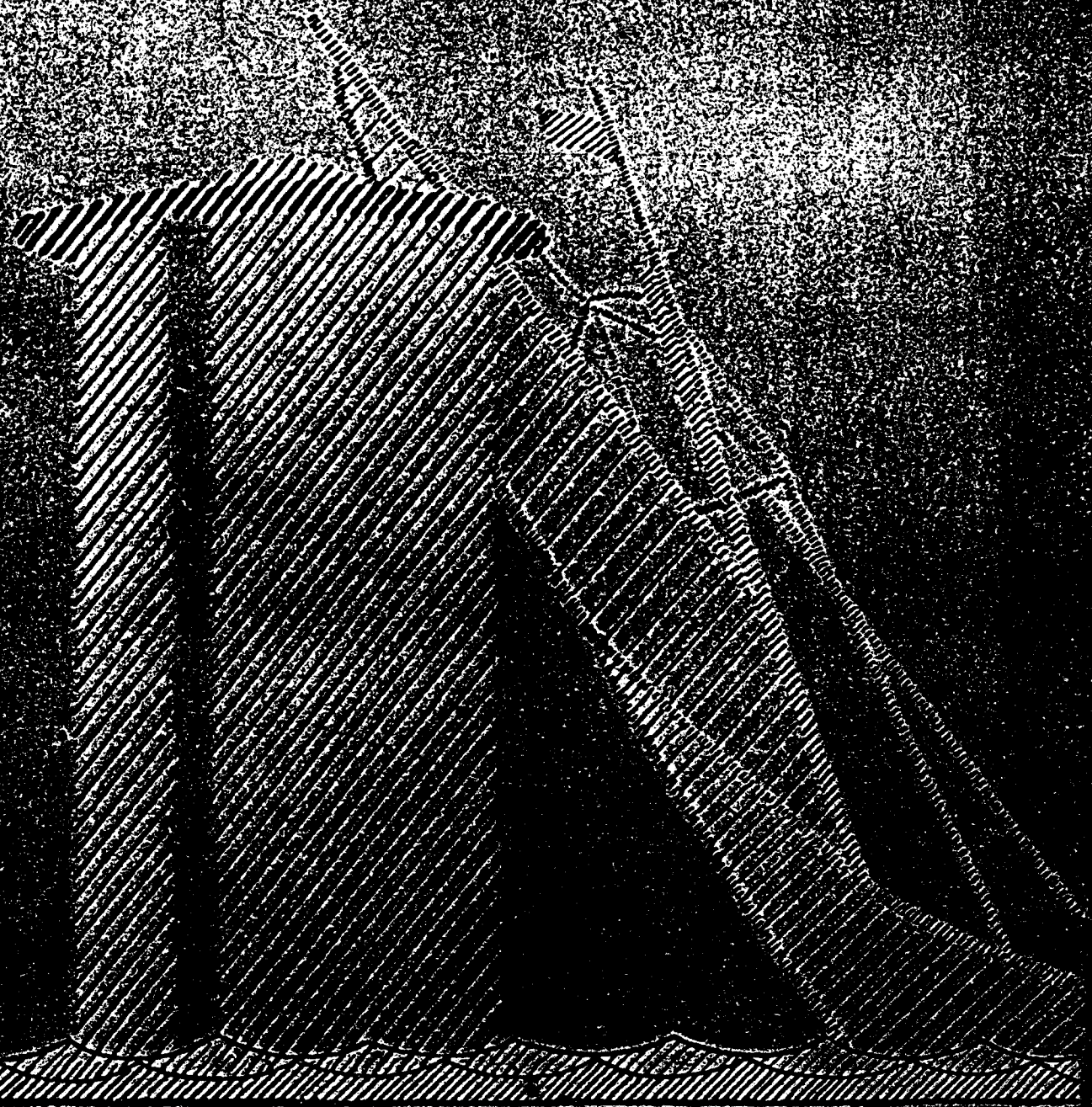
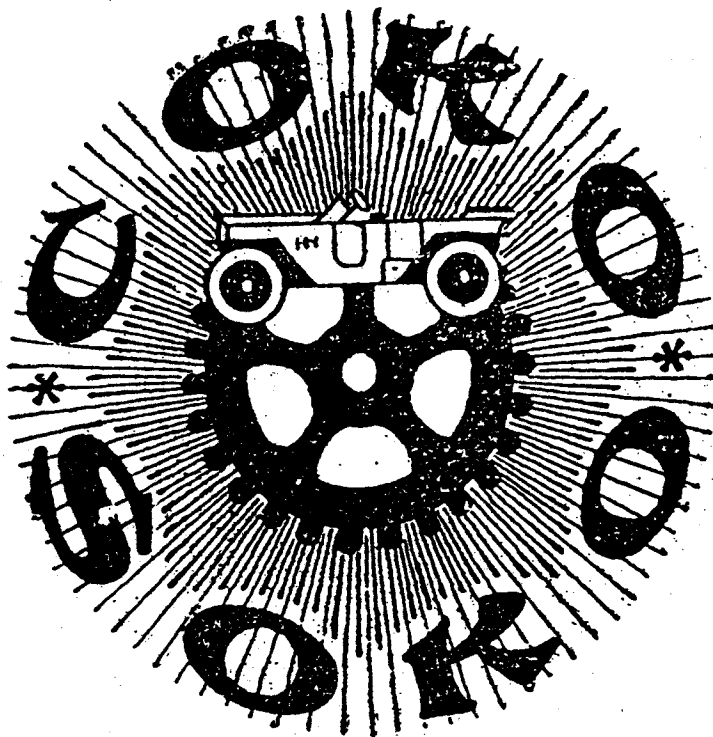


ING. JOSIP SKARICA



FLEMINEROV
ROTORNI
BROD



**RADIONICE ZA GRADNJU AUTOMOBILA,
MOTORA I MAŠINA**

Tel. 10-86

BEOGRAD

Tel. 10-86

Strahinića Bana 26.

Opravlja
brzo

pouzdana

solidno

stručno

jeftino

automobile,

motore i mašine.

FLETTNEROV ROTORNI BROD

LAKA UPUTA U BITNOST IZUMA
SA STRUČNIM POPUNAMA

16 nacrtā u tekstu

Napisao
Ing. Josip Škarica



BEOGRAD 1925.
Naklada pišćeva — Tisak „Rodoljuba“.

SVA PRAVA PRIDRŽAJE PISAC.

S A D R Ź A J:

	Strana
Uvod	1
I. Magnusov efekat	3
II. Jedrenje	12
III. Flettnerov rotorni brod	17
1. Flettner	17
2. Strujom pokretano kormilo	18
3. Metalno jedro	18
4. Prvi rotorni brod „Buckau“	19
5. Stabiliteta	21
6. Veličina tlaka na brodske rotore	23
7. Ovisnost između broskog otpora i pogonskog tlaka na rotore	24
8. Djelovanje sile vjetra na rotore	28
9. Ovisnost između brzine vjetra i obodne brzine rotora	32
10. Izdržljivost rotornog broda u nevremenu	32
11. Posada rotornog broda	37
12. Primjena rotora na ostalim poljima pogonske tehnike	37
IV. Vijesti svjetske štampe o putovanjima rotornog broda „Buckau“	39

U V O D

U zadnjih par mjeseci uzbunio je izum njemačkog inženjera Flettnera cio svijet, a osobito pomorske krugove, jer izgledalo bi eto — kako štampa čitavog svijeta, a osobito ona iz Njemačke, javlja — da će nastupiti novo doba, doba iskorišćenja „modrog ugljena“, iskorišćenja sile, koja leži u lahoru, vjetru i orkanu. — Prestati će lupa teških strojeva i motora, pojeftiniti će najvažnija pogonska sredstva, ugljen i nafta, jer se neće više u tako ogromnim količinama potraživati, a brodovi će ploviti po pučinama gonjeni strujama zraka, čiju će silu zgodno hvatati Flettnerov rotor i prenositi je na brod u smjeru njegova cilja! — Prevozni troškovi i za ljude i za robu, spasti će na polovinu, na četvrtinu i još na niže od sadašnje cijene; roba će dakle pojeftiniti, saobraćaj među državama i zemljama porasti, a finansijsko i ekonomsko će se stanje čitavog svijeta poboljšati. — Tako, a i sa još većim oduševljenjem izvješćuje njemačka štampa. — Bez sumnje je, da su te nade vrlo pretjerane, dok će skora budućnost pokazati pravu vrijednost tog izuma, a mi možemo na svaki način, da za sad bar poželimo: Daj Bože, pak da bar i djelomično tako bude!

Nego, kad bi to već imao da bude tako epohalan izum, kao što je bio pronalazak parne mašine, električne struje i sličnih pronalazaka, koji su čovječanstvo u kulturi i napretku u svakom

pogledu snažnim zamahom napred turnuli, i kad taj izum obećaje novi blagoslov i blagostanje čitavom čovječanstvu, onda će to čovječanstvo i željeti i htjeti, da upozna bitnost i način djelovanja tog pronalaska; htjeti će da dozna, odakle ta nova sila, koja je do sada kroz vjekove ležala neiskorišćena u zraku, koji nas okružuje, a mi ne bijasmo u stanju, da je ulovimo, zarobimo i svojim ciljevima koristno upotrebimo?

Nastojat ću da ovom knjižicom, širim slojevima naroda, naše jugoslavenske, pomorske države, na lagani i zanimivi način razjasnim postanak, bitnost i djelovanje te — na oko — čudne, a ipak tako jednostavne sile, ter njezinu primjenu u pogonu broda.

Za one, koji se budu više zanimali i sa teoretskog stanovišta za ovaj predmet, umetnuo sam neke popune, pisane — za razliku od popularnoga dijela — kosim slovima, koje će im na taj način razna pitanja temeljitije obrazložiti, a ovaj prikaz zanimivijim učiniti. —

I. Magnusov efekat.

Magnus, sredinom XIX vijeka profesor fizike na berlinskom sveučilištu, objelodanio je 1853 godine raspravu, kojom objašnjuje i dokazuje, zašto tane ispaljeno iz topa, prispjevši u rotaciju usljed zavoja u cijevi, pri svom paraboličnom lijetu kroz zrak, istupa iz svog pravog cilja na jednu ili drugu stranu, prema tome, kako baš rotira, u jednome ili u drugome smjeru. — On je ustvrdio i sa izvedenim pokusima u laboratoriju dokazao, da cirkulatorne vazdušne struje, prouzrokovane rotacijom taneta, ter ravnopravne struje vazduha, koje relativno na padajuće tane sa donje strane biju, odnosno struje prouzrokovane vjetrom, jesu uzrok postanka jedne nove sile, koja stoji, od prilike, okomito na vertikalnu ravninu, opredeljenu sa idealnom parabolom tanetova bježanja, i prouzrokuje odstupanje ovoga iz iste. — Tu silu ćemo unapred nazivati poprečnom silom, a čitava pojava se označuje kao Magnusov efekat.

Ovo moje prvo obrazloženje, neće biti možda svakome odmah shvatljivo, pak će biti uputno da ga malo potanje rasčinimo.

Rekosmo, da će tane u cijevi od topa usljed zavoja prispjeti u rotaciju, te će tako rotirajući bježati krčeći si put kroz vazduh.

Njegova rotacija biti će u prvome trenutku okomita na smjer njegovog paraboličnog bježanja (na tangentu parabole u času promatranja);

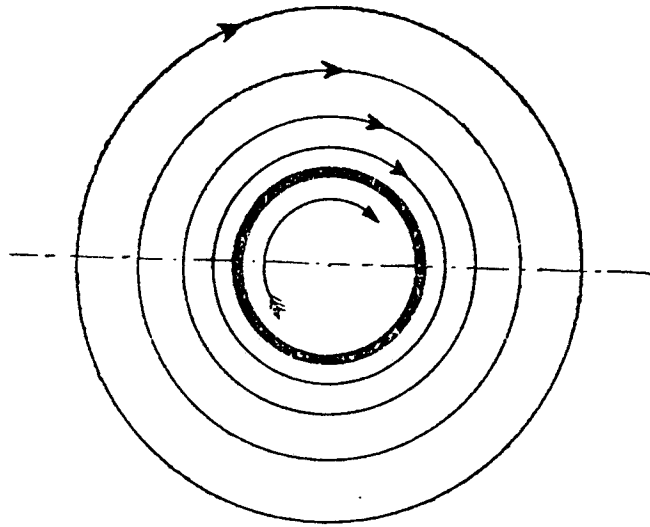
nastupiti će ali odmah zatim vrijeme, kad će početi — nazovimo ga tako — propadanje taneta kroz vazduh: u tom trenutku ne će više biti rotacija i smjer bježanja okomiti jedno na drugo: vazduh će početi relativno strujati s donje strane na rotirajuće tane. (Tane rotira i propada kroz vazduh a vazduh miruje; ili relativno: tane rotira i miruje, a vazduh na njega struji s donje strane).

Prije nego li sa tumačem nastavimo, predpostaviti ćemo, da mjesto taneta imamo jedan valjak koji rotira i miruje, a vazduh nek na njega struji. Uzmemo li naime (kao i gore kod taneta), da valjak miruje a vazduh na njega struji, ili da se valjak kroz vazduh pomiče, a vazduh da miruje, na stvari se — obzirom na njihov međusobni odnošaj — ništa ne mijenja, i mi možemo da povolji izmjenimo i proučavamo jedan ili drugi slučaj, a da zaključci vrijede bez razlike za oba.

Dakle kad smo sad sporazumni sa tom promjenom, onda ćemo preći da promotrimo, što se najprije zbiva usljed rotacije valjka u vazduhu, koji ga okružuje.

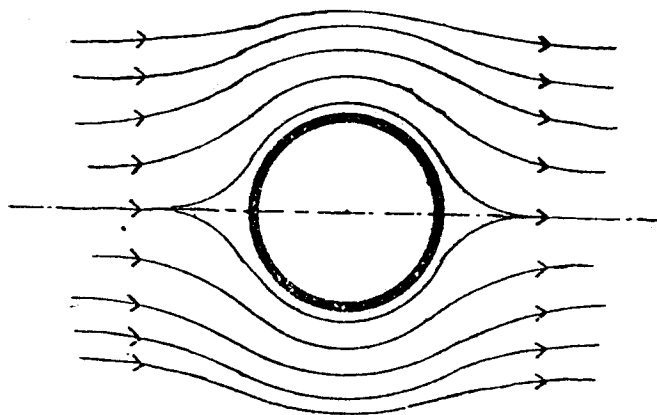
Rotirajući valjak trgnuti će za sobom najbliže čestice vazduha ter i ove povući za sobom u rotaciju. Brzina rotacije ovih čestica zaostajati će ponešto za brzinom rotacije valjka. Ove rotirajuće čestice vazduha, povući će za sobom susjedne, najbliže čestice vazduha u rotaciju, koje će i opeta nešto zaostajati za brzinom rotacije prvih čestica. Isti proces će se ponavljati sa sve manjom brzinom rotacije, dok ne prispijemo u jednu stanovitu — ne preveliku! — udaljenost od površine valjka, gdje će brzina rotacije vazdušnih čestica postati nula. Slika 1 pokazuje rotirajući valjak i rotirajuće čestice vazduha u pogledu odozgo. Smjer strjelica naznačuje smjer rotacije, a zao-

stajanje pojedinih strjelica upozorava na umanjivanje brzine rotacije vazdušnih čestica.



Slika 1.

Pretpostavimo sada nek valjak miruje, dakle i ne rotira i ne pomiče se, a neka ga sa jedne strane bije ravnopravno strujeći vazduh. Što će biti posljedica? — Vazduh će se, udarivši na

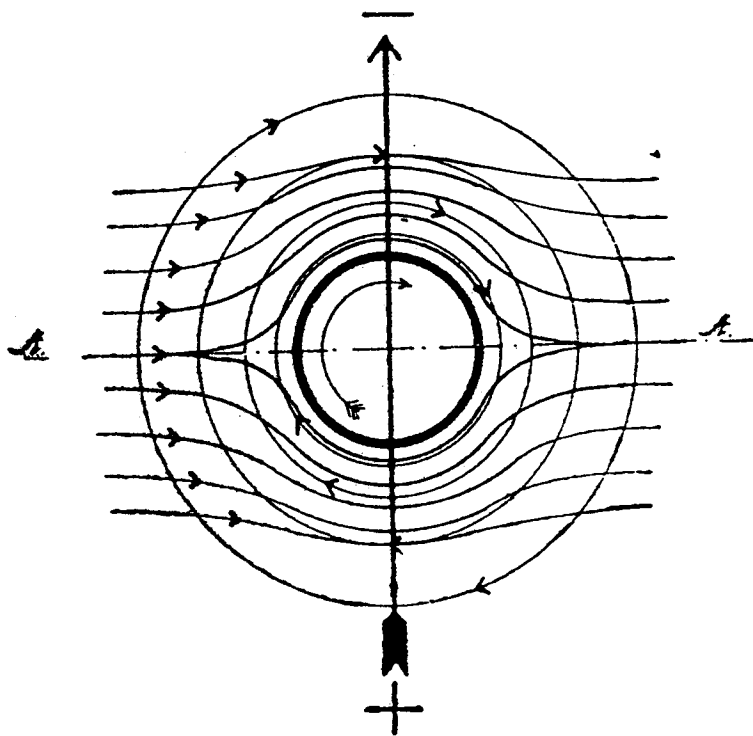


Slika 2.

valjak, razdijeliti u dva prāmena, od kojih će

svaki sa jedne strane zaobići valjak, a iza njega se opeta naći, sjediniti i proslijediti svoje ravnopravno strujanje. Nek pri tome ne nastanu u vazduhu nikakovi virovi, onda se ovakovo strujanje naziva potencijalno strujanje. Slika 2 prikazuje takovo strujanje.

Konačno pretpostavimo i nek valjak rotira i neka ga bije u jednome smjeru ravnopravno strujeći vazduh. U ovome slučaju imati ćemo nastup učinka kao kod slike 1, a istodobno i kao kod slike 2. — Nastati će dakle istovremeno jedno cirkulatorno i jedno ravnopravno strujanje. Spoj ovih dvaju raznih strujanja imati će svakako svoje posljedice, a koje su — evo da to promotrimo na slici 3. — Najbolje će biti, ako se umislimo sliku 1 prenesenu nad sliku 2, tako da presjeci valjka skupa padaju.



Slika 3.

Iz slike jasno razabiremo, da na gornjoj polo-

vini valjka, dakle nad pravcem $A - A$, cirkulatorno strujanje pada u glavnome u isti smjer kao i ravnopravno strujanje (vidi strjelice).

Ta će dva — u glavnome — istosmjerna strujanja, jedno drugo — izrazimo se tako — pomagati uništivši trenje između čestica vazduha i površine valjka, i nastati će kao posljedica toga jedno *ubrzano strujanje*. — Na donjoj polovini valjka, dakle ispod pravca $A - A$, cirkulatorno strujanje padati će — u glavnome — u protivni smjer nego li ravnopravno strujanje (vidi strjelice). Ta će dva strujanja jedno drugo usporavati povećavajući trenje između čestica vazduha i površine valjka, i nastati će kao posljedica toga jedno *usporeno strujanje*. —

Za one, kojima nijesu dovoljno poznati zakoni hidro-i aerodinamike, neka važi činjenica, da svako ubrzano strujanje prouzrokuje padanje tlaka (podtlak, označen sa znakom $-$), a svako usporeno strujanje prouzrokuje povećanje tlaka (nadtlak, označen sa znakom $+$).

Oni, kojima je poznata Bernoulli-jeva jednačba za štacijonarno strujanje tekućina, razumjeti će gornju činjenicu bez dalnjega sa obzirom na to, da se vazduh pri strujanju ponaša isto tako kao i tekućine:

$$t + \frac{c^2}{2} \gamma = konst.$$

t = tlak vazduha u kg/m^2 .

c = brzina strujanja u m/sek .

γ = specifična gustoća vazduha (približno 0,125)

Iz gornje jednačbe jasno proizlazi, da pri povećanju brzine mora padati tlak i obratno, ako će druga strana jednačbe da daje uvijek konstantnu vrijednost.

$$t + \frac{c^2}{2} \gamma = t_1 + \frac{c_1^2}{2} \gamma = \dots = konst.$$

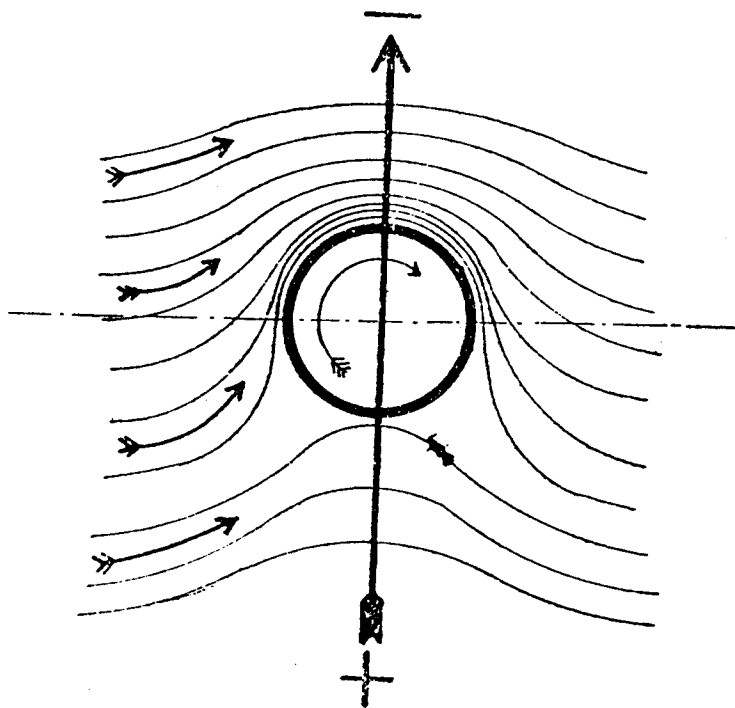
Gore smo utvrdili, da ćemo s gornje strane valjka postići ubrzano gibanje: dakle pojavit će se podtlak (—). — S donje pak strane postići ćemo usporeno gibanje: pojavit će se dakle nadtlak (+). — Sad dakle kad bez dvojbe znamo, da će nastati s jedne strane valjka podtlak, a s druge strane nadtlak (a eto znamo i zašto će nastati), onda ćemo i lako uvidjeti, da ova dva različita tlaka, koje dijeli kao neki zid naš valjak, nastoje za izjednačenjem sve dok se potpuno ne uravnoteže. — To nastojanje uravnoteženja rađa jednu silu, koja je upravljena od strane nadtlaka (jer jači!) put strane podtlaka (jer slabiji!), pak će ta sila i vršiti svoj neodoljivi pritisak na onaj predmet (u našem slučaju valjak, rotor), koji se bude među njima nalazio. — Pojava, rađanje, nastajanje te sile, usljed opisanih okolnosti, označeno je izrazom: Magnusov efekt.

Kako dakle razabiremo koli iz opisa toli iz slikâ, ta poprečna sila djeluje od prilike okomito na smjer ravnopravnog strujanja vazduha.

Sad će nam biti već shvatljivo, zašto će rotirajuće tane, kad bude padalo kroz vazduh, kad ga dakle bude vazduh s donje strane bio, morati da odstupi ili na desno ili na lijevo, prama tomu kako tane rotira, u jednome ili u drugome smjeru. — A bit će nam i shvatljivo, zašto i u kom smjeru će biti gonjen brod, koji mjesto jedara ima 2 ili više rotirajućih valjaka, na koje vjetar šiba.

Nego, prije nego li završimo sa tumačem Magnusova efekta, još ćemo spomenuti, da naša posljedna slika nije baš sasvim tačna. — Mi smo je samo za prvi čas tako nacrtali, dok se u stvar uputimo, boljeg i lakšeg shvatanja radi, a sad

ćemo tek da pikažemo, kako će se naše struje vazduha oko rotirajućeg valjka — kako to teorija predpostavlja — razdijeliti.



Slika 4

Iz slike razabiremo, da će s jedne strane, sa strane podtlaka, strujati mnogo više prāmova vazduha, nego li sa druge strane, sa strane nadtlaka. Razlozi su tome, što će rotirajuće ćestice vazduha zahvatiti u svome sukobu po nekoliko prāmova ravnopravno strujećeg vazduha, ter će ih sa sobom prebaciti na drugu stranu, a zatim što na strani podtlaka vlada ubrženno strujanje, koje prouzrokuje — da se netaćno izrazimo — jedan vakuum, jednu prazninu, a ova praznina ima nastojanje, da se ćim prije ispuni okolišnjim vazduhom većega tlaka, pak time privlaći u sebe po nekoliko prāmova ravnopravno strujećeg vazduha, koji bi inaće prošli s druge strane valjka.

U prikljućku na gornji tumać još ćemo kao

zaključak da spomenemo teoriju o tako zvanom „graničnom sloju“ profesora Pradtla sa Göttingenske univerze.

Prandtlova teorija kaže, da se uz površinu jednoga predmeta (u našem slučaju valjka, rotora) preko kojega struji neko kapljevito ili plinovito sredstvo, pojedine čestice ovoga sredstva, koje su u doticaju i neposrednoj blizini ove površine usljed trenja u svom strujanju uspore, praveći na taj način ko neku vrst oklopa koji raste oko predmeta. To rašćenje proizlazi otale, što se na prvim usporenim česticama usporavaju i dalnje susjedne čestice. Nego rašćenje tog graničnog sloja ima naravno jednu stalnu granicu od samo nekoliko milimetra jakosti i usporene čestice moraju da napokon traže neki izlaz iz svoje situacije. To prouzrokuje zaokretanje usporenih čestica graničnog sloja, koje dospiju u vrtlog, a ovaj se očituje u obliku — vira! Dosegavši nastali vir neku stalnu veličinu, odcijepi se od površine predmeta, na kojoj je kao nekom nevidljivom vezom bio pridržavan.¹ — Postanak, rašćenje i odcijepljivanje ovog po-graničnog sloja, dotično iz njeg nastalog vira, apsorbira sile, jer znamo da svako nastalo gibanje ima svoj uzrok u utrošku neke radne energije; ono uništava idealno potencialno strujanje i ne dopušta već nam dobro poznatoj poprečnoj sili, da dođe do potpunog izražaja i onda kad bi mi, na bilo koji drugi način, izazvali njezino stvaranje posredstvom uspostave podtlaka i nadtlaka. — Naše nastojanje mora biti s toga upravljeno na održanje potencijalnog strujanja, koje ne poznaje ni trenja ni virova, i na odstranjenje do-

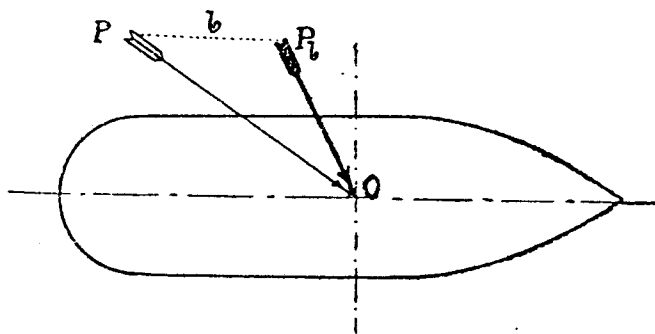
¹ Najjasniju sliku opisanoga vidio je svaki onaj, koji je imao prigode da pri veslanju promatra pojave gibanja mirne vode oko vesla, koje se u vodi pomiče.

tično reduciranje graničnog sloja. Na žalost, to će nam biti samo u nekim granicama moguće, a postići ćemo u našem slučaju putem rotacije površine rotora na kojoj se pojavljuje granični sloj. Naravno, da će nam uspjeti uništiti, dotično reducirati granični sloj samo s one strane rotora s koje bude padalo rotaciono gibanje — u glavnome — u isti smjer kao i ravnopravno strujanje vazduha (vidi sliku 3) dok će s druge strane taj sloj još brže i jače narasti i odcijepljenje se nastalog vira prije pojaviti promijenivši i svoju tačku odcijepljenja, Odcijepljenje se pojavljuje neposredno iza tačke na kojoj brzina (razumi podtlak!) prelazi u nadtlak (razumi usporenje!)

II. Jedrenje.

Prije nego li pređemo na razmatranje učinka vjetra na Flettnerove brodske rotore, mislim da će biti uputno da razmotrimo teoretsko rasčinjavanje vjetra i proračun one njegove komponente, koja uopće kod jedrenja pomoću običnog platnenog jedra, u određenome slučaju, dolazi u obzir za pogon broda.

Pri promatranju učinka vjetra na jednu pomičnu plohu, dakle u našem slučaju na obično platneno jedro, treba uočiti činjenicu, da će se jakost vjetra a i njegov smjer, usljed pokretanja plohe, relativno promijeniti, ter ćemo u takovome slučaju morati da računamo ne sa *pravim* vjetrom i po jakosti i po smjeru, nego sa onim vjetrom koji će i u jakosti i u smjeru rezultirati iz pravoga vjetra i iz gibanja jedra. Taj ćemo vjetar nazivati i po jakosti i po smjeru: *prividni vjetar*.

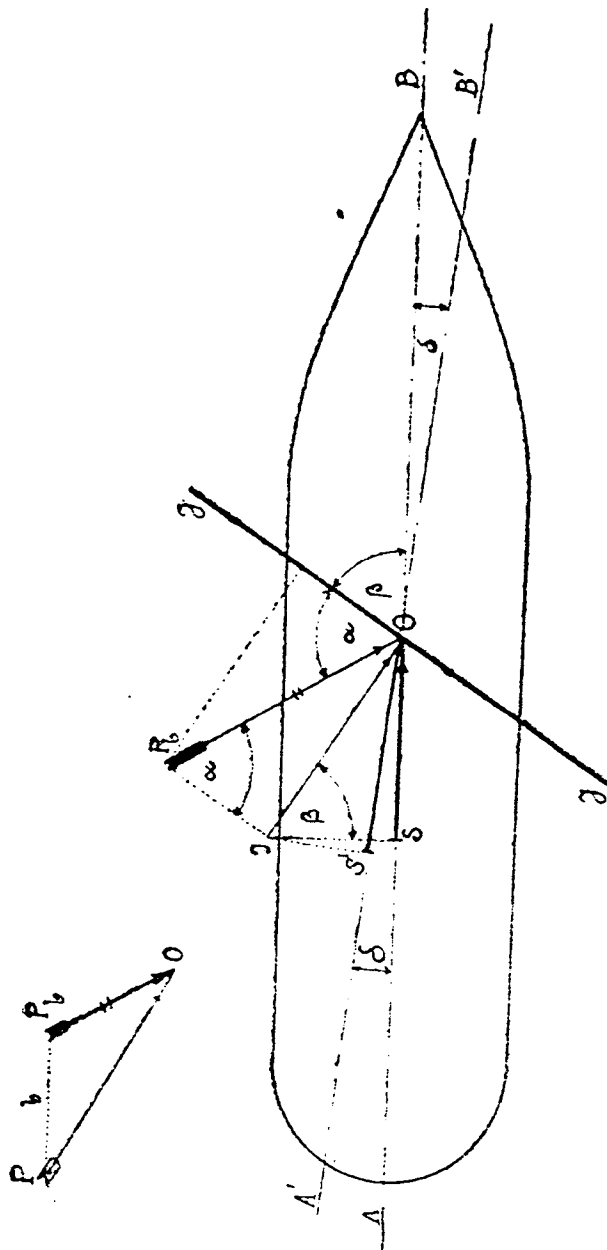


Slika 5.

$P O =$ pravi vjetar.

$P_b O$ = prividni vjetar.
 $P P_b = b$ = brzina broda.

Za one, koji nemaju dovoljno predznanja iz trigonometrije, kazati ćemo — a oni nek uzmu to kao činjenicu — da će jedro najbolje iskoristiti silu, koja leži u vjetru onda, ako ga tako.



Slika 6.

postavimo, da nam ono raspolavlja kut, kojega zatvara smjer vožnje sa smjerom prividnog vjetra.

Predpostavimo nek prividni vjetar i po smjeru i po jakosti bude predstavljen u slici 6. sa pravcem $P_b O$.

Od čitave sile vjetra $P_b O$, dolazi u obzir samo komponenta, koja je okomita na jedro, a to je JO , dočim druga komponenta $P_b J$ pada paralelno uz plohu jedra i prouzrokuje uz neznafno trenje, pravljenje virova — u glavnome — na rubovima jedra

Od spomenute komponente JO , dolazi nadalje i opeta samo jedan dio nje u obzir za pokretanje broda napred, a to je podkomponenta (nazovimo je tako!) SO , jer baš jedino ona pada u smjer vožnje broda. Druga podkomponenta JS prouzrokuje s jedne strane odstupanje broda iz smjera njegove vožnje, a s druge strane nagnuće broda i to s toga, jer pada baš okomito na brod. Usljed ove posljednje podkomponente, brod će biti prisiljen, da u istinu ne plovi svojim idealnim smjerom, već jednim novim smjerom, koji će padati — od prilike — u pravac $A'B'$ i biti prama idealnom smjeru $A-B$ nagnut za kut δ . Kod dobro konstruiranih jedrenjaka, taj kut odstupanja ne bi smio da iznaša više od 10° .

Mi dolazimo dakle do konačnog zaključka, da od čitave sile $P_b O$ raspolozive u prividnom vjetru, dolazi u obzir za pogon broda napred samo jedan dio iste, to jest podkomponenta SO , koja pada u smjer vožnje, dotično podkomponenta $S'O$, ako uzmemo u obzir i odstupanje broda pod kutom δ .

Podkomponenta JS , dotično JS' , koja prouzrokuje postranično odstupanje i nagnuće broda, može se tako uravnotežiti, da se pomoću kormila brod za isti kut δ stalno na protivnu stranu okreće.

Bez daljnega je jasno, da će jedan jedini položaj jedra za neki stalni smjer vjetra i stalni smjer vožnje, biti najpovoljniji i da će omogućiti

najbolje iskorišćenje sile vjetra. — Taj položaj pogoditi će sa više ili manje tačnosti svaki pomorac po iskustvu i osjećaju. — Nego taj se najpovoljniji položaj dade tačno matematski da odredi i njegova opstojnost dokaže.

Neka bude:

$\alpha =$ kut, kojega zatvara jedro sa smjerom prividnog vjetra.

$\beta =$ kut, kojega zatvara jedro sa idealnim smjerom vožnje.

$A - B =$ idealni smjer vožnje

$J - J =$ položaj jedra.

Proračun ćemo pojednostavniti tako, da ne ćemo uzimati u obzir kut odstupanja δ , jer je ovaj od sporednoga značenja. —

Iz slike 6 proizlazi, da je:

$$SO = JO \cdot \sin \beta$$

nadalje:

$$JO = P_b O \cdot \sin \alpha$$

kroz substituciju:

$$SO = P_b O \cdot \sin \alpha \cdot \sin \beta.$$

Iz odnošaja trigonometričkih funkcija dvaju kutova slijedi:

$$\cos (\alpha \pm \beta) = \cos \alpha \cdot \cos \beta \mp \sin \alpha \cdot \sin \beta$$

dakle:

$$\sin \alpha \cdot \sin \beta = \cos (\alpha - \beta) - \cos \alpha \cdot \cos \beta$$

ili;

$$\cos \alpha \cdot \cos \beta = \cos (\alpha + \beta) - \sin \alpha \cdot \sin \beta$$

substituirano:

$$\sin \alpha \cdot \sin \beta = \cos (\alpha - \beta) - \cos (\alpha + \beta) -$$

$$- \sin \alpha \cdot \sin \beta$$

onda je:

$$2 \cdot \sin \alpha \cdot \sin \beta = \cos (\alpha - \beta) - \cos (\alpha + \beta)$$

svedeno na:

$$\sin \alpha \cdot \sin \beta = \frac{1}{2} [\cos (\alpha - \beta) - \cos (\alpha + \beta)]$$

konačna substitucija daje:

$$S O = P_b O \frac{1}{2} [\cos (\alpha - \beta) - \cos (\alpha + \beta)]$$

Ova jednačba će dobiti svoju maksimalnu vrijednost, kad izraz iz uglate zaporke $\cos (\alpha - \beta)$ postigne svoju maksimalnu pozitivnu vrijednost. Pošto je pak maksimalna pozitivna vrijednost jedne trigonometrične funkcije $+1$, to moramo da i izraz $\cos (\alpha - \beta)$ svedemo na vrijednost $+1$. — Znajući pak, da je $\cos 0 = +1$, moramo omogućiti da i $(\alpha - \beta) = 0$ postane. Da to omogućimo, moramo uzeti da bude

$$\underline{\underline{\alpha = \beta}}$$

u kom slučaju će $\cos (\alpha - \beta)$ postati $\cos 0$, a jer je $\cos 0 = +1$, to smo time postigli najveću pozitivnu vrijednost, to jest $+1$.

Slijedi dakle zaključak, da će komponenta sile vjetra $S O$, koja jedina dolazi u obzir za pogon broda u mjeru njegova cilja postići svoju maksimalnu vrijednost, za slučaj, kad kut α bude jednak kutu β , to jest kad jedro bude tačno raspolavljalo kut kojega zatvara smjer prividnog vjetra sa idealnim smjerom vožnje. —

III. Flettnerov rotorni brod.

Flettner.

Njemački inženjer Flettner, sada direktor instituta za aero- i hidrodinamiku u Amsterdamu, umio je — sretnim slučajem do toga doveden — da poprečnu silu, koju je njegov zemljak Magnus konstatirao i prvi obrazložio, praktično u pogonu broda primjeni.

Rekoh gore sretnim slučajem, jer Flettner nije u početku na Magnusov efekat i na rotore ni pomišljao, već se je najprije bavio i konstruisao tako zvano „strujom pokretano kormilo“. — Od njega je prešao na pokuse vožnje sa metalnim jedrom, sličnom krilu zračnog lijetala, dok nije kroz svoje daljnje bavljenje i proučavanje bio upozoren i na skoro već zaboravljeni Magnusov efekat, koji se u to doba ponovno i neovisno o Flettneru proučavao, vršenjem novih pokusa u aerodinamičnom pokusnom institutu Univerze Göttingen. — Proučivši njega, došao je prvi na misao i uvjerenje, da bi se ovaj dao praktično i korisno u brodarstvu primijeniti. Najavio je u tom smislu svoj patent i združio se sa pokusnim institutom u Göttingenu, uz čiju je pripomoć nastavio svoje pokuse u primjeni Magnusova efekta na brodski pogon. Obodren uspjesima postignutim na modelima, preudesio je jedrenjak „Buckau“ u rotorni brod, kojega mu je metnulo na raspola-

ganje „Germania“ brodogradilište, i s kojim je već izveo više uspješnih putovanja.

Prije nego li predamo na opis prvog rotor-nog broda „Buckau“, razjasniti ćemo temeljnu ideju na kojoj počiva učinak gorespomenutog, po Flettneru izumljenog i konstruisanoga „strujom pokretanog kormila“, koje je već našlo praktičnu primjenu i u aeronautici i u brodarstvu.

Strujom pokretano kormilo.

Svakome je poznato, da je za okretanje broda potrebno kormilo, koje se kod velikih brodova mora sa više ili manje jakim mašinama pokretati, radi njegovih ogromnih i teških dimenzija.

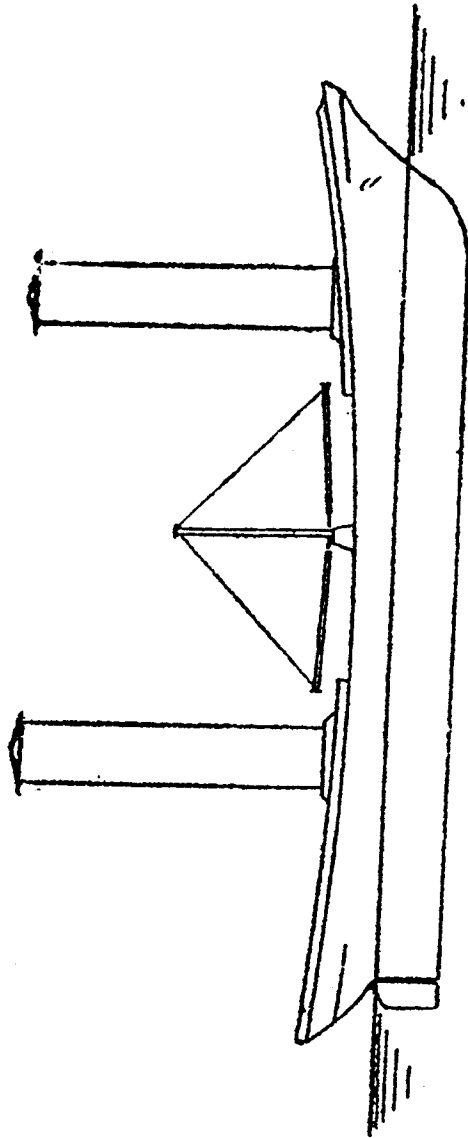
Flettner je došao do oštroomnoga zaključka: ako jedno razmjerno malo kormilo, može da zaokreće na temelju poznatog učinka okretnog momenta, jedan veliki brod, zašto ne bi moglo da jedno još manje kormilo zaokreće naše prvo, normalno kormilo, a ovo tek sada brod? — Svrha i korist toga bila bi ta, što bi otpale jake mašine, potrebne za okretanje normalnog kormila, jer bi se cno maljušno kormilo postavljeno na kraju glavnoga kormila dalo i slabim silama ili i samom rukom, pomoću užeta vrlo lako okrećati.

Metalno jedro.

Sa metalnim jedrom, koje je također bilo na gornjem principu „strujom pokretanog kormila“ pokretano, postigao je Flettner također bolje rezultate u iskorišćenju sile vjetra obzirom na podi nadtlak, nego li sa običnim, platnenim jedrom. — Ali se uz tu djelomičnu prednost, pokazale i ostale loše strane metalnog jedra, a međuto je Flettner došao i na misao iskorišćenja Magnusova efekta, što je bilo povodom, da su daljnji pokusi i proučavanja metalnog jedra morali ustupiti mjesto rotorima.

Prvi rotorni brod „Buckau“.

Pokusna vožnja rotornog broda „Buckau“ pregrađena iz prijašnjeg jedrenjaka, vršila se je na 7. novembra 1924. godine.



Slika 7.

Dimenzije „Buckau“. Dužina među pernpedikelima: 45 m, širina glavnog rebra: 8·996 m, visina po strani: 4·10 m., Displacement, krcat: oko 900 tona.

Postignuta brzina iznosila je nešto preko 8 morskih milja na sat. (Jedna mnrška milja iznaša

približno 1853 m). Vjetar je duvao u pravcu, koji zatvara sa okomicom na smjer vožnje kut od 11° put krme. Brzina vjetra bila je 9 m/sek odgovarajući stepenu jakosti 5 po Beaufortu, koja gradacija je primljena na međunarodnoj meteorološkoj konferenciji 1913 godine. Vjetar toga stepena jakosti označuje se kao živahni vjetar. Stepenu jakosti vjetra 5 odgovara također 5-ti stepen jakosti valova; za more se u tome slučaju kaže: prilično surovo, a visina valova iznaša do 4 m. Pod takovim vremenskim okolnostima vršila se je dakle pokusna vožnja „Buckau“-a.

Utrošak sile za vrtnju svakog rotora iznašao je cirka 10 KS, a rotori su se okretali sa 120 okretaja u minuti. — Dimenzije rotora: Promjer 2·8 m, visina: 15·60 m. Prema tomu ploština presjeka obajuh rotora iznosi $87\cdot36\text{ m}^2$, dok je ploština prijašnjih platnenih jedara iznašala 880 m^2 ; dakle skoro tačno 10 puta više. — Rotori sastoje od šupljih valjaka iz čeličnoga lima debljine 1 mm. Valjci su u nutrašnjosti ojačani sa podužnim i poprečnim šipkama i položeni svaki u 2 ležaja.

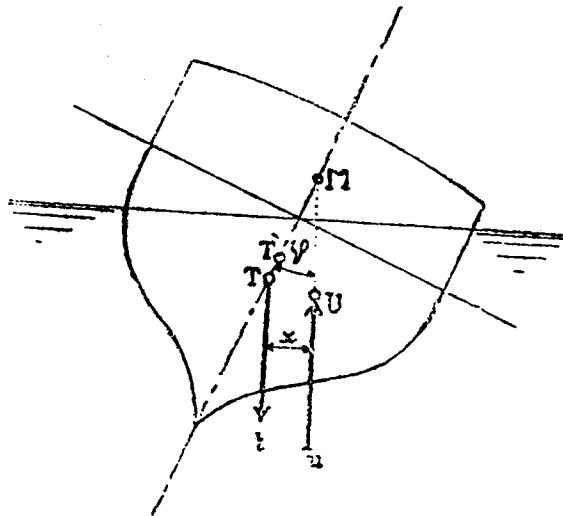
Postignuta brzina od cirka 8 morskih milja na sat, odgovara od prilike istoj brzini, koju bi postigao „Buckau“ sa platnenim jedrom od 880 m^2 ploštine pri istim vremenskim okolnostima. — Učinak je dakle rotorâ prema platnenim jedrima istoga oplošja od prilike — razmjerno — deseterostruk. Za vrtnju rotora upotrebijena su dva povratna elektromotora za sporedni priključak istosmjerne struje, svaki od 11 K W jakosti, 220 volta napetosti i 750 okretaja u minuti. — Vrtnja rotora je smanjena preko prenosnog pogona u omjeru 1 : 6. — Za izvor struje služi jedan Dieslov motor na 2 cilindra, fabrikata Germania-brodogradilišta od 45 KS jakosti. — Usporedbe radi primjetit ćemo, da bi jedan motor od 45 KS jakosti,

mogao u pogonu preko propelera podati brodu dimenzija „Buckau“, brzinu od 3—4 morske milje na sat.

Možda je netko i sam opazio iz slike 7 da rotori imaju s gornje strane kao neku kapu, čiji je promjer veći od promjera rotora. — Te kape su stoga predviđene, da spriječe brzo prelijevanje vazduha sa strane nadtlaka na stranu podtlaka, usljed čega bi se na rubovima smanjio učinak poprečne sile, kako su to potvrdili stručni pokusi izvedeni u pokusnom zavodu Göttingen.

Stabiliteta.

Što se tiče stabilite broda, pri uporabi rotora mjesto običnih platnenih jedara, to treba istaknuti, da ova u tom slučaju raste. — Razlog je tomu taj, što je težina rotorâ naprama težini prijašnje take- laže (kompletnih jarbolâ jedara, konopa itd.) mno- go manja, a i visina je rotora mnogo niža. — Tako na primjer, iznašala je takelaža „Buckau“ prije pre- gradnje cirka 35 tona, a imala je sveukupnu visinu od 28 metara. Iza pregradnje imali su rotori cirka 7 tona težine i samo 15.60 m visine.



Slika 8

Na taj se je način spustilo zajedničko težište broda (uzeto sa takelažom, dotično rotorima) a sa spuštanjem ovoga spojeno je povećanje metacentričke visine, koja je odlučna za stabilitetu broda: čim je veća metacentrička visina, tim je veća ručica momenta, koji brod uspravlja, dakle veći i čitav moment, po tom veća i stabiliteta.

Nek označuje:

M = metacentar.

T = težište kompletnog broda sa rotorima.

T' = težište kompletnog broda bez rotora ali sa normalnom takelažom.

t = težina kompletnog broda

U = težište istisnute vode (ovisno o podvodnoj formi broda)

$M - T$ = metacentrička visina

φ = kut nagnuća broda

x = ručica Momenta

u = uzgon (jednak težini kompletnog broda t).

Sila, koja brod za slučaj nagnuća uspravlja oko njegova težišta T , jest uzgon u , koji djeluje u udaljenosti x od težišta T .

Sila u i ručica x podaju jedan Moment, veličina kojega služi kao mjerilo početne stabilite jednoga broda za sasvim mala nagnuća. Taj se Moment zove: Moment stabiliteta, a on je jednak:

$$M_{st} = u \cdot x$$

nadalje:

$$x = M - T \cdot \sin \varphi$$

substituirano:

$$M_{st} = u \cdot M - T \cdot \sin \varphi$$

iz čega proizlazi jasni dokaz, da će M_{st} (Moment stabiliteta) rasti kako raste i $M - T$ (metacentrička visina).

Nego, kroz primjenu rotora u brodarstvu, može se povećati stabiliteta jednoga jedrenjaka, kad ro-

tori zamjene jedra. Ugrade li se ali rotor na jedan parni ili motorni brod, kao pomoćni ili isto tako važni izvor pogona za slučaj povoljnih vjetrova, onda će stabilitet takovog broda pasti, jer će se usljed ugradenja rotorâ povisiti zajedničko težište broda, a time metacentrička visina prikratiti.

Ovo je stoga posebno naglašeno, jer se je u stranoj štampi do sad samo govorilo o povećavanju stabiliteta kod jedrenjača, dočim se je prelazilo preko činjenice o padanju stabiliteta pri ugradnji rotora kod parnih ili motornih brodova.

Velicina tlaka na rotore.

Pri vršenim pokusima na modelima, a i pri prvoj vožnji „Buckau“, pokazalo se je, da je djelovanje poprečne sile iz Magnusova efekta na rotore — kako već prije spomenusmo — od prilike deset puta veće, nego li učinak istoga vjetra na obično platneno jedro iste površine kao i površina presjeka rotorâ, koji se na brodu nalaze. To znači: upotrebimo li rotore, čiji je presjek za 10 puta manji od oplošja normalnih platnenih jedara, oni će postignuti isti učinak kao i ovi; ili: ako je presjek rotora jednak oplošju platnenog jedra, onda je učinak rotora deseterostruk. — Apsolutno iskorišćenje rotora je dakle u svakome slučaju približno deset puta veće, nego li iskorišćenje platnenih jedara.

Nego, iz tehničkih razloga, a i radi stabilitete, nije moguće rotore u tako velikim dimenzijama na brod ugraditi, ada njihov presjek bude odgovarao ploštini normalnog jedra, pak ćemo se morati zadovoljiti sa izvedbama od cirka $\frac{1}{10}$ oplošja normalnog, platnenog jedra. — Čitava dobit će biti pri tome ta, što ćemo rotorima mnogo lakše brže i jednostavnije manevrisati i što će se posada za poslugu rotora svesti na jedan minimum.

Ovisnost između brodskog otpora i pogonskog tlaka na rotore.

Do sada smo već više puta spomenuli izraz o deseterostruko boljem iskorišćenju sile vjetra Flettnerovih rotora naprama običnome, platnenoj jedru. Možda ovaj izraz, koji u hidro-i aerodinamici ima sasvim posebno značenje, neće svak u pravome svome smislu shvatiti, pak hajde da tu ovisnost među brodskim otporom i pogonskim tlakom, malo tačnija razmotrimo, tim više što slijedeće razmatranje i dokazi vrijede i za brodove u pogonu sa običnim jedrom ili preko propelera, ter će, mislim, čitaoci sigurno sa osobitim zanimanjem pratiti ovo razlaganje.

Predpostavimo nemogući slučaj, da netko ugrabi na brod rotore, koji će imati istu površinu u presjeku kao i prijašnje, normalno, platneno jedro, ili slučaj, da ta površina bude bar jednaka polovini platnenog jedra. — Pak znači li to, da će brod usljed dokazanog deseterojstrukog iskorišćenja sile vjetra i deset puta — u prvom slučaju — dotično pet puta — u drugome slučaju — brže ploviti? — Ne! — Možda bi u prvom slučaju brod postigao tek nešto preko dva puta veću brzinu, a u drugome slučaju tek oko jedan puta i pol veću brzinu. Evo razloga:

Pomicanju broda napred odupire se otpor sredstva u kome on pliva (mora ili vode). — Otpor zraka na brodski trup i ostalu gradnju iznad vode, nećemo pri tom uzimati u obzir, jer je ovaj u razmjeru prema otporu tekućine neznatan.

Ako brod u vodi miruje, otpor ove je jednak nuli, a djeluje samo uzgon, koji je jednak sveukupnoj težini broda, i čini da ovaj pliva. — Čim se brod u jednome smjeru makne, pojavit će se neki stalni otpor, koji je upravljen protivno smjeru

gibanja broda. Taj otpor se vidno očituje u pravljenju valova i virova. Valovi i virovi znače neko kretanje, a svako kretanje ima — kako već prije jednom spomenusmo — izvor u utrošku neke radne energije. — Mislím da već sada zdravim razumom, na temelju ovog jednostavnog razmatranja, uvidamo, da jedan dio radne energije, koju proizvada mašina u brodu, dotično tlak vjetra na jedra ili rotore, ide izgubljen u otpor, a tek preostali dio energije mašine odnosno tlaka pretvara se u brzinu broda!

Mi dakle utrošak radne energije — tako rekući — vidimo u nastalim valovima i virovima, i čim su veći ovi time je i veći utrošak energije za njihovo proizvodanje, a ovi će biti tim veći čim je veća brzina broda, što iz iskustva već znamo! Eto dakle: od sile naše jake brodske mašine, našeg ogromnog tlaka vjetra, poždere jedan veliki dio otpor! — I za to je nastojanje svakog broskog konstruktera u prvom redu na to upereno, da čim više smanji otpor broda i time poveća njegov ubrzinu. — Kad bi nam bilo moguće, da otpor svedemo nulu, na onda bi čitava energija mašine dotično tlaka preostala za brzinu broda!

Dakle, kako rekosmo, čim je veća brzina, tim je veći i otpor, ali ne u istome razmjeru, nego u razmjeru druge potence rašćenja brzine.

Neka opeta bude:

$O = \text{otpor}$

$\xi = \text{jedna konstanta}$

$\otimes = \text{ploština presjeka broda u glavnome rebru}$

$c = \text{brzina broda u m/sek.}$

Onda je:

$$O = \xi \cdot \otimes \cdot c^2 \dots \dots \dots \text{u kg.}$$

ξ i \otimes jesu konstantne veličine za jedan ter isti brod, a to znači onda iz gornje jednačbe, da otpor O raste, dolično pada samo sa drugom potencom brzine broda.

Da svladamo otpor, moramo — nažalost! — utrošiti jednu radnju. Tu radnju označenu sa konjskim silama (KS) vrši mašina ili motor, dotično tlak vjetra na jedro ili rotor. Ona je jednaka umnošku iz otpora sa brzinom vožnje broda:

$$R = O \cdot c = \xi \cdot \otimes \cdot c^2 \cdot c = \\ = \xi \cdot \otimes \cdot c^3 \dots \text{ u m kg/sek.}$$

R = radnja.

Pošto je KS (konjska sila) najuobičajenija tehnička jedinica za mjerenje učinka jedne radnje, to ćemo i gornju radnju izraziti stručno sa KS i to znajući da 1 KS ima 75 m kg/sek, podijeliti ćemo gornju jednačbu za radnju sa 75 i dobiti efektivne konjske sile

$$KS_e = \frac{R}{75} = \frac{\xi \cdot \otimes \cdot c^3}{75}$$

KS_e = efektivne konjske sile, odgovaraju učinku na propeleru.

KS_i = indicirane konjske sile, odgovaraju učinku u mašini.

$m > 1$ (čitaj: m veći od 1).

Onda je:

$$KS_e = \frac{KS_i}{m}$$

ili:

$$KS_i = KS_e \cdot m = \frac{\xi \cdot \otimes \cdot c^3}{75} m$$

Označimo nadalje sve konstantne veličine kao jednu i to:

$$\frac{m \cdot \xi}{75} = \frac{1}{C}$$

onda imamo, da je:

$$KS_i = \frac{\otimes \cdot c^3}{C}$$

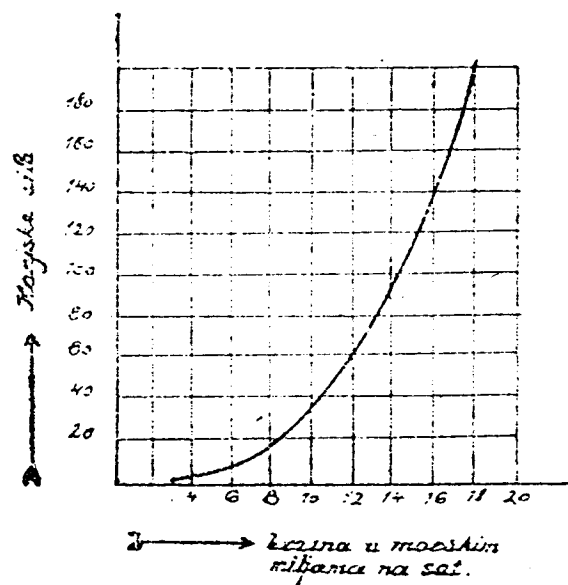
Pošto je pak i $\frac{\otimes}{C}$ kod jednog ter istog broda

uvijek konstantan, jer se ne mijenja, to proizlazi iz jednačbe zaključak da:

Množina konjskih sila potrebnih za pogon broda, raste sa trećom potencom brzine.

Mi ćemo to konačno ovako jednostavno kazati: da postignemo samo i malo povećanje brzine broda, trebamo vrlo veliko povećanje pogonske sile.

Diagram u slici 9 prikazuje ovisnost porasta pogonske sile u KS o brzini broda u morskim miljama na sat, za jedan izvedeni motorni čamac.



Slika 9.

ovdje ali sada samo komponenta, ter ćemo ju takovom i nazivati.

Mi smo već pokazali, da će tlak, koji rezultira iz Magnusova efekta djelovati od prilike okomito na smjer vjetra, kako se to iz slike 10. razabire.

Nek označuje:

$P_b O$ = smjer prividnog vjetra.

$P O$ = poprečna sila iz Magnusova efekta.

$P'O$ = komponenta, koja brod tjera u smjeru njegova cilja.

Onda je:

$$P'O = PO \cdot \cos \alpha$$

α = kut između smjera vožnje i poprečne sile.

Komponenta $P P'$ prouzrokovati će samo odstupanje broda iz njegova idealnog smjera vožnje, što ćemo moći da izjednačimo pomoću kormila.

Veličina komponente odstupanja:

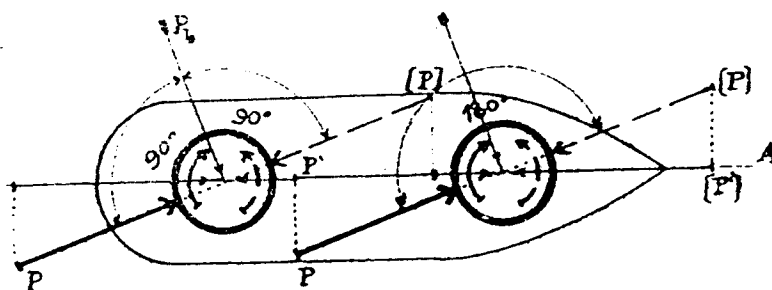
$$P P' = P O \cdot \sin \alpha$$

Iz slike se daje dobro razabrati, da će rotori biti najpovoljnije iskorišćeni, kad vjetar bude od prilike okomito na smjer vožnje duvao, kad dakle bude s boka dolazio. — Flettner je na temelju pokusa ustanovio, da zaokrenuće poprečne sile iz smjera vjetra iznaša poprečno 90° , ali da je moguće sa mijenjanjem broja okretaja povećati ili umanjiti to zaokrenuće. Za naše daljnje razmatranje, radi pojednostavljenja, pretpostavit ćemo da je tlak iz Magnusova efekta tačno okomit na smjer duvanja vjetra, ter nećemo uzimati u obzir ni silu rotorova otpora u zraku, što bi podalo jednu konačnu rezultantu, koja u istinu, ne bi baš okomito padala na smjer duvanja.

Uzmimo sve okolnosti, kako slika 11. to prikazuje; nek brod jedri pomoću rotorâ u cilju

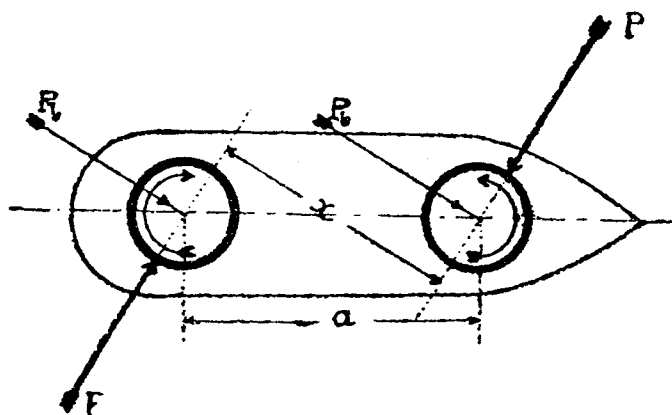
prama A i to usljed smjera rotacije označena punom strijelicom.

Što će nastati, ako mi jednim mahom — što je bez daljnega moguće — promijenimo smjer rotacije, kako to označuje crtkana strijelica? Naši će rotori u tome slučaju dobiti impuls u protivnome smjeru, kako to pokazuje crtkana sila $[P]$. — Što je pak uzrokom da će poprečna sila promijeniti svoj smjer djelovanja tačno za 180° , znamo već iz tumača Magnusova efekta: usljed promi-



Sl. 11.

jenjenog smjera rotacije, promijenila se strana podtlaka u stranu nadtlaka i obratno, pak se je posljedično i smjer tlaka morao promijeniti.



Slika 12.

Rotorni jedrenjak posleduje dakle tu mogućnost, da u bilo kojemu slučaju nužde ili oelje,

može časovito, putem reverziranja rotora, da u tačno protivnom pravcu sa krmom zajedri.

Želimo li pak brod okrenuti, onda ćemo samo jedan rotor reverzirati, tako da će samo ovaj dobiti obratni impuls, ter će biti moguće uslijed nastalog para sila, koje prouzrokuju okretni moment, da na mjestu sa najvećom brzinom brod okrećemo.

Veličina okretnog momenta jednaka je :

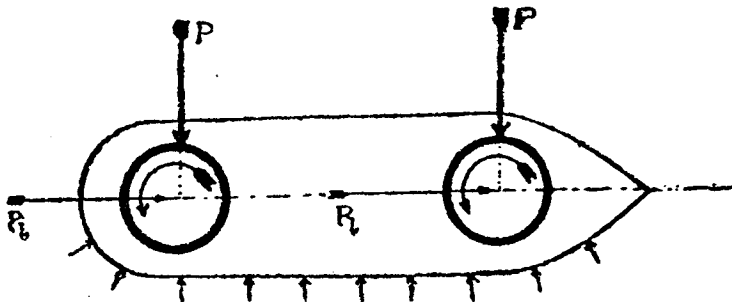
$$M = P \cdot x$$

za: $x = a$ $M = \text{maksimum}$

To znači :

Okretni moment postići će svoju najveću vrijednost, kad x postane jednak a , naime kad tlak poprečne sile bude okomit na spojnicu obaju rotora.

Slika 13 prikazuje nam slučaj kad prividni vjetar bude ravno s krme na rotore dolazio. Po-



Slika 13.

prečna sila će u tome slučaju padati upravo okomito na bok broda i siliti će ga samo na odstupanje, čemu će se opirati postranični otpor, dok će mu brzina u smjeru cilja spasti na nulu: on će morati da križari!

Ovisnost između brzine vjetra i obodne brzine rotora.

Veličina tlaka poprečne sile ovisna je o tom kojom brzinom duva vjetar i kojom se brzinom istodobno okreće vanjsko oplošje rotora. — Ovisna je dakle o omjeru brzine vjetra c spram obodnoj brzini rotora o .

Flettner izvješćuje, da je pri omjeru:

$$c : o = 1 : 1$$

dakle pri istoj brzini vjetra i obodnoj brzini rotora, postigao već nešto bolji učinak nego li pri običnom platnenom jedru (naravno iste površine!), dok je pri omjeru:

$$c : o = 1 : 3.5$$

učinak rotora prama jedru bio deseterostruk. — Istodobno veli, da je na temelju dosadanih pokusa konstantirao, da je to najpovoljniji omjer za maksimalno iskorišćenje tlaka.

Izdržljivost rotornog broda u nevremenu

Jedno od najvažnijih pitanja kod Flettnerova rotornog broda bilo je: kako će se ovaj držati u teškoj oluji, gdje nijesmo u stanju da rotore spustimo, kao što možemo i jedra da spuštamo? Izgleda, da je ovo najvažnije pitanje našto — bar u nekim granicama — i najinteresantnije rješenje. Evo:

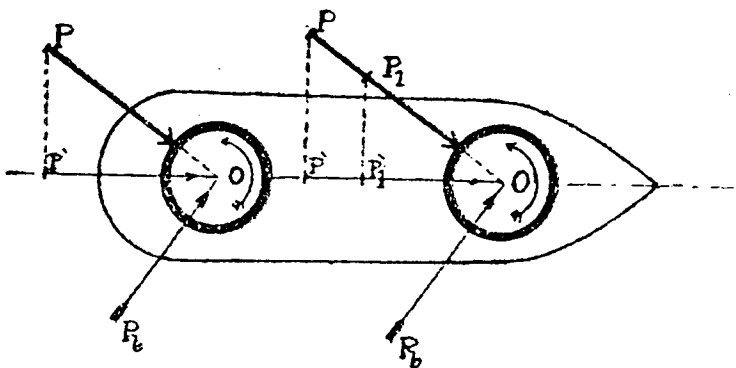
Nek za momentalne okolnosti pod kojima brod jedri bude najpovoljniji omjer $c : o = 1 : 3$.

Uzmimo sada, nek mi hotimice smanjimo brzinu okretanja rotora na polovinu; omjer će onda pasti na $c : o = 1 : 1.5$ i on je vrlo nepovoljan, što znači, da je tlak vrlo jako spao. Dakle pamtimo: pri istoj sili vjetra tlak je na rotore vrlo jako spao!

Nego, mi možemo i na još jedan drugi način doći do tog istog nepovoljnog omjera $c : o = 1 : 1.5$

i to tako, da brzina rotora ostane doduše konstantna, ali da se usljed oluje ili udaraca vjetra povisi brzina ovoga na dvostruko. I ovaj nas slučaj baš isključivo zanima! Mi ćemo pri nastupu ovakova slučaja iz povoljnog omjera 1:3 preći — tako rekuć — automatski u omjer 2:3, ili drukčije izraženo 1:1.5, i — gle čuda nečuvena! — mjesto da se tlak na rotore poveća i ove skrši ili brod preokrene, tlak će se samo — skoro — neosjetljivo povisiti! — Ne dajmo se smesti: tako je, to je i teorija i praksa već pokazala.

Hajdmo, da to u toku slijedećeg primjera razjasnimo:



Slika 14.

Brzina vjetra nek bude $c = 10$ m/sec, obodna brzina okretanja rotora $\omega = 30$ m/sec. Omjer je dakle 1:3 i to — uzмимо — najpovoljniji, potom i tlak najveći za ovaj slučaj. — Nek nastane sada nagli udarac vjetra sa brzinom od 20 m/sec, koji bi inače mogao biti vrlo pogibeljan za obični jedrenjak sa napetim jedrima. Što će se u tom slučaju dogoditi na rotorima našega broda? — Povoljni omjer od 10:30 ili 1:3 promjenit će se u

$$c : \omega = 20 : 30 = 2 : 3 = 1 : 1.5$$

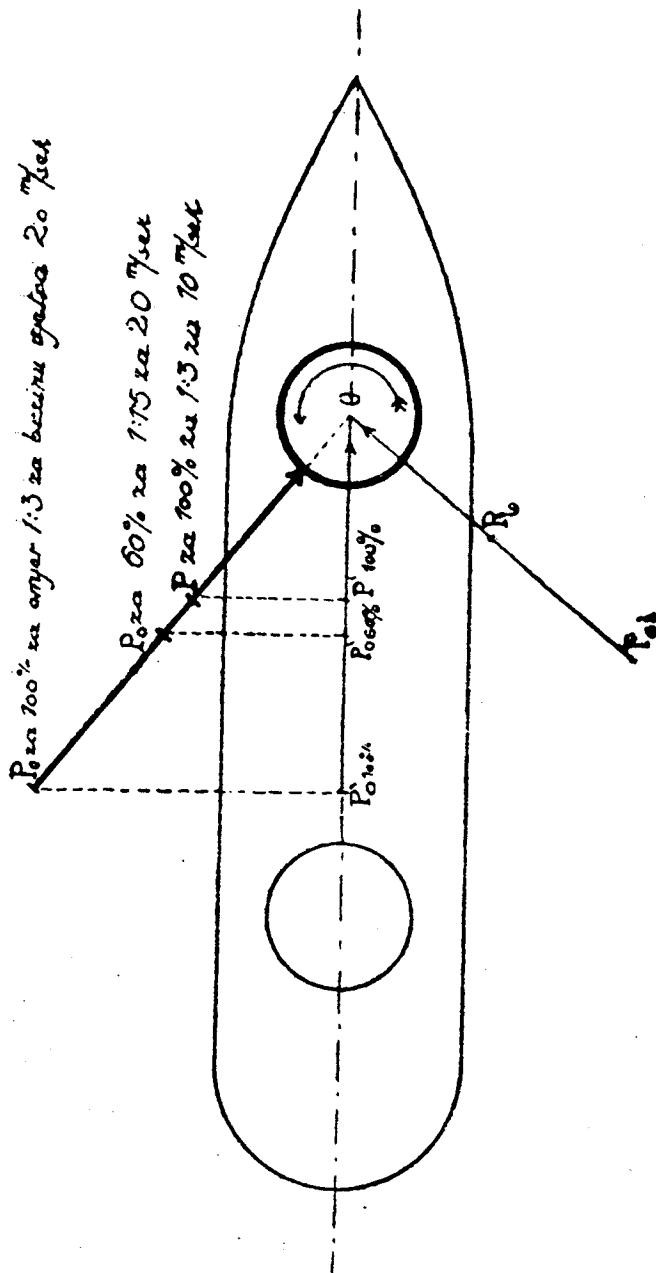
dakle u vrlo nepovoljan omjer!

Usljed ovog nepovoljnog omjera, spasti će prvašnji tlak P_0 na manji tlak $P_1 O$ (vidi sliku). Tražimo li sada komponentu od $P_1 O$, koja dolazi u obzir za pogon broda napred, naći ćemo je kao $P_1' O$, a komponentu koja će proizvesti odstupanje i nagnuće broda naći ćemo kao $P_1 P_1'$ i vidjeti ćemo, da su obje u ovom slučaju manje, nego li prije, dok je jakost vjetra bila manja (10 m/sec). — Nego, moramo i opeta evo primjetiti: nije ni ovo naše razlaganje a ni naša slika baš sasvim tačna, ali nam je i ona za čas dobro došla, da nas postepeno i na lagani način dovede na pravi put!

Mi smo naime gornje razlaganje izvodili ne računajući za čas činjenicom, da ćemo sad doduše imati lošije percentualno iskorišćenje sile vjetra nego li prije, ali će se ovo lošije iskorišćenje sada odnositi na mnogo jaču silu vjetra (20 m/sec!), tako da ovo lošije percentualno iskorišćenje vjetra brzine od 20 m/sec može a i hoće uistinu biti ipak veće, nego li prijašnje totalno iskorišćenje vjetra brzine od 10 m/sec! — Mi moramo dakle promatrati i rasčinjati ne više silu P_0 (slika 15), koja odgovara brzini vjetra od 10 m/sec ($P_b O$), nego silu $P_o O$, koja odgovara brzini vjetra od 20 m/sec. i to najprije za isti najpovoljniji omjer 1 : 3.

Nego, mi moramo računati i sa posljedicama, koje su vezane sa padanjem omjera na 1 : 1.5, pak — uzmimo — da će iskorišćenje pod ovim omjerom iznašati samo 60% od najpovoljnijeg iskorišćenja omjera 1 : 3. — Ako pratimo ovo razlaganje na našoj slici konstantirati ćemo, da su ovih 60% tlaka, koji potječu iz sile vjetra brzine 20 m/sec ipak jači nego li svih 100% tlaka sile vjetra brzine 10 m/sec. Po tom zaključujemo, da će tlak na rotore u ovakovome slučaju usljed nepovoljnog omjera samo relativno spasti, dočim će se on apsolutno povećati.

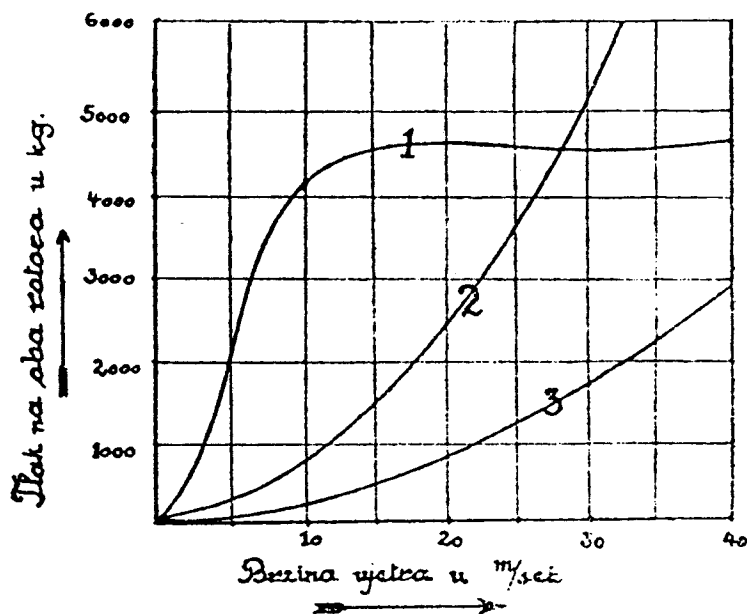
To povećanje biti će ali razmjerno vrlo maleno i ne će brodu biti ni malo pogibeljno, kako se je to već pokazalo i pri putovanjima „Buckau“ u teškoj oluji.



Slika 15.

Iz naše slike se razabire, da će se komponenta, koja dolazi u obzir za pogon broda napred povećati od $P'_{100\%}$ na $P'_{0.60\%}$, a komponenta, koja prouzrokuje odstupanje dotično nagnuće broda poskočiti će od $P_{100\%}$ na $P_{0.60\%}$.

Činjenica dakle, da je povećanje tlaka na rotore za slučaj oluje ili udaraca vjetra, pa došli oni i sasvim iznenada, razmjerno samo maleno, tako je važna, da ona u primjeni Flettnerovih rotora za pogon broda, zauzima jedno od prvih i



Slika 16.

najinteresantnijih mjesta. — Jer biti će po tome moguće — u nekim izvjesnim granicama — da se u vrlo teškom nevremenu, dapače i u orkanu bude moglo jedriti, pri čem će rotori usljed svoje konstante rotacije, automatski regulisati svoju sposobnost učinka, ter će oduzimati iz sile vjetra samo toliko tlaka, koji još uvijek neće ugroziti sigurnost broda protiv prekrenuću. — Naravno, da će ostale nuzpojave jednog nevremena (talasi i t. d.) kao i do sad nepovoljno djelovati na brod i ugrožavati njegovu stabilitetu. — Pak i za slučaj, da rotori usljed koje griješke na motoru u takovom nevremenu stanu, te budu bez okretanja izloženi udarcima teškog vjetra i onda će

njihov otpor biti mnogo manji, nego li sveukupni otpor smotanih jedara, konopâ i jarbolâ, tako da radi njih neće biti smanjena brodska stabiliteta.

Flettner je izradio diagram, koji je u slici 16 prikazan, a iz koga se razabire: Prama krivulji 1 tlak na vrteće se rotore pri prekoračenju brzine vjetra od cirka 15 m/sek., ostaje — do neke granice — skoro nepromijenjen! — Krivulja 2 označuje otpor normalne takelaže, u mirnom vazduhu ili protiv vjetru, a krivulja 3 otpor rotorâ. — Iz isporodbe ovih dviju zadnjih konstatiramo, da je otpor same takelaže mnogo veći, nego li otpor rotorâ!

Posada rotornog broda.

Jedna od dalnjih važnih činjenica jest ta, da za manevrisanje rotorima dostaje jedan jedini čovjek, koji sa svoga stajališta može da putem električne energije pokreće rotore u poželjenom smjeru i poželjenom brzinom. te tako brod sa sigurnošću vodi svome cilju, dotično njime manevriše.

Prijašnji su jedrenjaci bili zato tako jako potisnuti od parnih dotično motornih brodova, jer je sa porastom Displacement-a, koji je postajao preduvjet za povoljno iskorišćenje jednog broda, rastao i broj momčadi za poslugu ogromnih i bezbrojnih jedara, tako silno, da su veliki jedrenjaci kroz tu činjenicu postajali nerentabilni.

Primjena rotorâ na ostalim poljima pogonske tehnike.

Na temelju učinka rotorâ, potječućeg iz Magnusova efekta, koji nam sad već jasno stoji pred očima, moguća je upotreba ovih u svim onim slučajevima, u kojima dolazi u obzir ili apsolutno ili relativno strujanje jednoga sredstva (tekućeg

ili plinovitog). Dakle u aeronautici, u pogonu vjetrenjača, kod parnih i vodenih turbina, u brodskoj plovidbi (obzirom na strujanje zraka i strujanje vode!) i t. d.

Što se posebno aeronautike tiče, izgleda da ovdje nailazimo za sad na jednu odlučnu zapreku, jer kod zračnih lijetalâ važnije smanjenje otpora u smjeru lijeta napred, nego li povećanje samog uzgona. Kad bi naime mjesto običnih krila u obliku strujnih linija na jednome zračnome lijetalu postavili rotore, mogli bi postići veći uzgon, ali bi istodobno rotori prouzrokovali nerazmjerno veći otpor za strjeloviti lijet napred, dok opet u daljnjoj posljedici i sam uzgon može doći preko rotorâ do potpunog izraza jedino kroz veliku brzinu lijeta napred, koju ali rotori radi svog većeg otpora iz temelja isključuju.

U koliko će dakle primjena rotorâ u svim mogućim slučajevima biti moguća, korisna i praktična, treba da to još dokaže i stručno proučavanje i sama praktična primjena, da onda ova potonja ono što je vrijedno i korisno pridrži, a ostalo odbaci.

Flettnerov rotor je samo prvi početak u iskorisćenju Magnusova efekta; možda budućnost priprema krunu slave i pobjede ovom značajnom prognozu!

gumi

bstq

mno

omak

gsou

IV. Vijesti svjetske štampe o putovanjima rotornog broda „Buckau“.

Berlin, 6. Januara 1925. U teškoj oluji, koja je zadnjih dana bijesnila u istočnom moru, dokazao je Flettnerov rotorni brod „Buckau“ svoju izdržljivost. — Brod je dostigao brzinu od 9 morskih milja i prkosio je svim udarcima vjetra. Hanzeatska Motorna Plovidba D. D., kojoj „Buckau“ pripada, namjerava da metne brod u redovnu službu. Njegovo prvo putovanje biti će preko Flensburga u Lübeck, a otale u Švedsku.

Kiel, 9. Februara 1925. Flettnerov rotorni brod „Buckau“, koji je prošlog četvrtka u 5 sati posle podne, nakrcan drvom za Škotsku, odplovio iz Gdanskog (Danzig), prispio je iza 68-satnoga putovanja, u nedjelju u 1 sat u Kiel. — Usidrio se kod Holtenua, a zatim je doplovio do brodogradilišta „Germania“, gdje će biti providen stacijom bezžičnog brzjava. Razlog zakašnjenju dolaska — brod je naime imao da za 44 sata vožnje prispije — leži u olujama zadnjih dana. Naročito u petak i subotu, morao je brod da izdrži veliku borbu sa teškom olujom. Rotori nijesu mogli da stupe u akciju uslijed oštih udaraca vjetra sa sjevera i sjeverozapada. Ogromni valovi prebacivali su se preko palube, goneći brod a da ovaj ipak nije bio u ozbiljnoj pogibelji. I sniježnu vijavicu, koja se u subotu na večer spustila, izdržao je brod bezprikorno.

Kiel, 10. Februara. Predstavnicima brodogradilišta „Germania“, na kom je bio rotorni brod izgrađen, izjavili su, da su potpuno zadovoljni sa rezultatima trodnevnog putovanja, koje je brod na putu između Gdanskog i Kiela postigao. — „Buckau“ leži sad u doku brodogradilišta „Germania“, gdje će biti još jednom temeljito pregledan i opravljen. Za sutra je određeno daljnje putovanje kroz kanal cara Vilima u Kuxhaven a otale naprečac kroz sjeverno more put Škotske.

Šef inženjer brodogradilišta „Germanija“ izjavio je iza temeljite pregledbe broda, da je tehnička vrijednost rotornog broda već dokazana, dok i ekonomska njegova uporabivost ima još da se iskuša.

New-York, 10. Februara. U pomorskim krugovima svraća se na Flettnerov izum najveća pozornost. — Brodarska društva bave se proučavanjem mogućnosti primjene Flettnerovih rotornih brodova za zapadno-indijsku i južno američansku teretnu plovidbu. — Podpredsjednik Grazelinije izjavio je jednome predstavniku „United Press“, da je njegovo društvo vrlo interesovano sa pitanjem, jesu li rotorni brodovi praktično uporabivi. Po dosadanjim iskustvima izgledalo bi, misli on, da primjena rotorâ znači velike uštedke koli na pogonskom materijalu, toli na izdacima za momčad, jer se ova jako umanjuje. — Daljnji povoljni momenat je taj, što prema izjavama naših brodograđevnih inženjera mogu da budu naši parni i motorni brodovi vrlo lako pregrađeni u rotorne brodove. — Iz krugova Munson-ova društva, bilo je izjavljeno predstavniku „United Press“, da društvo posebni interes posvećuje rotornim brodovima radi svojih zapadno-indijskih i južno-američanskih pruga, jer mogu računati usljed

iskorišćenja pasatnih vjetrova, koji u tim zonama vladaju, na ogromne uštednje pogonskog materijala. — Na svaki način, ne bi se imalo brodarstvo još uvijek isključivo na bazu ovog izuma postaviti sa prenagljenim odlukama, premda izgleda po već dosadanjim podacima opravdano mišljenje, da je njemačka znanost učinila jedan od najvažnijih koraka napred u poslijeratnom razvoju mehanike. — Također u vladinim i u znanstvenim krugovima, interes je za izum osobito velik.

Berlin, 12. Februara. Pregovori između Flettnerovog društva i grada Berlina u svrhu izgradnja jednog Flettnerovog vjetrenog motora (vjetrenjače) napokon su zaključeni. Grad Berlin je odstupio Fletneru jedno zemljište na Kaiserdamm-u, gdje će se najprije dva pokusna vjetrena tornja izgraditi. Prvi toranj, koji ima biti već koncem aprila izgrađen, biti će 40 m visok. Drugi toranj sa preko 100 m visine imao bi biti početkom zugusta stavljen u pogon.

London, 18. Februara. Rotorni brod „Buckau,“ prispio je jučer u Grangemout. „Buckau“ je imao na cijelome putovanju od Njemačke do Engleske vanredno loše vrijeme. Na brodu nalazeće se osobe izjavile su, da ova prva kušnja Flettnerovog izuma predstavlja jedan vanredni uspjeh, ako se uzmu u obzir nepovoljne prilike, s kojima je imao brod da se bori.

„Westminster Gazette“ označuje uspjeh broda, što je mogao pri lošem vremenu kroz 4 dana i 4 sata preploviti sjeverno more, kao vrlo zadovoljujući. Ovo je putovanje opravdalo praktičnu uporabu Flettnerovog izuma.

Po „Daily News“ izjavio je Flettner, da bi rezultat putovanja bio još povoljniji, kad bi bio vladao stalni vjetar. — Izkušanje je bilo tvrdo, ali se je brod vrlo dobro držao.

Washington, 19. Februara. U krugovima vlade osobito u Departement-u za trgovinu proizvela je vrlo jaki utisak zadnja uspjela vožnja Flettnerova rotornog broda „Buckau“. — Prinadležna tehnička odjeljenja dobila su upute, da prate sa najvećom pažnjom sva daljnja pokusna putovanja rotornog broda i da istodobno poduzmu vlastite pokuse, na zračnim ljetalima, koji se odnose na rotorov princip.

Hamburg, 3. Marta, 1925. Kako se tek sad doznaje, imao je Flettnerov rotorni brod „Buckau“ da izdrži na svome putovanju iz Engleske u Hamburg strahovitu oluju, te je kroz pobješnjele valove pretrpio znatna oštećenja. — Na pruzi Longston—Norderney—Svjetionik prelijevali su se u neodoljivoj navali teški valovi preko palube broda otrgnuvši jedan čamac, brodske ljestve i most za iskrcavanje ter više ostalih predmeta. — Paluba je stajala neprestano pod vodom. Usprkos tomu izdržao je brod sasvim dobro ovu noć strave, te mu je napokon uspjelo, da se uz saradnju rotorâ i Dieselovog motora spasi iz teškog nevremena. —

— Konac. —

PRILOG
STRUČNIH OGLASA
za
BRODOGRADNJU
i
STROJOGRADNJU

BRODSKI TELEGRAFI I NAUTIČKI INSTRUMENTI

ZA BRODOVE I
MOTORNE ČAMCE
FABRICIRA
I PRODAJE

E. A. SCHELL, STETTIN
(Deutschland)

TVORNICA BRODSKIH TELEGRAFA

JUGO-KOSMOS

ZA INDUSTRIJU, TRGOVINU I GRAĐEVINE

Kolarčeva ul. 7. **BEOGRAD** Telefon: 34—49.
Ercegnovi. — Beč, Penzingerstrasse 9 XIII. — Atina,
Rue Université No. 36a.

Bavi se svim granama industrije, elektro-
tehtnikom, mašinerijama svih vrsti, motorima,
(specijalno švedskim) i t. d. Bavi se
gradnjom zgrada, hangara iz drvene
i željezne konstrukcije. Ima na
prodaju najboljih amater-
skih radio-telefonata liij.
firme S. I. T. I.

Flettnerovo Kormilo

za morske i riječne brodove svih
veličina, svih vrsti gradnje
i svakog broja
propelerâ



Uštednja

na težini gradnje,
na palubnom prostoru,
troškovima pogona, uzdržavanja
i popravaka



Napredak

u sigurnosti, sposobnosti manevrisanja,
stalnosti kursa,
iskorišćenju vijkove struje



Tražite besplatne upite i ponude kod
FLETTNER SCHIFFSRUDER GESELLSCHAFT m. h. H.
BERLIN W 50, Tauentzienstr. 10.

Brzjavni naslov:
Flettruder—Berlin.

POGONSKI MATERIJAL ZA OBRT I INDUSTRIJU

Čelična užeta (Stahldratseile).
Pumpe, cevi, armature za vodu i
paru. Gumena roba za tehničku po-
trebu. Alat za svaki obrt. Strojevi
za obrađivanje drva
i kovina. Lokomo-
bili, motori i t. d.

R. i A. GORJAN

INŽINJERI

ZAGREB

BOŠKOVIĆEVA ULICA 2 i 6

UTEMELJENO GOD. 1900

БРОДАРСКО И БАГЕРСКО А. Д. — БЕОГРАД

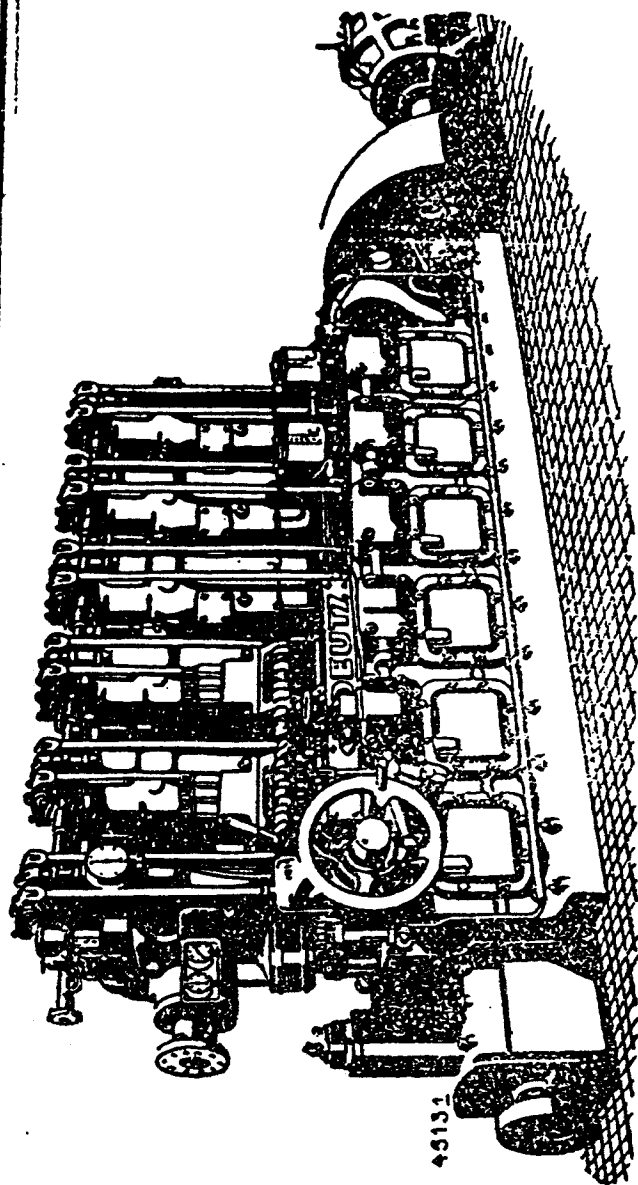
„ШЕСТ ТОПОЛА“

Телефон 23—46

Испоручује: бели багеровани речни песак. и багеровани чисти моравски и колубарски шљунак, ломљени и туцани камен, чисти багерима реке и канале, багерује на сувом и води, превози сваковрсну робу у комплетним шлеповима у свим релацијама на Дунару, Сави, Драви, Тиси, Бегеју, Каналу Краља Петра и Александровом Каналу, реморкира туђе објекте, шлепове, танкове, багере сплавова и т. д.

Има сопствену радионицу за оправку дрвених и гвоздених пловних објеката и преузима израду гвоздених делова за грађевине.

„DEUTZ“ — LANGEN & WOLF, WIEN



Deutz brodski Dieselmotori manjeg tipa,
Deutz motori visokog tlaka na pogon sirovog ulja,
Deutz Dieselmachine bez kompresora velikog tipa, — pokazali su se
nenatkrijiviji sa ribarske kutere, jedrenjače, trgovačke, tegleće
sve ostale vrsti brodova.

PONUDE SALJE NA ŽELJU BEZOBVEZNO:
LANGEN & WOLF K. D. ZAGREB RAČKOVA ULICA 3-5
PALAĆA JADRANSKO-PODUNAVSKE BANKE
TELEFON BR. 21—88. TELEFON BR. 21—88.

ГРАДИЛИШТЕ „DUNAV“ BOOTSWERFT

PANČEVO S-H-S

278 - TELEFON - 124

Награде техн. вође:
Гранд При: Париз,
Лиџ, Фиренице и
Рајхенберг
1906 — 1907.

Auszeichnungen des
Techn. Leiters: Grand
Prix: Paris, Lüttich,
Firenze und Reichen-
berg 1906—1907.

Градрилиште — Bootswerft:

При фабрици Браће Антоновића
In der fabrik Brüder Antonović
Starčevačka 93.

Моторни чамци, спортски чамци и једрилице
Motorboote, Rehn- u. Ruderboote, Segelboote
und Yachten.

„PAVLICA“

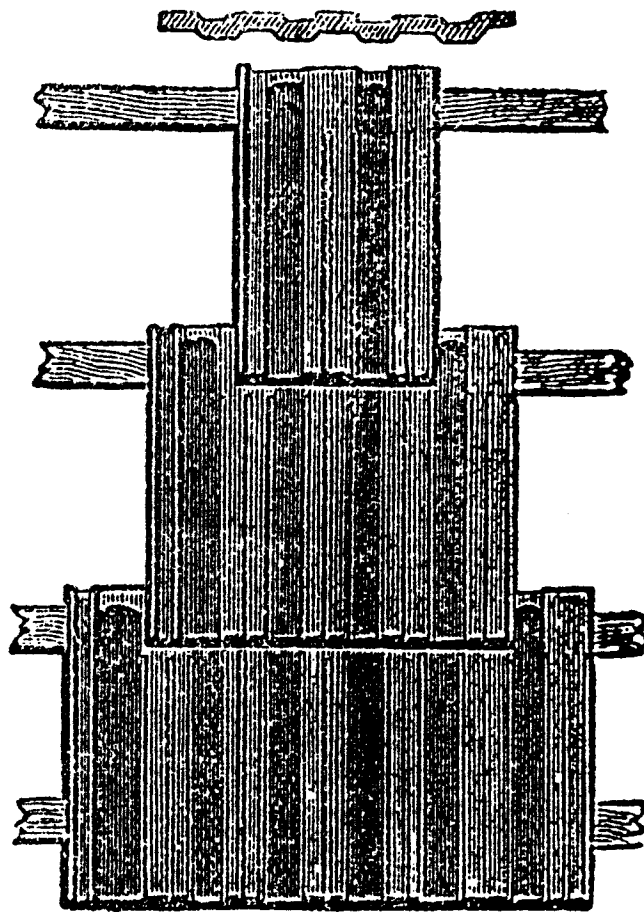
INDUSTRIJA LANACA I ŽELJEZNE
ROBE

Gajeva 47

ZAGREB

Gajeva 47

Izradjivanje u masi prvoklasno svarenih, potpuno
bez izbočina, kalibriranih lanaca za koloturnike,
ter ručno kovanih lanaca za brodove, za
terete i za dizalice. — Prvoklasno ručno
i električno svareni lanci za nad-



BOHN-ova PARNA CIGLANA, VINKOVCI

najveća tvornica krovnog crijepa na kontinentu. Tvornice: Vinkovci, Vel. Kikinda, Novibečej. Tražite uzorke i ponude

Falcovanog - Krovnog - Crijepa

daje najjeftiniji, najbolji i najlepší krov. Velika prištednja na građevnom drvu! Gde nismo zastupljeni, traži se zastupnik.

Pažnja! Na pozadi crijena snabdeven je svaki crijep sa natpisom „Bohn“ a na koje molimo pažnju obratiti.

Specijalno poduzeće za:

platno za jedra, nepromočive pokrivače, užeta,
uzice, popruge, konopljene cijevi, slamnjače,
nepromočive kabanice, odijela



Tekstilna Industrija i Trgovina

MAKSO SALGO, OSIJEK

Telefon: 5-95 Telegrami: Telefon: 5-95
MAKSALGO, OSIJEK

Filijala: Beograd, Karadordeva ulica 18.

ЛИНОЛЕУМА ЗА ПОДОВЕ

У разним бојама и ши-
ринама за *бродове, бол-
нице, канцеларије* и при-
ватне станове има стално
на стоваришту из првих
светских фабрика

ТРГОВИНА ЛИНОЛЕУМА

НИКОЛЕ ЈУЗБАШИЋА И ДИМИТРИЈЕВИЋА

КОЛАРЧЕВА УЛИЦА 2.
БЕОГРАД,
ТЕЛЕФОН БР. 30—66.

VAGA D. D.

ZA PROIZVODNJU I TRGOVINU VAGA
I UTEGA PO SISTEMU I PATENTU
SCHEMBER

ZAGREB

Savska cesta 25. Telefon broj 14.

VELIKO STOVARIŠTE

Preuzima popravke i montaže sviju vrsti
vaga



KOMISIJONA SKLADIŠTA:

Beograd: Zdenko J. Aljančić, Kralj. Marka 6

Ljubljana: Gospodarska zveza — Metković:

Gospodarsko vijeće — Novisad: Bardoš i

Brachfeld — Osijek: Braća Njemirovskij —

Split: Gospodarsko vijeće - Sušak: Milan Fürst

„LUX“ D. D.

TVORNICA LUSTERA I
METALNE ROBE,
ZAGREB

KOTURAŠKA CESTA BROJ 9.

Tek. Račun I. Hrv. Štedionice

Zagreb

Telefon

11-46.



Izrađuje Lustere iz bronce za
urede, palate, crkve i druge
javne institucije, u svima slogovima
i po vlastitima osnovama.

Nadalje ukrase za kamine, do-
bavlja sve vrste perforiranih
limova.

Preuzima izradu galanterijske
robe iz metala te ljevanje bronze
za industrije i obrt.

Flender-Aktiengesellschaft

za željezne konstrukcije, gradnje mostova
i za brodogradnju

L ü b e c k

(Deutschland)

TELEFON: 3794/98.

Brzjavi: **Flender Lübeck**

Pošanski pretnac: 280

Gradnja plivajućih dokova u svakoj vrsti i veličini — Gradnja morskih brodova u svakoj vrsti i veličini — Popravci i pregrađivanje brodova. Morski bageri na upijanje i sa zdjelama — Vrata za ustave.

„ASTRA”

Boškovićeva 48 D. D. ZAGREB Boškovićeva 48

Industrija kemijskih proizvoda
Tvornica tehničkih ulja i tehničkih masti u Vrapču
kraj Zagreba

Veletrgovina benzina, petroleja, plinskoga ulja
i svih vrsti inozemnih mineralnih ulja

Skladišta:

Zagreb, Vrapče, Osijek, Sarajevo, Mitrovica,
Vel. Kikinda, Vel. Bečkereki Beograd

Telefon 23-88, 19-06

Brzjavi: Astra Zagreb

MEDIĆ-ZANKL

TVORNICE ULJA, LAKOVA I BOJA

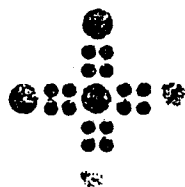
DRUŽBA Z O. Z.

Centrala: Ljubljana

Podružnica: Maribor Stovarište: Novisad

Tvornice:

LJUBLJANA-MEDVODE



Najbolje kakvoće!

Zajamčeno čist firnis,
sve vrste lakova,
emajlno lakaste boje,
uljene boje,
zemljene i
kemičke
boje
kit



Marke

„ M E R A K L “

Vlastiti — domaći fabrikat!

BOOTSWERFT Rambeck

utemeljeno 1883 god.

Starnberg bei München, Deutschland.



Specijalno brodogradilište za konstrukciju i
gradnju brzih motornih čamaca, pasa-
žirskih čamaca, teglećih čamaca,
motornih krstaša za jezera,
rijeke i mora



Reparature
trupova čamacâ i mašina,
3 patenta na slipove



Prezimljenje
u zatvorenim prostorijama (4000 četvornih
metara). — Luka za puštanje čamaca

Reference: 1) Ministarstvo Vojno i Mornarice,
Odeljenje za Mornaricu, Zemun
2) Direkcija vodâ, Beograd.



Kiseljak

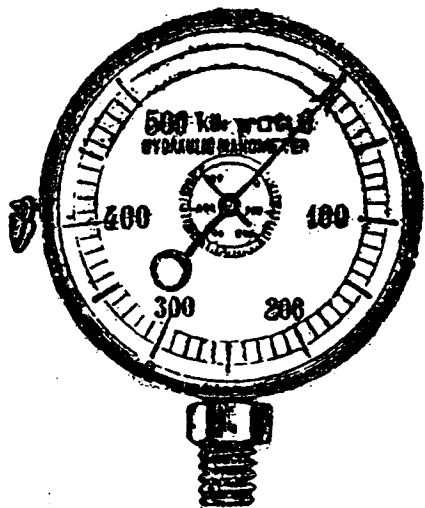
Veliko skladište svih
tehničkih i industrijskih
potrebština, uz povoljne cijene

Zagreb

Ilica 69. - Telefon 18. - Brzozavi: „Stroj“

VELIKO SKLADIŠTE SVIH DOLJE
NAVEDENIH PREDMETA

POPRAVLJAM



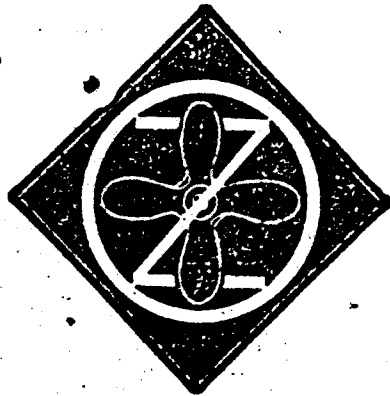
brzo i jeftino, ma-
nometre svih si-
stema, vodokazne
armature, injek-
tore, ventile, lu-
brikatore, kondes-
lonce i sve ostale
u tu struku zasje-
cajuće predmete.

**POMORSKO-INDUSTRISKO
I TEHNIČKO PODUZEĆE**
„MARJAN“ D. D.
SPLIT

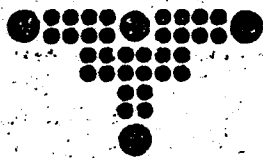
ULOŽENI KAPITAL 14.000.000.— DINARA.

NAJMODERNIJE UREĐENA
lijevaonica željeza i metala,
mehaničarska, kotlarska, kova-
čka i bakrodjelačka radionica.
Zavarenje željeza i metala
autogenskim i električnim na-
činom. **PLUTAJUĆI DOCK**
::::: nosivosti 2000 tona. :::::

**KONSTRUKCIJA NOVIH BRO-
DOVA, KOTLOVA I MAŠINA.**
IZVRŠENJE SVIH VRSTI POPRAVAKA.



Patentni Zeise-ovi propeleri



Uređaji za povratne propelere,
kompletni uređaji za osovine i za
povratne pogone

naručuju se najpovoljnije
kod

najveće i najbolje uređene spe-
cijalne tvornice za brodske vijke
Theodor Zeise, Altona/Elbe

Zastupništvo za izvoz:
Fr. Christiansen, Hamburg 1, Spersort 8.