

STANISLAV DORNIC

VPLYV NIEKTORÝCH PREMENNÝCH
NA FREKVENCIU ZVRATOV
DYNAMICKEJ REVERZIBILNEJ FIGÚRY

V rozsiahlej a zložitej škále reverzibilných figúr medzi najpozoruhodnejšie patrí dynamická reverzibilná figúra, skonštruovaná Brownom [2], ktorá splňuje pomerne najviac výskumných požiadaviek z hľadiska teoretického (výskum mechanizmov reverzibility) i praktického (použitie v diagnostike).

Brownova figúra sa zakladá na podobnom princípe ako známe Lissajouove obrazce [14; 11]. Tvorí ju sada horizontálne sa pohybujúcich kolmých tyčkovitých tieňov, z ktorých jedna časť sa pohybuje vpravo a druhá vľavo. Pozorovateľ vníma obrazec ako trojdimenzionálny komplex tieňov, rotujúcich okolo vertikálnej osi. Reverzibilita figúry záleží v periodicky nastávajúcich zdanlivých zmenách smeru rotácie.

Pr o b l é m

Z doterajších výskumov v oblasti reverzibility vyplýva, že priblížiť sa k adekvátnemu vysvetleniu mechanizmov tohoto mimoriadne zložitého javu je možné len veľmi detailným preskúmaním všetkých parametrov a premenných, ktoré ovplyvňujú frekvenciu a iné charakteristiky zdanlivých zvratov reverzibilných figúr. Kým pri statických figúrach (Schröderove schody, Neckerova kocka a i.) je napr. zvyšovanie komplexnosti obrazca možné len menením jeho celkovej geometrickej štruktúry, teda používaním odlišných, zložitejších figúr, Brownova figúra poskytuje túto možnosť menením pomeru jednotlivých zložiek v rámci daného obrazca, pričom jeho štruktúra ostáva v podstate rovnaká. Okrem toho tu pristupuje možnosť skúmania vplyvu zmien dynamickej zložky figúry.

Okrem riešenia teoretických problémov reverzibility sa v súčasnej psychologickej literatúre venuje pozornosť aj problematike použiteľnosti reverzibilných figúr v diagnostike. Niektoré doterajšie výskumy [1; 12; 7; 13; 6; 4] naznačujú, že frekvenciu zdanlivých priestorových, resp. časopriestorových zmien pri pozorovaní reverzibilných figúr možno považovať za citlivý indikátor niektorých funkčných zmien v centrálnom nervovom systéme. Zvlášť sa to týka dynamickej figúry, ktorá má oproti statickým podstatnú výhodu v tom, že nezasvätené pokusné osoby sú presvedčené, že nejde o klam, ale o skutočné zmeny smeru rotácie. Nevýhodou tejto figúry je občasný výskyt vedľajších verzí (odlišných od

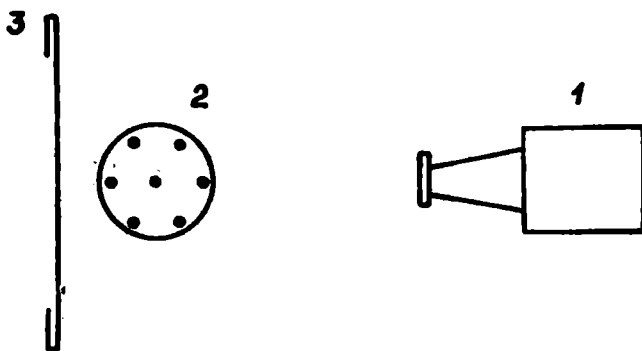
dvoch základných — plynulej rotácie vo dvoch smeroch), ktoré často dezorientujú pokusnú osobu (pozri 4, str. 136). Možno ich však odstrániť optimálnym usporiadaním experimentálnych podmienok.

Vzhľadom na uvedené sme zvolili za predmet tohoto výskumu preskúmanie vplyvu niektorých premenných, ktoré podľa nášho názoru patria k základným determinujúcim činiteľom frekvencie a iných charakteristík zvrátov tejto figúry. Sú to: rýchlosť otáčania, komplexnosť obrazca a intenzita osvetlenia.

Očakávali sme, že výskum môže prispieť jednak k preskúmaniu, resp. diferencovaniu vplyvov uvedených premenných, jednak k stanoveniu optimálnych podmienok praktického použitia figúry v diagnostike.

Experimentálny postup

Zariadenie pre exponovanie figúry tvorí sada pravidelne rozmiestnených kolných tyčiek na obvode horizontálneho kotúča o priemere 40 mm. Zariadenie je osvetlené usmerneným zdrojom svetla tak, že tieň kolíčkov sa premietajú na matnicu, umiestenú pred kotúčom vo smere k pozorovateľovi. Vzdialenosť mat-



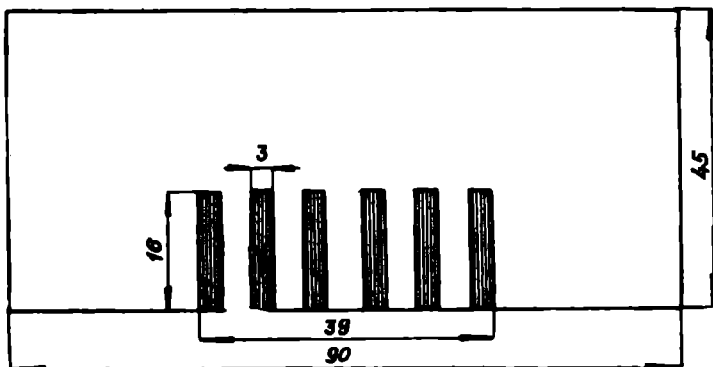
Obr. 1. Schéma zariadenia pre exponovanie figúry (pohľad zhora). 1 — svetelný zdroj, 2 — kotúč s tyčkami, 3 — matnica.

nice od svetelného zdroja bola 95 cm, od očí pozorovateľa 130 cm (obr. 1, 2). Registrácia sa robila stláčaním registračného kľúča, takže jednotlivé zvraty sa zaznamenávali na polygrafe.

Pokusy sme uskutočnili celkom s 24 osobami vo veku od 19 do 22 rokov. Vlastný pokus predchádzala polminútová adaptačná perióda, počas ktorej pokusné osoby fixovali určený bod v strede matnice, pričom pohyb figúry bol zastavený. Po predbežnom upozornení (2 sekundy pred započatím pokusu) bola reverzibilná figúra uvedená do pohybu.

I. rad pokusov bol zameraný na zistenie vplyvu obrátok kotúča za jednotku času (rýchlosti pohybu tieňov kolíčkov po matnici) a hustoty tieňov kolíčkov,

ktoré prešli po projekčnej ploche za určitý časový úsek, na frekvenciu a charakter zvratov figúry. Na základe predpokusov sme určili tri stupne komplexnosti (3, 6 a 12 kolíčkov)¹ a tri rýchlosti: 16, 32 a 48 otáčok kotúča za minútu. Celkove sme



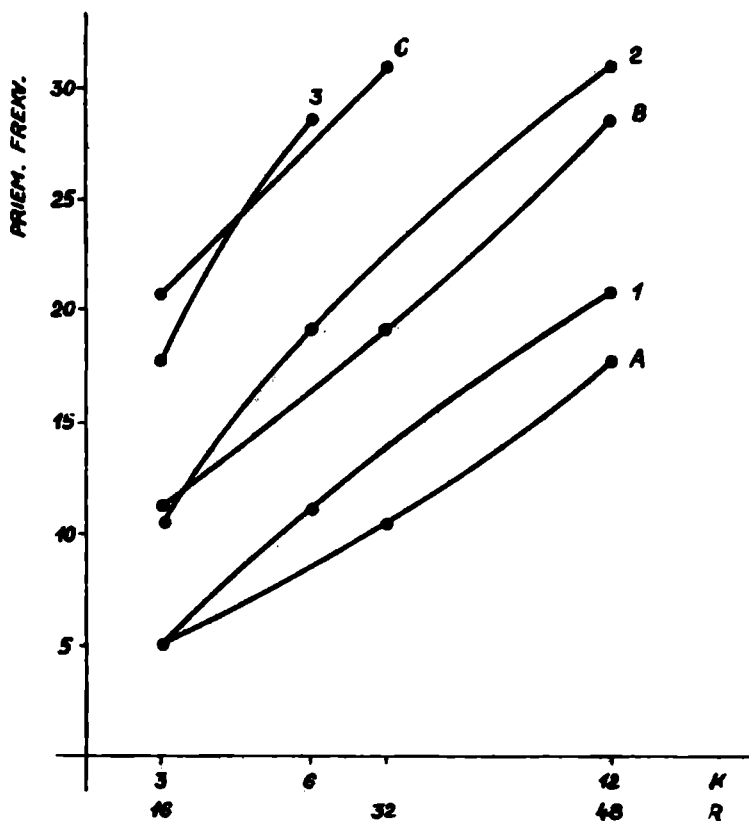
Obr. 2. Obráz tieňov tyčiek na matnici.

teda mali k dispozícii 9 možných kombinácií jednotlivých variant pokusu. Tento rad pokusov sme uskutočnili s 18 osobami (tri skupiny po 6 osobách). Trvanie jednotlivých pokusov bolo stanovené na 2 minúty. Intenzita osvetlenia projekčnej plochy bola 50 luxov. Aby sa vylúčil prípadný vplyv poradia rôznych kombinácií, urobili sme systematickú variáciu poradia jednotlivých pokusov.

II. rad pokusov bol zameraný na zistenie vplyvu intenzity osvetlenia figúry, ktorú umožňoval meniť regulačný transformátor. Na základe predpokusov sme použili tri stupne intenzity osvetlenia: 10, 50 a 90 luxov. (V ďalšom I_1 , I_2 , I_3).² Pri všetkých troch intenzitách sme použili kombináciu komplexnosti a rýchlosti 6 kolíčkov — 16 ot/min, ktorú sme na základe výsledkov I. radu pokusov ohodnotili z hľadiska výskytu vedľajších verzí ako optimálnu. Pokusy sme uskutočnili so 6 pokusnými osobami základnej série, s každou po 2 jednominútové pokusy, so všetkými tromi zvolenými intenzitami. Plán pokusov bol stanovený tak, aby sa vyčerpali všetky variácie v optimálnom poradí.

V ý s l e d k y

I. rad pokusov. Všimnime si najprv vplyv rýchlosti otáčania a počtu kolíčkov na frekvenciu zvratov figúry. Nasledujúca tabuľka ukazuje hodnoty aritmetických priemerov frekvencií za jednu minútu pri jednotlivých kombináciách rýchlosti a komplexnosti. Z tabuľky vidno, že so zvyšovaním počtu kolíčkov ako aj so zvyšovaním rýchlosti otáčania frekvencia stúpa.³ Vzrast frekvencie je graficky znázornený na obr. 3.



Obr. 3. Frekvencia zvrátov ako funkcia rýchlosti a komplexnosti. Písmená označujú komplexnosť figúry (A = 3, B = 6, C = 12 kolíčkov), čísla rýchlosti (1 = 16, 2 = 32, 3 = 48 otáčok za minútu).

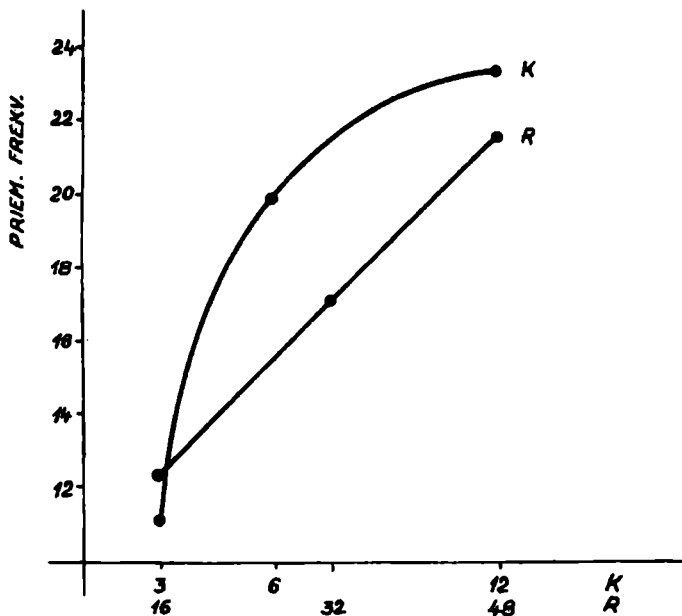
	Rýchlosti			
	3	5,1	10,5	17,8
Kolíčky	3	5,1	10,5	17,8
	6	11,2	19,2	28,6
	12	20,8	31,0	—

Pre bližšie určenie vplyvu oboch použitých premenných na frekvenciu zvrátov použitej figúry sme použili štatistický výpočet variančnej analýzy. Významovosť rozdielov ukazuje nasledujúca tabuľka:

Zdroj variácie	Suma štvorcov	St. v.	Priemer. štvorec	F
počet kol.	907,8	2	453,9	15,33
rýchlosti	519,6	2	259,8	8,78
skupiny PO	263,5	2	131,7	4,45
exp. chyba	1037,1	35	29,6	—
celk. var.	2628,0	41		

Analýza variancie, ako vidno z nižšie uvedeného rozboru, ukázala zreteľnú významnosť oboch premenných, pričom rozhodujúcim pre vzrast frekvencie je počet kolíčkov ($P < 0,1 \%$).

Vzrast priemernej frekvencie v závislosti od stupňov komplexnosti figúry a stupňov rýchlosti otáčania ukazujú grafy na obr. 4. Z grafického rozboru vidno, že frekvencia je exponenciálnou funkciou počtu kolíčkov (komplexnosti figúry) a lineárnou funkciou rýchlosti pohybu kolíčkov po projekčnej ploche. Táto lineárna funkcia samozrejme nie je nekonečná, je obmedzená diskriminačnou funkciou oka.



Obr. 4. Frekvencia zvratov ako funkcia rýchlosti a komplexnosti. Grafy zachycujú zmeny priemernej frekvencie pri variovani jednej premennej bez ohľadu na druhú premennú. K = kolíčky, R = rýchlosti.

Z grafického rozboru ďalej vidieť, že zvyšovanie frekvencie nie je úmerné vzrastaniu počtu kolíčekov; rozdiel medzi priermi pri 3 a 6 kolíčkoch, zistený pomocou t — testu, je významový pri $P < 0,1 \%$, kým rozdiel medzi priermi pri 6 a 12 kolíčkoch je významový pri P medzi 2% a 5% . Zdvojnásobenie počtu kolíčekov pri ich malom počte teda ďaleko viac vplýva na vzrast frekvencie, než rovnaké zdvojnásobenie pri väčšom počte kolíčekov.

Zvyšovanie rýchlosti otáčania, ako vidno aj z grafického rozboru, má na vzrast frekvencie odlišný účinok. Rozdiel medzi priermi pri rýchlostiach 16 až 32 ot. za min. je významový pri $P > 1 \%$, rozdiel medzi priermi pri rýchlostiach 16 až 48 ot/min je významový pri $P = 2 \%$.

Pokiaľ ide o výskyt vedľajších verzií a iných nežiadúcich javov (kmitanie, strata priestorového dojmu), resp. o zreteľnosť a výraznosť jednotlivých zvrátov, za optimálnu možno považovať kombináciu 6—16, pri ktorej sa vedľajšie verzie vyskytli iba v jednom prípade ku koncu dvojminútového pokusu. Zvlášť kombinácie smerom k vyšším rýchlostiam a väčšej hustote kolíčekov už vykazujú značný výskyt vedľajších verzií a iných nežiadúcich javov. Tabuľky, kde je tento výskyt zachytený, z úsporných dôvodov neuvádzame.

II. rad pokusov. Nasledujúca tabuľka ukazuje aritmetické priemery jednotlivých pokusov, ako aj priemerné kvadratické odchýlky a variačné koeficienty, príslušné k jednotlivým priemerom:

	I_1		I_2		I_3	
	1. pok.	2. pok.	1. pok.	2. pok.	1. pok.	2. pok.
AM	10,83	11,16	11,33	11,50	11	10,66
priem. odch.	2,1	2,31	1,95	1,68	2,72	1,85
v	19	20	17	14	24	17

Priemerná frekvencia z oboch pokusov pri jednotlivých intenzitách:

I_1	I_2	I_3
10,99	11,41	10,83

Z uvedeného prehľadu vidno, že priemerné hodnoty frekvencie pri troch rôznych intenzitách osvetlenia figúry sú temer identické, čo potvrdzuje aj výpočet pomocou t — kritéria. Konštantnosť priemernej frekvencie v oboch pokusoch je relatívne vysoká; pomerne najmenšia priemerná kvadratická odchýlka, ako aj najnižší variačný koeficient pri strednej intenzite ukazuje na relatívne najväčšiu

homogénnosť výsledkov súboru; rozdiely v porovnaní s minimálnou a maximálnou intenzitou sú však bezvýznamné.

Diskusia

Otázke vplyvu komplexnosti reverzibilných figúr, resp. (u dynamickej figúry) rýchlosti pohybu na frekvenciu zdanlivých zvrátov ich priestorových, resp. časopriestorových vzťahov sa venovalo dosiaľ viacero výskumov.

Vplyv komplexnosti statickej reverzibilnej figúry na frekvenciu jej zdanlivých zvrátov skúmala Gordonová [8], ktorá použila figúru schodišťa ako komplexnú a figúru knihy ako jednoduchú. Zistila, že jednoduchá figúra vykazuje rýchlejšiu frekvenciu než komplexná.

Donahue a Griffiths [3] pochybovali o správnosti metodického prístupu Gordonovej; namietali, že je diskutabilné, či za kritérium komplexnosti možno pokladať počet častí, prvkov figúry pri obrazoch úplne odlišného významu. Pre svoj výskum zvolili 4 jednoduché a 4 komplexné statické figúry podľa podobného kritéria; ich výsledky však nepotvrdili závery Gordonovej.

Ako sme spomenuli v úvode, podľa nášho názoru komplexnosť, resp. jednoduchosť reverzibilnej figúry možno nesporne lepšie diferencovať tam, kde nejde o odlišné obrazce ako je to pri statických figúrach, ale kde ide v podstate o obrazce rovnaké, kde sa väčšia komplexnosť dosahuje iba zvýšením počtu prvkov, ktoré už obrazec obsahuje, ako je to pri dynamických reverzibilných figúrach (napr. Lissajouova a Brownova figúra).

Philip a Fisichelli [11] skúmali vplyv komplexnosti Lissajouovej figúry na frekvenciu jej zdanlivých zvrátov, pričom väčšiu komplexnosť dosahovali zvýšením počtu smyčiek v otáčajúcej sa figúre. Použili tri druhy figúr: so 4, 6 a 8 smyčkami, pričom ostatné podmienky (tvar smyčiek, horizontálne a vertikálne dimenzie, rozmery celej figúry a pohyb okolo vertikálnej osi) boli konštantné. Analýza výsledkov ukázala, že so zvyšovaním komplexnosti figúry sa vysoko významove zvýšila aj frekvencia zdanlivých zvrátov smerom pohybu.

V uvedenom výskume skúmali autori aj vplyv rýchlosti pohybu figúry na frekvenciu zvrátov. Na základe predpokusov určili 5 rýchlostných stupňov, a to 1 otáčka za 2, 5, 7, 15 a 21 sekúnd. Zistili, že so zvyšovaním rýchlosti sa vysoko významove zvyšuje aj frekvencia zdanlivých zvrátov smerom pohybu figúry.

Pozoruhodné je porovnanie našich výsledkov s výsledkami uvedených autorov, i keď toto porovnanie môže byť iba čiastočné, pretože v našom výskume sme jednak použili inú figúru než Philip a Fisichelli, jednak ich stupňovanie komplexnosti a rýchlosti bolo odlišné od nášho. Predsa však, keďže išlo v oboch prípadoch o dynamické reverzibilné figúry, kde zvyšovanie komplexnosti a rýchlosti nenaarušuje základný tvar obrazca, možno pokladať zhodu medzi výsledkami uvedených autorov a našimi výsledkami za pozoruhodnú. Zvlášť sa to týka zhody po-

meru významu zvyšovania komplexnosti a významu zvyšovania rýchlosti pre zvyšovanie frekvencie. Výsledky výskumu Philipa a Fisichelliho totiž ukázali, rovnako ako naše výsledky, že vzrast frekvencie je v rozhodujúcej miere ovplyvňovaný komplexnosťou figúry.⁴

Výsledky nášho výskumu ďalej ukázali, že intenzita osvetlenia figúry neovplyvnila frekvenciu jej zdanlivých zvrátov. I keď pre malý počet pokusných osôb nemožno tento záver zovšeobecňovať, predsa vzhľadom na veľkú zhodnosť výsledkov pokusov pri jednotlivých intenzitách možno ho pokladať za pomerne spoľahlivý. Porovnanie tohoto zistenia s výsledkami výskumov iných autorov môže byť opäť len čiastočné, lebo tieto práce sa týkali statických reverzibilných figúr. Mullová, Ord a Locke [9] skúmali vplyv intenzity osvetlenia na frekvenciu zvrátov Neckerovej kocky, pričom použili tri podmienky exponovania figúry: na bielom pozadí, osvetlenie 200 W,⁵ na šedom pozadí, osvetlenie 200 W a na bielom pozadí, osvetlenie 15 W. Výsledky ukázali, že ani rozdiely v celkovej intenzite osvetlenia obrazca ani veľkosť kontrastu neovplyvnili frekvenciu zvrátov. Za podobných podmienok previedla neskôr výskum Mullová [10], ktorá dospela k rovnakým záverom.

I keď z pochopiteľných dôvodov sa tu nemôžeme pokúsiť o žiadne zovšeobecnenie, domnievame sa, že zhoda našich výsledkov s výsledkami uvedených autorov je pozoruhodná aj z teoretického hľadiska. Zistenie, že rozdiely v intenzite osvetlenia figúry neovplyvňujú na zmeny vo frekvencii jej zdanlivých zvrátov, odporuje totiž teórii satiacie (pozri 4, str. 131). Túto domnienku bude však treba overiť rozsiahlejším experimentálnym výskumom.

Pokiaľ ide o optimálne experimentálne podmienky z hľadiska výskytu vedľajších verzii, zreteľnosti a výraznosti zvrátov, najvýhodnejšou v našich pokusoch sa ukázala stredná intenzita. Pri oboch krajných intenzitách dochádzalo okrem toho rýchlejšie k únave očí, provokujúcej v nežiadúcej miere žmurkač reflex.

Optimálnou kombináciou všetkých troch skúmaných premenných je teda (pri daných rozmeroch figúry) kombinácia 16 ot/min, 6 kolíčkov pri intenzite osvetlenia 50 luxov. V týchto experimentálnych podmienkach má figúra iba dve, zreteľne odlišiteľné a úplne ekvivalentné verzie, jednotlivé zvraty sú výrazné a náhle. Vzhľadom na doterajšie, hoci ešte málo overené skúsenosti [5] vyhovuje táto figúra z doteraz preskúmaných pravdepodobne najviac podmienkam použitia v diagnostickej praxi.

*

Domnievame sa, že napriek obmedzenej platnosti výsledkov bude možné použiť zistenia z uvedeného výskumu pri ďalších skúmaníach mechanizmov reverzibility a jej praktického využitia.

ПОЗНАМКИ

¹ Nepravidelné rozloženie kolíčkov ruší priestorový dojem pohybu a sťažuje orientáciu pozorovateľa.

² Pod a nad touto hranicou dochádzalo k zoslabeniu dojmu priestorovosti, k zdanlivému trhanému pohybu, resp. kmitaniu zložiek figúry.

³ Pri kombinácii 48—12 u väčšiny pokusných osôb dochádzalo ku kmitaniu obrazca, čo znemožňovalo spoľahlivú registráciu jednotlivých zvratov.

⁴ Analýza variancie u Philipa a Fisichelliho: F hodnota pre rýchlosť = 9,73, pre komplexnosť = 24,74. U nás F pre rýchlosti 8,78, pre komplexnosť 15,33.

⁵ Autori neuvádzajú intenzitu osvetlenia projekčnej plochy; ide zrejme o výkon svetelného zdroja. Neudávajú ani vzdialenosť projekčnej plochy od svetelného zdroja.

- [1] Ash, E.: Fatigue and its effects upon control. Arch. Psychol. 1914, 31, 1—61.
- [2] Brown, K. T.: Rate of apparent change in a dynamic ambiguous figure as a function of observations time. Amer. J. Psychol., 68, 1954, 358—371.
- [3] Donahue, W. T.; Griffiths, C. H., The influence of complexity on fluctuations of reversible perspective. Amer. J. Psychol., 43, 613—617.
- [4] Dornič, S.: K niektorým teoreticko-výskumným otázkam javu reverzibility. Psychol. štúdie II, Bratislava 1960, 126—139.
- [5] Dornič, S.: Použitie dynamickej reverzibilnej figúry v podmienkach dlhodobej expozičie srouhlíku. Psychol. štúdie II, Bratislava 1960, 140—144.
- [6] Mc Dougall, W.: Outline of abnormal psychology, 1926, 441—449.
- [7] Hollingworth, H. L., Perceptual fluctuation as a fatigue index. J. exp. Psychol., 1939, 24, 511—519.
- [8] Gordon, K.: Meaning in memory and attention. Psychol. Rev. 10, 1903, 267—283.
- [9] Mull, H., Ord, N., Locke, N.: The effect of two brightness factors upon the rate of fluctuation of reversible perspectives. Amer. J. Psychol., 1946, 341—342.
- [10] Mull, H.: The effect of brightness upon reversible perspectives. Amer. J. Psychol., 59, 1956, 123—125.
- [11] Philip, B. R., Fisichelli, V. R.: Effect of speed of rotation and complexity of pattern on the reversal of apparent movement in Lissajou figures. Amer. J. Psychol., 58, 1945.
- [12] Smith, M.: A contribution to the study of fatigue. Brit. J. Psychol., 8, 1916, 327—350.
- [13] Tussing, L.: Perceptual fluctuations as a possible fatigue index. J. exp. Psychol., 29, 1941, 85—88.
- [14] Weber, G. O.: Apparent movement in Lissajou figures. Amer. J. Psychol., 43, 1930.

ВОЗДЕЙСТВИЕ НЕКОТОРЫХ ПЕРЕМЕННЫХ ВЕЛИЧИН
НА ЧАСТОТУ ОБРАЩЕНИЙ ДИНАМИЧЕСКОЙ
ОБРАТИМОЙ (РЕВЕРСИБИЛЬНОЙ) ФИГУРЫ

Внимание статьи отнесено результатам экспериментального исследования зависимости частоты и других характеристик мнимых изменений взаимных временно-пространственных отношений динамической обратимой (реверсильной) фигуры от трех основных переменных величин: быстроты движения, комплексности и интенсивности освещения, фигуры. Исследование показало, что частота нарастает при повышении комплексности фигуры экспоненциально, при повышении быстроты движения линейно, причем решающим фактором для нарастания частоты является комплексность рисунка. Интенсивность освещения не оказала на частоту никакого воздействия.

Учитывая возможность практического использования фигуры в диагностике, мы изучали также частоту так называемых побочных версий и других нежелательных явлений при отдельных комбинациях изучаемых переменных величин. На основе полученных результатов при данных размерах фигуры оптимальной оказывается комбинация 6 колышков — 16 оборотов в минуту при средней интенсивности (50 люксов).

THE EFFECT OF SOME VARIABLES ON THE FREQUENCY OF REVERSALS OF A DYNAMIC REVERSIBLE FIGURE

This study deals with the results of the experimental investigation of the dependence of frequency and other characteristics of apparent changes in the space-time relationships of a dynamic reversible figure upon three basic variables: speed of movement, complexity and intensity of lighting of the figure. The experiments showed that frequency increases along with the increase in the complexity of the exposed figure exponentially and with the increase in the speed of its movement linearly, with the complexity of the figure being decisive for the increase of frequency. The intensity of lighting has no effect on frequency.

With regard to the possibility of practical use of the figure in diagnosis the author also inquired into the occurrence of the so-called accompanying versions and other undesirable phenomena with individual combinations of the variables investigated. According to the results of the experiments the optimal combination with the given dimensions of the figure is the combination of six sticks — 16 revolutions per minute at medium intensity (50 lux).