отырып:

$$I_{исп} = I_{эт} \frac{l_{исп}^2}{l_{эт}^2} \qquad (6.2)$$

формуласын аламыз.

Сонымен, эталонның жарық күшін және фотометрлік бастиек қалпын біле отырып, екі жарық көзіне қатысты сыналушы жарық көзінің жарық күшін оңай есептеуге болады.

Жарық күшінің жұмысшы эталоны ретінде құрылымы ерекше қыздыру шамы қолданылады.

Фотометрлік орындықта жарық күшін өлшеу фотоэлектрлік люксметрлерді пайдалануымен іске асырыла алады. Бұл жағдайда фотоэлемент фотометрлік бастиектің орнына қойылады және қозғалмалы кареткада тізбектеліп қондырылған сыналушы және эталондық жарық көздерімен жарықталынады. Егер аспаптағы фототок пен жарықтандыру арасында түзусызықты тәуелділік бар болса, онда аспап көрсеткіші

бойынша сыналушы жарық көзінің жарық күші табыла алатын арақатынастар керек.

$$I_{сын} = I_{эт} \frac{n_{сын}}{n_{эт}}, \qquad (6.3)$$

мұндағы, $n_{сын}$, $n_{эт}$ – фотоэлементті сыналушы және эталондық жарық көздерімен жарықтандыру кезіндегі аспап көрсетулері.

Егер аспап түзусызықты «фототок – жарықтындыру» сипаттамасына ие болмаса, онда орындықтың шетіне тізбектеліп қондырылатын сыналушы мен эталондық жарық көздеріне қатысты фотоэлементті жылжыта отырып, аспап көрсетулері бірдей кезіндегі $l_{сын}$ мен $l_{эт}$ арақашықтарын анықтайды. Табылған қашықтықтар бойынша, (6.2) теңдеуін пайдаланып, сыналушы жарық көзінің жарық күшін анықтайды.

Қарапайым жағдайда сыналушы жарық көзінің жарық күшін люкспен өрнектелген, люксметр көрсеткіштерін пайдаланып, эталонсыз да анықтауға болады:

$$I_{исп} = \frac{E}{l_{исп}^2}, \qquad (6.4)$$

мұндағы, E – аспап шкаласы бойынша жарықтандыру, лк;

$l_{сын}$ – сыналушы жарық көзінен фотоэлемент жазықтығына дейінгі қашықтық, м.

Фотоэлементтер көмегімен жарық күшін өлшеу кездерінде, фотоэлемент жазықтығы фотометрлік орындық осіне қатысты қатаң тік орналасуын қадағалаған жөн.

Шамдалдар жарық күші қисықтарын тұрғызу қажеттігі, шабдал шағылдыратын кеңістіктің түрлі бағыттарындағы күш мәндерін өлшеуге мәжбүрлейді.

Осы мақсатта *таратушы фотометрлер* аталған аспаптар қолданылады.

Таратушы фотометрде жарық күшін өлшеулер, оның барлық элементтерін алдын ала мұқият қондыруды және өзара дұрыс орналастырылуын талап етеді, бұл фотометрлік бастиектің қабылдау экранын немесе жарық күші өлшеу бағытына фотоэлемент жазықтығының қатаң тік орналасуына кепіл беруі керек.

6.4. Жарық ағынын өлшеу

Жарық көзінің жарық ағынын өлшеу шарлық фотометрлерде іске асырылады. *Шарлық фотометр* өзімен іші ақ бояумен боялған диффузиялы түрде шағылдыратын қуыс шарды көрсетеді.

Жарық көздерінің ауқымына және жарық ағынын өлшеуге қажет сәулелік аспаптарға байланысты, 0,5-тен 2,5 м-ге дейінгі шарлық фотометрлер пайдаланылады. Шар ішіне сыналушы жарық көзін орналастыру үшін, оның қабырғасына есікшемен жабылатын саңылау тесіледі немесе екі жаққа ашылатын жартылардан құралатын бет жасалынады.

Шар ішіне ілінілетін сыналушы жарық көзі, қоршаушы кеңістіктің барлық жағына өз жарық ағынын жібереді. Бұл жарық ағыны $Ф_{сын}$, шарлық фотометрдің ішкі бетіне құлап, одан шағылады: және де бұдан айқын көрінетіні шағылған жарық ағыны $\rho Ф_{сын}$ көбейтіндісіне болатыны, мұндағы, ρ – шардың ішкі бетінің шағылдыру коэффициенті.

Жарық ағыны бірінші шағылудан соң, қайта таралады және шағылдыратын бетке қайта құлайды. Шардың ішкі бетінен екінші рет шағыла отырып, осы ағын $\rho\rho Ф_{сын}$-ға немесе $\rho^2 Ф_{сын}$-ға тең болады. Бірнеше рет шағылудың әрі қарайғы үдерісі осыған ұқсас өтетін болады, және де әрбір келесі шағылудың жарық ағынының үлесі алдыңғысынан шардың ішкі бетінің шағылдыру коэффициентінің шамасындай болып ажыратылады.

Жарық ағынының бірнеше рет шағылуы жиынында шарлық фотометрдің ішкі бетінде біршама жарық ағыны Ф қалыптасады.

Бұл ағынның шамасы энергия сақталуы заңымен анықталады, бұл заңға сай: сыналушы жарық көзінің жарық ағыны, бірнеше рет шағылу үдерісіндегі шарлық фотометрдің ішіне сіңірілген ағынға тең болуы керек:

$$Ф_{сын} = Ф\ (1 - \rho). \qquad (6.5)$$

Шар бетінің өткізу коэффициентін нөлге тең деп қабылдаймыз.

(6.5) теңдеуін Ф қалыптасқан жарық ағынына қатысты шеше отырып, аламыз:

$$\Phi_{сын} = \Phi_{сын} \frac{1}{1-\rho}. \qquad (6.5а)$$

(6.5а) теңдеуін жазуға болады мына түрде

$$\Phi = \Phi_{сын} + \frac{\Phi_{сын}\rho}{1-\rho} = \Phi_{сын} + \Phi_0, \qquad (6.5б)$$

мұндағы, $\Phi_{сын}$ – тікелей жарық көзінің (шамдалдың) құрастырушысы; ал $\Phi_o = \rho\Phi_{сын}/(1 - \rho)$ – бірнеше рет шағылдырулар ағынының құрастырушысы.

Жарық ағыны Φ_o шарлық фотометрдің ішкі беті бойынша біркелкі таралған және келесі теңдеумен анықталатын оның барлық телімдерінің бірдей жарықталуын жасайды:

$$E_{ішкі} = \frac{\Phi_0}{S_{ішкі}} = \frac{\rho\Phi_{сын}}{4\pi r^2(1-\rho)}, \qquad (6.6)$$

мұндағы, r – шар радиусы.

(6.6) теңдеуінен шарлық фотометрдің ішкі бетінің жарықтандыруы тікелей жарық ағынын экрандау кезінде сыналушы жарық ағынына пропорционал болатыны шығады.

Сүттен жасалған шынының сыртқы бетінің жарқырауы шардың ішкі бетінің жарықтандыруы арқылы $M = E_{ішкі}\tau$ өрнектеле алады. Алынған бұл өрнекті (6.6) теңдеуіне енгізіп алатын өрнегіміз:

$$\Phi_{сын} = \frac{4\pi r^2(1-\rho)}{\rho\tau} M = cM, \qquad (6.6а)$$

мұндағы $c = \frac{4\pi r^2(1-\rho)}{\rho\tau}$ – шарлық фотометр тұрақтысы;

M – сүттегі шынысының сыртқы бетінің жарқырауы.

Сүттегі шынысының сыртқы бетінің жарқырауын өлшеу, әдетте, фотоэлектрлік люксметрмен іске асырылады.

Шарлық фотометрдегі жарық ағынын өлшеуде алмастыру тәсілін жиі қолданады. Мұнда әуелде шарлық фотометрде жарық ағыны белгілі көз – жарық ағынының эталонымен анықталады және $E_{эт}$ жарықтандыру өлшеніледі. Сонан кейін сыналушы көз анықталады және екінші рет $E_{сын}$ өлшеніледі. Ізделуші жарық ағынын айқын түрде анықтайтын арақатынас

$$\Phi_{сын} = \Phi_{эт} \frac{E_{сын}}{E_{эт}}. \qquad (6.7)$$

Егер люксметр түзусызықты сипаттама фототок – жарықтандыруға ие болса, бұл сыналушы көздің жарық ағыны, эталондық көздің жарық ағынының люксметр көрсетулеріне қатынасы бойынша анықталына алады.

НЕГІЗГІ КОЛОРИМЕТРЛІК ЖҮЙЕЛЕР

6.5. Колориметрлік жүйелер жайлы жалпы мәліметтер

Түсті бағалаудың және көрсетудің екі қағидалы түрде түрлі жүйелері бар. Біріншісі – бұл колориметрлік жүйе, мұның негізіне араластырғанда түстердің көптүрлілігін өндіретін негізгі сәулеленулер жатады (кейде, берілген түс көзбен шолуда негізгі қоспа түсімен бірдей болғанда, бұл қағиданы да түстерді теңестіру қағидасы деп атайды). Кейбір колориметрлік жүйелер халықаралық стандарттауға ие. Екіншісі – бұл түстерді арнайыландыратын жүйе, мұнда түс, нақты ретте орналасқан және боялған бет түріндегі материалдық тасығышқа ие. Арнайылаудың жүйелері стандарттаудың ұлттық қызметімен стандартталады. Соңғы уақытта бұл жүйелер халықаралық колориметрлік жүйелердегі нақты түстілік температура кезінде түстерді стандарттық өлшеуге ие.

Адам барлық өзінің өмірі бойында тұрмыстық деңгейде де, сондай-ақ, өзінің кәсіби қызметінде де түсті бағалау ісімен ұшырасады. Телекөрсетілім, полиграфиялық пен тоқыма өнеркәсіптерінің жұмысшылары, кинематографистер, дизайнерлер, және де көптеген басқалар да түсті қайта өндіру дәлдігін анықтау үшін түстердің сандық сипаттамаларын білуі тиіс. Бұл дегеніміз, бұл жағдайлардан түстілік өлшемдерсіз өту

мүмкін емес екендігі. Түсті өлшеу, кейбір жүйедегі түстер жиынтығы арасынан оның орнын анықтайтын, қандай да бір шама арқылы өрнектеуді білдіреді.

Түсті өлшеу жайлы ғылым *түс метрологиясы* немесе *колориметриясы* деп аталады. Түсті меншікті түрде өлшеумен қатар колориметрия, сондай-ақ, оны жүйелендіру және математикалық сипаттау мәселелерінде оқып біледі.

Колориметрияның метрологиясы түстің байқалуы шарттарын және координатарын өлшеуді береді. Егер екі түстің координаттары мүлдем бірдей болса, онда түстері де бірдей. Алайда колориметрия көзбен шолып қарағанда түс координаттары қаншалықты дәл сәйкес келетініне жауап бере алмайды. Бұл мәселені түстің жоғары метрикасы (ТЖМ) шешеді. Түстің жоғары метрикасының әдістерімен екі жақын түстің координаттарындағы айырмашылықты (ΔЕ) анықтайды немесе, басқаша айтқанда кішігірім түстілік айырмашылықтарды табады. Ол (ТЖМ) сондай-ақ, ақшылдықты (мысалы, қағаздың) өлшеу, түстің ахроматтылығының дәрежесі және түс қабылданылуындағы түс адаптациясының ықпалы тәрізді күрделі мәселелерді шешуге тырысады.

6.6. Түсті өлшеу қағидалары

Түсті қайта өндіру үшін қайта өндірілетін зерзаттың да, алынған нәтиженің (мысалы, түстік түпнұсқа және оның қайта өндірілуі) де сипаттамаларын білу қажет. Бұл жағдайда сапаны бағалау үшін түстер өлшеулерін, түсті қатаң сипаттауды айналып кетуге болмайды. Түстер өлшемдері туралы ғылым түстер колориметриясы немесе метрологиясы аталады.

Түс теориясы басым түрде түсті сипаттаудың екі әдісін – колориметрлік жүйелер мен жүйеліліктер жүйесі көмегін қолданады. Бұл бөлімде колориметрлік жүйелер тұрғызу қағидалары ғана қарастырылады.

Түсті анықтау тәсілдерінің бірі оны синтез қағидасы бойынша өлшеуге негізделген. Осы қағида іске асырылған аспаптарда – колориметрлерде өлшенілетінге теңдестірілген үш негізгі түс көмегімен синтезделеді.

Призманың екі қыры фотометрлік өрісті түзеді. Өрістің бір жартысында өлшенетін сәулелену Т, ал екіншісіне – негізгілер R, G, B бағытталады. Негізгі түстер мөлшерін реттей отырып, түстер өрістерінің екі жартысын теңестіруге болады. Сәуле сіңіретін құрылғылардың (диафрагмалар, сыналар) сипаттамаларын біле отырып, негізгілердің санын, ал олар арқылы – өлшенетін түстің координаталарын табуға болады.

Кейде түстілік координаттардың орнына түстің психофизикалық сипаттамалары: басым түсетін толқын ұзындығы, түс тазалығы және жарықтылығы анықталады. Олардың анықталуы, спектрдің құрамында, қарақошқылдықтан басқа түстердің бәрі болатынына негізделген. Сондықтан кез келген жарық шоғырына, түстік реңі бойынша өлшенетінге тепе-теңдес, спектрлік түсті іріктеп алуға болады.

Өлшенетінге тепе-теңдес монохроматтық сәулеленудің толқын ұзындығы басым түсуші толқын ұзындығы ($\lambda_{басым}$) деп аталады. Ол Т түсінің түстік реңін сипаттайды.

Түс қаныққандығы Т түстің колориметрлік тазалығы *p*-ны сипаттайды. Ол ақпен қоспасында қарастырылатын сәулеленумен (түспен) көру тепе-теңдесті қамтамасыз ететін, монохроматты сәулелену үлесін анықтайды да,

$$\text{P} = \frac{B_\lambda}{B_\lambda + B_a}$$ формуласымен есептелінеді.

Мұндағы B_λ – монохроматты сәулеленудің жарықтылығы; B_a – ақ сәулеленудің жарықтылығы.

Соңында, жарқын колориметрияда, түстің сандық сипаттамасы болатын жарықтылық В арқылы анықталады. Ол жарқын бойынша Т түсінен ажыратылмайтын монохроматты сәулелену призманың эталондық қырында алу үшін қажет сәулелену мөлшерінен тәуелді.

6.7. Колориметрлік жүйелерді тұрғызу негіздері

Метрологияның (бөлікте, түс метрологиясының да) негізгі талаптарының бірі болатын өлшемдер нәтижелері бірмәнді және қайта өндірулі болуы керек. Бірмәнділік деп бір шаманың өзі

әрқашан бірдей мәндерді беру қабілеттілігі, қайта өндірілу деп өлшемдердің алынған нәтижелерінің салыстырылатындығы түсініледі. Осы талаптарды қанағаттандыру үшін, өлшеу нормаға қабылданған бірдей жағдайларда өткізілуі тиіс.

Түс өлшеулерінің нормаланған жағдайлардың жиынтығы колориметрлік жүйені құрайды. Колориметрияда нормаланатын жағдайлар тікелей нәтижеге: негізгілердің түстілігіне, негізгілердің санына, жарықтылық деңгейіне, фотометрлік өрістің ауқымына әсер етеді.

Колориметрлік жүйелер құлылымының қағидасы Грасман (Грасман Герман неміс ғалымы математик, физик және филолог) заңдарының біріне негізделеді, бұл заңға сай, егер түстер сызықты түрде тәуелсіз болса, онда кез келген түс олардың үшеуінен өрнектеле алады. Бұл талапқа *триадалық* аталынған көк, жасыл және қызыл түстердің сәулеленулері жауап береді. Басқа да талаптар қатарын ескере отырып, негізгілерді таңдау нақтылы спектр аралықтарымен және толқын ұзындықтарымен шектеледі.

Жарықтылық деңгейімен және фотометрлік өріс ауқымымен көздің қарсыластық сезгіштігі байланысқан. Бір жарықтылық кезінде ажыратылатын түрлі-түстің екі зерзаты, басқа көз сезгіштігі төмендеген кезде ажыратылмайтындай болуы мүмкін. Сондықтан колориметрлік өлшемдер деңгейлері, жарықтылық деңгейі адам көзінің сезгіштігіне қатысы бойынша оңтайлы болатындай етіліп мөлшерленеді.

6.8. Негізгі физиологиялық ҚЖК жүйесі

Олардың арасындағы сызықты тәуелсіздікпен шектелген негізгі түстерді таңдау, колориметрлік жүйелердің шектелмеген үлкен санын иеленуге мүмкіндік береді.

Мұндай жүйелердің бірі болатын физиологиялық жүйе – ҚЖК. Осы жүйедегі Қ, Ж және К түстердің координаттары – түстер құрауыштарының ҚЖК бірліктік мәндеріндегі көздің үш қабылдағышының қоздыру деңгейлері. Физиологиялық жүйенің ерекшелігі мынада: басқа жүйелердің барлығынан (осы санның ішінде әрі қарай қарастырылатындары да бар) ерекшеленіп, мұндағы кез келген түс үш негізгілердің қосындысымен ғана

өрнектелмей және көздің үш түсті сезінушілік рецепторлары реакцияларының арақашықтық деңгейімен анықталады. Осыған байланысты берілген жүйенің түсті сезінуші рецепторлар реакцияларын, түстілік адаптацияны және тағы басқаларды талдау қажеттігі бар жерде, айрықша маңызы бар.

Берілген жүйені тұрғызудың негізгі қиындығы үш түсті сезінуші рецептор әрқайсысының спектрлік сезгіштігін дәл өлшеу мүмкін еместігінде.

6.9. Колориметриялық (*CIERGB*) жүйесінің негіздері

Бірінші колориметрлік жүйе RGB 1931 жылы жарықтау бойынша халықаралық комиссиямен (ЖБХК) ұсынылды және қабылданды, әдебиетте ЖБХК-нің орнына пайдаланылатын аббревиатура *CIE* французша *Commision Internationale de l'Eclairage*. Бұл жүйенің негізгі түстерін таңдау келесі талаптармен іске асырылады:

1. Таңдалған негізгілер оңай қайта өндірілуі тиіс.

2. Таңдалған негізгілердің әрбірі мүмкін болғанынша түсті сезінуші рецепторлардың тек бір ғана тобымен қоздырылуы керек.

Бірінші колориметрлік жүйе жасалуы жылын ескере отырып, одан шығатыны, сол кезде іштерінен жарықсүзгіштер көмегімен монохроматты сәулеленулер оңай бөлінетін, газбен жарқырайтын шамдар сәулеленуі ең қайта өндіруші саналды. Осыған байланысты *CIE*-де негізгі ретінде таңдалынған сәулеленулер: қызыл (λ_R = 700 нм), қыздыру шамынан жарықсүзгішпен бөлінеді; жасыл (λ_G = 546,1 нм) *e* сызығы сынап шамының спектрінде; көк (λ_B = 435,8 нм) g сызығы сынап шамының спектрінде. Осы сәулеленулер түстерінің сәйкестелініп алған аталулары R (*red*), G (*green*), B (*blue*), ал колориметрлік жүйе – CIERGB.

CIERGB негізгі түстерінің сандық сипаттамалары жарқын энергетикалық та, сәулелік те шамалармен өрнектеледі. Колориметрлік өлшеулер үшін жарқыраулық шамалар бірліктерін, негізгілердің бірдей сандары ақ түсті беретіндей етіп таңдау ыңғайлырақ. Бұл колориметриядағы синтездің негізгі қағидаларының бірі.

$\bar{r}(\lambda)$, $\bar{g}(\lambda)$ және $\bar{b}(\lambda)$ *қосу қисықтары* өзімен, қуаты 1 Вт ($\Phi_{o\lambda}$) монохроматты сәулеленулердің R_λ, G_λ және B_λ түстік координаттар спектрі бойынша таралуын көрсетеді. Сондықтан қосу қисықтарының ординаталарының мәндерін, яғни қуат бірлігіне қатынасын *меншікті* деп атайды.

Қосу қисықтарының ординаталары (меншікті координаттар) *CIERGB* ішінде тәжірибелік жолмен қалыптасқан. Меншікті координаттарды эксперимент түрінде табу негізгілері сәулеленулерінің еркін қуатының спектрлік сәулеленулеріне қоспасын іріктеу жолымен және әрі қарай олардың координаттарын қуатқа бөлумен іске асырылды:

$$\bar{r}_\lambda = R_\lambda / \Phi_{0\lambda};\ \bar{g}_\lambda = G_\lambda / \Phi_{0\lambda};\ \bar{b}_\lambda = B_\lambda / \Phi_{0\lambda}.$$

6.10. Стандартты колориметриялық XYZ (*CIEXYZ*) жүйесінің негіздері

RGB колориметрлік жүйесімен бірмезгілде тағы бір жүйе қабылданды. Мұның негізгісі ретінде мұнда спектральдықтан гөрі қанықканырақ түстер таңдалды. Ал мұндай түстер табиғатта болмайтындықтан, оларды XYZ нышандарымен белгіледі, ал колориметрлік жүйенің өзі *CIEXYZ* аталуын алды. Осы колориметрлік жүйе жасауға, *CIERGB* жүйесімен жұмыс кезінде біршама ыңғайсыздықтары барлармен байланысқан себептер қатары түрткі болды.

CIERGB кемшіліктерінің бірі шынайы түстердің тұтас қатары үшін оң координаттардың болуы, бұл спектральдық қисықтар бойынша түстік сипаттамаларды қиындатады. *CIERGB* жүйесінің маңызды екінші кемшілігі – түстің сандық сипаттамасы – жарықтылықты анықтау үшін, түстің барлық үш құраушыларын анықтаудың қажеттігі.

Осыған байланысты XYZ колориметрлік жүйелерді тұрғызу негізіне жататын мына ережелер:

1) барлық шынайы түстер тек оң координаттарға ғана ие болуы керек;

2) жарықтылық түстің бір координатасымен анықталуы керек;

3) бірдей энергетикалық көздің ақ түсінің координаттары ие болуы керек координаттар 0,33; 0,33.

$\bar{x}(\lambda)$, $\bar{y}(\lambda)$ және $\bar{z}(\lambda)$ қосу қисықтарының ординаттары, *CIERGB* жүйесіндегі қисықтар ординатарымен мағыналас:

$$\bar{x}_\lambda = X_\lambda / \Phi_{0\lambda};\ \bar{y}_\lambda = Y_\lambda / \Phi_{0\lambda};\ \bar{z}_\lambda = Z_\lambda / \Phi_{0\lambda}.$$

ТҮСТІ ҚАРАСТЫРУ ЖӘНЕ ӨЛШЕУ ШАРТТАРЫ

Адам көруінің түсті ажырату қабілеттілігі ағзаның негізгі қорғау жүйелерінің бірі ретінде бірте-бірте даму үдерістерімен жасалған деп саналады. Түсті өлшеу, сондай-ақ, өлшеу берілулерін үдерістерді реттеуге және соңғы өнім алуға пайдалану қажет. Соңғы өнім қарастыруға арналған түрлі-түсті бейне болатындығынан, қарастыру шарттары мен оларға сай келетін өлшеу шарттары мөлшерленеді.

6.11. Қарастыру шарттары

Полиграфиялық пен фотографиялық өнімдердің түстік үлгілерін тікелей көзбен немесе қарау құрылғыларымен қарауға болады. Олар техникалық мақсаттарда, мысалы фотографияда негативтен позитивке басуда қолданылады. Түрлі-түсті суреттермен сипаттау шағылған жарықта жарақталмаған көзбен қарауға арналады. Сондықтан өлшенілетін тығыздықтар тиімділігі тұрғысынан қарастырудың және өлшеудің сай келетін қолайлы шарттарын білу қажет.

Баспа таңбалары жатқан бетке көру бағыты тік болғанында, сол баспа таңбаларын қарастыру ең қолайлы болады. Егер суретпен сипаттау бағытталған сәулемен жарықтандырылса, онда мүмкін болатын қоңыр түске түскен ақ дақтарды болдырмау үшін, жарық 45^0 бұрышпен түсуі тиіс. Жоғарыда айтылғандарды ескеріп, сондай-ақ, жарықтандыру деңгейін және түстік температураны мөшерлеумен (жылтыр бейнелермен немесе жаңа басылғандармен жұмыс кезінде қарастыруда да, өлшеуде де қосымша поляризациялық сәулесүзгіштер

қондырылады), шағылған сәуледегі із-таңбаларды қарастыру үшін арнайы жарықтандыру қондырғылары шығарылады. Өтетін сәуледе үлгілерді, «слайдтарды» қарастыру үшін, жарықтылықтың және түстік температураның нақты деңгейлерімен шашыраған жарықпен жарықтандыруы бар арнайы жарықтандыру қондырғылары қолданылады. Мұндай құрылғылар жиынына реңдік жарықтануды азайту үшін әдетте, нақты тығыздықтың бейтарапты-сұр жақтамалары және көзбен шолып бақылау үшін оптикалық сыналар жиынтығы қосылады.

6.12. Түсті өлшеу тәсілдерін жіктеу

Түсті дұрыс қайта өндіру үшін, оны өлшеу қажет. Сондай-ақ түстің берілген бейнесінің жалпы санын анықтау үдерісін бақылау қажет.

Полиграфияда, фотографияда, ғылымның және техниканың басқа да салаларында түсті өлшеу мақсатына байланысты екі: колориметрлік және денситометрлік тәсілмен іске асырылады:.

Өтетін немесе шағылатын сәуледе жұмыс істейтін денситометрлер көмегімен денситометрлік өлшеу жүргізіледі, сондай-ақ, сканерлер көмегімен бейне «санды түрге» түрлендіріледі.

Колориметрлік өлшеулер көзбен шолулық, фотоэлектрлік, спектрлік болады:

а) біріншілері көзбен шолулық колориметр немесе түстер атласы пайдалануымен орындалады;

ә) екіншілері спектрлі-келісілген немесе спектрлі-кесілмеген фотоэлектрлік колориметр пайдалануымен орындалады;

б) спектрлік өлшеулер автоматты режимде спектрлік колориметрде өткізіледі немесе үлгінің өлшенген спектрлік қисығы және түс координаттарын есептеуге арналған кестелер бойынша есеп жүргізіледі.

Ұсынылған бөлектеу жеткілікті шартты түрде, шынайы істе түсті өлшеудің және басқарудың жалпы қағидалары бар, бірақ та нақтылы саналған тәсілдер үшін қайсыбір аз өзгешелік бар.

Өлшеудің нақты тәсілін қарастырудан бұрын, метамерлік пен изомерлік сияқты аталымдарды еске алу қажет. Осы екі

түсінікке кез келген тәсілмен түсті қайта өңдеу мен өлшеу мүмкіндігінің өзі негізделген. Бұлар әдетте алынатын немесе салыстырылатын түстерге, және де көрінуі жағынан бірдей, және тағы да жиі бірдей түстер сезінуін шақыратын – сәулеленулерге жатқызылады. Жиі (және дұрыс емес) «метамерлік» түсінігін, жарықтандырудың түстік температурасына тәуелділікте, нәрсенің боялуына және осы нәрсенің түсі өзгеруіне жатқызады. Екі түс метамерлі, яғни бұл түстердің бірдейлігінің сезінуін шақыратын жарық сәулелері түсі бойынша бірдей, спектрлік құрамы бойынша әртүрлі болатынын еске түсіреміз. Анықтамасынан метамерлік түстерді колориметрде көзбен шолумен немесе өлшеу жолымен салыстыру қажеттігі шығады.

Егер түстер спектрлік құрамы бойынша мүлдем бірдей болса, онда оларды изомерлі деп атайды, мысалы, бояулардың бір триадасымен басылған полиграфиялық басылым данасы санының баспа таңбаларының түстері.

Сонымен, метамерлік құбылыс түрлі тәсілдермен берілген түсті алуға мүмкіндік береді, сондықтан түсті ұдайы өндіру үдерісінің дұрыстығын колорометрлік тұрғыдан бақылау қажет. Изомерлік түсті ұдайы өндірудің технологиялық үдерісі тұрақтылығын бақылау үшін маңызды және осы үшін денситометрлерді пайдалануға мүмкіндік береді.

6.13. Түрлі-түстілік денситометрлер, түстілік шамаларды өлшеудің ерекшеліктері

Өтетін немесе шағылған сәуледегі оптикалық тығыздықтарды өлшеу үшін полиграфияда және фотографияда денситометрдің үш түрі қолданылады:

а) өтетін сәуледе өлшеуге арналған денситометрлер;

б) шағылған сәуледе өлшеуге арналған денситометрлер;

в) өтетін және де шағылған сәуледе де өлшеуге арналған әмбебап денситометрлер.

Өтетін сәуледе өлшеу кезінде өлшенетін мөлдір үлгі өлшеуші үстел үстінде жарық көзі мен фотоқабылдағыш арасына орналастырылады және оптикалық тығыздықты өлшеу жүргізіледі. Қолданылатын формула $D_\tau = \lg(F_0 / F_\tau)$.

Шағылған сәуледе өлшеу кезінде өлшенетін мөлдір емес үлгі ақ бетке орналастырылады, өлшеу фотометрлік бастиекпен жүргізіледі, бұл бастиек нақтылы түрде үлгіні жарықтандырады және де шағылған сәулені жинайды. Бұл жағдайда оптикалық тығыздық $D_p = \ell g(F_0 / F_p)$ формуласымен анықталады.

Әмбебап денситометрлерде D_τ өлшенуі үшін өлшеу үстелі және D_ρ өлшенуі үшін фотометрлік бастиек болады.

Денситометрде өлшеу кезінде сәуле шашырататын бейнелер өрістерінің оптикалық тығыздықтары сәуле сіңірумен ғана анықталмайды. Тығыздық шамасы, сондай-ақ, жарықтандырудың оптика-геометриялық пен спектрлік шарттарына және қабылдағышпен сәулені тіркеуге тәуелді, сондықтан бұл шарттар стандарттармен сақталып реттеледі.

Өтетін сәуледе екі оптикалық тығыздықтың: диффузиялық оптикалық пен реттеулік оптикалық тығыздық үшін өлшеу геометриясы стандартталады.

Соңғы 15–30 жылда өлшеу тәсілін стандарттауға «колориметрлік» жақындау ұсынылды. Стандартталатын аймақтық сәулесүзгіштердің спектрлік сипаттамалары емес, «статустар» аталатындар. Өзінің маңыз-мәні бойынша бұл сәулесүзгіштердің өлшеуішін денситометрдің қатынастық спектрлік актинийлігі, немесе, оларды, сондай-ақ, «денситометр фотоқабылдағышының реакциясы» деп те атайды.

Бақылау сұрақтары

1. Жарық көздерінің сәулелік сипаттамалары қандай әдістермен өлшенеді?
2. Сыртқы фотоэффектілі фотоэлементтерді жіктеуді айтыңыз.
3. Жарық ағындарын өлшеу кезінде электронды күшейткіштер не үшін пайдаланылады?
4. Жарықталуды өлшеу қажеттігі қайда туындайды?
5. Селенді фотоэлементтің кедергісі қандай параметрлерге тәуелді?
6. Жарықталуды өлшеу әдісі қандай?
7. Жарық күшін өлшеу формуласы қандай?

8. Жарық ағынын өлшеу әдісі қандай?

9. Түсті өлшеу қағидалары қандай?

10. Колориметрлік жүйелерді тұрғызу негіздері қандай?

11. Негізгі физиологиялық ҚЖК жүйесі қандай?

12. Колориметриялық (*CIERGB*) жүйе негіздері қандай?

13. Стандартты колориметриялық XYZ (*CIEXYZ*) жүйе негіздері қандай?

14. Түсті қарастыру шарттары қандай?

15.Түсті өлшеу тәсілдерін жіктеу (көзбен шолумен, фотоэлектрлік, спектральдық) қалай жүргізіледі?

16. Колориметрлік тәсілмен түсті қалай анықтайды?

17. Денситометрлік тәсілмен түсті қалай анықтайды?

18. Метамерлік әдіс қандай?

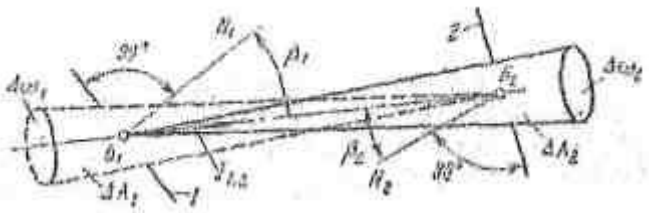
19. Изомерлік әдіс қандай?

20. Денситометрлер түрлері қандай?

7. ЖАРЫҚ ӨРІСІ ЖӘНЕ ВЕКТОРЫ ЖАЙЛЫ ҚЫСҚАША МӘЛІМЕТТЕР ОЛАРДЫҢ ИНТЕГРАЛДЫҚ СИПАТТАМАЛАРЫ

7.1. Жарық өрісінің жарықтехникалық шамалары

Жарық өрісінің берілген нүктесіндегі кез келген жарықтехникасының шамасын анықтау үшін, кеңістіктегі жарықтың таралу бағытын білу жеткілікті. Берілген нүктені орталық деп алып, жарықтың таралу денесін құруға болады. Диафрагмаларда A_1 және A_2 тесіктері бар, диафрагма шегінде $Б_1$ нүктесі орналасуын өзерткенде, ω_1 денелік бұрыштары өзгертілмейді, ω_1 денелік бұрыштарының $Б_1$ нүктелеріндегі төбелері диафрагманың (1) және (2) сәйкесінше тіреледі (*7.1-сурет*). Тесіктердің үлкен болуы себебінен дифракция құбылысы байқалмайды.



7.1-сурет. Жарықтың таралу денесі

Сәулелер шоғырын екі диафрагмамен бөліп, денелік бұрышты анықтаймыз:

$$\Delta\omega_2 = \frac{\Delta A_2 \cos\beta_2}{b_{12}^2}. \qquad (7.1)$$

Жарық ағынының сәулелері екі диафрагма арқылы өтеді.

$$\Delta\Phi_{12} = \Delta I_{12}\Delta\omega_2 = \frac{L_{12}\Delta A_1 \Delta A_2 \cos\omega_1 \cos\omega_2}{b_{12}^2}, \qquad (7.2)$$

мұндағы, L_{12} – сәулелер шоғырының жарықтылығы – көлемнің және беттің жарықтылығы, олар $Б_2$ нүктесіне бағытталып, I диафрагмасынан кейін орналасады (*7.1-сурет*); I_{12} – жарық күші, бұл күш бірінші диафрагма арқылы, екінші диафрагма тесігіндегі $Б_2$ нүктесіне сәуле шығарады.

Анықтамаға кіретін қалған шамалар (7.2), *7.1-суреттен* анық көрінеді. (7.2) өрнегінен сәулелер шоғыры жарықтылығын анықтаймыз:

$$L_{12} = \frac{\Delta\Phi_{12} b_{12}^2}{\Delta A_1 \Delta A_2 \cos\beta_1 \cos\beta_2} = \frac{\Delta\Phi_{12}}{\Delta G}, \qquad (7.3)$$

мұндағы G – шоғыр сәулелері жиынтығының өлшемі (геометриялық себепкерлік):

$$\Delta G = \frac{\Delta A_1 \Delta A_2 \cos\omega_1 \cos\omega_2}{b_{12}^2} = const, \qquad (7.4)$$

сәулелер шоғырының кез келген екі қимасы үшін. Диафрагма тесіктерін шексіз кішірейтсе, онда (7.3) өрнегі мына түрді қабылдайды:

$$L_{12} = \frac{d\Phi_{12} b_{12}^2}{dA_1 dA_2 \cos\beta_1 \cos\beta_2} = \frac{d\Phi_{12}}{dG}, \qquad (7.5)$$

мұндағы L_{12} – элементар сәулелер шоғырының $Б_1Б_2$ осьтері бағытындағы жарықтылық; dG – элементар шоғыр сәулелері жиынтығының өлшемі (геометриялық себепкерлік).

Сәулелердің элементар шоғыры бағытындағы жарықтылықты М. Планк сәуле жарықтылығы деп атады.

(7.2) өрнегін келесі түрде жазуға болады:

$$L_{12} = \frac{\Delta\Phi_{12}}{\Delta\omega_1 \Delta A_2 \cos\beta_2} = \frac{\Delta E_н}{\Delta\omega}, \qquad (7.6)$$

мұндағы $Е_н$ – $А_2$ нүктесіндегі жарықталу.

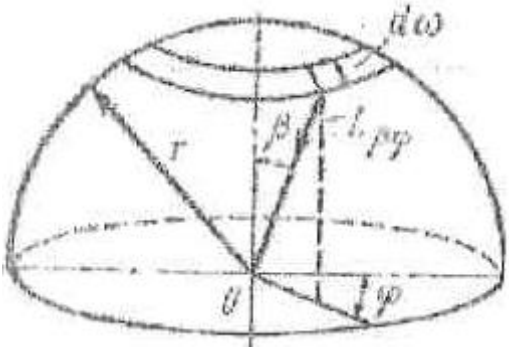
Диафрагмалардағы тесіктерді кішірейте отырып, мына өрнекті алуға болады:

$$L_{12}d\omega = dE_{12}. \qquad (7.7)$$

7.2. Жарық өрісінің интегральдық сипаттамасы

Соңғы уақытта жарық өрісінің интегралдық сипаттамасы көп қолдалынуда. Жарық өрісінің интегралдық сипаттамасының жалпы түрін ұсынған Н. Г. Болдырев (*7.2-сурет*):

$$C = \int_{\omega} L_{\beta\varphi} f(\beta) d\omega. \qquad (7.8)$$



7.2-сурет. Жарық өрісінің интегральдық сипаттамасы

Егер бізде *теңжарықты* сәуле шығаратын беттер болса, онда (7.2) өрнегі жеңілдетіледі:

$$C = L\int_{\omega} f(\beta) d\omega. \qquad (7.9)$$

Жарық өрісінің интегралдық сипаттамасы:

1. Жазықтықтың жарықталуы Е. Құндылық функциясы:

$$f(\beta) = \frac{\Delta A \cos\beta}{\Delta A}\cos\beta; \quad E = \int_{\omega} L_{\beta\varphi}\cos\beta d\omega = \int_{\omega} dE_{н} c\cos\beta.$$

2. Кеңістіктік жарықталу E_0, мұны 1916 жылы ұсынған Вебер. Анықтама бойынша жарық өрісінің берілген нүктедегі кеңістіктік жарықталуы қалыпты жарықталулардың қосындысына тең. Демек, $f(\beta) = 1$,

$$E_0 = \int_{\omega} L_{\beta\varphi} d\omega = \int_{\omega} dE_н . \qquad (7.10)$$

3. Орташа сфералық жарықталу $E_{4\pi}$ – кіші радиусты сфера бетінің орташа жарықталуы. Бұл интегралдық сипаттаманы ұсынған Гершун. Бұл сипаттаманың құндылық функциясы

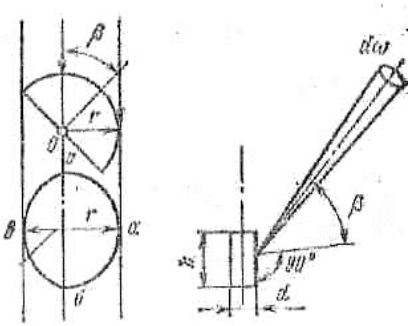
$$f(\beta) = \frac{\pi r^2}{4\pi r^2} = \frac{1}{4}; \; E_0 = \frac{1}{4}\int_{\omega} dE_н = \frac{1}{4} E_0 , \qquad (7.11)$$

мұндағы r – сфера радиусы.

4. Орташа жартылай сфералық жарықталу $E_{2\pi}$ (Гершун ұсынды).

Бұл сипаттаманың құндылық функциясы

$$f(\beta) = \frac{\pi r^2}{4\pi r^2}(1 + \cos\beta) = \frac{1}{4}(1 + \cos\beta). \qquad (7.12)$$



7.3-сурет. Жарық түсуі бұрышымен анықталған бағытқа тік орналасқан жазықтықтағы жартылай сфералық бет кескіні

7.3-суретте β жарық түсуі бұрышымен анықталған бағытқа тік орналасқан жазықтықтағы жартылай сфералық бет кескіні көрсетілген.

Орташа жартылай сфералық жарықталу формуласы:

$$E_0 = \frac{1}{4}\int_{\omega} L_{\beta\varphi}(1+\cos\beta)d\omega = E_{4\pi} + \frac{1}{4}\int_{\omega} dE_н \cos\beta, \qquad (7.13)$$

мұндағы $dE_н$ – қалыпты (нормаль) жарықталу.

7.3. Сәулелік вектор

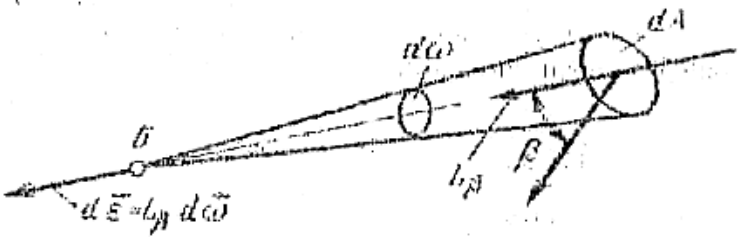
Электрмагниттік өрістің берілген нүктесін қамтитын, тұйықталған бет арқылы өтетін қуаттың лездік шамасын Умов–Пойнтинг векторы сипаттайды. Бұл вектор өрістің электрлік пен магниттік кернеуліктерінің векторлық көбейтіндісіне тең:

$$\vec{P} = [\vec{\varepsilon}\,\vec{H}]. \qquad (7.14)$$

Жарық өрісінің сипаттамасына А. А. Гершун мен М. М. Гуревич жаңа өлшем сәулелік векторды енгізді.

Сәулелік вектор берілген нүктедегі жарық ағынының бағытын және мәнін анықтайды.

Егер нүктелік жарық көзі Б нүктесінде dω элементар денелік бұрышпен көрінсе (*7.4-сурет*), онда Б нүктесінде осы көзбен жасалған сәулелік вектор, модулі бойынша қалыпты жарықталынуға тең, ал бағыты бойынша dω элементар денелік бұрыш осімен үйлеседі.



7.4 -сурет. Нүктелік жарық көзі

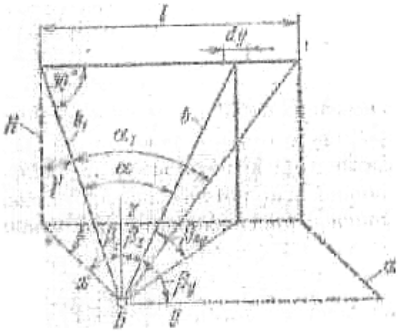
γ бұрышымен түскен жарық күшін I_γ-мен белгілейді, жарық күшінің көлденең қисығы бойынша анықтайды (*7.5-сурет*):

$$I_{\gamma\alpha} = I_\gamma \cos^N \alpha, \qquad (7.15)$$

мұндағы N – 1- ден 3-ке дейінгі оң сан: түрлі люминесценттік шамдар үшін.

Ұзындығы *dy* сызықтық жарық көзі телімінің жарық күшінің көлденең қисығы келесі өрнекпен сипатталады:

$$dI_{\gamma\alpha} = I_\gamma \cos^N \alpha dy. \qquad (7.16)$$



7.5-сурет. Жарық күшін анықтау

Кеңістіктік және орташа сфералық жарықтанулар. Б нүктесіндегі қалыпты жарықтану $dE_н$:

$$dE_н = dI_{\gamma\alpha} / \mathrm{b}^2 = I_\alpha \cos^N \alpha dy / b^2. \qquad (7.17)$$

Бұл негізгі анықтама; мұның көмегімен барлық интегралдық сипаттамаларды, сызықтық жарық көзінің Б нүктесіндегі сәулелік вектордың бағытын және модулін анықтауға болады:

$$b = b_1 / \cos\alpha; \quad y = b_1 tg\alpha; \quad dy = b_1 d\alpha / \cos^2 \alpha.$$

(7.17) анықтамасы түрлендіріледі:

$$dE_{н} = (I_{\gamma} / \mathrm{b}_1)\cos^{N}\alpha d\alpha. \qquad (7.18)$$

Б нүктесіндегі координаттық жазықтықтағы жарық түсуі бұрыштарының косинустары:

$$\cos\beta_x = a/b = \sin\gamma\cos\alpha;\ \cos\beta_y = \sin\alpha;$$
$$\cos\beta_z = H/b = \cos\gamma\cos\alpha. \qquad (7.19)$$

(7.18) пайдаланып, 0-ден α_1-ге интегралдап, Б нүктесіндегі сызықтық жарық көзін жасайтын, кеңістіктік жарықтануды E_o анықтаймыз:

$$E_0 = I_{\gamma} / b_1 \int_0^{\alpha_1} \cos^{N}\alpha d\alpha. \qquad (7.20)$$

Орташа сфералық жарықтану

$$E_{4\pi} = E_0 / 4. \qquad (7.21)$$

Орташа жартылай сфералық жарықтану:

$$E_{2\pi} = E_{4\pi} + \frac{I_{\gamma}}{4b_1}\int_0^{\alpha_1}\cos^{N}\alpha\cos\beta_z d\alpha = E_{4\pi} + \frac{I_{\gamma}}{4b_1}\cos\gamma\int_0^{\alpha_1}\cos^{N+1}\alpha d\alpha. \qquad (7.22)$$

Орташа цилиндрлік жарықтану $E_ц$:

$$E_ц = \frac{1}{4}\int_0^{\alpha_1} dE\cos\beta_{xy} = \frac{I_{\gamma}}{\pi b_1}\int_0^{\alpha_1}\cos^{N}\alpha\cos\beta_{xy}d\alpha = \frac{I_{\gamma}}{\pi b_1}\int_0^{\alpha_1}\cos^{N}\alpha\sqrt{1-\cos^2\gamma\cos^2\alpha}d\alpha. \qquad (7.23)$$

Бақылау сұрақтары

1. Сәулелердің жарықталуы ағынының формуласындағы L нені білдіреді?
2. Жарық өрісінің интегральдық сипаттамасы нені анықтайды?

3. Орташа жартылай сфералық жарықталу неге тәуелді?

4. Орташа жартылай сфералық жарықталуды анықтайтын өрнек қандай?

5. Жарық өрісінің негізгі сипаттамалары қандай?

6. Сәулелік вектор дегеніміз не?

7. Қай ғалым жарық векторының негізгі сипаттамасын енгізді?

8. Сфералық жарықтанудың формуласы қандай?

9. Жарық векторымен жарық өрісінің айырмашылығын атаңыз.

10. Жарық өрісінің негізгі сипаттамаларын атаңыз.

8. ЭЛЕКТРЛІК ЖАРЫҚ БЕРЕТІН ТОРАПТЫ ЖОБАЛАУ

8.1. Кернеуді және қоректендіру көздерін таңдау

Жалпы жарықтандырудың шамдалдары үшін қолданылатын айнымалы токтың электр торабындағы кернеу: жерге тұйықтап қосуда – 380/220 В-тан, оқшаулауда – 220 В-тан, тұрақты токта – 220 В-тан үлкен емес.

Негізінен жерге тұйықтап қосуы бар айнымалы токтың жарықтандыру тораптары кеңінен қолданылады. Оқшауланған бейтараптамасы бар тораптар негізінен электр қауіпсіздігіне көтеріңкі талаптар қойылатын жағдайдағы арнайы қондырғыларда, ал тұрақты ток – ерекше жауапты жарықтандыратын қабылдағыштарды сақтап қоректендіру үшін және арнайы электрқондырғыларда қолданылады.

Соңғы жылдары өндірістік кәсіпорындар үшін жерге тұйықтап қосылған бейтарабы бар кернеуі 660/380 В үшфазалы ток жүйесі пайдаланылады. Электрқондырғылар құрылғыларының ережелеріне (ЭҚЕ) сай шамдалдар үшін рауалы кернеу – сызықтық 380/220 В жүйесінде және фазалық 660/380 В.

Жалпы жарықтандырудың шамдалдары үшін кернеу – 380 В еденнен 2,5 м-ден кем емес биіктікте, мына жағдайда: шамдалдар кернеуі 380 В (мысалы, қуаты 2000 Вт ДСШ шамдары) шамдармен іріктеліп жинақталады; шамдалдардың электрлік сызбанұсқалары 380 В кернеу қолданылуын талап етеді (люминесценттік шамдарды немесе үшфазалы ПРА тізбектеліп қосылуы бар сызбанұсқа); көпшамдық шамдалдардағы шамдар пайдалану шарттары бойынша бірнеше фазаларға қосылады.

Кернеуі 380 В тораптарды қоректендіру кезінде шамдалдар мен ПРА-ға кірісті 660 В-тан төмен емес кернеулі оқшаулауы бар мыс сымдармен орындайды; қауіптілігі жоғары панажайларда және ерекше қауіпті панажайларда шамдалдарға енгізілетін барлық фазалық сымдар, бірмезгілде ажыратылады, ал шамдал ғимаратына жақсы ажырылатын белгілер «380 В» жасалынады. Қауіптілігі жоғары панажайларда шамдалдар мен ПРА-ға 660/380 В жүйесі кезіндегі екі және үш фазаларды енгізуге тыйым салынады.

Қауіпті және өте қауіпті панажайларға қыздыру шамдары мен ДСШ бар жалпы жарықтандырудың шамдалдары үшін 127 мен 220 В кернеулерін қолдану бойынша шектеулер енгізіледі. Олардың бірінің мағынасы мынада, 2,5 м-ден кіші биіктікке шамдалды орнату кезінде олардың құрылысы қандай да бір тетікті немесе сайманды (арнайы кілтсіз, бұрауышсыз, қысқашсыз, т. б.) пайдаланбай шамдарға жақындауды болдырмауы керек. Бұл электр қондырғыларына қызмет ету облысында мамандандырылмаған адамдардың электр қауіпсіздігін арттыру қажеттігімен шақырылады. Ол арнайы даярланған қызметкер үшін міндетті емес.

Кернеу 42 В өте қауіпті панажайларда (дымқылды, үйіп тасталған немесе ыбырсыған, т. б.), шамдалдың құрылысына тәуелсіз, еденнен 1,8 м-ге дейінгі биіктікке шамдалдарды орналастыру кезінде пайдаланылады.

Қыздыру шамдары бар жергілікті тұрақты жарықтандырудың шамдалдары үшін жоғарыланған қауіпсіздіксіз панажайларға 220 В-тен жоғары емес кернеуді қолдану ұсынылады, ал қалған жағдайларда, мұның ішінде жарықтандыру үшін, электрлік қалқандар, камералар, қоймалар және басқа да жабдықтар ішіне құрастырылғандар бар, кернеу 42 В-тан жоғары емес.

Жергілікті жарықтандыру үшін дымқыл, ыстық және химиялық түрде белсенді ортасы барлардан басқа барлық панажайларда 220 В дейінгі кернеулі люминесценттік шамдалдарды қосуға болады.

Қыздыру шамдары бар жергілікті тұрақты жарықтандырудың шамдалдарын қоректендіру және қауіптілігі жоғары мен өте қауіптілікті панажайлардағы қолмен тасылатындар үшін 42 В-тан жоғары емес кернеу қолданылады.

Ток әсері қауіптілігін арттыратын қолайсыз жағдайлар кезінде, мысалы, жұмыс істеушінің ыңғайсыз жағдайы, тарлық, адамның үлкен металдық бөлікпен жанасуы, қазандық, болат балқыту цехтары сияқты панажайларда, су өткізуші туннельдерде, т. б. 12 В-тан жоғары емес кернеуі бар тораптар қолданылуы тиіс.

Қазіргі уақытта металл өңдеуші станоктармен іріктеліп жинақталып жеткізіп беретін жергілікті жарықтандыру үшін қолданылатын кернеу – 24 В.

Газразрядтық шамдардың сенімді жұмысын қамтамасыз ету үшін олардағы кернеу номиналдытың 90 %-нан кіші болмауы, ал ең үлкені –номиналдытың 105 %-нан артық болмауы керек. Шамдардағы кернеу тербелістерінің жиілігі жұмысшы жарықтандырудың өзгерістерінде 1 %-дан кіші емеспен шектелмейді, ал 1 %-дан артықта олардың мүмкін жиіліктерін кернеу тербелісінің шамасынан тәуелділікте анықтайтын формула

$$n = 6/(u_i - 1), \qquad (8.1)$$

мұндағы n – кернеу тербелістерінің ең үлкен мүмкін саны, сағ;
u_i – кернеу тербелісінің сандық мәні, %.

Көрсетілген талап станокқа немесе механизмге қызмет ететін жергілікті жарықтандыру шамдарына таралмайды, егер де кернеудің кенет өзгеруі олардың электр қозғалтқыштарының жұмысымен байланысқан болса. Жекеленген қондырғылардың жүктемелерінің кенет айнымалы сипаты кезінде 1,5 %-ға дейінгі кернеу тербелісі жіберіледі, бұл олардың шексіз жиілігі кезінде болады.

Жарықтандыру торабын қоректендіру трансформаторлардан іске асырылады. Күштік қабылдағыштардың 380 В кернеуі кезінде қондырғыларды қоректендіру, күштік пен жарықтандыратын жүктемелер үшін жалпы 380/220 В трансформатордан іске асуы керек.

Күштік қабылдағыштардың кернеуі 660 В кезінде, жоғары кернеу торабынан қоректенетін және күштік трансформатор арқылы қоректенетін аралықтардан өзіндік жарықтандырушы трансформаторлар 380/220 мен 220/127 В арасында болуы керек.

Шамдалдардың кернеуі 380 В кезінде кернеуі 660/380 В торапты қолдануға болады.

380/220 В – 220/127 В кернеуін қабылдауға болмайтын кезде өзіндік жарықтандырушы трансформаторларды қолдану қажет. Күштік жүктеме кернеудің жіберілмейтін тербелістері кезінде немесе қауіпсіздік шарты бойынша (кейбір жерастылық өндірістер, мұнда 3×127 В-тан үлкен кернеу қабылданбайды). Күштік және жарықтандырушы жүктемелер үшін

трансформаторларды үйлестіру олардың жалпы санын және қосынды қалыптасқан қуатын азайтады, құрылғы санын және қосалқы станциялардың панажайларының көлемін қысқартады, сондай-ақ, электрмен жабдықтаудың жалпы сызбанұсқасын ықшамдайды.

Аз кернеулі (12–42 В) қондырғыларды қоректендіру, бір- және үшфазалы төмендеткіш трансформаторлардан, 220, 380/220 немесе 3×220 В кернеулермен қоректендірілген көздерден, жалпы жарықтандырудан жүргізіледі.

Станоктарды жергілікті жарықтандыру, станокты электржабдықтаумен іріктеп жинақтап жеткізіп беретін және оның күштік торабынан қоректенетін жарықтандырушы төмендеткіш трансформаторлардан іске асады.

Аз кернеулі (12—42 В) жарықтандырушы қондырғыларды қоректендіру үшін қолданылатын үшфазалық төмендеткіш трансформаторларда, ең төменгі кернеу жағында орамаларды жұлдызға немесе нөлдік нүктені шығармай үшбұрышқа қосады. Мұндай трансформаторлардан қоректенетін шамдалдарды, олардың сызықтық кернеуіне қосады.

8.2. Қоректендірудің сызбанұсқалары

Қоректендіру сенімділігіне, кернеу сапасына, пайдаланудың оңтайлылығына және қауіпсіздігіне талаптар, сондай-ақ, жарық беретін қондырғылардың үнемділігі қоректендіру сызба нұсқаларымен қанағаттандырыла алады. Қоректендіру сызбанұсқаларын таңдау жарықтандырудың нақты жағдайларына қолданылатын барлық көрсеткіштермен ғана жүргізіледі.

Ішкі жарықтандырудың тораптары мына желілерге: қоректендіретін, трансформаторлық қосалқы станциялардан топтық қалқаншаларға дейін төсемдейтін, және топтық – топтық қалқаншалардан шамдалдарға дейін боп бөлінеді.

Жарықтандыратын қондырғылар электрмен жабдықтаудың сенімділігі бойынша үш категорияға бөлінеді:

I категория – электрмен жабдықтауда үзіліске жол берілмейді немесе қордағыны автоматты қосу уақыты кезінде ғана оған жол беріледі.

Осы қондырғыларды екі тәуелсіз ток көзімен қамтамасыз еткен жөн. Егер де электрмен жабдықтау жұмысындағы үзіліс өте маңызды технологиялық жабдықты бүлдіруді әкелсе, көптеген адамдар өміріне қауіп-қатер келтірсе және соған ұқсастар болатындай болса, онда жарықтандыру қондырғыларын «ерекше» топқа бөледі және шамдалдар бөліктерін ажыратып қосуы бар тәуелсіз екі токкөзінен (немесе қосымша шамдалдарды қосумен) үшінші тәуелсіз токкөзіне толық (немесе жартылай) қондырғыны ажырату кезінде қоректенеді. Осындай апаттық ток көздері: дизельдік станциялар, бензиндік қозғалтқыштар, аккумуляторлық батареялар, сондай-ақ, ең жақын тәуелсіз ток көздерімен, сонымен қатар электрлік байланыстар бола алады.

II категория – электрмен жабдықтаудағы үзіліс кезекші қызметкермен немесе көшпелі бригадамен қосалқыны қолмен қосу үшін жіберіледі.

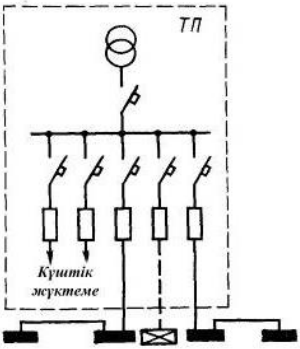
Мұндай қондырғылар іс жүзінде қосалқыны автоматты түрде енгізумен (ҚАЕ) қамтамасыз етіледі.

III категория – барлық қалған жарықтандырушы қондырғылар, бұларда жөндеу кезінде немесе тәулік ағымында зақымдалған элементті ауыстыру жұмысына үзіліс беріледі.

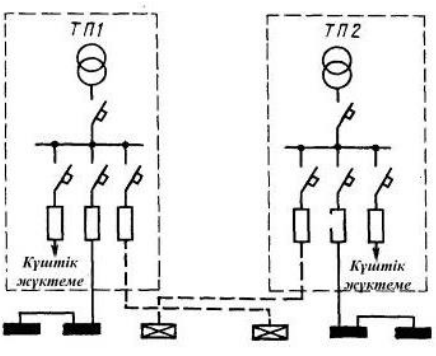
Жарықтандырушы қондырғыларда ток көздерінің бірі немесе жолдардың бірі қатардан шыққан кезде толық жарықтандыруды сақтау талап етілмейді, сондықтан қондырғыны қоректендірудің қор сақтауының қажет дәрежесі апаттық жарықтандыру құрылғысымен іске асады.

Жарықтандырудың қоректендіруші тораптарында, қалқаншалардың қуаты мен орналасуына тәуелділікте магистральдық та, радиалдық та сызбанұсқалары қолданылады. Бір жолмен қоректендірудің магистральдық сызбанұсқалары кезінде 5-тен артық емес қалқаншаны қоректендіру ұсынылады.

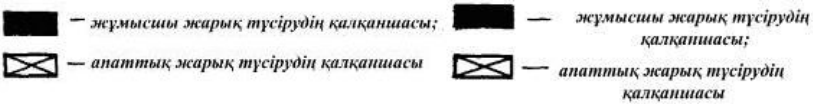
Қосалқы станциялардың таратушы қорғандарындағы қорғаныс құрылғылары санының шектелмелігі және олардың номиналды токтарының үлкен мәндері жағдайлар қатарында, магистральдық арқылы таратушыдан топтық қалқаншаларды қоректендіруді қажет етеді, мұнда қосалқы станциялардың қуатты фидерінің бөлектелуі жүреді (*14.4-сурет*). Ғимаратқа кірістіруші немесе кіріс-таратушы құрылғылармен жабдықталуы керек.



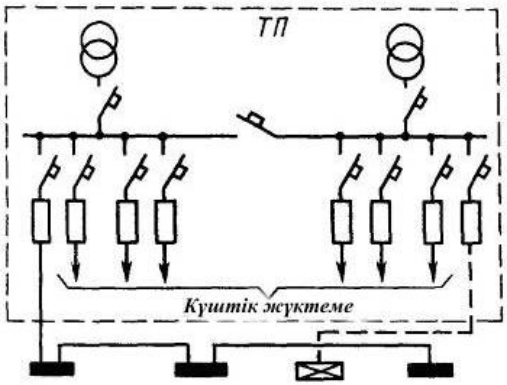
8.1-сурет. Бір автотасымал қосалқы станцияның жарық беру қондырғысы қоректендіруінің сызбанұсқасы:



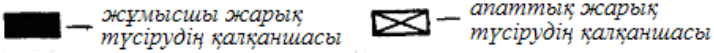
8.2-сурет. Екі қосалқы станцияның жарық беру қондырғысы қоректендіруінің сызбанұсқасы:

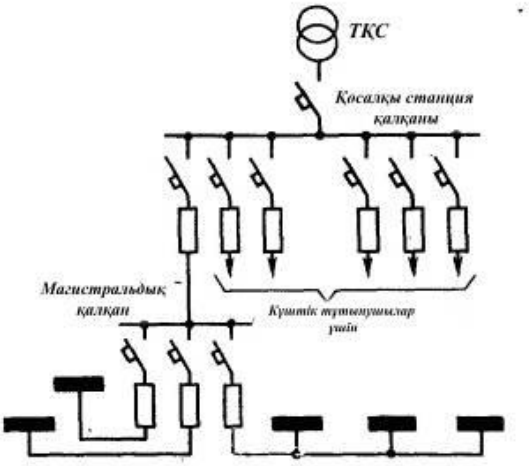


ІЖТҚС-ға ие, ғимараттар үшін құрылғылар ретінде тұтынушының қызметкеріне қызмет ететін қосалқы станциялардың таратушы қалқандары бола алады.



8.3-сурет. Бір автотасымал қосалқы станцияның жарық беру қондырғысының қоректендіруінің сызбанұсқасы:





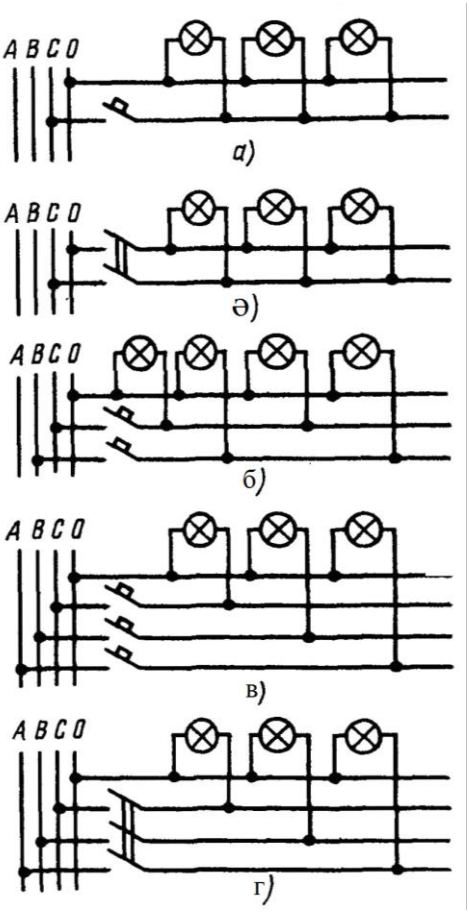
8.4-сурет. Күресымдық қалқан арқылы жарық беру қондырғысының сызбанұсқасы:

8.3. Топтық жарық беретін тораптар

Топтық жарық беретін топтар үшін топтық қалқаншаларды (щиттерді) қоректендіру көздерін, басқаруды және тағы басқаларды ескеріп, мүмкіндігінше торапты ұтымдырақ және үнемдірек орналастырған жөн.

Қалқаншаларды орындарға қызмет етуге тұрақты қол жететіндей және ыңғайлы етіліп орналастыру ұсынылады. Қалқаншаларға жарықтандырумен басқару жүйесін орналастыра отырып, панажайдағы негізгі кіре беріске, басқарылатын шамдалдар көрінетіндей етіп, оларды жақын жайғастыру керек.

Қалқаншаларды құрылыстық орындау қоршаған ортаның шарттарымен сай келуі тиіс. Қалқаншаларды ауыр жағдайлы ортасы бар панажайлардан, сондай-ақ жарылысқа және өртке қауіпті панажайлардан шығарған жөн және оларды оңтайлы жағдайлы ортасы бар панажайларда, басқару станцияларының панажайларына және баспалдақты торларда орнату керек.

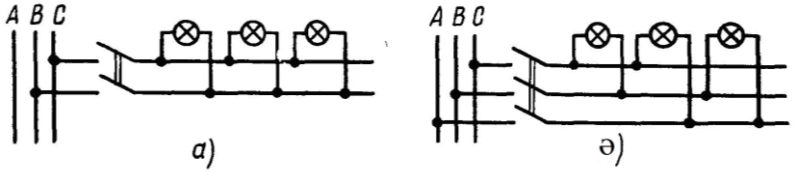


8.5-сурет. Нөлдік сымды үшфазалық жүйе кезіндегі топтық жолдар сызбанұсқалары:
а – екісымды; *ә* – В-1-класты жарылысқа қауіпті панажайлар үшін екісымды;
б – үшсымды; *в* – төртсымды бірұшты автоматтармен қорғалады;
г – төртсымды, үшполюсты автоматпен қорғалады

Қалқаншалардан шығатын, топтық жолдарды, нөлдік сымы бар үшфазалы жүйелер кезінде, орындауға болады: екісымды бірфазалымен (*8.5, а, ә-сурет*); үшсымды екіфазалымен (*8.5, б-сурет*); төртсымды үшфазалымен (*8.5, в, г-сурет*).

Жарық беретін тораптың әрбір топтық жолдың басталуына барлық жерге тұйықталмаған сымдарға, ал В-1 класындағы жарылысқа қауіпті панажайларға, сондай-ақ екісымды топтың нөлдік сымдарына қорғаныс құрылғылары қондырылады. Қалған жағдайларда нөлдік жерге тұйықталған сымдарға қорғау құрылғыларын қондыруға тыйым салынады.

Үшфазалы топтық жолдар үшін автоматтар бір- және үшұшты бола алады (*8.5, г, д-сурет*). Бірұшты автоматтардың артықшылығы мынада: олар жекеленген топтармен шамдалдарды ажыратуға мүмкіндік береді және қысқа тұйықтаудағы ажыратылатындардың және шамдалдардағы мен топтық жолдардағы басқа да жөнделуі керектілердің санын азайтады. Үшұшты автоматтар мына: үшфазалы төртсымдық топтармен қоректенетін барлық шамдалдарды бірмезгілде ажыратудың қажеттілігінде; қуат коэффициентін арттыру үшін үшфазалы топтық желіге үшфазалы конденсатор қосылған жағдайда; 50 А-дан артығырақ токтарға автоматты қолдану қажет, бұлар үшін бірұшты автоматтар жасалынбайды. Үшұшты автоматтар, сондай-ақ, үшфазалы төмендеткіш трансформаторларды қоректендіретін желілер үшін қолданылады. Бейтарапсыз, сондай-ақ, нөлдік сымы бар үшфазалы жүйелерде шамдалдарды фазалық емес, желілік кернеумен қоректендірген кезде екісымды (екіфазалы) (*8.6, а-сурет*) және үшсымды (үшфазалы) (*8.6, ә-сурет*) топтық желілер пайдаланылады, бұларды қорғау үшін екі- және үшұшты автоматтарды пайдалану ұсынылады, қажеттілігінде бірұштыны пайдалануға болады.



8.6-сурет. Үшфазалы жүйе кезіндегі нөлдік сымсыз топтық желілердің сызбанұсқасы: *а* – екісымды; *ә* – үшсымды

12–42 В аз кернеулі топтық желілерді қоректендіру бірфазды трансформаторлардан *8.6-сурет, а* сызбанұсқа бойынша, ал үшфазалы трансформатордан қоректендірген кезде *8.6-сурет, ә* сызбанұсқа бойынша іске асырылады.

Бір топтық желімен қоректенетін шабдалдардың мөлшері мен қуаты, автоматтар ажыратқыштары немесе сақтандырғыштардың балқымалы қыстырғылары тогының мөлшерлеуші ЭҚЕ шамасымен шектеледі. Солай, топтық торап желілерін қорғау үшін қолданылатын, сақтандырғыштардың балқымалы қыстырғыларының немесе автоматтар тағайыншамаларының номиналды тогы 25 А-дан аспауы керек.

Бірліктік қуаты 125 Вт және онан да жоғары газразрядтық шамдарды немесе 500 Вт және одан жоғары қыздыру шамдарын қоректендіретін топтарды, сондай-ақ 42 В-тан жоғары емес тораптарда, 63 А-ға дейінгі номиналды тогы бар қорғаныс құралғыларын қолданады, ал бірліктік қуаты 10 кВт және онан жоғары шамдарды қоректендіретін топтарда, – шам ток күшіне сай келетін номинальық ток пайдалынады. Бұл жағдайда әрбір шам жекеленген топтық желімен қоректенуі керек. Бұдан басқа, ЭҚЕ әрбір топтық желідегі шамдар санымен шектеледі. Солай, әрбір топтық желіде 20-дан аспайтын қыздыру шамы, ДСШ, МГШ немесе натрийлік шамдар болады, мұның санына сондай-ақ, ашалық розеткалар да қосылады.

Сәулелік карниздерді, панельдерді және тағы басқаларды қоректендіретін топтық желілер үшін, сондай-ақ, люминесценттік шамдары, шамдалдары үшін, 50-ге дейінгі шамды фазаға қосуға болады; көпшамды люстраларды қоректендіретін желілер үшін, фазаға қосылатын шамдар саны шектелмейді. Топтық желілері фазаларының санын таңдауда олардың әрбірін сипаттайтын артықшылықтарды жетекшілікке алған жөн: үшфазалы төртсымды желілер бірфазалымен салыстыру бойынша және қорғаныс құрылғыларының бірдей токтары кезінде үш есе үлкен жүктемені, жүктеменің және желі сымдарының бірдей моменттері мен қималары кезінде желідегі кернеудің алты есе азырақ жоғалуына, алайда сымдардың екі есе созылмалығы кезінде мүмкіндік береді. Үшфазалы топтарда шамдалдардың кезектесуі жеңілдейді, бұл ДСШ, МГШ және

ЖҚНШ типіндегі газразрядтық шамдар үшін жарықтандырудың толықсымалық коэффициентін азайтуға мүмкіндік береді. Үшфазалы желілердің бұл артықшылығы оларды жалпы жарықтандырудың едәуір қуаты кезінде, созыңқылығы үлкен панажайларда (туннельдерде, галереяларда және с.с.), сондай-ақ, ДСШ, МГШ, ЖҚНШ шамдарымен, ал кей жағдайларда, жарықтандырудың толықсымалық коэффициенті мөлшерлері бойынша талап ету қамтамасыздандырылмағанда, люминесценттік шамдармен үнемдірек етеді.

Қоректендірудің бірфазалы топтары, үлкен емес қуатты шамдалдарды аз саны бар шағын панажайлар үшін орынды. Өндірістік ғимараттардағы панажайлардың көп саны кезінде жалпы жарық беру, жекеленген панажайларға, бірфазалы тармақтары бар үшфазалы топтармен ұсынылады.

Созылыңқылығы үлкен цехтарда жекеленген телімдер бойынша жарықтандыруды басқару қажеттігі болмаған кезде, цех бойымен салынатын және шинасымдармен орындалатын немесе құбырларда оқшауландыратын тіректердегі таратқыш магистралдар жүйелерін қолдану ұсынылады.

Таратқыш магистралдар үшін токтық жүктеме мен шамдалдар саны шектелмейді, бірақ олардан жекеленген шамдалдарға шыққан тармақтарға немесе олардың блоктарына қорғаныс пен басқару құрылғылары қондырылуы керек.

Жарық беретін тораптарда қуат коэффициентін 0,9-дан кіші емес мәнге дейін жеткізуі бар реактивтік қуаттың орнын толтыруды қарастырған жөн. Мұндай орнын толтыру люминесценттік шамдары бар қондырғыларда осы шамдар үшін ПРА құрамындағы конденсаторлармен іске асырылады, ал ПРА құрамында конденсаторлары жоқ, ДСШ, МГШ және ЖҚНШ шамдарымен, қалқаншаларға қондырылған үшфазалы конденсаторлармен әрбір шығатын топқа жеке іске асырылады.

ДСШ мен МГШ шамдары бар қондырғыларда орын толтырудың қажеттігі мекеменің электрмен жабдықтау жүйесіндегі қуаттың жалпы коэффициентінен тәуелділікте анықталады. Егер трансформаторға жалғасқан ДСШ немесе

МГШ шамдарының белсенді қуаты оның номиналды қуатының 10 %-нан аспаса, онда орын толтыруды жүргізу ұтымды емес.

Жарықтандыру толықсымасын шектеуді, ҚММЕ-мен қарастырылған мөлшерлерге дейін, люминесценттік шамдар үшін, орны толтырылған ПРА-ны пайдалана отырып, іске асыруға болады; ДСШ, МГШ, ЖҚНШ шамдары бар қондырғыларда тораптың түрлі фазаларына шамдарды кезек-кезегімен қосатын үшфазалы топтық желілер міндетті түрде пайдаланылады. Ұсынылатыннан кіші шамдалдар арасындағы арақашықтық кезінде, тораптың түрлі фазаларына жалғанған екі, үш шамдалдардан тұратын блоктың сол бір нүктелеріне қондыру басым түрде ұсынылады.

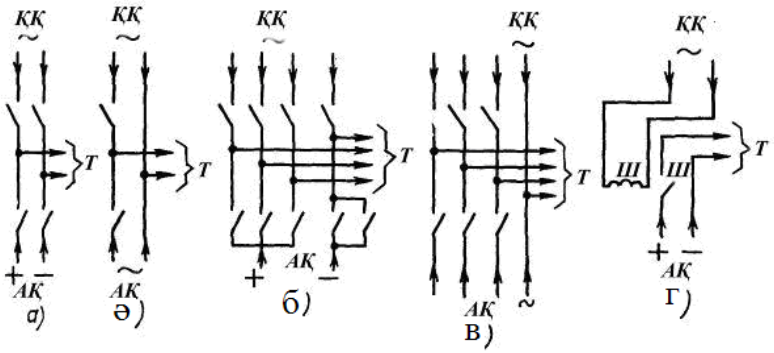
Топтық торап желілерін трассалау монтаж ыңғайлылығын қамтамасыз ету керек, ал ашық тартылым кезінде – тартылымның көрнекілігі мен қолжетімділігі болуы керек. Бір панажайға салынған желілер үшін үйлесетін трассаны қабылдаған жөн және нөлдік сымдарды қолданған дұрыс (басым түрде тораптың түрлі фазаларына жататын желілер үшін). Жұмысшы мен апаттық жарықтандырудың нөлдік сымдарды, сондай-ақ, қорғанысы бар нөлдік сымдарды біріктіруге жол берілмейді.

Жасырын тартылым желілерін құрылыстық желілердің қатарласу қағидасын сақтамай, ең қысқа қашықтық бойымен салу ұсынылады. Бірнеше желілер үшін ортақ нөлдік сымдар құбырларда фазалықпен бірге салынуы керек, ал кабельдермен немесе көпталсымдық тартылым кезінде – барлық фазалық сымдармен немесе олардың бөліктерімен жалпы қауызға жасалынады. Бірфазалы жүктемелердің фазалары арасындағы таралу кезінде ең үлкенірек және ең кішірек жүктелген фаза токтарындағы айырымды бір қалқанша шегінде 30 %-дан аспайтын және қоректеу желісінің басталуында 10 % шамасында шектеген жөн.

Өндірістік және қоғамдық ғимараттар панажайлары жарықтануының қоректеу сызбанұсқаларында, бұларда ҚММЕ 170 немесе салалық нормалар талаптарына сай апаттық немесе қауіпсіздік жарықтандыру желілері қарастырылады, қоректеудің негізгі (қалыпты) көзінен негізгі кернеу жоғалуы кезіндегі

резервтікке (апаттыққа) жарықтандыруды автоматтық ауыстырып қосушы сызбанұсқасын пайдаланған жөн. Мұндай ауыстырып қосу апаттық жарықтандыру торабында орын алады; ерекше жауапты объектілерде жұмысты жалғау үшін, мысалы, операциялық блоктарда, сондай-ақ ғимараттардан көшірілетін жарықтандыру үшін керек.

8.7, а–в-суретте, жарық беретін тораптар үшін қолданылатын, станциялардың басты тізбектерінің сызбанұсқалары көрсетілген. Барлық сызбанұсқалардағы жұмысшы жарықтандыруды қоректендірудің көзі болатын тұрақты ток, сонда апатттық жарықтандыру мен қауіпсіздік жарықтандыру үшін айнымалы да, тұрақты да ток қолданылады. Жоспарлау тәжірибесінде орын алатын қоректендіру сызбанұсқасында апаттық жарықтандыру жұмысшы әсерінде ажыратылған, және де апаттықты қоректендіру автоматты түрде тек жұмысшыны ажыратқан кезде ғана қосылады (*8.7, г-сурет*).



8.7-сурет. Апаттық ауыстырып қосқыш станциясының негізгі тізбектерінің сызбанұсқасы:
ҚҚ – қалыпты қоректендіру; АҚ – апаттық қоректендіру;
Т – тұтынушы; Ш – апаттық жарықтандыруды автоматты қосудың түйістіргіші

Апаттық ауыстырып қосудың станциялары, қоректенудің негізгі көзінде кернеу пайда болған кезде, жарықтандырудың кері автоматты ауыстырып қосуын (немес ажыратылуын) қамтамасыз етеді.

8.4. Жарық беретін тораптар қорғанысы және қорғаныс құралғыларын таңдау

Токтардың қысқа тұйықталуынан барлық жарық беретін тораптар қорғаныста болуы керек. Қорғаныстың қатыспауы өртті, күюді, токқа ұрынуды шақыра отырып, сымдар мен кабельдердің аса қыздырылуын келтіруі мүмкін. Асқын жүктемеден қорғаныс барлық жағдайларда қажет, бірақ ол торап құнын едәуір арттырады, сонан дан асқын жүктеме ықтималырақ және өртке қауіптілік мол кезінде ғана қолданылады. Асқын жүктемелерден қорғаныс тұрғын үйлер мен қоғамдық ғимараттардың, өндірістік ғимараттардың қызмет-тұрмыстық, өртке- және жарылысқа қауіпті панажайларының, сондай-ақ сыртқы жарықтандырудың жарыққа қауіпті қондырғыларының электрлік тораптарында қолданылады. Қалған өндірістік панажайларда асқын жүктемелерден қорғаныс үшін, ЭҚЕ-ге сай, ыстық қауызды ашық салынған қорғалмаған оқшауланған сымдармен, мысалы, АПР, ПРД, т. б. орындалған тораптар керек.

Жарық беретін тораптардың қорғанысы, қорғаныс құрылғылары – автоматтық ажыратқыштармен (автоматтар) немесе балқымалы сақтандырғыштармен немесе апаттық режимде, яғни қысқа тұйықтау тогы кезінде, автоматты түрде ажырататын желілермен іске асырылады. Автоматтың қорғау әсері, бойымен қысқа түйықтау тогы өткенде немесе асқын жүктеме кезінде тізбекті ажыратуға негізделген, бұл автоматтың ағытатын механизмімен іске асады.

Автоматтың негізгі сипттамасы ретінде торапты ажыратудың толық уақытының өтетін токтан тәуелділігі болады. Жылулық пен құрамалық ағытқыштары бар құрылғыларда іске қосылу уақыты артық жүктемеге немесе қысқа тұйықталуға тәуелді: ток көп болған сайын, автомат (сипаттамасымен токқа кері тәуелді автоматтар) желіні тезірек ажыратады. Тез әсер ететін ағытқыштары бар автоматтар әсер етуді, осы берілген ағытқыш үшін ток нақтылы бір сан мәніне жеткенде ғана, бастайды; әдетте, бұл ток 6–8 есе үлкен номиналдытан үлкен болғанда ағытады.

Жарық беретін тораптардың қорғанысы үшін жылулық пен құрамалық реттелмейтін ағытқыштары бар автоматтар қолданылады және тек қосалқы станциялардың қалқандарында ғана құрамалық реттейтін ағытқыштары бар автоматтар қолданылады. Қорғаныс құралғылары елеулі асқын жүктемелерді сенімді ажыратуы тиіс және жалған ажыратуларды жасамауы керек.

Қорғаныс құралғыларының номиналды токтары тораптың қорғалған телімінің есептік токтарынан кем емес, оларға жақын болуы керек және шамдар қосылған кезде электрқондырғыны ажыратпауы тиіс.

8.1-кестеде Г. М. Кнорринг ұсынған мағлұматтар, сақтандырғыштардың балқымалы қыстығыларын және қуатты қыздыру шамдары мен ДСШ шамдарының іске қосу токтарын ескеретін автоматтарының тағайыншамаларын таңдау бойынша шамаланған түрде келтірілген.

8.1-кесте

Қорғаныс құрылғыларының типі	Шамдар үшін кіші емес, балқымалы қыстырғының немесе желінің жұмысшы тогы автоматының жылулық ағытқышы тағайыншамасының номинальдік тогының қатынасы		
Балқымалы сақтандырғыштар	қыздыру	ДСШ	люмине-сценция
	1,0	1,2	1,0
Тағайыншамасы 50 А-дан кіші жылулық ағытқышы бар автоматтық ажыратқыштар	1,0	1,4	1,0
Тағайыншамасы 50 А және онан да жоғары	1,0	1,0	1,0
Тағайыншамасы 50 А-дан кіші жылулық ағытқышы бар құрама ажыратқыштар	1,4	1,4	1,0
Тағайыншамасы 50 А және онан да жоғары	1,4	1,0	1,0

Жылулық немесе құрамалық ағытқыштары бар бірнеше автоматтарды қондыру кезінде шкафтардағы немесе жәшіктердегі автоматтарын саны мен жүктемеліріне тәуелділікте (мүмкін болатын аса қыздырудан, өйткені ағытқыштар 25°С температураға есептелген) 10–20 %-ға төмендеуі керек.

Қорғаныс құрылғыларын, қысқа тұйықталу тогы кезінде ең аз уақытта және талғамдық талаптарды сақтап, желіден ажыратады. Асқын жүктемеден қорғалатын тораптарда, қысқа тұйықтаулар кезінде мүмкін болатын қорғанысты, асқын жүктеме шарттары бойынша орындалатын құрылғылармен іске асырады.

Асқын жүктемелерден (қорғалған сымдармен, кабельдермен, өрт пен жарылыс үшін қауіпті емес өндірістік панажайлардағы, құбырлардағы сымдармен орындалған) қорғалмаған тораптар үшін, тікелей жерлерге қосылған бейтарабы бар қондырғыларда, оқшауланған бейтараптамасы бар екі- және үшфазалы тораптардағы тұйықтаулар кезінде, егер қысқа тұйықталу тогы сақтандырғыш қыстырғышының немесе автомат ағытқышының номиналдығынан үш реттен кем емес (жылулық немесе құрамалық ағытқыштары бар автоматтар) болғанында ажырату қамтамасыз етіледі.

Жарылысқа қауіпті панажайларда бұл арақатынас кем болмауы керек: 4-тен – сақтандырғыштар кезінде және 6-дан – автоматтар кезінде. Өткізгіштің ұзақ жіберілетін тогы мен қорғаныс құрылғысының номиналды тогы арасындағы арақатынасты қамтамсыздандыру кезінде (8.2-кесте) қысқа тұйықталу токтары еселігіне есептік тексеру міндетті емес. Осы кестеде тораптарды асқын жүктемеден қорғау кезіндегі ұқсас арақатынастар келтірілген. Егер қорғаныс шарттарымен анықталатын қималар, есептік ток бойынша қажеттегілерден үлкен болса, онда жақынырақ кіші (бірақ есептік ток бойынша қажеттегіден кіші емес) қималарды қабылдауға болады. Жарық беретін тораптардағы қорғаныс талғамдық түрде әсер етуі керек, яғни қорғаныс құрылғылары оны қоректендіретін желіні емес, тек тораптың бүлінген немесе асқын жүктемеленген жерін ғана ажыратады.

Қорғаныс құралғысын іске қосудың нақты уақыты тораптың жоғарғы буынында төмендегідегі құрылғынықінен

едәуір үлкен болған кезде талғамдық қамтамасыз етіледі. Талғамдықты алу үшін үлкен сақтандырғыштың ажыратылу уақыты кішісін ажыратудың уақытынан үш еседен кем емес болып асып түсуі қажет.

Қорғаныс құрылғылары қондырылуы керек жарық беретін тораптың алдыңғы телімдерінің басталуына, сондай-ақ, қима кішірейетін тораптың барлық орындарында: қалқандардан, қалқаншалардан және басқа таратқыш құрылғылардан шығатын желілерде; жеке тұратын қосалқы станциялардан қоректенетін, ғимараттар кіре берісіне; электрлік қабылдағышқа бағыт бойынша сымдар қималарының кішірейетін орындарға; төмендеткіш трансформаторлардың жоғары және төмен кернеулері жақтарына қойылады.

ЭҚЕ талабы бойынша қорғаныс құралғыларын қоректендіретін желіге қорғалатын сымдарды қосатын жерлерге қондыру керек. Олар сымдар қосатын жерден 3 м-ге дейінгі қашықтыққа, ал әрең жететін жерлердегі тармақтарда – 30 м-ге дейін орналастырылады. Қорғалмаған телімдерді болат құбырларда жанбайтын қауыздары бар кабельдермен немесе сымдармен орындайды, 3 м-ден асатын ұзындықтарда олар магистралдың қорғалған телімінің өткізу қабілеттілігінің 10 %-нан аз емес өткізу қабілеттілікке ие болуы тиіс.

Қорғалмаған телім сымдарының қимасы барлық жағдайда тармақталудың есептік тогын өткізуі керек және қорғаныс құралғысынан кейінгі өткізгіш қимасынан аз емес болуы керек. Нөлдік өткізгіштерде

8.2-кесте

Өткізгіш-тер	Панажайлар сипаттамасы, мұнда өткізгіштер қорғанысы талап етіледі	Қорғаныс құрылғылары үшін мөлшерлеуші арақатынас $I_n/I_э$			
		Балқы-малы сақтан-дырғыш-тар	токқа кері тәуелді сипаттамасы бар автоматтық ажыратқыштар		макси-малды лезде әсер ететін ағытқыш тары бар автоматт ық ажыратқ ыштар
			Реттел-мейтін ағытқыш	Реттеле-тін ағытқыш	

8.2-ші кестенің жалғасы

Тораптар, қорғалатын: *қысқаша тұйықталу токтарынан*					
Барлық типтердің өткізгіштері	Барлық панажайлар	≥0,33	≥1,0	≥0,66	≥0,22
асқын жүктемеден					
Ашық жасалған оқшауланғаныстық қауызды сымдар	Өндірістік жарылысқа қауіпсіз панажайлар	≥1,0			
	Басқа панажайлар	≥1,25	≥1,0	≥0,66	≥1,25
Қорғалған сымдар, резеңкелік және пластмасса-лық оқшауланған кабельдер, құбырдағы сымдар	Өндірістік өртке қауіпті панажайлар	≥1,0			
	Панажайлар: саудалық, өнеркәсіптік мекемелердің қызметті-тұрмыстық; қоғамдық және тұрғын үйлер; жарылысқа қауіпті қондырғылар	≥1,25	≥1,0	≥0,66	≥1,25
Қағаздық оқшауланған кабельдер	Панажайлар: өртке қауіпті, саудалық, өнеркәсіптік мекемелердің қызметті-тұрмыстық; қоғамдық және тұрғын үйлер; жарылысқа қауіпті қондырғылар	≥1,0	≥1,0	≥0,8	≥1,0

қорғайтын және ажырататын құралғылар қондырылмайды, бұл айтылғанға жарыққа қауіпті В-1 класы панажайлардағы екісымды желілердің нөлдік өткізгіштері кірмейді.

Өндірістік ғимараттарда түрлі типтегі автоматтар кеңінен таралған, бұлармен қалқаншалар және таратушы (үйлестіруші) орындар жинақталады.

Автоматтардың артықшылығына, жарық беруді басқару үшін ажыратушы элементтер ретінде де пайдалануға мүмкіндік тудыруы жатады.

8.5. Жарық түсіруді басқару

Жарықты түсіріп, яғни оны қосып және ажыратып басқару тәсілдері пайдаланудың ыңғайлығы, қарапайымдылығы және үнемділігі ескеріліп таңдалынады. Табиғи жарықтандыру мен оның қолданылуы сипаты болуын әрқашан ескеру қажет. Панажайлар аймағын табиғи жарықтандырумен қамтамасыз етуге байланысты жасандыны қандай бөлшектермен ажырату керектігі шешіледі. Басқару құрылғыларын қолдану үшін қолайлы жерлерге, сондай-ақ ортаның ең жайлы жайдайларына орналастыру ұсынылады; кейде бұл үшін арнайы панажай бөлінеді.

Жарық түсірумен басқарудың қолданылатын тәсілдері төрт түрге: жергілікті, орталықтандырылған, дистанциондық және автоматтық басқару бөлінеді.

Жергілікті басқару үлкен емес панажайлар үшін пайдаланылады және ажыратқыштармен, ауыстырып қойғыштармен немесе басқа қарапайым құрылғылармен орындалады. Басқару аспаптарын панажайдың кіре берісіне есік тұтқасы жағына немесе панажай ішіне еденнен шамамен 1,5 м биіктікке орналастырады. Егер панажай ішінің ортасы сыртқыдан (мысалы сусебізгі, душ жағдайында) ауыр болса, сондай-ақ жиі жабық тұратын панажайлар (зат қоятын жерлер, қоймалар, желдеткіш, камералар және т. с. с.) үшін ажыратқыштар панажай сыртына орналастырылады.

Жергілікті басқару үшін ашық және жасырын тартылымдар үшін 6 мен 10 А бірұшты ажыратқыштар ең көп таралған. Жергілікті басқару үшфазалы төмендеткіш трансформаторларм-

ен, әдетте, трансформатор станциясына жақын орналастырылатын үшұшты ажыратқыштармен жүргізіледі.

Қауіптілігі жоғары және өте қауіпті панажайларда, 3×220 және 220/127 В кернеу, шамдалдарды 220 В кернеумен қоректендірген кезде электр қауіпсіздігін арттыру мақсатында жергілікті бақару үшін пакеттік ажыратқыштар пайдаланылады.

Ірі панажайларда топтық қалқаншалардан автоматтармен іске асатын, топтық желілермен қорғалатын *орталықтандырылған* басқару орынды. Егер де пайдалану барлық панажайды бірмезгілде жарықтандыруды қосуға мүмкіндік берсе, онда бұл үшін кірмелік құрылғыларды немесе алдымен желілерді қоректендіретін құрылғыларды қолдануға болады.

Бірнеше қосалқы станциялардан қоректенетін жалпы жарықтандыруы бар өте ірі цехтарда, өндірістік жұмыс пен табиғи жарықтандырудың шарттары бойынша, орталықтандырылған басқару жіберіледі, ғимаратты немесе бір орыннан, мысалы, диспетчерлік, электрмашиналық панажайды, цех бастығы кеңсесін және соған ұқсастарды жарықтандырумен қашықтықтан орталықтандырылған басқару құрылғысы ұсынылады.

Орталықтандырылған диспетчерлік дистанциондық басқару (ОДДБ) құрылғысы кезінде, табиғи жарықтандыру мен өндірістік жұмыс режимінің бірдей шарттары бар панажайларды жарықтандыруды бірмезгілде қосатындай етіп, қалқаншалар арасында – басқару тізбектері арасында жүктемелер таратылуын ойластыру керек.

Қашықтықтан (дистанциондық) басқару, қоректендіретін жарық беруші торап желілерінің тізбегіне қосылған, басқару станцияларының қалқандарына (БСҚ) немесе басқару шкафтарына (БШ) қондырылған магниттік іске қосқыштармен немесе түйістіргіштермен іске асады. Басқару пунктінде іске қосқыштар немесе түйістіргіштердің әрқайсысы арқылы қоректенетін, жарықтандыру күйінен дабыл беру қарастырылады.

Автоматтық басқару кезінде жасанды жарықтандыруды қосу мен ажырату, табиғи жарықтанумен панажайларда жасалатын жарық беретін жағдайлар өзгеруіне тәуелділікте адам қатысуынсыз немесе берілген тәуліктік режим бойынша

жүргізіледі. Жергілікті жарықтандыру үшін, жұмыс орындарында қондырылған жеке ажыратушы құрылғылар қолданылады.

Жалпы жұмысшы жарықтандырумен басқаруды жобалауда былай істеген жөн: бүйірлік табиғи жарықтандыруы бар панажайларда терезелерге қатарлас қатарлармен шамдалдарды ажыратуды қарастыру керек; өндіріс шарттары бойынша бірмезгілде әсер етуді талап ететін шамдалдарды бір ажыратқышқа біріктіру керек; арнайы қызмет (мысалы, суөткізгіштік, кабельдік және жылуландыру туннельдері) қатысатын бірнеше кірісі бар панажайларда, әрбір кірістен немесе кірістер бөлігінен жарықтандыруды басқаруды қарастыру керек.

Үш ауысымда жұмыс жүргізілетін өндірістік панажайларда, жекеленген уақыт аралығында жұмыс орындалмай қалатын телімдер болуы мүмкін. Онда жекеленген аймақтар және панажай телімдері бойынша жұмыстар ұйымдастырудың ең ықтимал нұсқалары үшін жарықтандыруды бөлектеп басқару мүмкіндігін қарастыру керек.

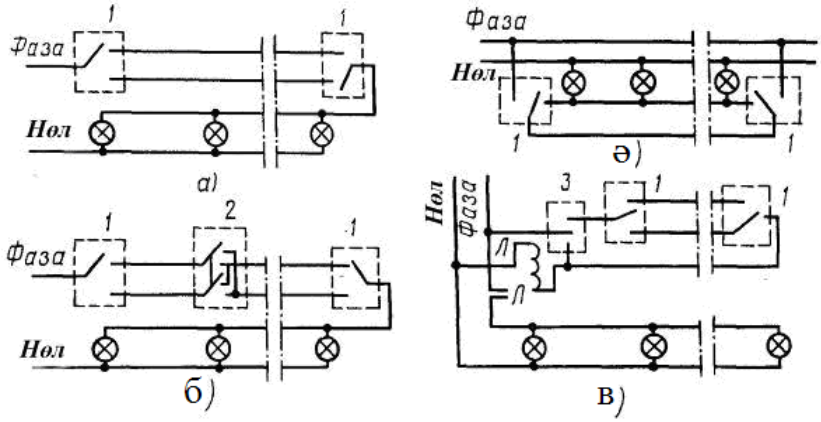
Жөндеу және жөнге салу жұмыстары үшін жұмыстан тыс уақытта төмендетілген жарықтандыруды жасау қажеттігін ескерген жөн, бұл үшін бірден барлық шамдалдар түгелдей емес, тек олардың бөлігі ғана қосылады, мысалы, үшфазалы төртөткізгіштік және екіфазалы үшөткізгіштік топтық желілерге немесе шамдалдардың басқарылатын қатарларын жеке кезектестіру, жолымен кезек-кезегімен шамдалдарды қосу керек.

Тұрақты өткізгіштік ретінде (кабельдік галереялар мен туннельдер, шинаөткізгіштер галереялары, т. с. с.) қолданылмайтын, бірнеше кірісі бар созылыңқы панажайлар үшін, нөлдік қалыпсыз екі бағыттағы бірұшты ауыстырып қосқышты пайдалану кезіндегі «дәліздік» сызбанұсқа (*8.8, а-сурет*) тегі бойынша, барлық мүмкін кірістерден басқаруды іске асыру ұсынылады.

Тек екі орынннан басқару үшін ғана қолданылатын, *8.8, ә-сурет*тегі сызбанұсқа кезіндегі желідегі кернеу жоғалуы, *8.8, а-сурет*тегі сызбанұсқа кезіндегінікінен үлкен, бірақ қосымша өткізгіштерді төсемей-ақ, «дәліздік» сызбанұсқа бойынща басқарылмайтын жүктемені қосу мүмкіндігі туады.

8.8, б-суретте сызбанұсқасында нөлдік қалыптарсыз екі бағыттағы екіполюстық ауыстыру қосқышы пайдаланылады.

Ауыстырып қосқыштар үшін жіберілетіндерден асып түсетін токтар (6–10 А-дан үлкенірек) кезінде, сондай-ақ, екі- және үшфазалы желілер кезінде шамдалдар емес, магниттік іске қосқыштар орауыштары, реле немесе түйістіргіштер басқарылады (*8.8, в-сурет*), мұнда нөлдік қалпы бар бірұшты ауыстырып қосқыш қолданылады.



8.8-сурет. Жарықтандыруды басқарудың сызбанұсқасы: *а* – екі орыннан; *ә* – транзиттік фазалы екі орыннан; *б* – үш орыннан; *в* – іске қосқыштар, реле түйістіргіштер көмегімен (оларды орауыштармен басқару үшін *а, ә, б* сызбанұсқалары пайдаланылады)

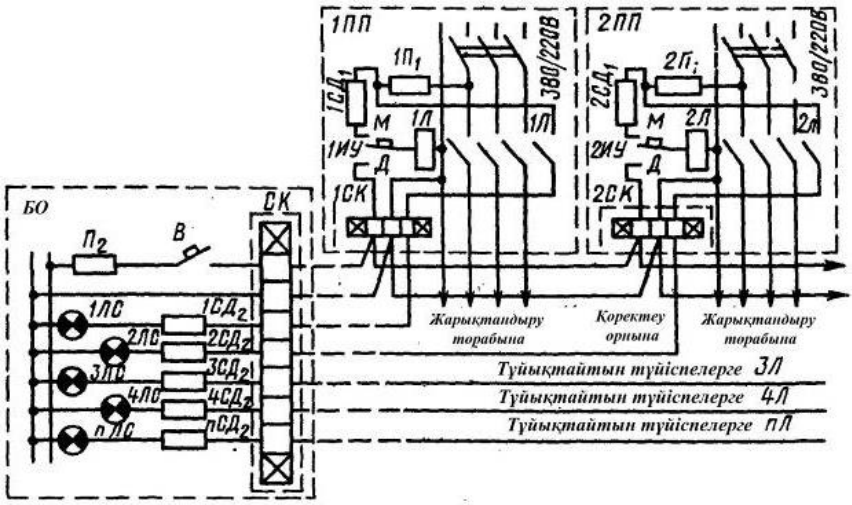
Магниттік іске қосқыштар мен ұқсас құрылғаларды басқару кезінде орауыштар тізбегіне батырмалар емес, қоректенудің уақытша үзілісінен соң, жарықтандыруды қайта келтіру үшін ажыратқыштар мен ауыстырып қосқыштар қондырылады.

Басқару құрылғыларын, әдетте, барлық фазалық сымдарға және тұрақты ток торабының қос сымына қондырады. Екісымдық желілер үшін 12—42 В ажыратқыштарды фазалардың (ұштардың) тек біріне ғана орналастырады. Қалқаншаларды, трансформаторларды және басқа электрлік жабдықты қоректендіретін желілердің жерге қосылмаған фазаларын бірмезгілде ажырату керек. Және де басқару

құралғыларын осы жабдыққа тікелей жақын жерге орналастырады, егер мұндай мүмкіндік болмаса, онда қызмет етуші қызметкер жететін орындарға орналастырады. Екі- және үшфазалы желілерді басқару кезінде бірфазалы қабылдағыштарды қоректендіретін тікелей жерге қосылған бейтарабы бар жүйелерде біржұшты автоматтарды қолдану ұсынылады. Топтық желілерге қондырылған конденсаторлар және олармен қызмет етілетін шамдалдар бірмезгілде және барлық ұштарда, яғни үшұшты автоматпен ажыратылуы керек.

В-1 класының жарылысқа қауіпті панажайларында және екіөткізгіштік желілердің нөлдік өткізгіштеріде басқару мен қорғаныс құрылғылары орналастырылады. ДБЕ кезінде жарықтандыруды жергілікті (қалқаншалардан немесе жекеленген ажыратқыштармен) басқару мүмкіндігі сақталуы керек.

Әдеттегі ДБЕ сызбанұсқасын төзімі күшті кабельдер төсеніші бар айнымалы токта (*8.9-сурет*) немесе телефондық



8.9-сурет. Басқару іріктеушісін пайдалануы бар төзімі күшті сым бойынша дистанциондық басқарудың сызбанұсқасы: БО – басқару орны; ҚО(ПП) – қоректендіру орны; ЛС-ДШ – дабылдық шамдар; ИУ(ОБ) – орындаушы басқару; ҚК (СД) – қосымша кедергілер; Л – шам

торап кабельдерінің талсымдары пайдалынатын тұрақтыда орындайды. ДБЕ өзіне қосады: басқару орындарын (БО), мұнда басқару пункті немесе қалқаны және осыған қажет аспаптар, жабдық және қоректендіру блогы орналастырылады; басқарудың орындаушы орындары (ОО), мұнда төзімі күшті немесе төзімі әлсіз құрылғылар орналасады; орындаушы пункттердің саны мен орналасу орны жарық беруші қондырғымен басқарылатын қоректену пункттерінің саны мен орналасу орнына сай келеді; басқару пункттері мен орындаушы пункттер арасындағы байланыс арналары. Басқару пункті әдетте, жарықтандыруды қосуды және ажыратуды жүргізетін кезекші қызметкер бар панажайға орналасады. Пунктте, қабылданған қоректену сызбанұсқасынан тәуелділікте, тұрақты немесе айнымалы токтың сенімді көзі болуы керек. Айнымалы токпен қоректендірудің сенімділігі екі тәуелсіз қоректену көзінен қамтамасыз етіледі. Қоректендірудің негізгі көзін апаттық ажырату кезінде резервтік автоматты түрде қосылады. Блок-түйістіргіштерге орналастырылған дабылдық шамдар (ДШ), электр тізбегі телімдеріндегі кернеуді бақылауға мүмкіндік береді.

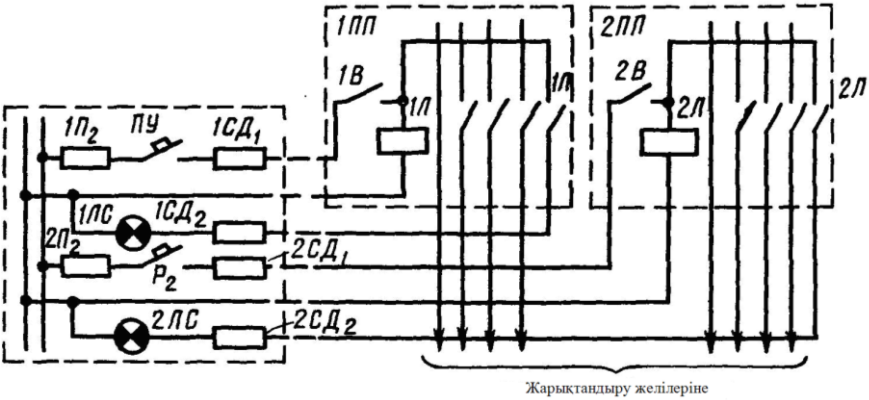
Дистанциондық басқару торабының жұмысы кезінде тұрақты токта басқару пунктінде аккумуляторлық батарея немесе вентильдік түзеткіш болады. Жарықтандырушы қондырғының қоректендіру пункттерімен үйлестірілген орындаушы пункттері бар басқару пункттері байланысуын арналар, өзіндік кабельдік немесе ауалық желілерді, сондай-ақ телефондық торапты пайдалана отырып орындайды. Жарықтандырумен басқарудың жекеленген арнайы желілері пайдалануда ыңғайлы және сенімді, бірақ олардың құрылғысы үлкен шығынды талап етеді. Сондықтан бұлар мүмкін болатын барлық жерде телефондық тораптар қолданылады.

Дистанциондық басқарудың төзімі күшті желілері үшін алюминийлік талсымдары бар түрлі бақылау кабельдері қолданылады, ал мыстық тек ерекшелік түрде жауапты объектілерде ғана пайдалынады. Жауаптылығы аз басқарудың ауалық тораптарында, мысалы, түрлі қоныстарды, шағын қалаларды, фабрикалар мен зауыттар территорияларын сыртқы жарықтандырумен басқару тораптарында, кейде диаметрі 3–5

мм болат сымдар қолданылады. Жарықтандырумен басқарудың төзімі күшті сымдар бойынша кең тараған сызбанұсқасы *8.9-суретте* көрсетілген. Қоректендірудің әрбір пунктінде *1ҚО, 2ҚО, 3ҚО...* аулақтайтын жарық беретін желілерде автоматтарға немесе шаппа қосқыштарға қосымша түйістіргіштер немесе магниттік іске қосқыштар *1Ш, 2Ш, 3Ш...* қондырылады, олардың орауыштары басқару орнынан (БО) қоректенеді. Басқару торабына бірұшты ажыратқыш немесе жарық беретін қондырғыны басқаратын *В* шаппа қосқыш қосылған. Қоректенудің пунктіне қондырғы күйін бақылау үшін дабылдық шамдар *1ДШ, 2ДШ, 3ДШ...* болады, бұлар магниттік іске қосқыштардың жұмысшы түйісулерінің қосылған тұйықталған қалпы кезінде жанады, өйткені магниттік іске қосқыштардың тұйықтандыратын блок-түйістіргіштер арқылы қосылады. Жарық беретін қондырғының дабыл беруін, жарық көздері жануын көзбен шолып байқайтындай болғанда, үлкен емес жарықталынатын объектілерде орналастырмайды, бұл басқару сызбанұсқасын ықшамдауды және оның құны төмендеуін келтіреді. Қоректендіру пунктінен жарықтандырумен басқару үшін жарық беретін қондырғыны жартылай қосу кезінде (территория бөлінің немесе жеке панажайдың жөндеу жұмыстарының өндірістері үшін) қоректендірудің әрбір пунктіне, өзімен мөлшерлі бірұшты пакеттік ауыстырып қосқыштарды көрсететін, мысалы нөлдік қалпы бар екі бағыттағы ППМ1 – 10/Н2 типін, *1ОБ, 2ОБ, 3ОБ...*басқару іріктегіштерін орналастырады. *М* ауыстырып қосқыштың бейнеленген қалпы кезінде, басқару пунктіндегі *В* ажыратқыштың қалпынан тәуелділігінен тыс магниттік іске қосқыш орауышының жергілкті қоректенуі қамтамасыз етіледі. *Д* қалпы кезіндегі басқару орталықтандырылған басқару пунктінен жүргізіледі. Ауыстырып қосудың орташа қалпы магниттік іске қосқыш орауышының тізбегін ажыратады және оның басқару пунктінен қосылуының мүмкін еместігін қамтамасыз етеді, бұл жөндеу жұмыстары немесе шамдарды ауыстыру өндірісі кезінде қауіпсіздік үшін өте маңызды.

Жеткізілетін кернеуді орауыштардың құжаттық мағлұматтарымен үйлестіру қажеттігі кезінде дабылдық шамдардың қолданылатын типтерінің сипаттамалары бойынша

таңдалынатын, қосымша кедергілер *1ҚК, 2ҚК,...* қондырылады (*8.10-сурет*). Қоректену пункттерінде басқару іріктеушісін қондыру диспетчердің *ПДБ*-дан жарық түсіруші қондырғы жұмысы режимін анықтау мүмкіндігін жояды. Басқару іріктегішін «жергілікті басқару» қалпында қондыру кезінде диспетчер жарық түсіруді қоса да, ажырата да алмайды, сыртқы жарық түсіруде бұлай етуге болмайды. Бұл жағдайда *1ОО, 2ОО...* ауыстырып қосқыштарының орнына біржұпты шаппа қосқыш немесе *1А, 2А* ажыратқыш қондырылады (*8.10-сурет*). Автоматтық басқару сағаттық механизмдері бар автоматтар, фотоэлементтер және фоторезисторлар көмегімен іске асады.

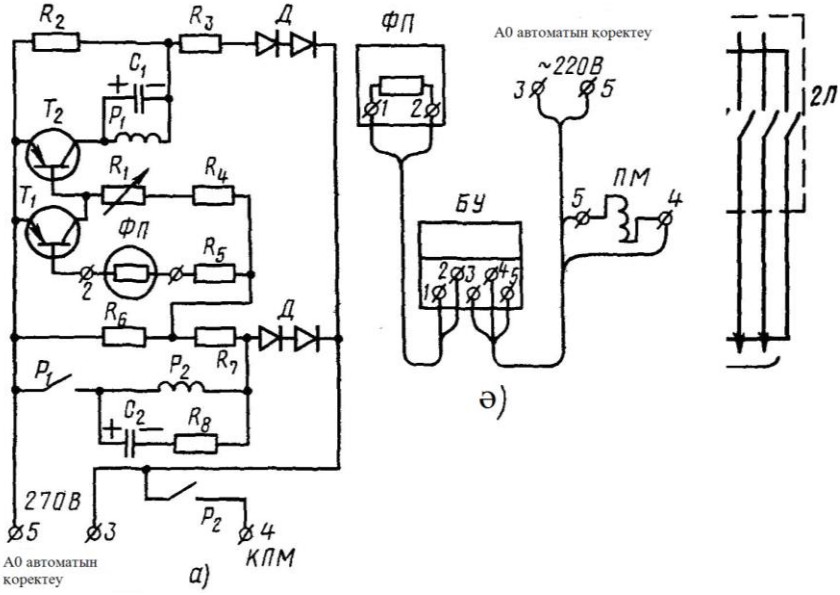


8.10-сурет. Төзімі күшті сымдар бойынша (фазалық кернеу кезінде) дистанциондық басқарудың сызбанұсқасы: В(А) – ажыратқыш

Сағаттық механизмдері бар автоматтар тәулікті нақтылы уақытында жарық түсіруді қосады және ажыратады, реле *2РВ* (бірбағдарламалық) және *2РВМ* (екібағдарламалық) таралым тапқан. Реле жұмысының қағидасы бағдарламалық дискі айналуына негізделген, мұның оймыштық тесіктеріне берілген бағдарлама бойынша қондырғылық бүркеншіксіз шегелер бұралады, дискіні айналдыру сағаттық механизмі бар серіппелі қозғалтқышпен іске асырылады. Бүркеншіксіз шегелер микроажыратқышты, яғни жарық түсіруді қосады және ажыратады. Желідегі 10–15 А-дан үлкенірек ток кезінде

микроажыратқыш орауышпен іске қосқышты немесе түйістіргішті басқарады.

Пайдалануда оңтайлырақ және болашағы мол болатын фотоэлектрондық автоматтар, бұлар табиғи жарықтандыруға тәуелділіктегі жасанды жарықтандыруды қосады және ажыратады. Мұндай автоматтардың негізгі элементтері ретінде газбен толтырылған немесе вакуумдық фотоэлементтер немесе фоторезисторлар болады. Олардың кедергілерінің мәні оларға түсетін жарық ағынына кері пропорционал. Табиғи жарықпен жарықтанудың өсуімен фотодатчиктердің кедергісі азаяды және тізбекте ток пайда болады. Өйткені ток мәні түйістіргіш орауышын қосуға жеткіліксіз, сонда дабыл тізбегінің автоматына, релені іске қосуға жеткілікті мәндерге дейін дабылды күшейтетін күшейткіш қосылады. Барынша кең тараған автоматтарда, фототүрлендіргіштерден түсетін жарықтандырудың берілген деңгейі бар объектінің жарықтануы жайлы мағұламаттарды салыстыратын және дабылдарды сызбанұсқаның келесі элементтеріне беретін салыстыру құрылғысы қолданылады. Фотоэлементтер мен фоторезисторлар бетіне тікелей күн сәулесі түсуін болдырмау үшін, аспабының қаптамасындағы жарық өтуіне арналған тесік солтүстікке бағытталған немесе қандай да бір құрылғымен көлеңкеленген болатындай етіліп автоматтар қондырылады. *8.11-суретте* типі АО автоматтың қағидалық сызбанұсқасы келтірілген, бұл үш негізгі түйіннен тұрады: *ФП* фототүрлендіргіштен, *БУ* басқару блогынан және *ПМ* магниттік іске қосқыштан. Осы түйіндердің қосылу сызбанұсқасы *8.11, ә-суретте* көрсетілген. Автоматтағы фототүрлендіргіш ретінде, түйіспелері P_2 шығу релесін тұйықтайтын түйіспесіне *ПМ* магниттік іске қосқыштың орауышы қосылған релені қосатын немесе ажырататын P_2 релесін басқаратын қуаттырақ T_2 транзисторы үшін басқару элементі болатын, транзистор базасы тізбегіне қосылған фоторезистор *ФСКГ-Г1* қолданылады. Түзетілген кернеумен сызбанұсқаны қоректендіру R_2–R_3 мен R_6 – R_7 кернеулері бөлгіштерінен *Д* диоды арқылы іске асады. Берілген жарықтандыру кезінде жарық түсіруді қосуға автоматты баптау R_1 кедерсін өзгертумен іске асырылады. Қосу жарықтандыруынан 5–10 лк-ке асып түсетін табиғи жарықтандыру кезінде жарық түсіру ажыратылады.



8.11-сурет. АО автоматының сызбанұсқасы:
а – қағидалық сызбанұсқа; *ә* – түйіндер қосудың сызбанұсқасы

Молынан даярланған автоматтар 5 ± 2 лк жарықтандыру кезінде қосуға және 8–15 лк жарықтандыру кезінде ажыратуға икемделген. Уақытша кідірту элементтері (конденсатор C_2 және резистор R_8 баяулатылған реле P_2-мен бірге) жарықтандырудың қысқауақыттық кездейсоқ өзгерулері кезінде іске қосуды болдырмайды.

Басқару блогының шығатын түйістіргіштерінің ең үлкен жіберілетін тогы (түйіспелер реле P_2) тең 0,5А-ға, автоматпен орнатылған *ПМ* магниттік іске қосқышпен ажырылатын, 380 В кернеу кезіндегі шектік қуатының құрайтыны – 5 кВт.

АО автоматтарынан басқа өндіріс Ф-2, ФРМ–62А және басқа да автоматтар типтерін шығарады.

Автоматтық басқаруда қосымша құрылғы болады және апаттық пен арнайы режимдерде жарық беруді қосу және ажырату үшін қажет.

Бақылау сұрақтары

1. Кернеуді және қоректендіру көздерін таңдау қалай жүргізіледі?
2. Қоректендірудің сызбанұсқалары қандай?
3. Топтық жарық беретін тораптар қандай?
4. Жарық беретін тораптар қорғанысы және қорғаныс құрылғыларын қалай таңдайды?
5. Жарық түсіруді қалай басқарады?

9. ӨНЕРКӘСІПТІК ҒИМАРАТТАРДЫҢ ӨНДІРІСТІК ПАНАЖАЙЛАРЫНА ЖАРЫҚ ТҮСІРУ

9.1. Жалпы талаптар

Өндірістік ғимараттың әрбір панажайы нақтылы қызметке тағайындалады және электрлік жарық беруге қойылатын мақсаттарды табысты шешу үшін қажет жұмыс жағдайын жасауы керек.

Бұл жағдайды орындау үшін, жарықтандыратын қондырғылардың құрылғылары үшін қажет мөлшерде өндірістік технологияны оқып білу керек. Бұл жағдайда жарықтандыратын аспаптардың жарық таратуын таңдау және оларды панажайға орналастыру, көру жұмысы үшін оқтайлырақ жағдайларды жасауда шешуші болуы мүмкін.

Мұны жарықтандыру мөлшерлерін және жарықтандыру сапасы көрсеткіштерін сақтағанда, жарықтандырудың тоқтаусыз әсерінде, жарықтандыратын қондырғыларға қызмет ету мен оларды басқарудың қолайлылығында, сондай-ақ, жарықтандыратын қондырғылардың әсемдік талаптарға сай келуінде, іске асыруға болады.

Өнеркәсіптік мекемелердің жарық беретін қондырғыларын жобалаудың негізіне жататын «Өнеркәсіптік мекемелердің күштік және жарық берулік электржабдықталуын жобалау бойынша нұсқау» (ҚМ 357–77).

Жарық беретін қондырғылар әсер етуші ҚЭЕ талаптарын, «Тұтынушылардың электрлік қондырғыларын техникалық пайдаланудың ережелерін» және «Тұтынушылардың электрлік қондырғыларын пайдалану кезіндегі қауіпсіздік техникасы ережелерін» (ТПЕ және ҚТЕ) қанағаттандыруы керек.

9.2. Қоршаған орта жағдайларындағы қондырғылар жұмысының сенімділігі

Шамдалды таңдау жарықтандыру қондырғысының үнемділігімен ғана емес, қоршаған ортадағы шамдал сипаттамасына сай келуімен анықталатын оның жұмысының сенімділігімен де анықталады. Шамдалдарды қоршаған ортаның

әсерінен қорғаныстың дәрежесі бойынша таңдауда «Шамдалдар. Түрлері және белгілеуі» және МЕСТ «1000 В-ға дейінгі кернеулі электрлік жабдық. Қабықшалар. Қорғаныс дәрежелері» атты стандарттар қолданылғаны жөн, ал түрлі ауа райылық аудандар үшін шамдалдарды таңдауда, сондай-ақ, «Машиналар, аспаптар және басқа техникалық бұйымдар. Түрлі ауа райылық аудандар үшін орындаулар. Пайдалану дәрежелері мен шарттары, сақтаулар мен сыртқы ортаның ауа райылық себепкер шарттары бөлігіндегі тасымалдаулар» атты стандарттарды жетекшілікке алу керек.

Ішінде шамдал пайдаланылатын (бірқалыпты ауа райындағы жабық жылытылған панажайдағы шамдал жұмысы) ортаның қалыпты жағдайлары, 35–1°С шектеріндегі (25 °С орташа мәнімен және шектік жоғары мәні 40 °С температурамен) жұмысшы температурамен, 12 ай ағымындағы 20 °С кезіндегі 65 %-ға дейінгі салыстырмалы ылғалдықпен (25 °С кезіндегі ылғалдылықтың шектік жоғары мәні 80 %), 15 мг/м^3-тан аспайтын құрамында шаң, түтін және ыс болуымен, 0,085–0,105 МПа атмосферлық қысыммен сипатталады.

ЭҚЕ-де барлық панажайлар құрғаққа (салыстырмалы ылғалдылық 60 %-дан аспайды 20 °С кезінде, температура 30 °С-дан аспайды), ылғалды, дымқылды және өте дымқылды (салыстырмалы ылғалдылық 75 %-дан аспайды, t < 30 °С кезінде 75 %-дан асады және 100 %-ға жақын), ыстық (t > 30 °С), шаңды болып бөлінеді; бұларда өндіріс шарттары бойынша технологиялық шаң бөлінеді, және де ток өткізуші және ток өткізбеуші бола алады.

Қоршаған ортаның зиянды әсерінен сәулелік аспаптардың қорғалуы – аспаптардың қызмет мерзімін және жұмысы сенімділігін анықтайтын маңызды сипаттамаларының бірі. Шаңнан, судан және басқыншы орталардан қорғаныс сәйкес келетін құрылмаларды және сәулетехникалық материалдарды таңдаумен, сондай-ақ, аспаптың барлық көлемін немесе жекеленген оның жолақтарын (негізінен электрлік түйіспелердің орналасуы жолақтарын) бітеумен қамтамасыз етіледі.

Электртехникалық жабдықтау жіктеуіне сай оны шаң түсуінен қорғау дәрежесі, кернеу астында болатын бұйымдар

қабықшаларының ішіне орналасқан элементтермен жанасудан қорғау жасалған.

Шаң басқан панажайлардағы шамдалдардың қорғаныс дәрежесі шаңның санына және сипатына тәуелді. Шаңдық және химиялық түрде белсенді ортада диффузияық немесе айналық құтысы бар қыздыру шамын, сондай-ақ, ДРЛР және ЛБР типіндегі рефлекторлық шамды қолдану тиімді. Оларды ортаның берілген жағдайлары үшін ұсынылатын қорғаныс дәрежесі бар ашық арматурада орнату керек.

Техникалық қабаттары (этаждары) (электрондық, радиотехникалық өнеркәсіп, дәл аспап жасау, т. б.) бар панажайларда жарықтандырудың, желдетудің және шартқа сәйкестендірудің үйлестірілген жүйелерін пайдалану ұсынылады. Шамдалдарды мөлшерлеп орындау деп іштерінде шаңнан және судан арнайы қорғаныс болмайтын ашық немесе жабулы аспаптарды қолдануды айтады. Мұндай шамдалдар панажайларда қалыпты жағдайлы орталармен жұмыс істеуге арналады.

9.3. Қопарылысқа қауіпті және өртке қауіпті сәуле түсіруге талаптар

Өнеркәсіптік ғимараттардың кейбір панажайларында технологиялық үдерістерді орындау қопарылысқа және өртке қауіпті қоспаларды түзетін, булар мен газдар бөлінуімен бірге жүреді. Қопарылысқа қауіптілерге өнеркәсіптің көптеген салаларының панажайлары және, әсіресе, химиялық өнеркәсіптің мекемелері жатады. Қопарылыстар жағдайлар қатарында қатерлі бүлінулерді және адамға зиян келтіруі мүмкін. Панажайлардың өртке қауіптілігі олардағы өңделетін материалдармен сипатталады және құрылымдық құрамаларға тәуелді. Қопарылыс немесе өрт отпен абайсыз айналысудан, өздігінен жанудан, статикалық электрліктен, электр тартылымының бұзылғандығынан, т.б. себептерден өтуі мүмкін. Өрттердің және қопарылыстардың едәуір саны электртехникалық қондырғылармен, бөлектікте жарық түсірушілермен байланысты. Қопарылысқа және өртке себеп болатын сымдарды аса қыздыру, қысқа тұйықтау, ұшқындау, т. с. с.

Қопарылыстарға және өрттерге себептерді жою үшін, ортаның жағдайларына және олардағы көрсетілген кернеумен сәйкестікте жабдықты және таралымды қолдану қажет; сымдардың, кабельдердің және жабдықтардың аса қыздырылуына (мөлшерден жоғары) жол бермеу, қысқа тұйықтаудан және асқын жүктемелерден қорғанысты сенімді қамтамасыз ету (сақтандырғыштарды және автоматтарды дұрыс іріктеп алу); сымдарды өзара сенімді қосуды қамтамасыз ету және оларды аппараттар түйіспелеріне қосу (ұзақ пайдалану кезінде ұшқындауды болдырмау).

Электрқондырғылар құрылғыларының ережелеріне сай орта шарттарынан тәуелділікте барлық қопарылысқа қауіпті панажайлар (жұмыстың ұзақ емес режимдері кезінде ауамен немесе басқа тотықтырғышпен қопарылысқа қауіпті қоспаны түзуге қабілеттілікке ие жанғыш газдар мен булар бөлінеді; қопарылысқа қауіпті қоспалар тек апаттар мен бұзылғандықтар, т. б. нәтижесінде ғана түзіледі) қопарылыстан қорғаныс дәрежесі таңдалынатын бұйымнан тәуелділікте, қопарылысқа қауіптіліктің дәрежесі бойынша кластарға бөлінеді.

Негізгі талаптар қопарылыстан қорғалған шамдалдарға «Қопарылыстан қорғалған және кеніштік электржабдықтарды жасау» ережелерімен, сондай-ақ, «Қопарылыстан қорғалған электржабдық» МЕСТ 1227020-76 стандартымен шектеледі. Бұл талаптарға жататындар: сыртқы әсерден қорғаныс; шамдалдар элементтерін (беттерін) қыздыруға рауалы ең үлкен температура; механикалық зақымдардан жарық көзін сәуле өткізетін берік элементпен қорғау.

9.4. Жасанды ультракүлгіндік сәуле шығару қондырғылары

Табиғи жарықтың құрамында болатын ультракүлгіндік сәуле шығару, адам ағзасына биологиялық ықпал етеді. Ультракүлгіндік сәулелеудің ұзақ қатыспауы немесе жетіспеушілігі ағзаның қорғаныс күштерінің азаюын, көңіл күйінің нашарлауын, жұмыс істеу қабілеттілігінің төмендеуін және тағы басқаларды келтіреді. Табиғи жарығы жоқ немесе жарық түсіруі жеткіліксіз панажайлардағы адамдар жұмысы

кезінде ағзаның ультракүлгіндік сәулелеуі азаяды және ультракүлгіндік жетіспеушіліктің орнын толтыру қажеттігі пайда болады.

Әсер етуші «Өнеркәсіптік мекемелердің санитарлық мөлшері» (ҚМ 245–71) құрамында жасанды ультракүлгіндік сәулелеудің қондырғыларына талаптар бар. Ультракүлгін сәулелеуінің қондырғыларын жобалау ҚР Денсаулық сақтау министрлігі бекіткен және ҚР Мемқұрылысымен келісілген «Жасанды ультракүлгіндік сәулелеулік қондырғыларды жобалау мен пайдалану нұсқаулары» негізінде жүргізіледі.

УК сәулелеуінің қондырғылары солтүстік өңірде орналасқан барлық объектілерде қарастырылады. Оларды табиғи жарығы жоқ немесе жарықталуы жеткіліксіз (ТЖК 0,1 %-дан кіші) өнеркәсіптік ғимараттардың панажайларына орналастырады. Жасанды жарық спектрінің құрамында толқын ұзындығы 280 нм-ден үлкенірек УК-сәулеленуі бар эритемдік шамдармен іске асырылады, өйткені қысқарақ толқын ұзындықтары бар сәулелену ағзаға теріс ықпал етеді.

280-нен 400 нм-ге дейінгі ультракүлгіндік сәулелену *эритемдік* аталады, мұның бірлігіне эр қабылданған. 1 эр толқын ұзындығы 297 нм қуаты 1 Вт сәулелену ағынына сай келеді. Бұл мән жеткілікті үлкен және тәжірибелік мақсатта *миллиэр* (мэр) деп аталған 1/1000 эр пайдаланылғаны оңтайлы. Эритемдік сәулелік мэр/м^2-мен және аудан бірлігіндігі сәулелену тығыздығымен ғана емес, сондай-ақ, сәулелеудің әсері уақытымен де, яғни уақыт бірлігіндегі сәулелеу санымен анықталатын мөлшермен де анықталады (мэр·сағ/м^2).

Эритемдік сәулелеулік қондырғыларда сәулелену көздері болатын типі ЭШ қуаты 15 пен 30 Вт эритемдік шамдар, ауқымдары мен құрылымдық ерекшеліктері бойынша қуаты 15 пен 30 Вт тікелей түтіктік люминесценттік шамдарға, және типі РЭШ қуаты 30 бен 40 Вт қа ұқсас, сондай-ақ, түтікті люминесценттік рефлекторлық шамдарға ұқсас. Эритемдік шамдар желіге люминесценттіктердегідей аспаптар көмегімен қосылады. Эритемдік шамдардың негізгі сипаттамалыры 9.1-кестеде келтірілген.

9.1-кесте

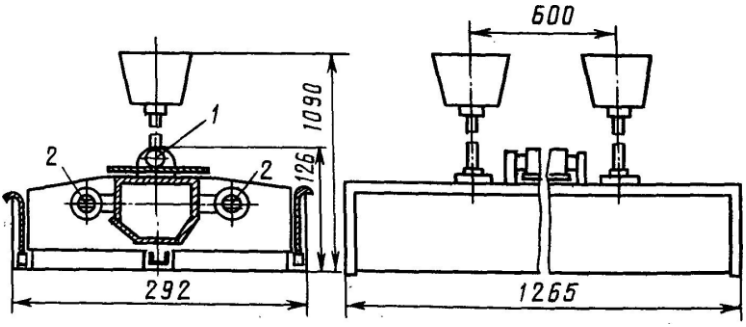
Шам типі	Қуаты, Вт	1 м қашықтықтағы эритемдік жарығы, мэр/м^2	Қызмет мерзімі, сағ	Габариттік өлшемдері, мм	
				ұзындығы	диаметрі
ЛЭ-15	15	35	5000	451,6	30
ЛЭЗО-1	30	85	5000	908,8	30
ЛЭР-30	30	120	3000	908,8	30
ЛЭР-40	40	140	3000	1214,4	38

Ультракүлгіндік сәулелеулік қондырғылар жылдың күзгі-қыстық және ерте көктемдік периодтарында жұмыс істейді. Солай, Солтүстік полярлық дөңгелектің солтүстігірек аудандарында олар 1 қарашадан 1 сәуірге дейін жұмыс істеуі керек; орта белдеуде (солтүстік ендіктің 50–60°) – 1 қарашадан 1 наурызға дейін; оңтүстік аудандарда (солтүстік ендіктің 45–50°) 1 желтоқсаннан 1 наурызға дейін жұмыс істеуі керек.

Эритемдік қондырғылар әсер етуші уақыттары бойынша ұзақ әсер ететін қондырғыларға (сәулелеу қарқындылығы үлкен емес ультракүлгіндік ағынмен толық жұмыс күні ағымында жүргізіледі; қысқа уақыт әсер ететінге (сәулелеу арнайы панажайларда іске асырылады – эритемдік сәулелеудің жоғары деңгейі кезінде бірнеше минут ағымында фотарийларда) бөлінеді. Адам ағзасына өзінің әсері бойынша ұзақ әсер ететін сәулелеулік қондырғылар фотарийларға қарағанда тиімдірек болады. Ұзақ әсер ететін сәулелеулік қондырғылар жарықтандыратындармен бірге жобаланады; бұлар екі түрде орындалады: тікелей және шағылдырылғаннан нұрлану.

Тікелей нұрлану қондырғыларында нұр шығару тесіктері төмен бағытталады және сәулелеу тікелей ағынмен іске асырылады, ал шағылдырылған сәулелеуді сәулелеугіштер ағынды жоғары төбеге бағыттайды және сәулелеу төбеден шағылған ағынмен жүргізіледі. Қолданылатын сәулелеугіштер көлденең және бойлық жазықтықтарында 25° қорғаныс бұрышына ие болуы керек. Шағылдырғыштары жоқ ашық шамдарды қолдануға жол берілмейді.

Қоғамдық ғимараттардың панажайлары үшін кең қолданылатын шамдал ЛСО 02Х40 (1Х30) Р, мұнда 40 Вт-ты екі люминесценттік және шағылған сәулелеу үшін шам ғимаратының үстіне қондырылатын қуаты 30 Вт бір эритемдік ЛЭ-30-1 бар (*9.1-сурет*).



9.1-сурет. ЛС002·30/Р шамдалы:
1 – эритемдік шам, қуаты 30 Вт; 2 – люминесценттік шам, қуаты 40 Вт

Ұзақ әсер ететін сәулелеулік қондырғылар нақты сәулелеуді және нормаға сай мөлшерді жасауы керек. Эритемдік сәулелеудің мөлшерлейтін деңгейлері 9.2-кестеде көрсетілген.

9.2-кесте

Сәулелену ұзақтығы, сағ	Сәулелеулік, мэр/м^2			Тәуліктегі мөлшері, мэр·сағ/м^2		
	ең кіші	ең үлкен	Ұсыныслатын	ең кіші	ең үлкен	ұсынылатын
8	1,5	7,5	5,0	12	60	40

Ұзақ әсер ететін қондырғыларды өндірістік панажайларда қолдану ұсынылады, бұларда бірмезгілде 10-нан кем емес адам жұмыс істейді, тек бір жұмысшыға 6-дан артық емес м^2 панажай ауданы бөлінетіндей жағдай болады. Бір адамға үлкен аудан бөлінгенде және ұзақ әсер ететін қондырғылардың жұмыс істейтін саны аз кезінде үнемдік тұрғыдан тиімсіз, сонда қысқа уақыттық әсер қондырғысын қарастыру оңтайлы.

Ұзақ әсер ететін сәулелеулік қондырғыларды есептеу эритемдік сәулелеугіштердің қуатын, санын және орналасуын

анықтауға апарады. Эритемдік сәулелеуді есептеу жалпы люминесценттік жарық беру қондырғыларының жарықтандыруын есептеуге ұқсас нүктелік әдіспен жүргізіледі.

Ұзақ әсер ететін қондырғыларды қарқынды шаң бөлінетін цехтарда, сондай-ақ химиялық түрде белсенді ортасы мен материалдары бар өндірістік панажайларда қолдану ұсынылмайды. Шағылған жарықтың қондырғыларын есептеуде түрлі материалдардың ультркүлгіндік шағылу коэффициентін ескеру қажет; олардың ішінен ең үлкен мәндерге ие бояудың мына түрлері: әктік ағарту 0,3–0,4; бормен ағарту – 0,4–0,8; ақ силикаттық бояу – 0,5–0,6.

Қысқауақыттық әсердің эритемдік сәулелеулік қондырғылары (фотарийлер), техника-үнемдік немесе гигиеналық көрсеткіштері бойынша ұзақ әсері рұқсат етілмейтін қондырғылардың құрылғылары бар ғимараттарда қарастырылған.

Фотарийларда адамдар қысқа уақыттық және қарқынды ультракүлгіндік әсерге, ұзақ әсер ететін қондырғыларды пайдаланған кездегі айларда ұшырайды. Фотарийлер үшін сәулелеудің әсер ету уақыты мен мөшерлері орнатылған. Сәулелеу көздері ретінде ұзақ әсер ететін қондырғыларда эритемдік шамдар қолданылады.

Фотарийлар болатын арнайы технологиялық қондырғылар және оларды жобалаумен жобалаушылар-жарықтехниктер айналыспайды.

9.5. Жарық беретін қондырғылардағы электрлік қауіпсіздік

Оқшауламаның зақымдануы және түрлі бүлінулер кезінде кернеу астында қалу және жарық беретін қондырғының кез келген өткізетін бөлігі қауіптілік көзі болуы мүмкін. Шамдалдардың, құралғылардың, қалқаншалардың қорғаныс қаптамаларының, трансформаторлардың, түрлі қораптардың және тағы басқалардың металл ғимараттарына жанасу қауіпті. ЭҚЕ талаптарына сай, барлық панажайлар адамға ток тиюіне қатысты 3 топқа бөлінеді:

1. Ток соғуының көтеріңкі қауіптілігі бар панажайлар: ылғалды, ток өткізетін едендері немесе шаңы бар; жоғары

температуралы (+30°С-дан жоғары), бұларда, бір жағынан, жұмысшының жермен жалғасқан үйлердің металдықұрылыстарына, технологиялық құрылғыларға, механизмдерге, т. б. бірмезгілде жанасуы мүмкіндігі жоқ емес, ал екінші жағынан – электржабдықтың металл ғимаратына жанасу.

2. Келесі көрсеткіштердің бірімен сипатталатын ток соғуы бойынша өте қауіпті панажайлар: тым ылғалды (ылғалдылық 100 %-ға жақын); оқшауламаны бүлдіруге әсер ететін химиялық тұрғыдан белсенді орта және жабдықтың ток өткізетін бөліктері; бірінші топта көрсетілген екі және онан да көбірек белгілер бірмезгілде болады.

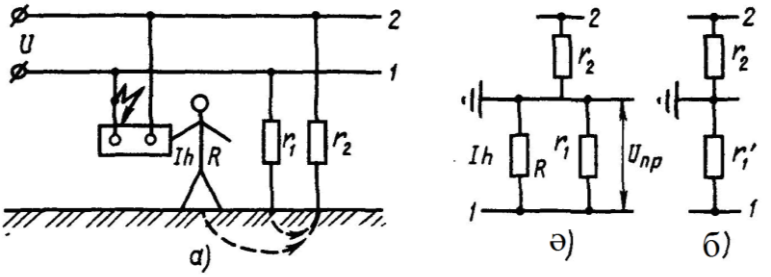
Көтеріңкі қауіпсіз панажайлар, бұларда 1 мен 2 топтарда көрсетілген шарттар болмайды.

Электрлік қауіпсіздік шарттары бойынша «қалыпты панажайларға» құрғақ (салыстырмалы ылғалдығы 60 %-дан артық емес), ыстық емес, шаңсыз химиялық тұрғыдан белсенді ортасы жоқ панажайлар жатады. Алайда электрлік қауіпсіздігі бойынша «қалыпты» панажайлар да қауіптілігі көтеріңкі емес панажайларға: көтеріңкі қауіптілікті және өте қауіпті боп бөліне алады.

Нормативті құжаттарда калыпты түрде кернеу астында болмайтын қондырғының өткізетін бөліктеріне жанасу кезінде ток соғуынан қорғаныстың негізгі тәсілі жерлендіру немесе нөлдеу болады. Бұл қажет қауіптілігі көтеріңкі және өте қауіпті дәрежелерге жататын барлық панажайларда; сондай-ақ жарық беретін тораптың 42 В-тан артығырақ кернеуі кезіндегі (110 В-тан артығырақ тұрақты ток кезіндегі) сыртқы қондырғыларда; қопарылысқа қауіпті панажайларда ережелер кез келген кернеуде талап етіледі.

Көтеріңкі қауіптсіз панажайларда электрлік қондырғылардың металдық ток өткізбейтін бөліктерін жерлендіру немесе нөлдеу керек емес. Бұл жағдайларда металдық бөліктерге жанасу кезінде алынған кернеу тогы адам арқылы қауіпті мәндерге жетпейді. Осы бір уақытта жерлендіру немесе нөлдеу, ток жетектеушілерге және жерге қосатын бөліктерге бірмезгілде жанасу кезінде, әрқашан қосымша қауіптілікті келтіреді, бұдан берілген жағдайда құтылуға болады.

Егер жерлендірудің немесе нөлдеудің құрылғысы мүмкін болмаса немесе мақсатсыз болса, онда ЭҚЕ оқшамалайтын алаңнан электржабдыққа немесе қорғаныстық ажырату құрылғысына қызмет етуге жол беріледі. Жарық беретін қондырғыларды жерлендіру мен нөлдеу ЭҚЕ-мен электрлік қондырғылардағы жерлендіру мен нөлдеу тораптарының құрылғысы бойынша нұсқаулардың талаптарымен сәйкестікте орындалуы керек. Қорғаныстық жерлендіру оқшауланған бейтараптамасы бар тораптарда қолданылады, мұнда жанасу қауіптілігі кему жолдары кедергілерімен, тораптың оқшамалау кедергісімен және оның сыйымдылығымен қалыптасады.



9.2-сурет. Оқшауланған бейтарабы бар тораптарға жанасудың сызбанұсқасы:
а – қағидалық; *ә, б* – баламалықтар

Екіфазалы тораптағы (*9.2-сурет*) адам арқылы өтетін ток

$$I_h = \frac{Ur_1}{R(r_1 + r_2 + r_1 r_2)}, \qquad (9.1)$$

үшфазалы торап үшін

$$I_h = \frac{\sqrt{3}Ur_1\sqrt{r_2^2 + r_2 r_3 + r_3^2}}{R(r_1 r_2 + r_2 r_3 + r_1 r_2 r_3)}, \qquad (9.2)$$

мұндағы r_1, r_2, r_3 – жерге қатысы бойынша сәйкес келетін фазалардың кедергілері, Ом; R – адам денесінің кедергісі, Ом; U – тораптың фазалық кернеуі, В; I_h – адам арқылы өтетін ток, А.

r_2 немесе $r_з = 0$ кезіндегі адам арқылы өтетін ток, бірфазалы торапта

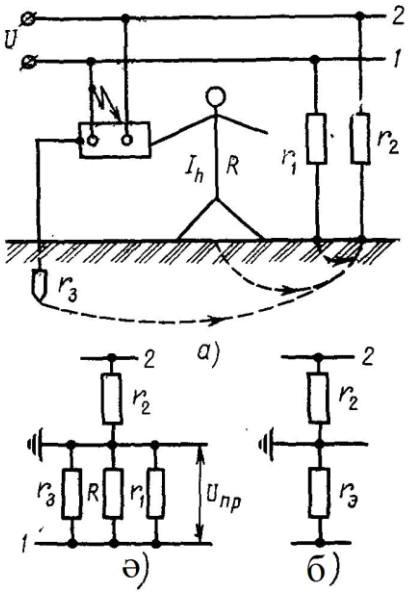
$$I_h = U / R, \tag{9.3}$$

үшфазалы торапта

$$I_h = (\sqrt{3}U) / R, \tag{9.4}$$

яғни ток қауіпті мәнге жете алады.

Мұндай қауіптілікті жою үшін қорғаныстық жерлендіру, яғни қондырғының металл ток жетектемейтін бөліктерін жайылуға нақты жеткілікті аз $r_З$ кедергіге ие, жерлендіргішпен әдейілеп электрлік байланыстыру пайдаланылады (*9.3-сурет*). R-ге қатарлас $r_З$ кедергісін енгізу есебінен баламалық кедергі $r_ъ$ азаяды, және мүмкін болатын жанасу кернеуі $U_{жан}$ $U_{жан}=I_з r_з$ мәніне дейін төмендейді, мұндағы, $I_з$ – корпусқа апаттық тесу кезіндегі тұйықталу тогы.



9.3-сурет. Қорғаныстық жерлендірудің сызбанұсқасы
а – қағидалық; *ә, б* – баламалық

$U_{жан}$-ға жіберілетін мәннен қондырғының қауіпсіздігін қамтамасыз ететін r_3 мәнін іріктеп алуға болады. Қызмет ететін мөлшер бойынша r_s-тің мәні 4 Ом-нан аспауы керек. Және де r_3 мәнімен іс жүзінде жарықтандыратын қондырғылардағы қауіпсіздік қамтамасыз етіледі. Егер г-ді тексеру қауіпсіздік шарттары бойынша тізбектегі жоғары кернеудің төменгіге ауысуы кезінде азырақ мәнді берсе, онда оны қабылдамайды. Сыртқы қондырғылардағы металл тіректер және темірбетондық тіректердің болат арматурасы жерлендірілуі керек. Жерлендіргіштерді құрылғылауда жасанды жерлендіргіштерді (металдық құбырсымдарды, артезиандық ұңғымаларды жағалата орнатылған құбырларды, т. б.) қолдану керек. Жерлендіру торабы үшін арнайы сымдар салынады, ал қолайлы жағдайларда жасанды токсымдар (кран астындағы жолдар, фермалар, электрлік сымдардың болат құбырлары, т. б.) қолданылады.

Жерлендіруші өткізгіштердің қималары фазалық өткізгіштер қималарының $^1/_3$-нен кем емесін құрауы керек, ал әртүрлі металдардан жасалған өткізгіштер кезінде өткізгіштік фазалық өткізгіштер өткізгіштігінің $^1/_3$-нен кем емесін иеленуі керек. Ең кіші қималардың құрайтыны: I) ашық төсеніш кезіндегі *жалаңаш* өткізгіштер: алюминийлік – 6 мм^2; мыстық – 4 мм^2. Диаметрі 5 мм болат дөңгелек өткізгіштер; қабырғалары қалың болат құбырлар: су-газөткізетін – 2,5 мм; жұқақабырғалы – 1,5 мм; 2) *оқшауланған* сымдар: алюминийлік – 2,5 мм^2; мыстық – 1,5 мм^2. 3) фазалық талсымдары: алюминийлік – 1,5 мм^2, мыстық – 1 мм^2 бар жалпы қорғаныс қабықшаларындағы кабельдердің немесе көпталсымдық сымдардың *жерге қосушы* талсымдары. 4) кез келген жағдайда қолданбауға болатын қималар үлкенірек 100 мм^2-тан болат үшін, 35 мм^2-тан – алюминий үшін және 25– мм^2-ден – мыс үшін.

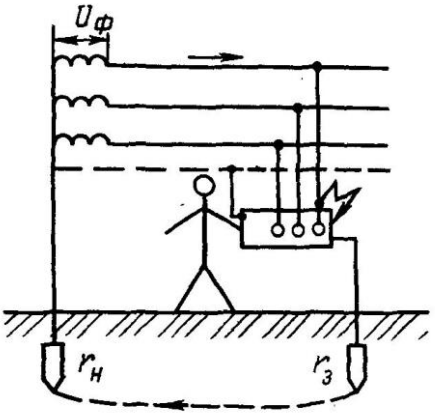
Терең жерлендірілген бейтараптамасы бар 1000 В-қа дейінгі кернеулі тораптарда қорғаныстық жерлендіру қабылданбайды, өйткені корпусқа тесу кезінде ол жанасу кернеуінің қауіпсіздік мәнін қамтамасыз етпейді және қондырғының қауіпті күйін тез жоқ қылатындай күйде емес. Мұның орнына қорғаныстық нөлдеу жасалынады.

Егер фазалық сымның кедергісі және тұйықталу орнының өтпелі кедергісі ескерілмесе, онда корпустағы тесу кезіндегі

тұйықталу тогын және қорғаныс жерлендіруі пайдалануын (*9.4-сурет*) анықтауға болатын ықшамдалған формула:

$$I_З = U_Ф / (г_б + г_З),$$

мұндағы $г_б$ – бейтараптаманың жұмысшы жерлендіруінің кедергісі, Ом (оның мәні ЭҚЕ бойынша 4 Ом-нан аспауы керек).

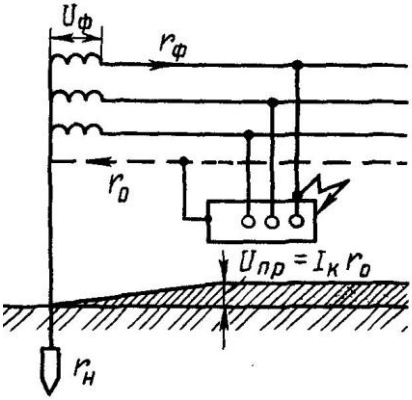


9.4-сурет. Жерлендірілген бейтараптамасы бар тораптарда қорғаушы жерлендіруді пайдалануға жол бермеу

Кернеуі 1000 В және онан да үлкен жарық беретін тораптардағы қорғанысты қамтамасыз ету үшін $г_З$-ке 4 Ом-нан кішіні қабылдаған жөн. 380/220 В тораптарда $г_и = г_З = 4$ Ом кезінде $I_З$-тің алынатын мәндері өте аз ($I_З$ = 27,5 А) және де қорғаныс құралғыларын тез ажыратуды қамтамасыз ететін күйде емес. Яғни, апаттық режим ұзағырақ болады, және оның ағымында $U_{жан}$ жіберілмейтіндей үлкен болады (мысалы, $г_н = г_З$ кезіндегі мәні $U_{жан}$= 0,5 $U_ф$).

Терең жерлендірілген бейтараптамасы бар тораптарда қорғаныстық жерлендіру емес, тек қорғаныстық нөлдеу қабылданады, яғни жерлендірілген нөлдік сымы бар металдық ток жетектемейтін бөліктердің әдейіленіп электрлік байланыстырылуы алынады (*9.5-сурет*). Нөлдеу кезінде

корпустағы тесу фазалық пен нөлдік сым арқылы тораптың қысқа тұйықталуын келтіреді. Сымдардың салыстырмалы аз кедергілері тұйықталудың үлкен токтарын және қондырғының қауіпті күйін жоқ етуден гөрі қорғаныс құралғыларының тезірек іске қосылуын қамтамасыз етеді. Қондырғының металдық ток жетектемейтін бөліктеріндегі тесулер кезінде электрлік тораптың тез ажыратылуын қамтамасыз ету қорғаныстық нөлдеудің негізгі идеясы болады.



9.5-сурет. Қорғаушы нөлдік сымға қосудың сызбанұсқасы

Қауіпсіздік шарттары бойынша қима жеткіліктігін есептеуді жүргізетін формула:

$$I_k = \frac{U_ф}{\sqrt{(r_a + r_0)^2 + r_x^2 + r_T / 3}} \geq I_в, \qquad (9.6)$$

мұндағы r_x – фазалық-нөлдік сым ілмегінің реактивтік кедергісі, сымдары бар желілер үшін түрлі-түсті металдардан 0,6 Ом/км есептеуінен қабылданған; $r_т$ –трансформаторлар кедергісі, тіке, кері және нөлдік тізбектіліктер токтары үшін төменгі жақтың кернеуіне келтірілген; $I_в$ – жылулық ағытқышы бар автоматтағы

сақтандырғыштың немесе тағайыншаманың балқымалы қыстырғысының тогы.

Жүктеме токтарына жеткіліктіден аспайтын қорғаныс құралғыларының токтары бар тораптарда, тораптарды ажыратуды қамтамасыз ететін есептік тексеруді жүргізбеуге болады.

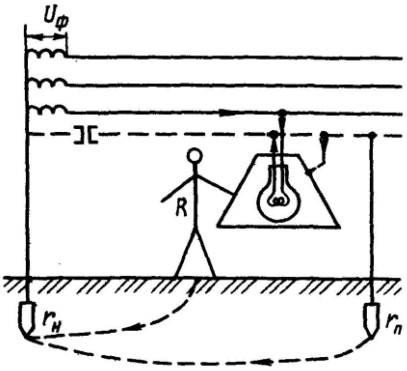
Жабдықтың жерге қосылған бөліктеріндегі қорғанысты ажыратқанға дейін, қауіпті потенциалдар уақытша жасалына алады, бұл фазалық пен нөлдік сымдар кедергілерінің арақатынасымен қалыптасады және шектелген қолайсыз жағдайда анықталатын өрнегі:

$$U_{\text{шек}} = I_{\text{к}} r_0. \qquad (9.7)$$

Теория жүзінде, фазалық пен нөлдік сымдар қималарының тең кезінде де, жанасу кернеуі қауіпті мәнді $U_{\text{шек}} = 0{,}5U_{\text{ф}}$ иеленеді.

Іс жүзінде технологиялық жабдықпен жеткілікті қанықкан, іштетілген немесе жақын орналасқан қосалқы станциялары бар $U_{\text{шек}}$ 10–12 В-тан аспайды, бұл электрлік қондырғылардың және солармен электрлік түйіспесі бар түрлі қатынастардың құбырсымдарының металдық бөліктері арқылы жермен көпсанды байланыстардың қосымша өткізгіштігі салдарынан болады. Алайда қосалқы станциядан алыстатылған үлкен емес объектілер су құбырысыз $U_{\text{шек}}$ қауіпті мәнін сақтайды. Қауіптілікті төмендету үшін контурлық жерлендіру түрінде орындалатын нөлдік сымның қайтара жерлендіруінің қосымша жергілікті ошақтарының құрылғысы тиімді. Бірмезгілде, ғимаратта нөлдеу жабдығының потенциалы пайда болған кезде қорғаныс ажыратуының құрылғысын ұсынуға болады. Жекеленген жағдайларда қауіптілік бейтараптаманың жерлендіргіші бар қосымша байланыстардың құрылғысымен кетіріледі. Бейтараптаманың жерлендіргіші бар тораптарда қауіпсіздік тек нөлдік сым тізбегінің үзіксіздігі кезінде қамтамасыз етіледі. Жарықтандыратын қондырғыларда нөлдік сымның үзілуі, ғимаратта тесілу болмағанның өзінде де, шамның жібі немесе қыздыру аспабының кедергісі арқылы жерлендірілген электржабдыққа потенциалды шығаруды

келтіреді (*9.6-сурет*). Сондықтан нөлдік сымның тізбегіне, осы сым нөлдеуші ретінде пайдаланылған кезде, айырғыш құрылғылар немесе қорғаныс құрылғылары қабылданылмайды.



9.6-сурет. Нөлдік сымды қайтара жерлендірудің сызбанұсқасы

Нөлдік сымды үзу мүмкіндігінде қауіпті төмендету үшін созыңқылығы 200 м-ден үлкен ауалық желі мен тармақтар, сондай-ақ, ұзындығы 500 м желі ортасы мен тармақтар ұштарында оны қайтара жерлендіруді $г_п$ қарастыру керек. Әрбір қайтара жерлендіру кедергісіне 10-нан аспайтын Ом қабылданылады. Жаманырақ жағдайда бір қайтара жерлендіру мен нөлдік сым үзілуі кезінде электрлік қондырғылардың металдық бөліктеріндегі $U_{жан}$ жанасу кернеуінің аспайтын мәні:

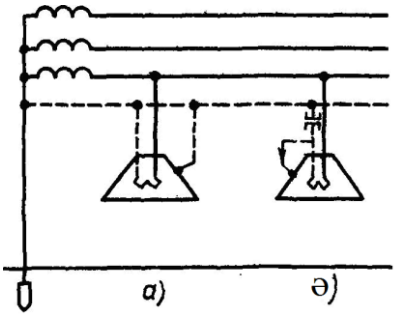
$$U_{жан} = \frac{U_ф}{r_н + r_п} r_g, \qquad (9.8)$$

Бейтараптаманың жұмысшы мен қайтара жерлендірілуі үшін, қорғаныс жерлендіруінің құрылғысы кезіндегідей, табиғи жерлендіруді пайдалану ұсынылады.

Қалыпты ортасы (механикалық, жинамалы және басқа цехтар) бар өндірістік панажайларда 127–220 В топтық тораптарда нөлдік сым ретінде ашық болат құбырларын, сымдарды іліп қою үшін тростарды, ашық қойылған токсымдарының металл корпустарын және үйлердің металл

конструкцияларын, сондай-ақ өндірістік тағайындау (фермалар, мұнаралар, кран астындағы жолдар) конструкцияларын немесе механизмдерді қолдану ұсынылады.

Жұмысшы нөлдік сымдар шетінде табиғи ток өткізулерді, күшті басқыншы ортасы (электролиздік цехтары, агломерациялық фабрикалары және соған ұқсастары) бар қопарылысқа және өртке қауіпті панажайларда немесе осы ток өткізулер ғимараттың немесе конструкциялардың жанатын бөліктеріне тікелей жақынға орналасқандарға рұқсат етілмейді. Мұндай ток өткізулерді тек қана трассаның жекеленген телімдерінде (түсулерінде және өрлеулерінде) іске асырғанда да қолданбайды. Қауіпсіздік үшін нөлдік сым қыздыру шамы, ДСШ, МГШ, жоғары қысымның натрийлік шамы, т. б. үшін патрондардың винттік гильзасына міндетті түрде жалғануы керек, ал қорғалмаған сымдардың ашық төсеніші кезінде шамдалдар корпустарын жерлендіру үшін шамдалдың жерлендірілетін түйіспесі мен нөлдік сым арасына, оның ең жақынырақ тірекке бекітілетін жеріне, арнайы иілгіш мойнақты қарастыру қажет. Берілген шамдалды қоректендіретін тармақталуға жалғастырумен корпусты жерлендіруге жол берілмейді, өйткені берілген нөлдік сымның түйіспесі тізбекте бұзылған кезде шабдал корпусы қандайда бір қорғаныссыз кернеу астында болады (*9.7-сурет*), ал сыртқы белгілер шамдардың тек күюін және оның ауыстырылуы қажеттігін көрсетеді.



9.7-сурет. Шамдал ғимаратын қорғайтын жерлендірудің сызбанұсқасы:
а – дұрысы; ә – дұрыс емесі

Тұрақты қоректенетін немесе тұрақты ток торабынан қоректенуге ауыстырылып қосылатын апаттық жарықтандырудың желілерінде нөлдеу үшін жұмысшы жарық берудің жақын орналасқан желілерінің нөлдік сымдары қолданылады немесе арнайы өткізгіштер салынады. Бұл жағдайда нөлдеу үшін апаттық жарық берудің нөлдік сымын пайдалануға болмайды, өйткені бұл аккумуляторлық батарея ұштарының бірінің жерлендірілуін келтіреді.

ҚМ 357–77-ге сай жалпы жарықтандыру шамдалдарының корпустарын жерлендіру немесе нөлдеу тораптарда: а) кабельді, қорғалған сымды шабдалға, қорғалмаған сымдарды құбырға немесе металлжеңге енгізгенде немесе құбырсыз жасырын сым кезінде – шамдар ішінде нөлдік жұмысшы сымнан тармақтаумен енгізген кездегі бейтараптаманы жерлендірумен; ә) шамдалға ашық қорғалмаған сымдарды – шабдал корпусының жерлендіретін винтіне және шамдалға ең жақын қозғалмайтын тіректің немесе қораптың жұмысшы нөлдік сымына жалғанған иілгіш оқшауланған сыммен енгізген кездегі бейтараптаманы жерлендірумен; б) шамдалға – шамдал корпусының жерлендіретін винтіне және жерлендіретін өткізгішке жалғанатын иілгіш сыммен кез келген тәсілдермен енгізген кездегі оқшауланған бейтараптамамен орнындалуы тиіс.

Газразрядтық шамдары бар шамдал ғимаратын, шығарылған іске қосуды реттейтін құрылғылар кезінде, іске қосуды реттейтін құрылғының жерге қосушы винттері мен шамдал арасында мойнақпен жерге қосуға немесе нөлдеуге жол беріледі.

Бақылау сұрақтары

1. Қоршаған орта жағдайларындағы қондырғылар жұмысының сенімділігі қандай?
2. Қопарылысқа қауіпті және өртке қауіпті сәуле түсіруге талаптар қандай?
3. Жасанды ультракүлгіндік сәуле шығарудың қондырғылары қандай?
4. Жарық беретін қондырғылардағы электрлік қауіпсіздігі қандай?

10. ЖАРЫҚТАНДЫРУДЫ МӨЛШЕРЛЕУ. ЖАРЫҚТАНДЫРУ ПАРАМЕТРЛЕРІН ТАҢДАУ. ТАБИҒИ ЖӘНЕ ЖАСАНДЫ ЖАРЫҚТАНУ. САЛАЛЫҚ МӨЛШЕРЛЕНГЕН ЖАРЫҚТАНУ

Жарық құрылғылары мөлшерленуінің негізгі мақсаты болатын көру жұмысының оңтайлы жағдайларын іске асыруда тұтас жақындауды қамтамасыздандыру, ажырату зерзатының қажетті көрінуіне қол жеткізу.

Көрудің керекті деңгейін алу үшін дәлдігі әртүрлі көру жұмысы үшін жарықтанудың түрлі деңгейлері қалыптастырылады. Зерзат ауқымы, оның реңмен қарсыластылығы және жарықталатын беттің шағылу коэффициенті неғұрлым азырақ болған сайын, соғұрлым жарықтану деңгейін көбірек таңдау керек.

10.1. Мөлшерлеу параметрлерін таңдау

Тағайындалуы әртүрлі жарық құрылғыларын мөлшерлеу олардың тиімділігін анықтайтын параметрлерді таңдаудан басталады. Мұндағы мөлшерлеу *тура* және *жанама* бола алады.

Тура кезінде жарық құрылғыларының тиімділігін тікелей анықтайтын шамалар белгілі ережелерге бағындырылады. Оларға жататындар: еңбек өнімділігі; берілген сенімділікпен көру мәселесін шешуді қамтамасыз ететін көрінудің немесе ажыратудың деңгейі; көрудің жұмыс істеу қабілеттілігі; бөлменің жарықпен қанығуы деңгейін анықтайтын қоршаған ортаның ашықтығы және тағы басқа параметрлер. Бұл – жетілдірілген мөлшерлеу.

Жарық құрылғыларының жанама мөлшерлеуі фотометрлік сипаттамалар тәртібіне, сондай-ақ уақыт өтуіндегі жарықталатын кеңістіктегі спектр бойынша олардың таралуына және арақатынастарына негізделген. Бұл – аз жетілдірілген мөлшерлеу; бірақ та жобалау тәжірибесінде қолдануға қолайлы және де ерекшеліктер қатарына ие: жарық құрылғыларының тиімділігін анықтайтын фотометрлік сипаттамалар (беттің жарықталынуы, жарықтылығы, т. б.), олармен сызықты емес байланысқан; бұл сызықты еместің сипаты түрлі өндірістік

үдерістер үшін бірдей емес; жарық құрылғысының тиімділігі сандық мәндерге де, сондай-ақ, таңдалған фотометрлік сипаттамалардың сапалық көрсеткіштеріне де тәуелді.

Жарықтандыру сапасы жарық құылғысында қолданылатын оптикалық сәулеленудің қасиеттерімен анықталады, уақыт және спектр бойынша кеңістікте таралуымен сипатталады.

Жарықталатын көлемді нәрсеге түсетін сәулеленудің кеңістіктік таралуынан, жарықтардың және көлеңкелердің түсуі бетіне және реңіне орналасуы тәуелді. Бұл таралу жарықталатын бедергілік зерзаттың жарықтылықтық қарсыластылығын және бұрыштық ауқымын анықтайды.

Жарықтандыру мен байқау жағдайларынан тәуелді, байқаудың бедергілік зерзатының жарықтылықтық қарсыластылығы және бұрыштық ауқымы байқау зерзатының *эквиваленттік қарсыластылығы* және *эквиваленттік бұрыштық ауқымы* деп аталады.

Сәулеленудің уақыт бойынша таралуы да жарық құрылғысының тиімділігіне ықпал етеді, себебі көру екпін күші қасиетіне ие және де көру өрісінің жарықтылығы өзгеруі кезінде пайда болатын адаптация үдерістері орын алады.

Жарықтандыру техникасында бақылаушы көзіне түсетін сәулелену сапасы есебінен жарықтандырудың тиімділігін анықтайтын барлық көрсеткіштерді *жарықтандырудың сапалық сипаттамалары* деп атайды.

Оларға жатқызуға болатындар: байқау зерзатының беті бойынша жарықтылық және оның маңындағы рең телімі – микротаралу; бақылаушы көруі өрісіндегі жарықтылықтар – макротаралу; жарық көзінің қасиеттеріне тәуелді уақыт бойынша жарық ағыны, оларды қосу тәсілдері және олардың электрлік энергиясын беру сапасы; спектр бойынша сәулелену.

Жарықтандыру құрылғысының тиімділігін сандық қана емес, сондай-ақ сапалық көрсеткіштер (сипаттамалар) да анықтайды. Осыны ескере отырып, жарықтандыру қондырғыларын мөлшерлеу және жобалау кезінде бұл көрсеткіштер бір тұтас ретінде қарастырылады.

10.2. Жарықтандыратын қондырғыларды жіктеу және оларға қойылатын талаптар

Алғаш рет біздің елімізде өндірістік мекемелерде жарықтандыру мөлшері 1928 жылы енгізілген. Бұл мөлшерлерді жасаған проф. П. М. Тиходеев және тек жасанды жарықтануға ғана таралған.

Құрылыс мөлшерлері және жобалау ережелері бойынша табиғи және жасанды жарықтануға бір құжатқа (ҚМжЕ II-4-79) біріктірілген.

Бұл мөлшерлер құрылыстың индустриалдық тәсілдерінің кең көлемде қолданылуына және алдыңғы уақытқа арзандауы есептелген ғимараттарды жобалау мөлшерлеріне жауап беруі керек. Ғимараттар құрылысының арзандатылуы бөлмелердің ішкі көрінісінің архитектуралық сапасын және жарықтандыру сапасын жақсартумен бірге жүруі тиіс. Сондықтан жарықтандыру мөлшерлері жобадағы генералдық сызықты (бұғаттау, ғимараттардың үлкендігі және т. б.) ғана емес, сондай-ақ қондырылған түрдегі жарықтандыру құрылғыларын пайдалану кезіндегі модуль заңдарын сақтауға да міндетті.

Жарық қондырғылары қабылдануы бойынша табиғи, жасанды, аралас болып бөлінеді, ал тағайындалуы бойынша – төрт негізгі: 1) өнеркәсіп орындарында өндірістік және қосымша ғимараттарды жарықтандыру; 2) өндірістік кәсіпорындар алаңдарын және ғимараттар орналаспаған тыс жерлерде өндіріс жұмыстарын атқаратын жерлерді жарықтандыру; 3) қоғамдық және тұрғын үйлерді жарықтандыру; 4) көшелерді, жолдарды, ел қоныстаған алаңдарды жарықтандыру тобына бөлінеді.

Мөлшерлерді тарататын аймақты қосатын бөлімде көру жұмыстарының шарттары бойынша ғимараттарды төрт топқа бөлу келтірілген: I – жұмыс бетіне (өндірістік бөлмелер, жұмыс кабинеттері, конструкторлық бюро, дәрігерлер кабинеттері, т. б.) көру бағытын тіркеу кезінде көру жұмысының түрлі зерзаттары өндірілетін бөлмелер; II – бөлмелер, бұларда көру тіркелмеген кездегі зерзаттарды ажырату және қоршаған кеңістікті (дүкендердің сауда залдары, асханалар, көрмелер,

картиналық галереялар және с. с.) шолу жүргізіледі; III – бөлмелер, мұнда зерзаттарды қысқа уақыттық ажырату кезіндегі қоршаған кеңістікті шолу жүргізіледі (концерт залдары, театрлар фойелері және кинотеатрлар және т. б.); IV – бөлмелер, мұнда жалпы бағыт көрсету жүргізіледі (өту жолдары, дәліздер, ғимараттардағы киім-кешек сақталатын орындар және с. с.).

10.3. Табиғи және аралас жарықтану

Адамдар үнемі болуына арналған барлық ғимараттарда табиғи жарықтану болуы қажет. Мұндай жарықтанусыз ғимараттарды өндірістік кәсіпорындарды жобалайтын санитарлық мөлшерлер рұқсатымен ғана салуға болады. Ғимараттар бөлмелері құрылыстық мөлшерлеу және ережелер (ҚМжЕ) жарықтану кестесінде көрсетіледі.

Табиғи жарықтану *бүйірлік* (жарық өтетін ойықтар – бөлме қабырғасына орналасқан терезелер), *жоғарыдағылық* (жарық өтетін ойықтар – ғимарат шатырына орналасқан күн тартарлар: фонарьлар, әйнектер), *біріккендік* (бүйірлік + жоғарыдағылық) болып бөлінеді.

Бір жақты бүйірлік табиғи жарықталуы нүктедегі ТЖК ең кіші мәні мөлшерленеді, ол қабырғадан 1 м қашықтықта жарық өтетін ойықтардан ашақтықта орналасады.

Екі жақты симметриялы бүйірлік жарықталуы нүктедегі ТЖК ең кіші мәні мөлшерленеді. Бұл нүкте бөлменің ортасында бөлменің сипаттық қимасына тік жазықтықпен шартты жұмысшы беттің (немесе еденнің) қиылысуына орналасқан.

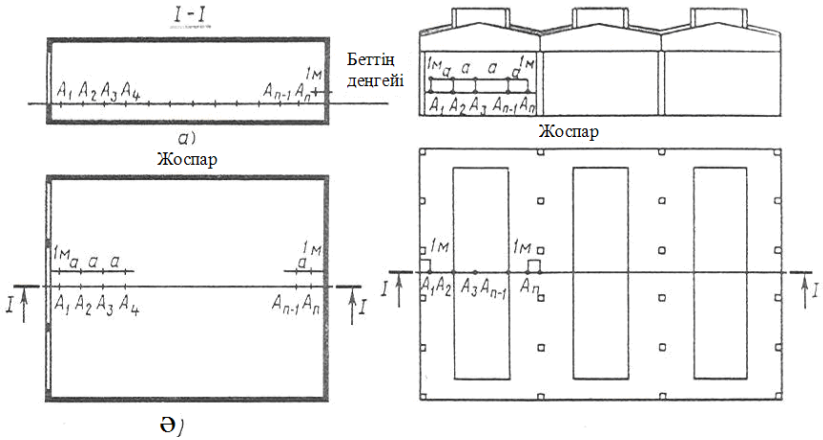
Жоғарғылық пен біріккен жарықтануы кезінде ТЖК орташа мәні бөлменің сипаттық қимасына тік жазықтықпен шартты жұмысшы беттің (немесе еденнің) қиылысуына орналасқан нүктелерде мөлшерленеді. Бірінші және соңғы нүкте қабырғадан немесе бөлме ішіндегі қоршаудан 1 м қашықтықта қабылданады. ТЖК мөлшері жарық климаты белдеуіне қатысы бойынша ғимарат қалай орналасытынына тәуелді, бұл оның мынадай коэффициентермен есептелуінде

ескеріледі: m – жарқыраулық климат және с – климат күнділігі:

$$e_н^{I,II,IV,V} = e_н^{III} mc,$$

мұндағы $e_н^{I,II,IV,V}$ – жарқыраулық климаттың I, II, IV және V белдеулерінде орналасқан ғимараттар үшін ТЖК мөлшері; $e_н^{III}$ – жарқыраулық климаттың III белдеуінде орналасқан ғимараттар үшін ТЖК мөлшері; m – жергілікті жердегі табиғи жарықтану шарттарының жиынтығымен анықталатын жарқыраулық климаттың коэффициенті; c – климат күнділігінің коэффициенті, бір жылда ғимарат ішіне түсетін күн жарығы.

Ғимараттарды табиғи жарықтандыруды есептеу *алдын ала* және *тексеру* болады. Алдын ала есептеуде жарық өтетін ойықтарды ауқымы, тексерушілікте – бөлменің сипаттық қимасы нүктелеріндегі ТЖК есептік мәндері анықталады (*10.1-сурет*). Есептеулік нүктелерді таңдау кезінде олардың бір-бірінен арасындағы қашықтығы тең, бірінші мен соңғы нүктелер қабырғадан және бөлме ішіндегі қоршаудан 1 м қашықтықта болуы керек.



10.1-сурет. КЕО есептеулері үшін бөлмені көлденеңінен кесу:
а) бүйірлік жарықтану кезінде; ә) жоғарыдан жарықтаған кезде

Өндірістік ғимараттар бөлмелерін аралас жарықтандыруға: I және II разрядты жұмыстарды орындайтын өндірістік бөлмелер үшін; технология шарттары бойынша құрылыстың орнына, ТЖК мөлшерленген мәндерін алуға мүмкіндік бермейтін көлемді-жоспарлық шешімдерді талап ететін өндірісті немесе климатты ұйымдастыратын шарттар болған жағдайлардағы өндірістік және басқа бөлмелер үшін (кеңдігі үлкен көпқабатты ғимараттар, аралықтары бар кеңдігі үлкен бірқабатты көпаралықты ғимараттар, т. с. с.); қалыптасқан ретпен бекітілген, өндірістің жекеленген слаларының ғимараттарының және құрылыстарының құрылыстық жобалаулары бойынша мөлшерлік құжаттарға сай болса рұқсат етіледі.

Тұрғын үйді, қоғамдық және көмекші бөлмелерді аралас жарықтандыруға, егерде ұтымды көлемді-жоспарлық шешімдер жағдайлары талап қойылғанда рұқсат етіледі. Мұны жатын бөлме, ас бөлме, балалар бөлмесі, оқу бөлмелерінде қолдануға болмайды.

Аралас жарықтану кезінде жарық көзіне келесідей талаптар қойылады: жалпы жасанды жарықтану жарықтанудың қабылданған жүйесіне тәуелсіз газ разрядты жарық көзімен орындалуы тиіс: өндірістік ғимараттарда – АШ, МГШ, ДСШ типтеріндегі, қоғамдықта – АШ типіндегі шамдармен жарықтандыру рұқсат етіледі.

Бақылау сұрақтары

1. Жарықтандыру қондырғысын мөлшерлеу не үшін қолданылады?
2. Жарықты мөлшерлеудің қандай түрлері болады?
3. Жарықты мөлшерлеудің сапасы немен анықталады?
4. Жарықтандыруды мөлшерлеу қашан енгізілді?
5. Тағайындалуы бойынша жарықтандыру қондырғылары қандай топтарға бөлінеді?

ТЕРМИНДЕР СӨЗДІГІ

Адаптация – (ежелгі латын сөзі *adaptatio* – лайықтау, құрал), физиологияда және медицинада бейімделу үдерісін білдіреді; шалғайдағы сезгіштікті және қоздырудың бір деңгейінен басқасына өту үдерісіндегі көру талдағышы орталығын өзгерту.

Адаптометр – басталу шекарасы жарықтылығын, жарық дағының жарықтылығын және бұрыштық ауқымын кең шектерде нұсқалауға мүмкіндік беретін аспап.

Адгезия (латын сөзі *adhaesio* – жабысу**),** әр текті денелер беттерінің тұтасуы. Бұған гальваникалық пен лактыбояулық қамтамалар, желімдеу, дәнекерлеу және басқалар кезінде, сондай-ақ беттік қабыршақтар (мысалы, тотықтық, сульфидтік) кезінде жетуге болады.

Адекватно – дәл, парапар.

Аккомодация – (латын сөзі accomodatio – бейімдеу) көз бейімделуі – көзден түрлі қашықтықтарда болатын нәрселерді жарқыл көрінуге лайықтау; қоздырылатын ағза жасушаларының (жүйкелік, бұлшық еттік) бейімделуі – тітіренткіштің күші бойынша баяу өсетін әсеріне лайықтау және басқалар; жақын орналасқан нәрселердің торлық қауызына анық бейнені қамтамасыз ету үшін көз оптикасының сындырушы күшін арттыру.

Актинийлік (актиничность) (фотографияда.), сәулесезгіш материалға фотографиялық әсер көрсетуге сәуле шығарудың қабілеттілігі.

Актино… (грек сөзі aktis – сәуле), күрделі сөздердің бөлігі, мағынасы бойынша «сәулелі» сөзіне (мысалы, актинолит), «сәулелі энергия» (мысалы, актинометрия) сөз тіркесіне сай келеді.

Актинометр (*актино*… және …*метр*), қарайған беттің радиацияны сіңіруі жылуының дәрежесі бойынша тікелей радиацияның (сәуле шығарудың) қарқындылығын өлшеуге арналған аспап.

Актинометрия, метрология бөлімі, мұнда Жер атмосферасындағы күнгейлік, атмосфералық пен жерлік сәуле шығарулардың тасымалы мен түрленуі зерттеледі.

Ангстрем (белгіленуі Å), жүйеден тыс ұзындық бірлігі, 1Å = 10^{-10} м = 10^{-8} см = 0,1 нм, швед физигі А. Й. Ангстрем енгізген (1868), атомдық физикада, қатты дене физикасында және басқаларда қолданылады.

Антисептика (*анти...* және грек сөзі *sëptikos* – іріңдік), жаралар жұғуын ескертетін және ауруды асқындыратын микробтарға химиялық (антисептикалық құралдармен) немесе биологиялық әдістермен инфекцияланған жаралардан емдейтін әдіс. Дж. Листер 1867 жылы ұсынды.

Астигматизм (*а* – теріс таңбалы бөлшек және грек сөзі *stigme* – нүкте), сәулелік шоғырдың түрлі қималарында бірдей емес өтетін сәулелердің сынуымен (немесе шағылуымен) байланысқан оптикалық жүйемен бейненің бұрмалануы. Астигматизм салдарынан бейне айқын болмайды. Нәрсенің әрбір нүктесі сумен жырылған эллипспен бейнеленеді. Көз астигматизмі цилиндрлік шынылары бар көзілдірік, түйіскен линзалар көмегімен жойылады.

Байқау тездігі немесе **ажырату тездігі** – берілген үш қалған параметрлер кезінде қажет байқау немесе ажырату ықтималдығын қамтасыз ететін байқау уақытына кері шама.

Бактерицидтік (*бактерия* және латын сөзі *caedo* – өлтіремін), химиялық заттардың (бактерицидтердің) қасиеті, бактерияларды өлтіретін физикалық және биологиялық себепкерлік жағдайлар (температура, иондаушы сәуле шығарулар, лиоцим ферменті және басқалар).

Бинокуляр көз (екі көзбен бірдей көру қабілеті), басқаша айтқанда, **стереоскоптық көру** – байқалушы нәрсенің контуры бойынша ғана емес, сондай-ақ оның тетіктерінің бедері жайлы да сөз етуге мүмкіндік береді, сөйтіп, оны толығырақ қабылдауды қамтамасыз етеді.

Блик – қоңыр түске түскен ақ дақ.

Болометр (грек сөзі *bole* – сәуле және *…метр*), электрмагниттік сәуле шығару (басым түрде ИҚ) энергиясын өлшеуге арналған аспап, жылу сезгіш элементтің өлшенілетін сәулелену энергиясын сіңіруі нәтижесінде электрлік кедергісін өзгертетініне негізделген.

Верньер – ноииустың көне аталуы. Ноииус көмекші шкала, мұның көмегімен өлшеу аспабының негізгі шкаласы бөлінуінің үлестері саналады.

Геометриялық оптика, оптика бөлімі, мұнда мөлдір орталардағы жарықтың таралуы, жарық энергиясы геометриялық сызық бойымен таралады деп алып, жарық сәулесі жайлы ұстанымға негізделіп қарастырылады. Геометриялық оптика заңдары түрлі оптикалық жүйелер арқылы жарық өтуі кезінде бейне тұрғызылуын есептеу үшін қолданылады.

Грануляция (уақталу, үгілу, ұсақталу; қант, металл сияқты нәрселердің түйірге бөлінуі) – Күндегі, телескопқа көрінетін күндік фотосфераның түйіршіктелген құрылымы. Өзімен, Күн дискісін тұтастай жабатын, тығыз орналасқан түйіршіктердің (гранулалардың) – диаметрі 500 – 1000 км жарқын оқшауланған түзілімдердің көптеген санының жиынтығын көрсетеді. Жекеленген түйіршіктер пайда болады, 5 – 10 минутта ұлғаяды немесе үлкейеді және ыдырайды.

Денситометр (латын сөзі *densitas* – тығыздық және *…метр*) – оптикалық тығыздықты өлшеуге арналған аспап.

Денситометрия, сәулесіңіргіш орталардың, басым түрде фотографиялық қабаттардың оптикалық тығыздығын өлшеу.

Жалтырақтық – жарқырайтын денелердің көрінудің қалыптасқан дегейін, өздерімен бақылаушы қарашығында жасататын өте артық жарықталуы, немесе олардың адаптация жарықтылығымен салыстырғанда ерекше жарықтылығы нәтижесінде өзгерту қасиеті.

Жарқын (светлота) – жарық ашықтығы, жарқылдығы.

Жарық ағыны – сұрыптау қабылдағышына – көзге әсері бойынша бағаланатын сәулелік ағын, мұның салыстырмалы спектрлік сезгіштігі сәулеленудің салыстырмалы спектрлік жарқырауының мөлшерленген функциясымен анықталады.

Жарық күші – бұл жарық ағынының кеңістіктік тығыздығы $d\Phi$ жарық ағынының $d\omega$ денелік бұрышқа қатынасымен анықталады.

Жарықтану – бетке түсетін жарық ағынының осы беттің ауданына қатынасы.

Жарықтехника, ғылым және техника облысы, генерлеу тәсілдерінің қағидаларын және оларды жасауды, кеңістіктік таралуды, оптикалық сәулелендірудің (жарықтың) сипаттамаларын өлшеумен, сондай-ақ жарық энергиясын және энергияның басқа да түрлерін түрлендірумен айналысады.

Жарқырау – жарық көзінің беттік бірлігімен шығарылатын толық жарық ағыны.

Жарықтылық (ашықтық, айқындық, R) – жарық көзінің жарықтылығы – белгілі бір бағыт бойынша бірлік денелік бұрыш (dω) ішінде тарайтын жарық ағынының (dФ) сол бұрыш шамасы мен жарық көзінің көрінерлік бетіне (ds) қатынасына тең: $R = \frac{d\Phi}{d\omega \cdot ds}$. Өлшем бірлігі $\frac{шам}{м^2}$ немесе ӨЖ жүйесінде *қыл сым* (қысқаша нт).

Жылтылдар немесе **жылтыл оттар** – берілген уақыт аралығымен оқтын-оқтын қайталанатын уақытша жарқ етулер.

Жылтылдар ұңғымалығы – қараю ұзақтығының толық период уақытына қатынасы.

Жылтылдаудың дағдарыстық жиілігі – жеткілікті сенімділікпен алғаш олардың сығымдалып қабылдануын қамтамасыздандыратын жылтылдардың ең аз жиілігі.

Иррадиация – (латын сөзі *irradio* – жарқыраймын, сәулелер шығарамын) оптикада, қара реңде жарқыл фигуралардың (оң иррадиация), немесе реңнің кіші жарықтылығы кезінде – кері картина (теріс иррадиация), ақ реңдердегі өзімен тең шамалы қара фигуралармен салыстырғанда ұлғайған болып көрінуі; күңгірт реңде жарқыл нәрселер ауқымдарының көрулік ұлғаюы және жарқыраулық реңде күңгірт нәрселер ауқымдарының кішіреюі құбылыстары.

Кандела (латын сөзі *candela* – шырағдан, шам), жарық күші бірлігі ӨЖ, кд-мен белгіленеді; – ауданы 1/600 000 $м^2$ қимадан осы қимаға тік бағытталып толық сәулешығарғыштан, платинаның қату температурасы (2042 К) және қысымы 101 325 $Н/м^2$ кезінде, шығарылатын жарық күші (шам сөзімен мағыналас).

Каустика (каустикалық бет түсінігімен мағыналас**) – (**грек сөзі *kaustikos* – күйдіретін, шыжытатын**)**, жарқырайтын нүктеден

шығарылған және оптикалық жүйе арқылы өткен жарық сәулелерінің айналып немее оралып өтетін ұяласы болатын бет.

Квазарлар, өте аз бұрыштық ауқымдардың ғарыштық зерзаттары, бұлардың спектрлерінде сызықтарының елеулі қызыл ығысулары бар, бұл олардың Күн жүйесінен бірнеше мың Мпк-ға жететін қашықтықта болатынын көрсетеді. Квазарлар ең қуатты галактикалардыкінен гөрі ондаған есе энергия нұрын таратады. Олардың энергиясының көзі дәл белгілі емес.

Колориметр, түс, рең өлшеуге арналған аспап.

Колориметрия (латын сөзі *color* – түс немесе рең және *…метрия*), түстің сандық өрнектелуін өлшейтін әдістер, бұлар таңдалған жүйеде 3 негізгі түстің координаттарын анықтауға негізделген.

Конвекция (латын сөзі *convectio* – әкелу, жеткізу; саяси мағынада келісім), масса, жылу және басқа физикалық шамалар тасымалдауын келтіретін, ортаның (газдың, сұйықтықтың) макроскопиялық бөліктерінің жылжуы. Ортаның біртексіздігімен (температураның және тығыздықтың градиенттерімен) шақырылатын табиғи (еркін) конвекция және ортаға сыртқы механикалық әсерлермен шақырылатын еріксіз конвекция ажыратылады. Жер атмосферасындағы конвекциямен бұлттар түзіледі, Күнге конвекциямен бұдырлану болады.

Көру жабдықталмауы – ыңғайсыз және кернеулік сезімдермен сипатталатын ұнамсыз сезінулер.

Көру шаршауы – шартты түрде, көру жұмысымен байланысқан, адамның өндірістік қызметі нәтижесінде пайда болатын ағза шаршауы.

Күрделі сәулелену – сызықты немесе тұтас спектрді құра алатын монохроматтық сәулелер жиынтығы.

Латенттік период (жасырынды период) – физиологияда, қайсыбір тітіренткіштің ағзаға, мүшеге, ағза жасушаларының тобына немесе жасушаға әсері мезетінен жауап беретін реакция пайда болғанға дейінгі уақыт; сәулелену әсері басталуынан көру сезінуінің пайда болуы мезетіне дейінгі уақыт аралығының ұзақтығы.

Метрология (грек сөзі *metron* – өлшем және *...логия***),** өлшемдер, олардың тұтастығына және талап етілетін дәлдікке жету туралы ғылым; тарихи мағынада, көмекші тарихи пән,

өлшем бірліктері, ақша есептелуі және түрлі халықтардағы салық салуы дамуын зерттейді; өлшеу туралы, өлшеудің біркелкілігі мен қажетті дәлдікке жету тәсілдері туралы ғылым.

Монохроматтық сәуле шығару – бұл бір толқын ұзындығындағы сәуле шығару.

Оптикалық сәуле шығару аймағы – бұл рентген және радиосәуле шығару аймағы арасында жататын электрмагнитті сәулелену аймағы болып табылады.

Ортохроматтық материалдар, тек УК, күлгін және көк сәулелерге ғана емес, сондай-ақ жасыл мен сарыға да сезімтал фотографиялық пластинкалар мен қабыршақтар. Эмульсиялық қабат құрамында күміс галогенидімен қатар, арнайы оптикалық сенсибилизаторлар болады. Қызыл рең тетіктері қатыспайтын зерзаттар түсірімі кезінде, микрофототүсірілім үшін, қара-ала бейнелерді қайта жасауда, қалпына келтіруде және басқаларда пайдаланылады.

Панхроматтық материалдар, тек УК, күлгін және көк сәулелерге ғана емес, сондай-ақ жасыл, сары және қызылға да сезімтал фотографиялық пластинкалар мен қабыршақтар. Эмульсиялық қабат құрамында күміс галогенидімен қатар, арнайы оптикалық сенсибилизаторлар болады. Кәсіби және әуесқой фотографияда, кескіндерді қайта түсіруде және көбейтуде, қалпына келтіруде, көшірмелеуде, қайта жасауда, аэрофототүсірілімде және басқаларда пайдаланылатын, әмбебап материалдар.

Пигменттер – (латын сөзі *pigmentum* – бояу) (химияда), боялған химиялық қосылыстар, жұқа ұнтақтар түрінде пластмассаларды бояуға, резеңкелер, химиялық талшықтар, бояулар жасауда пайдаланылады.

Психофизика, психология бөлімі, мұнда тітіренткіш пен пайда болатын түйсік шамасы арасындағы күштің сандық қатынасы зерттеледі. Негізін XIX ғасырдың 2-ші жартысында Г. Фехнер қалады. Бұл қамтитын мәселелердің екі тобы: түйсіктер басталуы шекарасын, яғни адамның сенсорлық [(сенсорлық латын сөзі *sensus* – ұғыну, сезім, түйсік), түйсіктерге қатысты сезімтал, сезгіш; мысалы, сезім мүшелері физиологиясын жиі сенсорлық физиологиясы деп атайды] жүйесі сезгіштігінің шегін (Вебер – Фехнер заңы және басқалар) өлшеу және

психофизикалық шкалаларды (С. Стивенс және басқалар) тұрғызу.

Рецепторлар – (латын сөзі *receptor* – қабылдаушы), (физиологияда), сезгіш жүйкелік талшықтар ұштары немесе арнайы жасушалар (көз торлары, құлақ іші және басқалар), сыртқы (экстероцепторлар) немесе ағзаның ішкі орталығынан (интерорецепторлар) жүйке қозуына қабалданатын, орталық жүйке жүйесіне берілетін түрлендіруші тітіренткіштер.

Сәулелену ағыны немесе сәулелік ағын – уақыт бірлігінде шығарылатын энергия мөлшерін сипаттайтын сәулелену қуаты.

Сәулелік энергия қабылдағыштары – сәулелік энергия түрленуін жүргізетін денелер.

Сенсибилизаторлар – оптикалық, органикалық бояғыштар (басым түрде полиметиндік), фотографиялық эмульсияға, сезімтал емес сары-көк, қызыл немесе ИҚ сәуле шығаруларға сәулесезгіштікті беру үшін қосылады.

Сенситометр – сенситометрияда ұсталымның, жарықтандырудың және жарықтың спектрлік құрамын стандартты жағдайларында зерттелуші фототматериалды жарықтандыру үшін қолданылатын аспап.

Сенситометрия (ежелгі латын сөзі *sensitivus* – сезгіш және *…метрия*), сәулесезгіштікті және фотоматериалдардың басқа да фотографиялық қасиеттерін өлшеу.

Соқырлық – жарқылдықтың теріс индуктивті әсері нәтижесінде көру анализаторы сезгіштігінің төмендеуі.

Стандарттау – стандарттарды қалыптастыру және қолдану үдерісі.

Стерадиан (грек сөзі *stereos* – денелік, кеңістіктік және *радиан*), денелік бұрыштың өлшем бірлігі. Стерадиан – сфераны ойып алып, бұрыш төбесінің айналасына сызылған бұрыштың, ауданы сфера радиусының квадратына тең беттің денелік бұрышы. *Стер*мен немесе *ср*-мен белгіленеді. Толық сфера 4π *стер*-ге тең денелік бұрыш түзеді.

Субстанция (латын сөзі *substantia* – мән; негізге жатынның өзі), объективті шындық; қозғалысының барлық түрінің бірігуіндегі материя; салыстырмалы тұрақты бірдеңе; өзімен өзі болатынның өзі, басқа ештеңеге тәуелді емес.

Суспензиялар (ежелгі латын сөзі *suspensio* – іліп немесе асып қою), сұйық дисперстік ортасы және қатты дисперсиялық фазасы бар дөрекі дисперсиялық жүйелер, мұның бөлшектері броундық қозғалысқа қарсы тұрарлықтай жеткілікті ірі.

Тест-зерзаттар – басталу шекаралық өлшемдер кезінде бақылау зерзаттары ретінде қолданылатын нәрселер немесе жасанды, әдетте, жазық, тең жарқылды дақтар (диск, тікбұрыш, екі жолақ, ажырауы бар сақина және соған ұқсастар).

Тұтас спектрлер – бір-біріне түйіскен монохроматты сәулеленулердің шексіз үлкен саны.

Физиология (грек сөзі *physis* – табиғат және *…логия*), тұтас ағзаның және оның жекеленген бөліктері – жасушалары, мүшелері, қызмет ететін жүйелері тіршілігі әрекеті жайлы ғылым.

Фокус – жарықтың жиналу немесе тоғысу нүктесі; ашық, анық түсетін нүкте.

Фосфен (грек сөзі *phos* – сәуле және *phaino* – көрсетемін), адамның көз шілтерінің механикалық, химиялық, электрлік тітіренткіштері кезінде немесе бас миы қабығының көру телімдерінде сәуленің көзге ықпалынсыз пайда болатын түстілік дақтардың көру сезінуі.

Фот (грек сөзі *phos*, ілік септікте *photos* – сәуле), жарықталудың өлшем бірлігі, белгіленуі ф. 1 ф = 10^4 люкс.

Фотарий, жалпы топтық УК сәулелеуді жүргізуге жабдықталған панажай.

Фотографиялық қағаз (фотоқағаз), оңқайлы (позитивті) суреттерді алуға арналады. Қағаздық негізден (төсеніштер) және оған түсірілген суреттік эмульсияның жұқа қабатынан тұрады.

Фотографиялық материалдар, сәуле сезгіш материалдар, фотографияда және кинематографияда бейнелер (кино- және фотоқабыршақтар, фотопластинкалар, фотоқағаз); осы материалдарды химиялық өңдеуіне құрамдар (айқындағыштар, бекіткіштер және басқалар); көмекші құралдар (фотожелім, жамылғылық лактар және басқалар) алу үшін қолданылады.

Фотометр (*фото…* және *…метр*), фотометрлік (соның санында сәулелік те бар) шамаларды: жарықтандыруды, жарық күшін, жарық ағынын, айқындықты, өткізу коэффициентін және

шағылу коэффициентін, сондай-ақ, УК мен ИҚ сәулеленулерін сипаттайтын шамаларды өлшеуге арналған аспап.

Фотометрия (*фото*… және …*метрия*), 1) электрмагниттік сәулелендірудің және сәулелік шамалардың: жарықтандыруды, жарық күшін, жарық ағынын, айқындықтың және басқалардың энергетикалық сипаттамаларын өлшеу әдістерінің жиынтығы; 2) сәулелендірулердің және зарядталған бөлшектердің, олармен сәуле сезгіш қабатта қараюы шамасы бойынша, қарқындылықтарын өлшеу.

Фотон – электрмагниттік өріс кванты, нөлдік массалы және спині 1 бейтарап элементар бөлшек; зарядталған бөлшектер арасындағы электрмагниттік әрекеттесу тасығышы. Фотон $\varepsilon = \hbar\omega$ энергиясына және $p = \hbar\omega/c$ импульсіне ие, мұндағы $\hbar$ – *Планк тұрақтысы*, c – вакуумдағы жарық жылдамдығы, ω – сай келетін электрмагниттік сәуле шығарудың шеңберлік жиілігі.

Фусцин – бейне аймағында тор жарықталуы мөлшері өсуіне қарай сәуле сезгіш жасушаларға бағытталып ығысатын күңгірт пигмент.

Электрлі фосфен – бақылаушы жарқ етуді алғаш (нақтылы ықтималдықпен) байқай алатын кездегі токтың басталу шекарасына кері шама.

Эмиттерлер – екіншілікті катодтар.

Эмульсия (латын сөзі *emulsus* – сауып алынған**)**, сұйық дәрілік түр; мөлдір емес сұйық, мұнда суда ерімейтін эфирлік майлар, хош иісті шайырлы заттар және тағы басқалар майдаланған күйде болады.

Эпителий (*эпи*… және грек сөзі *thëlë* – тізім; шырышты қабық пен терінің үстіңгі қабатында жататын жасушалар), жануарда және адамда (эпителиалдық ағза жасушаларының тобы болады) – тығыз орналасқан жасушалар қабаттары, бұлар ағза бетін қаптамалайды (мысалы, теріні), барлық олардың қуыстарын төсейді және басым түрде қорғау, бөлектеу, сорып алу қызметтерін орындайды.

Эритема (грек сөзі *erythema* – қызару, қызарушылық), түрлі себепкерлік шарттардың (механикалық, химиялық, инфекциондық және басқалардың) әсері кезінде терінің

шектеулі немесе жайылып қызаруы; қызару, қан қысымының артуынан терінің қызаруы.

Эритемдік сәулелену – 280-нен 400 нм-ге дейінгі шектеудегі ультракүлгіндік сәулелену, мұның бірлігіне *эр* қабылданған. 1 эр толқын ұзындығы 297 нм, қуаты 1 Вт сәулеленудің ағынына сай келеді. Бұл мән жеткілікті үлкен және тәжірибелік мақсатта *миллиэр* (*мэр*) деп аталған, 1/1000 эр қолданылуы оңтайлы.

ҚЫСҚАРТУЛАР ТІЗІМІ

АҚ – ақ шамдар;
БСҚ – басқару станциясының қалқаны;
БШ – басқару шкафы;
ҒУСШ – ғарыштық ультракүлгіндік сәуле шығару;
ДНҚ – дезоксирибонуклеин қышқылы;
ДСШ – доғалық сынаптық шамдар;
ЖАШ – жылулы ақ шамдар;
ЖҚНШ – жоғары қысымның натрийлік шамдары;
ЖСҚШ – жақсартылған спектрлік құрам шамдары;
ЖТҚС – жинақтық трансформаторлық қосалқы станциялар;
ИҚ – инфрақызыл;
ИСШ – инфрақызылдық сәуле шығару;
ҚУСШ – Күннің ультракүлгіндік сәуле шығаруы;
КШ – күндізгі шамдар;
ҚМмЕ – құрылыстық мөлшерлер мен ережелер;
ҚТЕ – қауіпсіздік техникасы ережесі;
Lux (латынша) – күн жарығы, жарықтандыру;
МГШ – металлгалогендік шамдар;
ОДБ – орталықтық дистанциялық басқару;
ПТЕ – пайдаланудың техникалық ережесі;
РНҚ – рибонуклеин қышқылы;
САШ – суық ақ шамдар;
ТЖК – табиғи жарықтандыру коэффициенті;
ТКсШ – түтіктік ксенондық шамдар;
ТҚНШ – төменгі қысымның натрийлік шамдары;
ТҮН – техника-үнемдік негіз;
УК – ультракүлгіндік;
УСШ – ультракүлгіндік сәуле шығару;
ЭҚЕ – электрқондырғылар ережесі.

БИБЛИОГРАФИЯЛЫҚ ТІЗІМ

1. *Мешков В. В.* Основы светотехники, ч. 2, Физиологическая оптика и колориметрия (Учеб. пособие для высш. техн. учеб. заведений). – М. –Л.: Госэнергоиздат, 1961. – 416 с.

2. *Мешков В. В., Епанешников М. М.* Осветительные установки (Учеб. пособие для вузов по специальности «Светотехника и источники света»). – М.: Энергия, 1972. –360 с.

3. *Епанешников М. М.* Электрическое освещение. Учеб. пособие для студентов высш. учеб. заведений. Изд. 4-е, перераб. – М.: Энергия, 1973. – 352 с.

4. *Мешков В. В.* Основы светотехники, ч. 1, [Учеб. пособие для вузов по спец. «Светотехника источники света»]. – М.: Энергия, 1979. –368 с.

5. *Кнорринг Г. М.* Осветительные установки. – М.: Энергоиздат, 1981.

6. *Гуторов М. М.* Основы светотехники и источники света. [Учеб. пособие для вузов по спец. «Светотехника источники света»]. – М.: Энергоатомиздат, 1983. –384 с.

7. *Тищенко Г. А.* Осветительные установки: [Учеб. пособие для вузов по специальности «Электросвет. приборы и установки»]. – М.: Высш. шк., 1984. –247 с.

8. *Кунгс Я. А.* Автоматизация управления электрическим освещением. –М.: Энергоатомиздат, 1989. –108 с.

9. *Козинский В. А.* Электрическое освещение и облучение: [Учеб. пособие для вузов по спец. «Электрификация и автоматизация сельск. хоз-ва»]. – М.: Агропромиздат, 1991. – 259 с.

10. *Баев В. И.* Практикум по электрическому освещению и облучению: [Текст]: Учеб. пособие для вузов по спец. «Электрификация и автомат. сел. хоз-ва»/ *В. И. Баев*. – М.: Агропромиздат, 1991. –174 с.

11. Справочная книга по светотехнике/Под ред. *М. Б. Айзенберга*. – М.: Энергоатомиздат, 1995.

12. *Егінбаев Ж. Е., Баешов А. Б.* Кванттық химия: Оқулық. – Алматы, 1999. – 147 б. Қазмем ҒЗАҒТИ деп.17.03.99, № 8600-Ка 99.

13. *Егінбаев Ж. Е., Баешов А. Б.* Кванттық химияның есептеу тәсілдері: Оқулық. – Алматы, 1999. – 71 б. Қазмем ҒЗАҒТИ деп.28.06.99, № 8656-Ка 99.

14. *Егінбаев Ж. Е., Баешов А. Б.* Шешу жолдары көрсетілген химия есептері: Оқу құралы. Түркістан: ХҚТУ, 2002. – 210 б.

15. *Шашлов А. Б., Уарова Р. М., Чуркин А. В.* Основы светотехники: Учебник для вузов. – М.: МГУП, 2002. – 280 с.

16. СНиП РК 2.04-05-2002. Естественное и искусственное освещение. Государственные нормативы в области архитектуры, градостроительства и строительства. Строительные нормы и правила РК. – Астана, 2002.

17. *Егінбаев Ж. Е., Баешов А. Б.* Физика-химиялық анализ әдістері: Оқулық. Шымкент: ХҚТУ, 2003. – 118 б.

18. *Егінбаев Ж. Е., Баешов А. Б.* Физикалық және коллоидтық химия пәні бойынша әдістемелік нұсқаулар мен лабораториялық жұмыстар: Оқулық. Шымкент: ХҚТУ, 2003. – 160 б.

19. *Егінбаев Ж. Е., Шоқанов Ә. Қ.* Шешуі көрсетілген физика курсы есептері жинағы: Оқу құралы. Алматы: Дәуір, 2008. –192 б.

20. *Баев В. И.* Практикум по электрическому освещению и облучению. –М.: Колос, 2008. – 191 с. ил: (Учебники и учеб. пособие для студентов высш. учеб. заведений).

21. *Егінбаев Ж. Е.* Оптоэлектроника және сканерлеуші жүйелер: Оқу құралы. – Алматы: ҚазҰТУ, 2010. – 269 б.

22. *Ермағанбетов М. Е., Егінбаев Ж. Е., Архипова И. А.* Қасиеттері ерекше полимерлер. Оқу құралы.– Алматы: Абай атындағы ҚазҰПУ, 2011. –155 б.

23. *Шашлов А. Б.* Основы светотехники: Учебник для студентов высш. учеб. заведений. – М.: Логос, 2011. – 255 с.

24. *Егінбаев Ж. Е.* Жарықтехника негіздері. Оқу-әдістемелік кешен (5В072200 «Полиграфия» мамандығы үшін) – Алматы: Қ. И. Сәтбаев атындағы ҚазҰТУ, 2011. –78 б.

25. *Егінбаев Ж. Е.* Винилдік мономерлерді полимерлендіру үдерістерінің теориялық негіздері: Монография. – Алматы: Қ.И. Сәтбаев атындағы ҚазҰТУ, 2013. –287 б.

26. Қазақша-орысша, орысша-қазақша терминологиялық сөздік. Химия. –Алматы: Рауан, 2000. – 324 б.

26. Қазақша-орысша, орысша-қазақша терминологиялық сөздік. Энергетика. – Алматы: Рауан, 2000. – 320 б.

МАЗМҰНЫ

1.	Кіріспе. Жарықтехника негіздері	3
2.	Фотоқабылдағыштар мен оптикалық сәулеленудің сәулесезгіш материалдармен әрекеттесуі	9
2.1.	Фотоқабылдағыштардың сәулеленумен әрекеттестігі.....	9
2.2.	Сәулесезгіштік	10
2.3.	Тиімді ағындар түрлері	12
2.4.	Фотофизикалық қабылдағыштар.....	13
2.5.	Көз – сәулеленудің фотобиологиялық қабылдағышы	17
2.6.	Сәулесезгіш материалдардың түрлері	28
2.7.	Оптикалық сәуле шығарудың фотографтық әсері..	29
2.8.	Сәулесезгіш материалдардың сипаттамалық қисықтары	30
2.9.	Жалпы мәліметтер ……..	31
2.10.	Қара-ала фотографиялық материалдың құрылысы	33
2.11.	Фотографиялық эмульсия	34
2.12.	Жасырын бейне түзілуі	36
2.13.	Галогенкүмісті материалдарды химия-фотографиялық өңдеу	39
3.	Көру талдағышы (жалпы ұғым)	43
4.	Орныққан және орнықпаған көру үдерістері	49
4.1.	Көру үдерісінің сипаттамалары	49
4.2.	Спектрлік сезгіштік	52
4.3.	Абсолюттік сәулесезгіштік	53
4.4.	Қарсыластылықтық сезгіштік	54
4.5.	Пішіндік және арақашықтық ажыратылу	55
4.6.	Түстілік сезгіштік	56
4.7.	Көру адаптациясы	56
4.8.	Көру инерциясы	58
4.9.	Көру индукциясы	60
4.10.	Көру жабдықталмауы және шаршауы	62
5.	Жарық ағынының таралуы, беттік қабатының тығыздығы және қазіргі электрлік шамдар	65
5.1.	Жарық ағынының кеңістікік таралуы. Жарық күші	65

5.2.	Жарықталу және жарқырау	69
5.3.	Жарықтылық	73
5.4.	Денелердің сәулелік қасиеттері	75
5.5.	Жылулық сәулелену теориясы	81
5.6.	Қазіргі қыздыру шамдарының құрылысы	87
5.7.	Қыздыру шамдарының сәулелік және электрлік сипаттамалары	90
5.8.	Газдардағы және металдар буларындағы электрлік разряд үдерісі	95
5.9.	Жарық сәулеленулерінің пайда болу механизмі.	98
5.10.	Кең қолданыстағы разрядты шамдар	100
5.11.	Арнайы разрядтық шамдар	105
6.	Жарық өлшеулері және колориметрлік жүйелер түсті қарастыру және өлшеу шарттары	110
6.1.	Жалпы жайлар	110
6.2.	Жарықталуды өлшеу	116
6.3.	Жарық күшін өлшеу	118
6.4.	Жарық ағынын өлшеу	121
6.5.	Колориметрлік жүйелер жайлы жалпы мәліметтер	123
6.6.	Түсті өлшеу қағидалары	124
6.7.	Колориметрлік жүйелерді тұрғызу негіздері	125
6.8.	Негізгі физиологиялық ҚЖК жүйесі	126
6.9.	Колориметриялық (*CIERGB*) жүйесінің негіздері	127
6.10.	Стандартты колориметриялық XYZ (*CIEXYZ*) жүйесінің негіздері	128
6.11.	Қарастыру шарттары	129
6.12.	Түсті өлшеу тәсілдерін жіктеу	130
6.13.	Түрлі-түстілік денситометрлер, түстілік шамаларды өлшеудің ерекшеліктері	131
7.	Жарық өрісі және векторы жайлы қысқаша мәліметтер олардың интегралдық сипаттамалары	134
7.1.	Жарық өрісінің жарықтехникалық шамалары	134
7.2.	Жарық өрісінің интегральдық сипаттамасы	136
7.3.	Сәулелік вектор	138
8.	Электрлік жарық беретін тораптарды жобалау.....	142
8.1.	Кернеуді және қоректендіру көздерін таңдау.....	142
8.2.	Қоректендірудің сызбанұсқалары	145
8.3.	Топтық жарық беретін тораптар	148

8.4.	Жарық беретін тораптар қорғанысы және қорғаныс құралғыларын таңдау	155
8.5.	Жарық түсіруді басқару	160
9.	Өнеркәсіптік ғимараттардың өндірістік панажайларына жарық түсіру	171
9.1.	Жалпы талаптар	171
9.2.	Қоршаған орта жағдайларындағы қондырғылар жұмысының сенімділігі	171
9.3.	Қопарылысқа қауіпті және өртке қауіпті сәуле түсіруге талаптар	173
9.4.	Жасанды ультракүлгіндік сәуле шығару қондырғылары	174
9.5.	Жарық беретін қондырғылардағы электрлік қауіпсіздік	178
10.	Жарықтандыруды мөлшерлеу. Жарықтандыру параметрлерін таңдау. Табиғи және жасанды жарықтану. Салалық мөлшерленген жарықтану ...	189
10.1.	Мөлшерлеу параметрлерін таңдау	189
10.2.	Жарықтандыратын қондырғыларды жіктеу және оларға қойылатын талаптар	191
10.3.	Табиғи және аралас жарықтану	192
	Терминдер сөздігі	195
	Қысқартулар тізімі	205
	Библиографиялық тізім	206
	Мазмұны	209

Оқулық басылым

Егінбаев Жетпісбай Егінбайұлы

ЖАРЫҚТЕХНИКА НЕГІЗДЕРІ

Оқу құралы

ОБО РБ бастығы	*З. А. Ғұбайдулина*
Редакторы	*Т. С. Жақсыбаева*
Компьютерде беттеген	*А. С. Сайбулатова*

Басуға қол қойылды 03.05.2016 ж.
Таралымы 300 дана. Пішімі 60х84х 1/16.
№ 1 баспаханалық қағаз.
Е.-б.т. 13,2. Ш.б.т. 12,3. Тапсырыс № 703. Бағасы келісімді.

Қ. И. Сәтбаев атындағы
Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті басылымы
Оқу-баспа орталығы, Алматы қ., Сәтбаев көшесі, 22

ISBN 978-601-228-948-0

