

SVJETLOĆA DURBINA

Osnovne karakteristike durbina su: povećanje, veličina vidnog polja, moć razdvajanja (jasnoća) i njegova optička jakost ili svjetloća. Po tim elementima, ako ih ispitamo, možemo prosuditi kvalitetu durbina kao i njegovu upotrebljivost uopće. Durbin je važan sastavni dio geodetskog instrumenta, pa konstruktor durbina mora voditi računa o njegovoj namjeni, kako bi mu dao one karakteristike i svojstva koja bi optimalno odgovarala izvođenju onih geodetskih operacija za koje je instrument namjenjen. Stvar je praktičara da ocijeni koliko je konstruktor i proizvođač u tome uspio, odnosno, da pri izboru instrumenta odabere onaj koji bolje ispunjava tražene uvjete. Kod ovog izbora instrumenta svjetloća durbina može imati važan upliv, ako ćemo instrumentat upotrebiti i uz nepovoljnije uslove vidljivosti.

Kod opažanja sa durbinom vidimo preslikan samo jedan određeni dio prostora. Sav taj prostor kojeg vidimo kroz durbin nazivamo vidnim poljem durbina. Pri tome treba razlikovati realno i prividno vidno polje. Realno vidno polje mjerimo vidnim kutem pod kojim oko, smješteno u glavnoj tački objektiva, vidi prostor koji je preslikan u durbinu. Prividno vidno polje mjerimo kutem pod kojim oko opažača, smješteno sa zjenicom u izlaznu pupilu, vidi promjer slike u durbinu.

Sve tačke realnog vidnog polja u stvari su izvori svjetlosti koji šalju određeni tok svjetlosti u durbin. U naše oko dolaze snopovi zraka svjetlosti iz tačaka prividnog vidnog polja. Važno pitanje koje odmah postavljamo jest: što je sa sjajem tih izvora svjetlosti? Da li je on promijenjen prema sjaju realnog vidnog polja promatranog prostim okom?

Prolazom kroz optičke elemente tok svjetlosti sve više slabi zbog apsorpcije svjetlosti. Sami gubitci zbog apsorpcije nisu tako veliki, ali se može vrlo približno uzeti, da će dva put deblja leća i dva put više apsorbirati. Još su veći gubitci zbog refleksije. Ukoliko nema antirefleksnih slojeva, oni iznose po svakoj plohi koja graniči sa zrakom 4—6%.

Omjer izlaznog toka svjetlosti iz durbina (Φ_i) i ulaznog toka koji dolazi na objektiv durbina (Φ_u) zovemo koeficijent propusnosti ili transparenције.

$$T = \frac{\Phi_i}{\Phi_u}$$

a određen je brojem uvijek manjim od jedinice.
On ovisi:

- o kvaliteti upotrebljenog optičkog stakla (mjehurići, niti i sl.),
- o debljini i obojenosti optičkih elemenata,
- o kvaliteti poliranja ploha, kao i ljepljenja ploha.

Izvodi pokazuju i logični je zaključak, da je sjaj* prividnog vidnog polja smanjen i iznosi:

$$S_p = T S_r$$

gdje je S_r sjaj realnog vidnog polja.

Tu treba samo napomenuti da koeficijent propusnosti T nije konstanta, već pada od centra prema rubovima pupile, a ovisan je i o smjeru promatranja.

Za naša promatranja važno je, kakvu će promjenu osjetiti naše oko, kad promatra kroz durbin. Razmatranje se pojednostavljuje, ako uzmemo u obzir činjenicu, da je konačna slika na mrežnici našeg oka.

Optičku jakost durбина ili kraće: svjetloću durбина [neki autori nazivaju i: osvjetljenje, što smatram, da je neadekvatan izraz] definiramo stoga kao omjer rasvjeta na mrežnici oka kod promatranja istog objekta kroz instrument i sa prostim okom.

Da odredimo taj omjer treba razlikovati dva slučaja:

1. izlazna pupila durбина manja je od zjenice oka, $\varrho_i < Z$
2. izlazna pupila durбина veća je od zjenice oka, $\varrho_i > Z$

$$1. \quad \varrho_i < Z$$

Kod geodetskih durбина to je najčešći slučaj.

Tok svjetlosti koji ulazi u oko i učestvuje na svjetlosnom učinku na mrežnici, određen je veličinom izlazne pupile durбина, a ovisan o koeficijentu propusnosti durбина. Ako se ograničimo, zbog pojednostavljenja razmatranja, na promatranje u osi durбина, onda možemo pisati:

$$\Phi_i = \frac{\varrho_i^2 \pi}{4} \Delta \Phi T_0$$

gdje je

$\Delta \Phi$ tok na jedinicu površine koji dolazi od realnog vidnog polja
 $\Delta \Phi T_0$ tok na jedinicu površine koji dolazi od prividnog vidnog polja.

T_0 koeficijent propusnosti u osi (smjer promatranja u osi)
 ϱ_i promjer izlazne pupile durбина.

* Sjaj je intenzitet jedinice površine rasprostranjenog izvora svetlosti, a mjeri se stilbima.

Kod promatranja prostim okom imamo:

$$\Phi_0 = \frac{Z^2 \pi \Delta \Phi}{4}$$

gdje je Z promjer zenice oka.

Kako je rasvjeta direktno ovisna o toku svjetlosti, odnosno o intenzitetu, tj. toku na jedinicu površine, onda dobivamo svjetloću durbina:

$$s = \frac{\Phi_1}{\Phi_0} = \frac{\frac{\varrho_1^2}{4} \pi \Delta \Phi T_0}{\frac{Z^2 \pi \Delta \Phi}{4}}$$

$$s = T_0 \frac{\varrho_1^2}{Z^2}$$

Vidimo da je svjetloća proporcionalna kvadratu promjera izlazne pupile, pa se i fizikalno mjeri veličinom: $T_0 \varrho_1^2$.

Dakle, smanjivanje promjera izlazne pupile dovodi do smanjivanja svjetloće po kvadratnoj funkciji.

Geodetski durbinu imaju vrlo male izlazne pupile, jer sa njima uglavnom radimo uz povoljnu rasvjetu. Tu treba napomenuti, da je o veličini izlazne pupile ovisno i povećanje durbina i obrnuto, a povećanje je također vrlo bitna karakteristika. Jedno svojstvo durbina može se poboljšati samo na uštrb drugog svojstva! Međutim uz nepovoljnu vidljivost radije ćemo odstupiti od povećanja i promjenom okulara smanjiti ga,* ali istodobno povećati izlaznu pupilu, a time i svjetloću durbina.

Kod svjetloće durbina bitnu ulogu igra i koef. propusnosti, pa o tome treba također voditi računa. O antirefleksnim slojevima i njihovom utjecaju na promjenu ovog koeficijenta već je bilo pisano u ovom listu.

U graničnom slučaju $\varrho_1 = Z$, izlazna pupila i zjenica oka su iste veličine, pa imamo optimum korištenja svjetlosti. Tada je:

$$s = T_0$$

svjetloća durbina jednaka je koeficijentu propusnosti.

Povećanje durbina, kod kojeg je $\varrho_1 = Z$ neki autori nazivaju normalno povećanje.

Normalno povećanje, međutim, nikako ne znači i optimalno povećanje, jer o tome odlučuju i drugi faktori. Na pr. moć razdvajanja oka ovisna je o veličini otvora zjenice i općenito pada s povećanim otvorom.

* Ako durbin ima izmjenjive okulare (npr. kao Wild T3).

Ako u formulu $s = T_0 \frac{Q_i^2}{Z^2}$ uvrstimo $Q_i = \frac{Q_u}{P}$ (jer je $P = \frac{Q_u}{Q_i}$) gdje je P povećanje durбина a Q_u ulazni otvor, imamo:

$$s = T_0 \frac{Q_u^2}{P^2 Z^2}$$

Vidimo jasnu funkcionalnu ovisnost svjetloće o povećanju durбина. Svjetloća pada s kvadratom povećanja. Formula nam i kazuje, da ako želimo zadržati istu svjetloću uz veće povećanje durбина, moramo povećati i ulazni otvor durбина, a time i promjere leća, odnosno i dimenzije prizama, ako su unutar hoda zraka svjetlosti (npr. neki daljinomjeri).

Za promatranja pod nekim kutem prema osi durбина izvodi su složeniji, ali možemo općenito reći, da svjetloća slika od centra prema rubu raste, uz dobro korigirane durbine (unatoč smanjenja T). Neobičan teoretski zaključak potvrdili su i pokusi.

$$2. \quad Q_i > Z$$

Ako je izlazna pupila veća od zjenice oka, onda u stvari zjenica formira i veličinu ulazne pupile durбина, iako na taj način pomalo loše definiranu. Svjetloća je tada:

$$s = T \quad (T \text{ ovisi o smjeru promatranja})$$

Svjetloća ne ovisi više o povećanju durбина, već samo o propusnosti.

Sva ova razmatranja ne vrijede za slučaj opažanja točkastog izvora. Takovim izvorima smatramo one, koji su preslikani samo na vidnom elementu mrežnice oka. U tom slučaju rasvjeta na mrežnici ne ovisi više o dimenziji izvora svjetlosti, pa će na nju više utjecati aberacije optičkog sistema oka, kao i pojave ogiba svjetlosti na izlaznoj pupili.

Svjetloću durбина definiramo sada kao omjer tokova svjetlosti koji ulaze u durbin, odnosno u samo oko uzevši u obzir i transparenaciju durбина:

$$s = \frac{\Phi_u}{\Phi_o} T = \frac{\frac{Q_u^2 \pi}{4} \Delta \Phi T}{\frac{Z^2 \pi}{4} \Delta \Phi}$$

$$s = T \frac{Q_u^2}{Z^2}$$

uz uslov, da sav tok svjetlosti koji izlazi iz durбина i ulazi u oko.

Vidimo, da je sada svjetloća proporcionalna kvadratu ulaznog otvora. Čim je veći promjer objektiva, veća će biti svjetloća slike, jer više svjetlosti djeluje na element mrežnice. Zato npr. durbine za astronomska opažanja gradimo s velikim promjerima objektiva. Kod ovih durбина svjetloća ima osnovnu ulogu. Veći promjeri objektiva omogućuju dublje prodiranje u svemir, odakle dolaze svjetlosti sve manjih intenziteta.

Mjerenje koeficijenta propusnosti, a s njim povezane i svjetloće durbina, vršimo fotometričkim metodama u laboratoriju. Imamo dvije grupe mjerenja. U prvoj su grupi metode uspoređivanja rasvjete na zasteru fotometra, a u drugoj fotoelektrične metode.

U prikazu problema svjetloće, nismo do sada spominjali pojam kontrasta slike. Kontrast slike, naime, manji je od kontrasta predmeta i ima određeni utjecaj na svjetloću i jasnoću slike durbina. Dobra svjetloća durbina malo koristi uz loš kontrast i to naročito pri granici vidljivosti. Ovaj kontrast slike u prvom je redu ovisan o korekcionom stanju optike durbina, a zatim o količini difuzne i reflektirane svjetlosti u durbinu. Vidimo, da i u tom smislu važnu ulogu igraju antirefleksni slojevi, koji količinu reflektirane svjetlosti znatno smanjuju. Kontrast slike može se mjeriti metodom prof. H. Schobera.

Prof. Vasco Ronchi, istaknuti talijanski optički stručnjak, povezuje problem kontrasta i svjetloće durbina i uvodi pojam: *luminozitet durbina*. On luminozitet definira kao produkt kvadrata promjera izlazne pupile i jedne veličine, koja nije samo koeficijent propusnosti. Ta po njemu uvedena veličina ovisna je: o refleksijama, apsorpciji, difuziji svjetlosti, neprozirnosti (npr. zbog pogrešaka u topljenju optičkog stakla), kao i nedovoljnoj korekciji pogrešaka optičkog sistema durbina.

Za mjerenje luminoziteta Ronchi je konstruirao i instrumenat kojeg je nazvao: *diafanometar*.

Ideja mjerenja je interesantna. On ne uspoređuje izlazne tokove u punom iznosu, uspoređujući rasvjete ili promatrajući odklon kazaljke galvanometra uzrokovanom strujom fotoćelije, već smanjuje svjetlosne tokove uviziranog svjetlosnog izvora kolimatora pomoću dva nikola sve do granice osjetljivosti oka opažača. Rezultat mjerenja uspoređuje sa rezultatom standardnog durbina kojem je dao jedinični luminozitet.

Ovaj način mjerenja može vrlo dobro poslužiti u prosuđivanju prednosti jednog geodetskog instrumenta za mjerenja uz lošije uslove vidljivosti.

Vidimo, da u zahtjevima koje danas postavljamo na geodetske instrumente sve su važnije laboratorijske metode ispitivanja svojstava (kao i justaže) instrumenata. Ove su metode relativno brze i pouzdane, stručnjaku na terenu skraćuju vrijeme potrebno za ispitivanja, omogućuju mu neka saznanja o instrumentu koje on na terenu ne može steći i daju mu sigurnost za puno korištenje vlastitih sposobnosti.