

NATEŻENIE OŚWIETLENIA OGÓLNEGO W NAROŻACH SALI DYDAKTYCZNEJ PRZY RÓŻNYCH RODZAJACH FOTOKLIMATU

Henryk ŻELAZNY*

Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej, Instytut Budownictwa
ul. Willowa 2, 43-309 Bielsko-Biała, e-mail: hzelazny@ath.bielsko.pl

Streszczenie: Celem pracy była ocena kształtowania się jasności na ławkach ustawionych w narożach akademickiej sali dydaktycznej w porównaniu do stojących w środkowej części pomieszczenia przy oświetleniu naturalnym, sztucznym i mieszanym. Badania przeprowadzono w stosunkowo małej pracowni z dwoma dużymi oknami, zorientowanymi na południową stronę świata. Pomieszczenie wyposażone było w lampy typu świetlówki. Sondę luksomierza ustawiano na blatach ławek, czyli w płaszczyźnie roboczej, w której studenci wykonywali operacje typu pisanie lub kreślenie. Nie stwierdzono bardziej niekorzystnych wartości natężenia oświetlenia na ławkach znajdujących się w narożach audytorium przy jego oświetleniu w sposób naturalny, za pomocą elektryczności oraz w przypadku łącznego wykorzystania okien i lamp do uzyskania komfortu wizualnego we wnętrzu. Jednak dla uzyskania bardziej uogólnionych wyników badań należałoby wykonać podobne pomiary w pomieszczeniu dydaktycznym o dużo większej powierzchni i z większą ilością ławek.

Słowa kluczowe: natężenie oświetlenia, sala dydaktyczna, fotoklimat.

1. WSTĘP

Pomieszczenia funkcjonalnie przystosowane do pracy dydaktycznej nazywa się pracowniami, a do niezbędnych warunków higienicznych pracy w tego typu wnętrzach należą między innymi oświetlenie światłem naturalnym i sztucznym [13]. Do oceny światła, czyli promieniowania widzialnego, obejmującego zakres długości fali od 380 do 780 nm, stosuje się między innymi wielkość fotometryczną *natężenie oświetlenia (jasność)*. Określa ona gęstość powierzchniową strumienia świetlnego (stanowiącego miarę mocy świetlnej, będącej iloczynem mocy mechanicznej i względnej skuteczności świetlnej danego światła) padającego na pewną powierzchnię, a miarą tej wielkości jest stosunek padającego strumienia świetlnego do wielkości powierzchni oświetlonej. W zależności od

nierównomiernego lub równomiernego rozprzestrzeniania się strumienia świetlnego natężenie oświetlenia, którego jednostką jest lux (Lx), oblicza się ze wzorów [9]:

$$E = d\phi \cdot dF^{-1} \quad \text{lub} \quad E = \phi \cdot F^{-1}$$

gdzie:

ϕ – strumień świetlny, Lm,

F – powierzchnia oświetlona, m².

Środowisko świetlne, obok akustycznego i cieplnego, należy do najistotniejszych elementów fizycznego środowiska pracy [1]. W przypadku wykorzystania światła dziennego najnowsze systemy sterowania parametrami środowiska wewnętrznego pozwalają uzyskać pożądany komfort użytkowników [7]. Aby go zagwarantować w zamkniętych przestrzeniach do nauki najważniejsze jest oświetlenie jednostronne, ale tylko do głębokości pomieszczenia nieprzekraczającej 6,0 m [6], ponieważ przy naturalnym oświetleniu bocznym jasność znacznie spada w miarę oddalania się od otworów okiennych [10]. W prostokątnych salach dydaktycznych z zasady projektuje się takie jednostronne oświetlenie światłem dziennym, ale z zapewnieniem wszystkim słuchaczom oświetlenia miejsca pracy z lewej strony [13]. W zagadnieniach oświetleniowych, a więc także w uzyskaniu właściwego komfortu wizualnego w audytoriach akademickich, najważniejsze jest natężenie i równomierność oświetlenia [10]. Stosunkowo równomiernego rozłożenia światła wymaga zwłaszcza poprawne oświetlenie stanowisk pracy [12], którymi dla studentów są blaty ławek, służące do pisania lub kreślenia. Wewnętrzne natężenie oświetlenia naturalnego różni się jednak w poszczególnych miejscach pomieszczenia, przy czym szczególnie duże różnice daje właśnie stosowane w salach dydaktycznych oświetlenie boczne [10]. Nierównomierność oświetlenia dziennego stwarza znaczne utrudnienia głównie w dużych pomieszczeniach. [11]. Pomimo, że oświetlenie naturalne ma dobroczynny wpływ na zdrowie i psychikę człowieka

* Autor korespondencyjny, e-mail: hzelazny@ath.bielsko.pl

[10], to nierównomierność oświetlenia różnych punktów w tym samym pomieszczeniu jest poważną wadą tego rodzaju światła [12]. Ponadto prowadzenie pomiarów oświetlenia wewnątrz w warunkach rzeczywistych przy dynamice zmian, jak i przy braku powtarzalności tych samych warunków oświetleniowych jest zadaniem niezwykle trudnym [19].

Podobnie jak światło dzienne także światło elektryczne musi zapewniać właściwy fotoklimat, czyli prawidłowe oświetlenie zarówno otoczenia, jak i płaszczyzn pracy [4]. Troska o zachowanie właściwych warunków widzenia przy oświetleniu sztucznym powinna być podparta świadomością, iż elektryczne źródła w miarę eksploatacji tracą stopniowo skuteczność świetlną i natężenie oświetlenia z czasem maleje ze względu na starzenie się lamp oraz pokrywanie się pyłem i brudem [11]. Zważywszy na to ile godzin w ciągu roku spędza się przy sztucznym fotoklimacie pracując i odpoczywając, musi budzić zdziwienie fakt, że tak mało uwagi poświęca się do zachowania odpowiedniego komfortu wizualnego przy tego rodzaju oświetleniu [14]. Na uczelniach zajęcia akademickie odbywają się nieraz do późnych godzin wieczornych, stąd istnieje potrzeba częstego doświetlania wewnątrz dydaktycznych elektrycznymi źródłami światła. Zagwarantowanie więc w takich warunkach właściwego komfortu świetlnego jest problemem bardzo ważnym.

Istotę problemu należytego oświetlenia środowiska ludzi oddaje fakt, że proces widzenia uruchamia około 80% impulsów nerwowych i powoduje zużycie 25% energii życiowej człowieka [11]. Wydolność wzrokowa w połączeniu z wygodą widzenia określa osiągalny poziom niezawodności odbioru informacji przez oko [5]. Ogranicza lub w ogóle wyklucza pracę zmysłu wzroku niewłaściwe oświetlenie [12], dlatego komfort wizualny musi być taki, aby pozwolić na osiągnięcie określonej wydajności wzrokowej [20]. Zatem w celu zagwarantowania poprawnego i nieszkodliwego widzenia warunki świetlne w przestrzeniach użytkowanych przez człowieka powinny być dostosowane do właściwości narządu wzroku [3] i umożliwiać łatwe oraz bezpieczne wykonywanie czynności [2], poprzez zdolność prawidłowego rozróżniania szczegółów bez nadmiernego zmęczenia wzroku [21]. Ważę jakości warunków świetlnych podkreśla fakt, że podczas pracy człowiek za pomocą zmysłu wzroku odbiera najczęściej, bo aż 85÷90% wrażeń i informacji [16]. W praktyce istnieje niemal nieskończona różnorodność zadań wzrokowych [5]. Odnosząc je nie tylko do pracy umysłowej człowieka, ale także do typowych operacji produkcyjnych uważa się, że niedostateczne oświetlenie stanowisk roboczych i ich otoczenia utrudnia wykonywanie pracy, a w szczególności [11]:

- 1) wywołuje zaburzenia wzroku i wzrost napięcia nerwowego,
- 2) pogarsza nastrój i samopoczucie pracowników,
- 3) przyspiesza zmęczenie,
- 4) zwiększa ryzyko przy pracy,

- 5) utrudnia rozróżnienie barw,
- 6) opóźnia podejmowanie decyzji,
- 7) obniża sprawność służby ruchu i transportu wewnętrznego,
- 8) pogarsza jakość wyrobów,
- 9) obniża wydajność pracy,
- 10) utrudnia zachowanie czystości i ładu.

Ponadto nieodpowiednie warunki oświetlenia przyczyniają się do zmęczenia wzroku [16], które objawia się osłabieniem widzenia, bólami głowy oraz pogarszaniem się takich wad wzroku, jak stygmatyzm, zez, krótkowzroczność i dalekowzroczność [11]. Zły stan oświetlenia może powodować łzawienie oraz zaczerwienienie powiek i spojówek, zmniejszenie zdolności akomodacji soczewki oka, ostrości widzenia, wrażliwości na kontrasty i szybkości spostrzegania [8]. Z uwagi na bezpieczeństwo pracy najistotniejszy jest fakt, że występuje bliski związek między poprawą oświetlenia a spadkiem wypadków przy pracy [20]. Oświetlenie jednak wpływa w istotny sposób nie tylko na operacje wykonywane przez człowieka, ale i na jego samopoczucie [12]. Ważne jest zatem stworzenie takich warunków dla odbioru i przekazywania informacji, by praca była bezpieczna, efektywna i przyjemna [21]. Z wszystkich tych przesłanek wynika, że jakość oświetlenia w istotny sposób wpływa na zwiększenie rezultatów pracy [12].

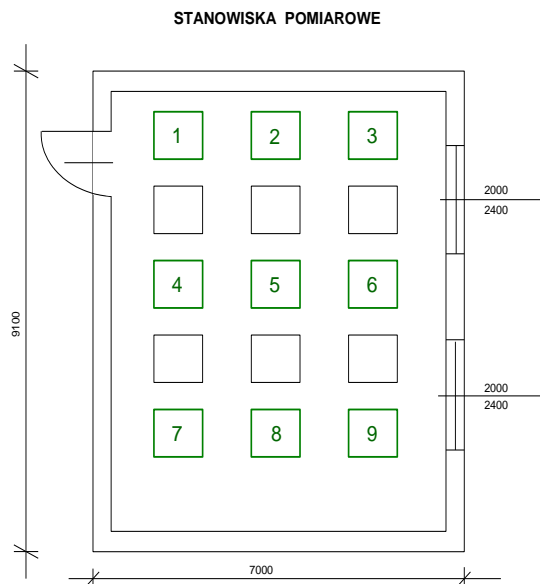
Komfort wizualny we wnętrzu poprawić mogą wtórne źródła światła, którymi we wnętrzu są sufit i ściany [3]. Mogą one jednak powodować także zmniejszanie się sprawności oświetlenia poprzez mały współczynnik odbicia światła (powierzchnie o ciemnych kolorach i zabrudzone), powodując pochłanianie części światła wysyłanego przez oprawę [17]. Dlatego istotną rolę przy planowaniu oświetlenia odgrywa wiedza, doświadczenie, wyobraźnia, a także wrażliwość estetyczna projektanta [21].

Celem pracy była ocena kształtowania się jasności na ławkach ustawionych w narożach akademickiej sali dydaktycznej w stosunku do ławek znajdujących się w środkowej części pomieszczenia przy stosowaniu oświetlenia naturalnego, sztucznego i mieszanego.

2. MATERIAŁ I METODY

Kształtowanie się natężenia oświetlenia ogólnego w pomieszczeniu, mierzonego na ławkach, czyli w polach zadań wzrokowych studentów, oceniano słonecznego, wiosennego dnia od godz. 12.00 w niewielkiej sali dydaktycznej budynku uczelnianego, której uproszczony rzut przekroju poziomego zamieszczono na rys. 1. Wnętrze o wysokości 3,15 m wyposażone było w 15 stołów, ustawionych po trzy sztuki w pięciu szeregach prostopadłych do ściany z oknami. Błaty ławek w stosunku do podłogi były zamocowane na poziomie 0,77 m.

Wszystkie miejsca siedzące zwrócone były w kierunku jednej ściany poprzecznej z zawieszoną tablicą, stąd każdy student płaszczyznę ławki miał oświetloną światłem naturalnym od lewej strony. Na dziewięciu stołach wyznaczono punkty pomiarowe, numerując je począwszy od drzwi wejściowych od 1 do 9, co przedstawiono na rys. 1.



Rys. 1. Schemat pomieszczenia dydaktycznego z zaznaczeniem numerów stanowisk pomiarowych, na których oceniano natężenie oświetlenia ogólnego

Fig. 1. Scheme of the teaching room with indication of positions for measurement, where the overall light intensity was evaluated

Jakość komfortu wizualnego identyfikowano przy trzech rodzajach oświetlenia sali audytorijnej: naturalnym, sztucznym i mieszanym. Na naturalne warunki świetlne w pomieszczeniu wpływały wbudowane w ścianę zwróconą na południową stronę świata dwa okna z dwoma szybami zamocowanymi w ramach wykonanych z PCV. Gwarantowały one zachowanie wymaganej proporcji powierzchni otworów okiennych do powierzchni podłogi w stosunku 1:8 [18]. Oświetlenie elektryczne stanowiło osiem punktów świetlnych sufitowych, rozstawionych w dwóch rzędach, to jest wzdłuż okien i wzdłuż ściany wewnętrznej. Równomierne rozmieszczenie czterech opraw oświetleniowych na suficie w jednym rzędzie, co ok. 1,8 m przyczyniało się do tego, że w każdym miejscu oceny warunków widzenia punkt świetlny znajdował się w niedużej odległości przed stanowiskiem pomiarowym. Z kolei ułożenie rzędów tych opraw mniej więcej nad przejściami między ławkami powodowało docieranie promieni świetlnych z lamp na płaszczyzny robocze pod

niewielkim skosem od lewej lub prawej strony. W każdej oprawie z odbłyśnikami oraz wbudowanymi układami stabilizacyjno-zapłonowymi znajdowały się dwie świetłówki liniowe o średnicy 26 mm i mocy 36 W, zapewniając w pomieszczeniu tak zwane oświetlenie wyłącznie bezpośrednie [11]. W okresie prowadzenia badań nad poziomem oświetlenia sztucznego dla wyeliminowania dodatkowego oświetlenia wnętrza światłem słonecznym otwory okienne od środka zasłonięte były szczelnymi żaluzjami, co pozwoliło uzyskać w czasie dnia warunki w bardzo dużym stopniu zbliżone do panujących przy oświetleniu sztucznym sali.

Wtórnymi źródłami światła w audytorium były biały sufit, ściany pomalowane na kolor jasno seledynowy i posadzka wykonana z gładkiej wykładziny o barwie popielatej.

Jasność na blatach ławek mierzono luxomierzem L-20A zgodnie z wymaganiami normy [15]. Pomiary wykonywano w ten sposób, aby podczas odczytu osoba obsługująca luxomierz nie rzucała cienia na odbiornik. Jako wynik odczytu natężenia oświetlenia dla każdego stanowiska przyjmowano średnią z trzech powtórzeń oznaczenia jasności. Wartości uzyskane w badaniach przedstawiono w sposób graficzny na wykresach. Z normy [15] przyjęto wymagane natężenie oświetlenia dla sal wykładowych 500 Lx, przy czym podczas wykonywania rysunków technicznych powinno ono wynosić aż 750 Lx.

3. WYNIKI I ICH OMÓWIENIE

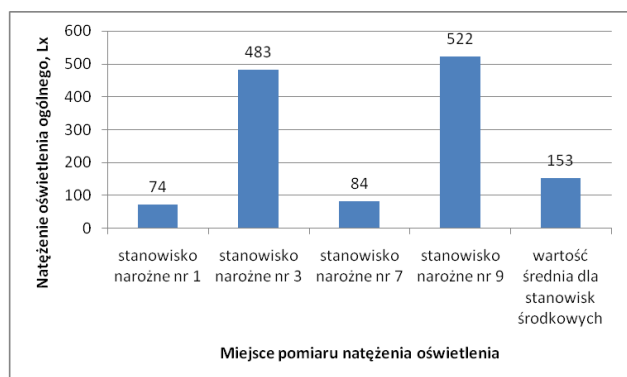
W tab. 1 zamieszczono uśrednione z trzech prób pomiarowych wartości natężenia oświetlenia na poszczególnych stanowiskach pomiarowych przy naturalnym, sztucznym i mieszanym oświetleniu sali audytorijnej.

Tab. 1. Średnie wartości natężenia oświetlenia na poszczególnych stanowiskach pomiarowych w sali dydaktycznej pomierzone dla oświetlenia naturalnego, sztucznego i mieszanego

Tab. 1. Average values of illuminance on measurement stations in didactic room measured for natural lighting, artificial and mixed

Nr stan. pomiar.	Oświetlenie naturalne [Lx]	Oświetlenie sztuczne [Lx]	Oświetlenie mieszane (naturalne ze sztucznym) [Lx]
1	74	1079	1155
2	147	1018	1175
3	483	1270	1501
4	96	1001	1095
5	155	1009	1168
6	207	1195	1415
7	84	942	1080
8	161	988	1157
9	522	1158	1523

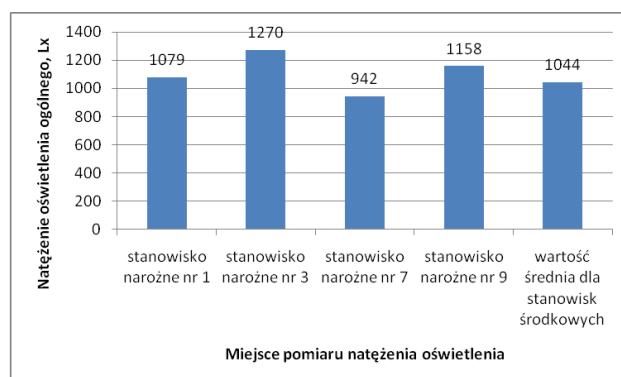
Na rys. 2 przedstawiono kształtowanie się natężenia oświetlenia ogólnego na ławkach przy utrzymywaniu naturalnego fotoklimatu w sali dydaktycznej. Nie zauważono podczas prowadzenia tych oznaczeń wpływu promieniowania kierunkowego na kontrasty luminacji. Średnia jasność z pięciu środkowych punktów pomiarowych wyniosła 153 Lx i jedynie stanowiska badawcze nr 1 i 7 miały znacząco obniżone warunki widzenia w płaszczyznach roboczych. Natężenie oświetlenia wyniosło na nich 74 i 84 Lx, czyli było o wiele mniejsze od wymaganej przy pisaniu wartości 500 Lx. Stoliki znajdujące się w narożach przy zewnętrznej ścianie z oknami cechowały się w miarę korzystnymi parametrami i znacznie większymi od średniej wartości obliczonej dla środkowej części audytorium, a na blacie, na którym wyznaczono dziewięć stanowisk pomiarowych jasność przekroczyła minimum ustalone dla tego typu pomieszczeń. Na podstawie tej części badań, czyli przeprowadzonych przy naturalnym oświetleniu pracowni, bardziej zauważalny jest spadek jakości komfortu wizualnego wraz z oddalaniem się stanowisk pomiarowych od otworów okiennych, niż istotne obniżenie się warunków widzenia na skrajnych ławkach ustawionych w kącie pomieszczenia, gdzie można by przypuszczać, że występuje ograniczone docieranie promieni słonecznych. Próbując zinterpretować dość niską wartość średniego natężenia oświetlenia naturalnego wyznaczonego dla ławek ustawionych w środkowej części wnętrza dydaktycznego, należy podkreślić znaczący wpływ filarka międzyokiennego na powstawanie cienia w centralnej części pracowni.



Rys. 2. Natężenie oświetlenia naturalnego na ławkach ustawionych w narożach pomieszczenia dydaktycznego oraz wartość średnia tego parametru obliczona dla pozostałych punktów pomiarowych

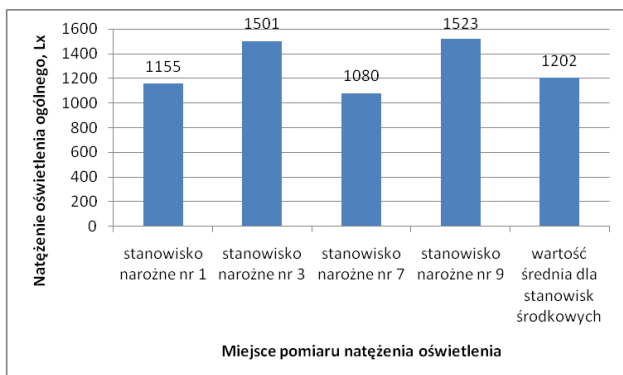
Fig. 2. Intensity of natural lighting on benches in corners of the lab and average value of this parameter calculated for other measuring points

Zróznicowanie natężenia oświetlenia w narożnych ławkach w stosunku do wartości średniej, obliczonej dla środkowej części pomieszczenia przy sztucznym fotoklimacie wewnątrz przedstawiono na rys. 3. Równomierny rozstaw opraw z lampami świetłówkowymi spowodował w miarę podobne warunki widzenia w całej sali dydaktycznej. Tylko w jednym rogu audytorium, to znaczy na stanowisku pomiarowym nr 7, jasność (942 Lx) w płaszczyźnie pracy studenta miała niższą wartość od średniej z centralnej części pracowni, wynoszącej 1044 Lx. Wartości natężenia oświetlenia oznaczone na wszystkich punktach przekraczały 500 Lx, a więc były właściwe dla czynności typu pisanie, a ponadto były także odpowiednie dla procesu kreślenia, przy którym wymagana jest jasność na poziomie, co najmniej 750 L.



Rys. 3. Natężenie oświetlenia sztucznego na ławkach ustawionych w narożach pomieszczenia dydaktycznego oraz wartość średnia tego parametru obliczona dla pozostałych punktów pomiarowych

Na rys. 4 przedstawiono wartości natężenia oświetlenia ogólnego, pomierzonego na ławkach przy oświetleniu mieszanym w różnych częściach pomieszczenia przeznaczonego dla studentów. Z uwagi na mniej korzystne nasłonecznienie stolików z punktami pomiarowymi nr 1 i 7 (rys. 2), przy łącznym oświetleniu sali, tzn. za pomocą okien wraz z działającymi lampami elektrycznymi, tylko na tych dwóch płaszczyznach roboczych jasność wynosząca odpowiednio 1155 Lx i 1080 Lx odbiegała od wartości średniej z wykonanych oznaczeń dla pozostałych punktów pomiarowych, równej 1202 Lx. Na każdym blacie stolików przeznaczonych do różnych czynności w czasie zajęć akademickich komfort wizualny był odpowiedni. Natężenie oświetlenia przekraczało dolne progi, czyli 500 Lx dla pisania i 750 Lx dla kreślenia.



Rys. 4. Natężenie oświetlenia mieszanego na ławkach ustawionych w narożach pomieszczenia dydaktycznego oraz wartość średnia tego parametru obliczona dla pozostałych punktów pomiarowych

Fig. 4. Intensity of mixed lighting on benches in corners of the lab and average value of this parameter calculated for other measuring points

4. STWIERDZENIA I WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonych badań sformułowano następujące stwierdzenia i wnioski:

A. Stwierdzenia:

1. Jedynie przy naturalnym oświetleniu sali dydaktycznej na ławkach ustawionych w dwóch narożach przy ścianie wewnętrznej odnotowano wyraźny spadek jasności w stosunku do wartości średniej tego parametru, obliczonej dla punktów pomiarowych znajdujących się w środkowej części pomieszczenia.
2. Na płaszczyznach roboczych stolików znajdujących się w narożach audytorium przy ścianie z oknami natężenie oświetlenia naturalnego było przeszło dwukrotnie większe od średniego z oznaczeń wykonanych na ławkach środkowych.
3. Natężenie oświetlenia sztucznego, podobnie jak natężenie tego rodzaju oświetlenia wzbogaconego światłem dziennym, czyli mieszanego, było w miarę równomierne w całym wnętrzu i na skrajnych stolikach nie odbiegało istotnie od uśrednionej jasności pomierzonej na płaszczyznach roboczych w pozostałej części pomieszczenia.
4. Przy oświetleniu elektrycznym, a tym bardziej przy mieszanym, jasność na blatach stolików narożnych, podobnie jak w pozostałych punktach pomiarowych, przekraczała wartości minimalne, określone dla czynności typu pisanie i kreślenie.

B. Wnioski:

1. W badaniach prowadzonych przy oświetleniu światłem słonecznym w dwóch narożach przy ścianie wewnętrznej jasność w płaszczyznach

roboczych była znacznie niższa od obliczonej średniej dla środkowej części pomieszczenia, ale raczej wynikało to ze stosunkowo dużej odległości od otworów okiennych, a nie z usytuowania ławek w kątach sali akademickiej.

2. Nie stwierdzono bardziej niekorzystnych wartości natężenia oświetlenia na ławkach znajdujących się w narożach sali dydaktycznej w stosunku do uśrednionej jasności na blatach stolików zbliżonych do środka pracowni przy jej oświetleniu za pomocą elektryczności oraz w przypadku łącznego wykorzystania okien i lamp.
3. W celu uzyskania uogólnionych wyników badań należałoby wykonać podobne pomiary w pomieszczeniu dydaktycznym o dużo większej powierzchni i z większą ilością ławek – w takim przypadku spodziewane byłoby obniżenie się komfortu wizualnego w narożnych stolikach, bardziej oddalonych od okien i sufitowych punktów świetlnych instalacji elektrycznej.

GENERAL ILLUMINATION IN CORNERS OF DIDACTIC ROOM AT DIFFERENT TYPES OF LIGHTING

Summary: The aim of this study was to evaluate formation of brightness on benches in corners of didactic room compared to benches in center of the room at natural lighting, artificial and mixed. Researches were conducted in small lab with two large windows oriented to the south side of the world. The room was equipped with a fluorescent lamp. The probe of the light meter set on benches that is, in a working plane where students wrote and scribbled. Not found more adverse illuminance on benches in corners of the lab at natural lighting, artificial and mixed. However, to obtain more generalized findings should perform similar measurements in bigger didactic room with more benches.

Literatura

- [1] Arct Z. *Projektowanie architektoniczne zakładów przemysłowych*. Arkady, Warszawa 1974
- [2] Bąk J. *Obliczanie oświetlenia ogólnego wnętrz*. WN-T, Warszawa 1983
- [3] Bąk J. *Oświetlanie mieszkań*. WN-T, Warszawa 2000
- [4] Berndt-Kostyrzewska J., Żelazna K. *Wiejskie gospodarstwo domowe. Organizacja Pracy i Przestrzeni*. PWRiL, Warszawa 1987
- [5] Bonnel W. J. M., Boer J. B. *Oświetlenie dróg*. WkiŁ, Warszawa 1984
- [6] Charytonow E. *Projektowanie architektoniczne*. WSiP, Warszawa 1985

- [7] Heim D., Jędrzejuk H., Szczepańska E., Metody określania parametrów oświetlenia uzupełniającego dla potrzeb optymalizacji wielokryterialnej budynków mieszkalnych – energochłonność oświetlenia, *Fizyka Budowli w Teorii i Praktyce* tom V, Nr 4 (2010) 5÷8
- [8] Idczak D. *Ergonomia w kształtowaniu warunków pracy. Materiały pomocnicze do szkoleń*. Ośrodek Doradztwa i Doskonalenia Kadr Sp. z o. o., Gdańsk 1999
- [9] Klemm P. *Światło w pomieszczeniach*. [w:] Klemm P. (red.) *Budownictwo ogólne. Tom 2. Fizyka budowli*. Arkady Warszawa 2005
- [10] Kral L. *Elementy budownictwa przemysłowego*. Tom I Budynki przemysłowe. PWN, Warszawa 1984
- [11] Mirski Z. *Kształtowanie wnętrz produkcyjnych*. Arkady, Warszawa 1986
- [12] Pałaszewski T. *Czynniki efektywności kształtowania przestrzennego środowiska człowieka*. PWN, Warszawa 1983
- [13] Parczewski W., Tauszyński K. *Projektowanie obiektów użyteczności publicznej*. WSiP, Warszawa 2009
- [14] Pearson D. *Przyjazny dom*. Wyd. MURATOR Warszawa 1998
- [15] PN-EN 12464-1:2012 Światło i oświetlenie - Oświetlenie miejsc pracy - Część 1: Miejsca pracy we wnętrzach
- [16] Rajkiewicz M. *Oświetlenie na stanowisku pracy*. [w:] Lewandowski J. (red.) *Ergonomia. Materiały do ćwiczeń i projektowania*. „MARCUS” S.C., Łódź 1995
- [17] Ratajczyk I. *Elektryfikacja obiektów rolniczych*. [w:] Witebski Z. (red.) *Budownictwo rolnicze. Część 2. Konstrukcje budowlane i instalacje*. Arkady, Warszawa 1982
- [18] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (z późniejszymi zmianami)
- [19] Szczepańska-Rosiak E., Heim D., Analiza natężenia oświetlenia w pomieszczeniu w aspekcie rozkładu luminacji na nieboskłonie całkowicie zachmurzonym, *Fizyka Budowli w Teorii i Praktyce*, Łódź, 2013, s. 149÷154
- [20] Szparkowski Z. *Architektura współczesnej fabryki*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej Warszawa 1999
- [21] Wolska A., Pawlak A. *Oświetlenie pomieszczeń i stanowisk pracy*. [w:] Bezpieczeństwo i Ochrona Człowieka w Środowisku Pracy. T. 12. CIOP-PIB, Warszawa 2001