

7. ILUMINATUL DE PRODUCȚIE

7.1. Sistemele și tipurile de iluminat

7.2. Mărimile fototehnice de bază și unitățile lor de măsură

7.3. Cerințele de bază față de iluminatul de producție

7.4. Sursele de lumină electrică

7.5. Normarea iluminatului natural și artificial

7.6. Cromatica industrială

7.7. Efecte psihologice ale culorilor.

7.1. Sistemele și tipurile de iluminat

Există trei tipuri de iluminat de producție – *natural* (creat de lumina directă și reflectată a cerului), *artificial* (când sunt folosite doar surse artificiale de lumină) și *mixt* (când iluminatul natural insuficient este completat de cel artificial).

În timpul luminos al zilei iluminatul încăperilor de producție este efectuat de către sursa naturală de lumină (soare, bolta cerească).

Iluminatul natural poate fi lateral - prin ferestre în pereții exteriori; superior - prin felinare (lucarne) de diferite tipuri și construcții și combinat - prin ferestre și felinare (lucarne). Folosirea unui sau altui sistem de iluminat depinde de destinația funcțională și de dimensiunile încăperii, situarea ei în planul clădirii, precum și de particularitățile climaterice ale localității.

După realizarea constructivă iluminatul artificial poate fi de două tipuri – general și combinat, atunci când la iluminatul general se adaugă cel local, care concentrează fluxul de lumină nemijlocit la locurile de muncă.

Iluminatul general poate fi uniform (când fluxul de lumină este repartizat fără considerarea amplasării utilajului) și localizat (când fluxul de lumină este repartizat cu considerarea amplasării locurilor de muncă). Folosirea numai a iluminatului local în interiorul clădirilor nu se admite.

După destinația funcțională iluminatul artificial se împarte în următoarele tipuri: *de lucru*, *de avarie*, *de evacuare*, *de pază*, *de serviciu*.

Iluminatul de lucru este obligatoriu în toate încăperile și pe teritoriile iluminate pentru asigurarea lucrului normal, deplasarea oamenilor și mișcarea transportului.

Iluminatul de avarie este prevăzut pentru continuarea lucrului în acele cazuri, când deconectarea iluminatului de lucru (în cazul avariilor) și în legătură cu aceasta dereglarea deservirii normale a utilajului poate duce la incendii, explozii, otrăvirea personalului, poluarea mediului, întreruperea îndelungată a procesului tehnologic, întreruperea lucrului a astfel de obiecte cum ar fi stațiile electrice, punctele de dispecerat, instalațiile de pompare a apei și alte încăperi de producție unde nu se admite întreruperea lucrărilor.

Iluminarea minimă a suprafețelor de lucru ce trebuie deservite în cazul avariilor va constitui 5 % din iluminarea de lucru la sistemul iluminatului general, dar nu mai puțin de 2 lucși în interiorul clădirilor.

Iluminatul de evacuare trebuie prevăzut pentru evacuarea din încăperi la deconectarea de avarie a iluminatului de lucru în locurile periculoase pentru trecerea oamenilor, pe scări, de-a lungul trecerilor de bază ale încăperilor industriale în care lucrează mai mult de 50 oameni. Acest tip de iluminat trebuie să asigure iluminarea minimală în încăperi de podeaua trecerilor și pe trepte nu mai puțin de 0,5 lucși, iar pe teritoriile deschise – nu mai puțin de 0,2 lucși.

Ieșirile din încăperile cu destinație socială în care se pot afla concomitent peste 100 de oameni trebuie să fie marcate cu semne de securitate - indicatoare luminoase.

Lămpile iluminatului de avarie pentru continuarea lucrului sunt conectate la o sursă independentă de energie, iar pentru evacuare – la o rețea independentă de cea de lucru, începând de la panoul substației.

Pentru iluminatul *de pază* al teritoriului întreprinderii și *cel de serviciu* sunt alocate o parte din lămpile iluminatului de lucru sau de avarie.

7.2. Mărimile fototehnice de bază și unitățile lor de măsură

Iluminatul este caracterizat de indici cantitativi și calitativi. Indicii cantitativi sunt: *fluxul de lumină, intensitatea luminii, iluminarea și lumananța.*

Fluxul de lumină (Φ) este puterea iradierii luminoase apreciată după senzația de lumină de către ochiul în stare normală a omului.

Drept unitate de măsură a fluxului de lumină este acceptat lumenul (lm). Spre exemplu, fluxul de lumină a unui bec de incandescență cu putere de 25 W la tensiunea de 220 V alcătuiește 200 lm.

Repartizarea fluxului de lumină în diferite direcții poate fi neuniformă. Astfel, în proiectoare se atinge o concentrație maximă a fluxului de lumină de-a lungul axei proiectorului; analogic fluxul de lumină se concentrează în faruri, lanterne etc.

Intensitatea luminii (I) este raportul dintre fluxul de lumină Φ și unghiul solid ω , în limitele căruia fluxul de lumină se repartizează uniform

$$I = \Phi/\omega.$$

Drept unitate a intensității luminii este acceptată lumânarea internațională – kandela (kd), determinată de sursa de lumină etalon.

Iluminarea E – raportul dintre fluxul de lumină Φ și aria suprafeței iluminate S .

$$E = \Phi/S.$$

Unitatea de măsură a iluminării - luxul (lx), $1 \text{ lx} = 1 \text{ lm/m}^2$. Iluminarea suprafeței nu depinde de proprietățile ei fotometrice. Calitatea iluminării de producție este caracterizată de iluminarea suprafețelor și a sectoarelor de lucru.

Lumananța (B) caracterizează iradierea suprafeței ce luminează sau refractează într-o anumită direcție. Această valoare fotometrică este nemijlocit recepționată de ochi. Numeric ea este egală cu puterea luminii unei unități de suprafață:

$$B = I/S.$$

Drept unitate de lumananță este acceptată lumananța unei astfel de surse, care iradiază de pe 1 m^2 de suprafață luminoasă lumină cu puterea de o kandelă (1 kd).

Coeficientul de reflectare (p) caracterizează capacitatea suprafeței de a reflecta fluxul de lumină ce cade asupra ei. Se determină ca raportul fluxului de lumină reflectat către fluxul de lumină ce cade pe suprafața dată.

$$P = \Phi_{\text{ref.}}/\Phi_{\text{cad.}}$$

unde: Φ_{ref} – fluxul de lumină reflectat de suprafață;

Φ_{cad} – fluxul de lumină ce cade pe suprafață.

Indicii calitativi ai iluminatului sunt: coeficientul de pulsație, indicele de orbire și disconfort, componența spectrală a luminii. Pentru aprecierea condițiilor vizuale există următoarele caracteristici: fondul, contrastul obiectului cu fondul, vizibilitatea obiectului.

7.3. Cerințele de bază față de iluminatul de producție

Problema principală a iluminatului – crearea celor mai bune condiții pentru lucrul vizual. Această problemă poate fi rezolvată numai de un sistem de iluminat care satisface următoarele cerințe:

1. Iluminarea la locul de muncă trebuie să corespundă caracterului lucrului vizual, care este determinat de următorii trei parametri:

- obiectul de distingere – cea mai mică dimensiune a obiectului cercetat, o parte a lui sau un defect, care trebuie deosebit în procesul de lucru;

- fondul – suprafața, învecinată nemijlocit cu obiectul de distingere, pe care el se cercetează, caracterizată de coeficientul de reflectare ce depinde de culoarea și factura suprafeței, valorile cărora se află în limitele 0,02...0,95. Dacă coeficientul de reflectare a suprafeței este mai mare de 0,4, fondul se consideră luminos, 0,2...0,4 – mijlociu și mai mic de 0,2 – închis sau întunecat;

- contrastul obiectului cu fondul K este caracterizat de relația dintre luminanțele obiectului cercetat (punct, linie, semn, pată, fisură, striație, cavitate sau alte elemente ce trebuie deosebite în procesul lucrului) și a fondului. Contrastul se determină după formula:

$$K = (L_o - L_f)/L_f$$

unde: L_o și L_f – luminanțele corespunzătoare ale obiectului de distingere și ale fondului.

2. Este necesară asigurarea uniformității îndestulătoare a luminanței pe suprafața de lucru, precum și în limitele spațiului înconjurător. Dacă în câmpul de vedere se află suprafețe ce se deosebesc considerabil între ele după luminanță, la trecerea vederii de pe suprafața puternic luminată pe cea mai slab luminată, ochiul este forțat să se readapteze, ceea ce duce la obosirea vederii.

3. Pe suprafața de lucru nu se admit umbre puternice. Prezența lor creează câmpuri cu diferite luminanțe, denaturează formele și dimensiunile obiectelor de distingere ceea ce duce la scăderea productivității muncii și sporirea oboselii organelor vizuale. Deosebit de periculoase sunt umbrele mobile, care pot fi cauze ale traumelor.

4. În câmpul de vedere nu se admit sclipirile, cea directă cât și cea reflectată. Sclipirile provoacă fenomenul orbirii, ceea ce duce la înrăutățirea vizibilității obiectelor.

5. Valoarea iluminării trebuie să fie constantă în timp. Oscilațiile iluminării, legate de schimbarea tensiunii în rețea au o amplitudine considerabilă, care necesită readaptarea ochilor de fiecare dată și duce la obosirea considerabilă a vederii.

6. E necesar a alege direcția optimă a fluxului de lumină, ceea ce permite în unele cazuri a cerceta suprafețele interioare ale detaliilor, în altele – a deosebi reliefurile elementelor de lucru.

7. E necesar a alege componența spectrală a luminii. Această cerință este deosebit de importantă pentru transmiterea corectă a culorilor, iar în unele cazuri – pentru intensificarea contrastelor de culoare.

8. Toate elementele instalațiilor de iluminat – luminătoare, panouri colective, transformatoare de reducere, rețele – trebuie să fie durabile, nepericuloase din punct de vedere al electrocutării, să nu cauzeze incendii sau explozii.

9. Instalația trebuie să fie comodă și simplă în exploatare, să corespundă cerințelor estetice.

7.4. Sursele de lumină electrică

Sursele de lumină sunt principalele părți componente ale instalațiilor de iluminat ale întreprinderilor industriale. Alegerea corectă a tipului și puterii lămpilor exercită o influență hotărâtoare asupra calității de exploatare și eficacității economice a instalațiilor de iluminat, asupra corespunderii iluminatului artificial a cerințelor înaintate față de el.

La compararea surselor de lumină și alegerea lor sunt folosite următoarele caracteristici:

1) electrice (tensiunea nominală în volți și puterea electrică a lămpii în wați);

2) fototehnice (fluxul de lumină emis de lampă, în lumeni, puterea maximală a luminii, care este prezentată pentru unele tipuri de lămpi în loc de fluxul de lumină (I_{max}) în candel);

3) de exploatare (randamentul luminos al lămpii φ în lm/W , adică raportul fluxului de lumină al lămpii la puterea ei $\varphi = \Phi/P$; termenul de lucru, inclusiv termenul complet de serviciu (τ) care prezintă timpul sumar de ardere a lămpii în ore din momentul conectării până în momentul arderii spiralei; termenul util de serviciu τ_U – timpul, pe durata căruia fluxul de lumină al lămpii se va schimba nu mai mult decât cu 20 %, adică timpul rațional din punct de vedere economic de exploatare al lămpii);

4) constructive (forma balonului lămpii, forma corpului de incandescență – rectiliniu, spiroidal, bispiroidal și chiar trispiroidal la unele lămpi speciale; prezența și componența gazului ce umple balonul; presiunea gazului).

În calitate de surse de lumină pentru iluminatul întreprinderilor industriale sunt folosite lămpi cu descărcări în gaze și lămpi cu incandescență. Lămpile cu incandescență sunt atribuite la sursele de lumină cu emisie termică și au o răspândire destul de largă. Acest lucru este explicat de următoarele lor priorități: sunt comode în exploatare; nu necesită dispozitive suplimentare pentru conectarea la rețea; sunt simplu de exploatat.

De rând cu prioritățile menționate lămpile cu incandescență au un șir de neajunsuri esențiale: randamentul luminos mic (pentru lămpile de destinație generală circa 7... 20 lm/W), termenul relativ mic de funcționare (până la 2,5 mii ore), în spectrul luminii lor predomină razele galbene și roșii, ceea ce se deosebește puternic de lumina solară. Ele aderează transmiterea culorii, de aceea nu sunt folosite la lucrările ce necesită deosebirea culorilor.

În instalațiile de iluminat sunt folosite lămpi cu incandescență de mai multe tipuri: cu vid (NV), bispirale cu gaz (NB), bispirale cu cripton-xenon (NBK), oglindă cu strat de difuzie-reflectare etc.

Lămpile cu luminescență (fluorescente) sunt aparate care produc fluxul luminos prin descărcări electrice în atmosfera gazelor inerte și a vaporilor de metal, precum și datorită fenomenului de luminescență. Principala prioritate a acestor lămpi față de lămpile cu incandescență este randamentul luminos majorat ce constituie de la 40...110 lm/W . Au un termen de funcționare cu mult mai mare (8...12 mii ore). De la lămpile cu luminescență se poate căpăta flux luminos practic în orice diapazon al spectrului, variind corespunzător gazele inerte și vaporii metalelor, în atmosfera cărora au loc descărcările electrice.

Lămpile cu luminescență au și șir de neajunsuri: pulsarea fluxului luminos, ce poate duce la efectul stroboscopic; tensiunea de aprindere sporită față de cea a rețelei, ceea ce necesită dispozitive complicate de pornire; durată lungă de aprindere (10...15 min) etc.

Cele mai răspândite lămpi fluorescente sunt lămpile în formă de tub cu suprafața interioară acoperită cu un strat subțire de luminofor (adică „producător de lumină”) substanță chimică specială, fluorescentă, de unde a provenit și denumirea lămpilor. Luminoforul servește pentru transformarea radiațiilor ultraviolete ce se produc la descărcarea electrică în vapori de mercur în radiații vizibile (cuprinse în spectrul celor șapte culori vizibile: roșu, portocaliu, galben, verde, albastru, indigo și violet).

În dependență de repartizarea fluxului luminos în spectru prin folosirea diferiților luminofori se deosebesc câteva tipuri de lămpi: lumină de zi (LD), lumină de zi cu transmiterea culorilor îmbunătățită (LDT), lumină albă rece (LHB, lumină albă caldă (LTB) și lumină albă (LB).

7.5. Normarea iluminatului natural și artificial

Iluminatul natural este caracterizat de faptul, ca iluminarea creată de acesta se schimbă în limite extrem de largi. Aceste schimbări sunt condiționate de perioada zilei, anului, caracterul nebulozității și proprietățile reflectoare ale scoarței terestre. De aceea iluminatul natural cantitativ nu poate fi dat prin valoare a iluminării. În calitate de valoare normală a iluminatului natural este acceptată o mărime relativă – factorul iluminatului natural (F.I.N.), care prezintă raportul exprimat în procente dintre iluminarea interioară în punctul dat

(E_{inf}) și iluminarea exterioară orizontală (E_{ext}) măsurată în același timp, creată de lumina boltei cerești complet deschisă.

Așadar, F.I.N. apreciază dimensiunile ferestrelor, modul de montare a geamurilor și cercevelele, poluarea acestora, adică capacitatea sistemului iluminatului natural de a lăsa să pătrundă lumina.

Iluminatul natural în încăperi este reglementat de normativul în construcții NCM C.04.02 – 2005 „Iluminatul natural și artificial”. Valoarea normată a F.I.N., notată cu litera „e”

$$e = \frac{E_{inf}}{E_{ext}} \cdot 100\% ,$$

se stabilește cu considerarea caracterului lucrului vizual, a sistemului de iluminat și orientarea golurilor de lumină față de punctele cardinale, conform relației:

$$e_N = e_n \cdot m,$$

unde:

e_n – valoarea F.I.N. din tabelele 1 și 2 a NCM C.04.02 – 2005;

m – coeficientul fotoclimei, conform tabelului care urmează:

Tabelul 6.1. Coeficientul fotoclimei, m

Goluri de iluminat	Orientarea golurilor de iluminat în spațiu	Coeficientul fotoclimei, M
În pereții exteriori	N	0,9
	NE, NV	0,85
	V, E	0,8
	SE, SV	0,8
	S	0,8
În luminătoare dreptunghiulare sau trapezoidale	N-S	0,8
	NE-SV SE-NV	0,8
	E-V	0,75
În luminătoare de tip „Șed”	N	0,85
În luminătoare zenitale	-	0,75

Note: 1. N – nord; NE – nord-est; NV – nord – vest; E – est; V – vest; NS – nord-sud; EV – est-vest; S – sud; SE – sud-est; SV – sud-vest.

Valorile iluminărilor din tabel corespund la valoarea iluminării de 4000 lx dată de bolta cerească complet acoperită din ziua de 22 decembrie, ora 9,30 respectiv 14,30 și sunt valabile indiferent de poziția planului de lucru (orizontal, vertical sau înclinat).

Caracterul lucrului vizual este determinat de dimensiunea obiectului de deosebire în mm. Sunt stabilite 8 categorii și patru subcategorii ale lucrărilor în dependență de gradul de încordare vizuală. Începând de la lucrările de cea mai mare precizie – I categorie (dimensiunile obiectului de deosebire < 0,15 mm) și terminând cu categoria a VIII-a care nu limitează dimensiunile obiectului de deosebire și se stabilește pentru lucrările unde procesele de producție necesită o observație generală asupra desfășurării lor.

În dependență de contractul cu fondul și de caracterul fondului sunt stabilite cele 4 subcategorii (a, b, c, d), ținându-se cont că contractul poate fi mic, mediu și mare, iar fondul

– întunecat, mediu și luminos. Pentru fiecare subcategorie este aleasă o anumită îmbinare a contractului și fondului. În ceea ce privește șantierele de construcție, iluminarea uniformă generală trebuie să fie nu mai mică de 2 lx.

7.6. Cromatica industrială

Ambianța cromatică prin efectele sale fiziologice și psihologice are un rol important în desfășurarea activității la locul de muncă, prin influența exercitată asupra consumului de energie al organismului, asupra stării de oboseală, precum și asupra rezultatelor muncii.

Prin coloritul în mediul de muncă se urmărește îndeplinirea următoarelor funcții:

- Funcția de realizare a senzației de confort: prin realizarea unei ambianțe favorabile care să apropie ambianța industrială de armonia și echilibrul culorilor din natură;
- Funcția de reducere a oboselii: neutralizarea senzațiilor neplăcute prin efecte psihice și fiziologice contrare;
- Funcția de semnalizare: precizarea conținutului și funcției diferitelor componente ale panourilor de comandă, ale conductelor ce transportă diferite substanțe etc.;
- Funcția de securitate: se deosebește de funcția de semnalizare prin rolul precis și obligatoriu al semnificației în ceea ce privește aplicarea ei.

Utilizarea culorilor în scopul ușurării muncii și pentru creșterea performanțelor se bazează pe efectele fiziologice și psihologice ale culorilor asupra oamenilor.

Coloritul industrial influențează în mod direct sau indirect aproape toate funcțiile organismului. Alegerea culorilor clădirilor, încăperilor, mobilierului și echipamentelor urmărește atât un scop utilitar (îmbunătățirea performanțelor) cât și unul estetic, fiind necesară adaptarea lor la diferite tipuri de munci.

Tabelul 6.2. **Efecte compensatoare ale cromaticii industriale**

<i>Caracterul muncii și condițiile de ambianță</i>	<i>Caracterul culorilor recomandate</i>	<i>Culoare</i>
Munca manuală cu eforturi fizice dinamice Procese de supraveghere	Culori odihnitoare (nuanțe pastel)	Bleu, roz, vernil
Munca monotună	Culori stimulative (nuanțe vii)	Roșu, portocaliu
Munca la temperaturi ridicate Munca în încăperi iluminate natural	Culori reci	Verde, bleu
Munca la temperaturi scăzute Munca în încăperi iluminate artificial și puțin aerisite	Culori calde	Crem, roz, portocaliu
Munca în locuri zgomotoase	Culori liniștite	Verde, albastru, vernil

Normele ergonomice înaintază următoarele recomandări pentru o ambianță cromatică optimă:

- Să se utilizeze pentru pereții interiori culori care nu distrag atenția și care rețin murdăria (gri, verde-albastru);
- Să se folosească tonuri calde (crem, roz) în halele friguroase și tonuri reci (verde, bleu) în halele supraîncălzite;
- Culorile pereților și mașinilor să fie opuse: pentru pereți, galben – deschis, bej, crem, gălbui-deschis, iar pentru mașini verde-deschis, verzui-deschis, albastru-deschis;

- Mașinile să fie iluminate astfel încât părțile mai importante să pară mai luminoase;
- Mașinile să fie colorate diferențiat: părțile mobile, tăioase, periculoase – în roșu, galben, portocaliu, iar corpul mașinii – în gri, bleu, albastru-luminos;
- Dispozitivele de comandă să fie codificate cromatic, ceea ce facilitează discriminarea și identificarea lor;
- În uzinele automate se recomandă ca ambianța cromatică să utilizeze culori calde pentru a menține nivelul de vigilență; pentru pereți și plafon, galben-deschis în diferite nuanțe, cu elemente decorative în portocaliu. Mașinile și tabloul de comandă vor fi vopsite în verde-bleu, o culoare saturată, cu un coeficient de reflectanță de 50-60%, care oferă condiții bune pentru discriminare;
- Cu scopul de a facilita memorarea și atenția, pentru prevenirea accidentelor, pentru conducte se folosește un cod al culoriilor: conductele de apă se vopsesc în gri sau negru, conductele de gaze și lichide cu nocivitate chimică în galben, conductele cu gaze și explozive în roșu, conductele cu combustibil lichid – în albastru.

7.7. Efecte psihologice ale culorilor.

Teoriile despre efectele psihologice ale culorilor sunt numeroase, multe din ele având caracter subiectiv sau chiar speculativ, dar unele recomandări generale privind efectele și particularitățile culorilor le vom reprezenta mai jos:

Culoarea roșie: - culoare cu impact vizual maxim; - asociată cu senzația de pericol, agresiune, dar și cu cea de vigoare; stimulează energiile fizice și mentale; - într-o încăpere predominant roșie pulsul și respirația ocupanților se accelerează, iar tensiunea arterială crește; - este culoarea cel mai frecvent asociată cu tinerețea; - percepută universal drept culoare caldă.

Culoarea albastră:

- culoare rece, pasivă; - nuanțele de bleu și albastru deschis favorizează dispoziția reflexivă și sentimentul de liniște; - nuanțele de albastru închis induc senzația de eficiență și de autoritate, de aici predominanța bleumarinului pentru uniforme.

Culoarea verde:

- culoarea verde corespunde maximului de intensitate a senzației vizuale, sensibilitatea ochiului uman induce sentimente de echilibru, pace și armonie; - în mod paradoxal este privită ca o culoare nenorocoasă.

Culoarea galbenă:

- culoare care radiază buna dispoziție; - informează și îmbie la înțelegere; - este o culoare dinamică, stimulează intelectul; - este culoarea soarelui, care înalță spiritele.

Culoarea portocalie:

- culoare pasională, asociată cu iubirea fizică; - sugerează voioșie, sociabilitate, căldură interioară, dar și beligeranța; - culoarea energiei debordante; - asociată cu atragerea atenției.

Culoarea roz: - culoare calmă, angelică; - asociată cu afecțiunea și tandrețea.

Culoarea purpurie: - culoarea iubirii spirituale; - asociată cu puterea și majestatea.